



(10) **DE 10 2014 116 773 A1** 2016.05.19

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2014 116 773.2**
(22) Anmeldetag: **17.11.2014**
(43) Offenlegungstag: **19.05.2016**

(51) Int Cl.: **H01L 29/739** (2006.01)
H01L 23/58 (2006.01)
H01L 29/06 (2006.01)
H01L 29/78 (2006.01)

(71) Anmelder:
Infineon Technologies AG, 85579 Neubiberg, DE

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

(72) Erfinder:
Riegler, Andreas, Dr., Wernberg, AT

(56) Ermittelter Stand der Technik:

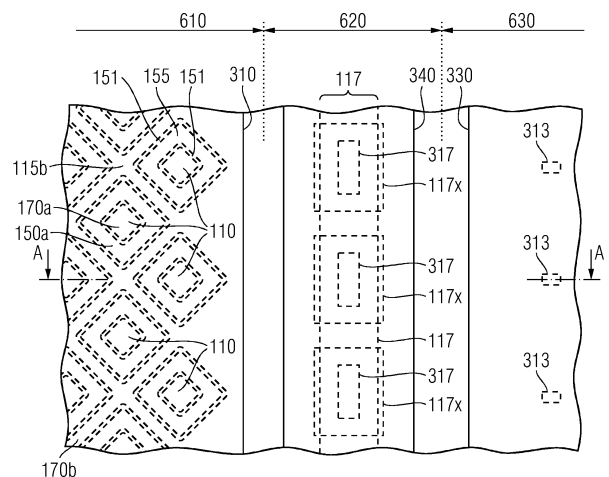
DE	10 2008 056 388	A1
US	2009 / 0 189 219	A1
US	2011 / 0 198 587	A1
US	5 654 560	A
US	5 365 085	A

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Halbleitervorrichtung und Bipolartransistor mit isoliertem Gate mit Transistorzellen und Sensorzelle**

(57) Zusammenfassung: Ein Transistorzellbereich (610) einer Halbleitervorrichtung (500) umfasst Transistorzellen (TC), die elektrisch mit einer ersten Lastelektrode (310) verbunden sind. Ein inaktiver Bereich (630) umfasst eine Gateverdrahtungsstruktur (330), die elektrisch mit Gateelektroden (150) der Transistorzellen (TC) verbunden ist. Ein Übergangsbereich (620), der sandwichartig zwischen dem Transistorzellbereich (610) und dem inaktiven Bereich (630) angeordnet ist, umfasst wenigstens eine Sensorzelle (SC), die elektrisch mit einer Sensorelektrode (340) verbunden ist. Die Sensorzelle (SC) leitet in einem Einschaltzustand der Transistorzellen (TC) einen unipolaren Strom ab.



Beschreibung

HINTERGRUND

[0001] Halbleiterschaltvorrichtungen für Leistungsanwendungen umfassen Transistorzellarrays bzw. -anordnungen mit einer Vielzahl von Transistorzellen, die elektrisch parallel angeordnet sind. Die Transistorzellen steuern einen Laststrom in einem Lastpfad der Leistungsanwendung. Sensortransistorzellen, die in das Zellarray integriert sind, erfassen einen Strom durch einen Sensorpfad. Die Transistor- und Sensorzellen können gemeinsam angesteuert werden. Auf der Grundlage von Spannungsdifferenzen in den Sensor- und Lastpfaden kann eine Überstromerfassungsschaltung den durch die Transistorzellen fließenden Strom abschätzen und die Halbleiterschaltvorrichtung abschalten, wenn der abgeschätzte Laststrom eine vorbestimmte Schwelle überschreitet.

[0002] Es ist wünschenswert, einen Laststrom bei geringer Komplexität und geringer Einbuße an Bauteil-Performance genau zu erfassen.

ZUSAMMENFASSUNG

[0003] Die Aufgabe wird mit dem Gegenstand der unabhängigen Patentansprüche gelöst. Die abhängigen Ansprüche beziehen sich auf weitere Ausführungsbeispiele.

[0004] Gemäß einem Ausführungsbeispiel umfasst eine Halbleitervorrichtung einen Transistorzellbereich mit Transistorzellen, wobei die Transistorzellen elektrisch mit einer ersten Lastelektrode verbunden sind. Ein inaktiver bzw. untätiger Bereich umfasst eine Gateverdrahtungsstruktur, die elektrisch mit Gateelektroden der Transistorzellen verbunden ist. Ein Übergangsbereich, der sandwichartig zwischen dem Transistorzellbereich und dem inaktiven Bereich angeordnet ist, umfasst eine Sensorzelle, die elektrisch mit einer Sensorelektrode verbunden ist. Die Sensorzelle leitet während eines Einschaltzustandes der Transistorzellen einen unipolaren Strom ab.

[0005] Gemäß einem Ausführungsbeispiel umfasst ein Bipolartransistor mit isoliertem Gate einen Transistorzellbereich mit Transistorzellen, wobei die Transistorzellen elektrisch mit einer ersten Lastelektrode verbunden sind. Ein inaktiver Bereich umfasst eine Gateverdrahtungsstruktur, die elektrisch mit Gateelektroden der Transistorzellen verbunden ist. Ein Übergangsbereich, der sandwichartig zwischen dem Transistorzellbereich und dem inaktiven Bereich angeordnet ist, umfasst eine Sensorzelle, die elektrisch mit einer Sensorelektrode verbunden ist. Die Sensorzelle führt während eines Einschaltzustandes der Transistorzellen einen unipolaren Strom.

[0006] Der Fachmann wird zusätzliche Merkmale und Vorteile nach Lesen der folgenden Detailbeschreibung und Betrachten der begleitenden Zeichnungen erkennen.

KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0007] Die begleitenden Zeichnungen sind beige-schlossen, um ein weiteres Verständnis der Erfindung zu liefern, 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 von Prinzipien der Erfindung. Andere Ausführungsbeispiele der Erfindung und beabsichtigte Vorteile werden sofort gewürdigt, da sie unter Hinweis auf die folgende Detailbeschreibung besser verstanden werden.

[0008] Fig. 1A ist eine schematische vertikale Schnittdarstellung eines Abschnitts einer Halbleitervorrichtung gemäß Ausführungsbeispielen, die Sensorzellen betreffen, wobei der Querschnitt durch eine Sensorzelle schneidet.

[0009] Fig. 1B ist eine schematische vertikale Schnittdarstellung des Halbleitervorrichtungsabschnitts von Fig. 1A parallel zu dem Querschnitt von Fig. 1A, wobei der Querschnitt durch eine Absaugzelle schneidet.

[0010] Fig. 1C ist eine schematische Draufsicht des Halbleitervorrichtungsabschnitts von Fig. 1A, Fig. 1C.

[0011] Fig. 1D ist ein schematisches Schaltungsdiagramm eines Leistungsabschnitts der Halbleitervorrichtung von Fig. 1A, Fig. 1C und Fig. 1D.

[0012] Fig. 2A ist ein schematisches Diagramm, das zum Veranschaulichen von Effekten der Ausführungsbeispiele eine Korrelation zwischen einem unipolaren Strom durch eine Sensorzelle und einem bipolaren Laststrom durch Transistorzellen zeigt.

[0013] Fig. 2B ist eine schematische Draufsicht einer Halbleitervorrichtung gemäß einem Ausführungsbeispiel bezüglich eines Bond- bzw. Verbindungsdrahtes, der eine Sensorzelle mit einer Lastelektrode verbindet.

[0014] Fig. 3A ist eine schematische vertikale Schnittdarstellung eines Abschnitts einer Halbleitervorrichtung gemäß einem Ausführungsbeispiel, das sich auf Transistorzellen mit streifenförmigen Zellmesas bezieht.

[0015] Fig. 3B ist eine schematische Draufsicht des Halbleitervorrichtungsabschnitts der Fig. 3A.

[0016] Fig. 4A ist eine schematische vertikale Schnittdarstellung eines Abschnitts einer Halbleitervorrichtung gemäß einem Ausführungsbeispiel, das sich auf Transistorzellen mit punktförmigen aktiven Zellmesas bezieht.

[0017] Fig. 4B ist eine schematische Draufsicht des Halbleitervorrichtungsabschnitts von Fig. 4A.

[0018] Fig. 5 ist ein schematisches Layout bzw. eine schematische Gestaltung einer Halbleitervorrichtung mit Sensorzellen gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel.

DETAILLBESCHREIBUNG

[0019] In folgender 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 ausgestaltet werden kann. Es ist zu verstehen, dass andere Ausführungsbeispiele verwendet und strukturelle oder logische Änderungen gemacht werden können, ohne von dem Bereich der vorliegenden Erfindung abzuweichen. Beispielsweise können Merkmale, die für ein Ausführungsbeispiel veranschaulicht oder beschrieben sind, bei oder im Zusammenhang mit anderen Ausführungsbeispielen verwendet werden, um noch zu einem weiteren Ausführungsbeispiel zu gelangen. Es ist beabsichtigt, dass die vorliegende Erfindung derartige Modifikationen und Veränderungen einschließt. Die Beispiele sind mittels einer spezifischen Sprache beschrieben, die nicht als den Bereich der beigefügten Patentansprüche begrenzend aufgefasst werden sollte. Die Zeichnungen sind nicht maßstabgetreu und dienen nur für Veranschaulichungszwecke. Entsprechende Elemente sind jeweils mit den gleichen Bezugszeichen in den verschiedenen Zeichnungen versehen, falls nicht etwas anderes festgestellt wird.

[0020] Die Ausdrücke "haben", "enthalten", "umfassen", "aufweisen" und ähnliche Ausdrücke sind offene Ausdrücke, und diese Ausdrücke geben das Vorhandensein der festgestellten Strukturen, Elemente oder Merkmale an, schließen jedoch zusätzliche Elemente oder Merkmale 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.

[0021] Der Ausdruck "elektrisch verbunden" beschreibt eine permanente niederohmige Verbindung zwischen elektrisch verbundenen Elementen, beispielsweise einen direkten Kontakt zwischen den betreffenden Elementen oder eine niederohmige Verbindung über ein Metall und/oder einen hochdotierten Halbleiter. Der Ausdruck "elektrisch gekoppelt" umfasst, dass ein oder mehrere dazwischenliegende

Elemente, die für eine Signalübertragung angepasst sind, zwischen den elektrisch gekoppelten Elementen vorgesehen sein können, beispielsweise Widerstände oder Elemente, die steuerbar sind, um zeitweise eine niederohmige Verbindung in einem ersten Zustand und eine hochohmige elektrische Entkopplung in einem zweiten Zustand vorzusehen.

[0022] Die Fig. 1A bis Fig. 1D beziehen sich auf eine Halbleitervorrichtung **500**, die eine bipolare Vorrichtung umfasst, z. B. einen IGBT (Bipolartransistor mit isoliertem Gate), beispielsweise einen PT-IGBT (Punch-Through-IGBT), einen NPT-IGBT (Nicht-Punch-Through-IGBT), einen RC-IGBT (rückwärts leitender IGBT) oder eine Halbleitervorrichtung, die einen IGBT und eine oder mehrere weitere logische oder analoge Schaltungen integriert, z. B. eine Gateansteuer- bzw. -Treiberschaltung und/oder eine Überstrom-Schutzschaltung.

[0023] Die Halbleitervorrichtung **500** beruht auf einem Halbleiterkörper **100** eines kristallinen Halbleitermaterials, beispielsweise Silizium (Si), Siliziumcarbid (SiC), Germanium (Ge), Silizium-Germanium (SiGe), Galliumnitrid (GaN), Galliumarsenid (GaAs) oder irgendeinem anderen $A_{III}B_V$ -Halbleiter. Eine Vorder- bzw. Frontseite des Halbleiterkörpers **100** hat eine erste Oberfläche **101**, die planar ist oder die durch koplanare Oberflächenabschnitte aufgespannt ist. Ein Mindestabstand zwischen der ersten Oberfläche **101** und einer planaren zweiten Oberfläche **102** auf einer entgegengesetzten Rückseite und parallel zu der ersten Oberfläche **101** definiert die Spannungssperrfähigkeit der Halbleitervorrichtung **500**. Beispielsweise kann der Halbleiterkörper **100** eines IGBT, der für eine Sperrspannung von etwa 1200 V spezifiziert ist, eine Dicke zwischen 90 μm und 110 μm haben. Ausführungsbeispiele, die auf höhere Sperrfähigkeiten bezogen sind, können auf Halbleiterkörpern **100** mit einer Dicke von einigen 100 μm basieren.

[0024] In einer Ebene senkrecht zur Querschnittsebene kann der Halbleiterkörper **100** eine angenähert rechteckförmige Gestalt mit einer Kantenlänge im Bereich von einigen Millimetern haben. Eine Normale zu der ersten Oberfläche **101** definiert eine vertikale Richtung, und Richtungen orthogonal zu der vertikalen Richtung sind horizontale Richtungen.

[0025] Der Halbleiterkörper **100** umfasst eine Driftstruktur **120** eines ersten Leitfähigkeitstyps, wobei ein Hauptteil der Driftstruktur **120** eine Driftzone **121** bildet. In der Driftzone **121** kann eine Dotierstoffkonzentration graduell oder in Stufen mit zunehmendem Abstand zu der ersten Oberfläche **101** wenigstens in Teilen ihrer vertikalen Ausdehnung zunehmen oder abnehmen. Gemäß anderen Ausführungsbeispielen kann die Dotierstoffkonzentration in der gesamten Driftzone **121** annähernd gleichmäßig sein.

Eine mittlere Dotierstoffkonzentration in der Driftzone **121** kann zwischen $1E12\text{ cm}^{-3}$ und $1E15\text{ cm}^{-3}$, beispielsweise in einem Bereich von $5E12\text{ cm}^{-3}$ bis $5E13\text{ cm}^{-3}$, liegen.

[0026] Der Halbleiterkörper **100** umfasst weiterhin eine Kollektorstruktur **130** zwischen der Driftstruktur **120** und der zweiten Oberfläche **102**. Die Kollektorstruktur **130** kann eine zusammenhängende Schicht des zweiten Leitfähigkeitstyps sein, der der entgegengesetzte Leitfähigkeitstyp zum ersten Leitfähigkeitstyp ist. Gemäß Ausführungsbeispielen, die sich auf RC-IGBTs beziehen, kann die Kollektorstruktur **130** Zonen von beiden Leitfähigkeitstypen umfassen. Die Dotierstoffkonzentration in der Kollektorstruktur **130** ist ausreichend hoch, um einen niedrigen ohmschen Kontakt mit einer an die zweite Oberfläche **102** angrenzenden Metallstruktur zu gewährleisten. Beispielsweise kann eine maximale Dotierstoffkonzentration in der Kollektorstruktur **130** längs der zweiten Oberfläche **102** wenigstens $1E18\text{ cm}^{-3}$, beispielsweise wenigstens $5E19\text{ cm}^{-3}$, sein.

[0027] Ein Transistorzellbereich **610** des Halbleiterkörpers **100** umfasst Transistorzellen TC, z. B. IG-FET-(Feldeffekttransistor mit isoliertem Gate-)Zellen. Die Transistorzellen TC können vertikale Transistorzellen sein, die planare Gatestrukturen umfassen, die außerhalb des Halbleiterkörpers **100** längs der ersten Oberfläche **101** gebildet sind.

[0028] Die Halbleitervorrichtung **500** von Fig. 1A beruht auf vertikalen Transistorzellen TC mit Trenchgatestrukturen **150**, die sich von der ersten Oberfläche **101** in den Halbleiterkörper **100** erstrecken.

[0029] Die Gatestrukturen **150** umfassen eine leitende Gateelektrode **155** und ein die Gateelektrode **155** von dem Halbleiterkörper **100** trennendes Gatedielektrikum **151**. Die Gateelektrode **155** kann eine homogene Struktur sein oder kann eine geschichtete Struktur haben, die eine oder mehrere Metall enthaltende Schichten umfasst. Gemäß einem Ausführungsbeispiel kann die Gateelektrode **155** eine stark dotierte polykristalline Siliziumschicht umfassen oder aus einer solchen bestehen.

[0030] Das Gatedielektrikum **151** kann eine gleichmäßige Dicke haben und kann ein Halbleiteroxid, beispielsweise ein thermisch aufgewachsenes oder aufgetragenes Siliziumoxid, ein Halbleiternitrid, beispielsweise ein aufgetragenes oder thermisch aufgewachsenes Siliziumnitrid, oder ein Halbleiteroxydnitrid, beispielsweise Siliziumoxydnitrid, umfassen oder aus einem solchen bestehen.

[0031] Halbleitende Abschnitte der Transistorzellen TC sind in aktiven Zellmesas **170a** gebildet, die wenigstens an eine Gatestruktur **150** angrenzen. Die aktiven Mesas **170a** umfassen Sourcezonen **110** des

ersten Leitfähigkeitstyps und Bodyzonen **115** des zweiten Leitfähigkeitstyps, wobei die Bodyzonen **115** die Sourcezonen **110** von der Driftstruktur **120** trennen und erste pn-Übergänge pn1 mit der Driftstruktur **120** und zweite pn-Übergänge pn2 mit den Sourcezonen **110** bilden.

[0032] Eine Schichtstruktur einschließlich eines Zwischenschichtdielektrikums **210** trennt Elektrodenstrukturen **310**, **330**, **340** von dem Halbleiterkörper **100**. Das Zwischenschichtdielektrikum **210** kann eine oder mehrere dielektrische Schichten aus Siliziumoxid, Siliziumnitrid, Siliziumoxydnitrid, dotiertem oder undotiertem Silikatglas, beispielsweise BSG (Borsilikatglas), PSG (Phosphorsilikatglas) oder BPSG (Borphosphorsilikatglas) als Beispiel umfassen. Die Schichtstruktur kann weitere Schichten, z. B. Teile einer Gateelektrode, umfassen.

[0033] Im Transistorzellbereich **610** verbinden Kontaktstrukturen **315**, die sich durch das Zwischenschichtdielektrikum **210** erstrecken, elektrisch eine erste Lastelektrode **310** mit den Sourcezonen **110** und den Bodyzonen **115** der Transistorzellen TC, wobei stark dotierte Bodykontaktzonen **115x** niederohmige Kontakte zwischen den Bodyzonen **115** und den Kontaktstrukturen **315** bilden können. Die erste Lastelektrode **310** kann einen Emitteranschluss E bilden oder elektrisch mit einem solchen gekoppelt oder verbunden sein. Eine zweite Lastelektrode **310**, die direkt an die zweite Oberfläche **102** und die Kollektorschicht **130** angrenzt, kann einen Kollektoranschluss C bilden oder elektrisch mit einem solchen gekoppelt oder verbunden sein.

[0034] In einem inaktiven Bereich **630** der Halbleitervorrichtung **500** ist eine Gateverdrahtungsstruktur **330**, die elektrisch mit den Gateelektroden **155** der Transistorzellen TC verbunden ist, an der Vorderseite und außerhalb des Halbleiterkörpers **100** angeordnet. Eine Schichtstruktur, die wenigstens das Zwischenschichtdielektrikum **210** umfasst, kann die Gateverdrahtungsstruktur **330** von dem Halbleiterkörper **100** trennen. Die Gateverdrahtungsstruktur **330** kann einen Gateanschluss G bilden oder mit einem Gateanschluss G oder einem Ausgang einer in der Halbleitervorrichtung **500** integrierten internen Gatetreiberschaltung elektrisch gekoppelt oder verbunden sein.

[0035] Die Gateverdrahtungsstruktur **330** kann wenigstens eines aus einem Gatepad bzw. -kissen, einem Gatefinger und einer Gateschiene bzw. -runner umfassen, wobei ein Gatepad ein Metallpad ist, das als ein Landepad für einen Bonddraht oder eine andere Chip-Leiterrahmen- oder Chip-Chip-Verbindung geeignet ist, wie z. B. eine gelötete Klammer bzw. ein gelöteter Clip. Eine Gateschiene ist eine leitfähige Verbindung, die längs wenigstens eines Randes des Transistorzellgebietes **610** verläuft, wobei die leitfähige

hige Verbindung eine Metallleitung oder eine Verbindungsleitung sein kann, die aus einem stark dotierten Halbleitermaterial besteht oder ein solches umfasst. Ein Gatefinger ist eine leitfähige Verbindung, die einen Transistorzellbereich **610** in getrennte Transistorzellfelder teilt, wobei die leitfähige Verbindung eine Metallleitung oder eine Verbindungsleitung sein kann, die aus einem stark dotierten Halbleitermaterial besteht oder ein solches umfasst.

[0036] Ein Übergangsbereich **620**, der sandwichartig zwischen dem inaktiven Bereich **630** und dem Transistorzellbereich **610** angeordnet ist, umfasst wenigstens eine Sensorzelle SC, wie dies in **Fig. 1A** veranschaulicht ist. Gemäß einem Ausführungsbeispiel umfasst der Transistorbereich **620** exklusiv Sensorzellen SC. Gemäß anderen Ausführungsbeispielen kann der Übergangsbereich **620** zusätzlich zu einer oder mehreren Sensorzellen SC Absaugzellen (purge cells) PC, wie in **Fig. 1B** veranschaulicht, umfassen.

[0037] Die Sensorzelle SC umfasst eine Absaugzone (purge zone) **117** des Leitfähigkeitstyps der Bodyzonen **115**. Die Absaugzone **117** ist wenigstens längs eines Randes des Transistorzellbereiches **610** gebildet und kann direkt an eine Gatestruktur **150** der äußersten Transistorzelle TC des Transistorzellbereiches **610** angrenzen. Eine vertikale Ausdehnung der Absaugzonen **117** im Übergangsbereich **620** kann der vertikalen Ausdehnung der Bodyzonen **115** in den aktiven Zellmesas **170a** oder einer vertikalen Ausdehnung von anderen dotierten Zonen des gleichen Leitfähigkeitstyps entsprechen, die sich von der ersten Oberfläche **101** in den Halbleiterkörper **100** erstrecken.

[0038] Weitere Kontaktstrukturen **317**, die sich durch das Zwischenschichtdielektrikum **210** erstrecken, verbinden elektrisch eine Sensorelektrode **340** mit den Absaugzonen **117** der Sensorzellen SC im Übergangsbereich **620**, wobei stark dotierte Absaugkontaktzonen **117x** einen niederohmigen Kontakt zwischen den Absaugzonen **117** und den weiteren Kontaktstrukturen **317** bilden können. Die Sensorelektrode **340** kann einen Sensoranschluss SNS, eine interne Sensorlast und/oder eine in die Halbleitervorrichtung **500** integrierte interne Sensorschaltung bilden oder elektrisch mit einem bzw. einer solchen gekoppelt oder verbunden sein.

[0039] Gemäß einem Ausführungsbeispiel ist eine externe Sensorlast oder ein Nebenschluss bzw. Shunt elektrisch mit dem Sensoranschluss SNS verbunden, und eine externe Sensorschaltung erfasst den Spannungsabfall über der externen Sensorlast. Die externe Sensorschaltung kann ein Signal ausgeben, das eine Überstrom- oder Überlastbedingung der Halbleitervorrichtung **500** anzeigt, oder kann di-

rekt ein an dem Gateanschluss G liegendes Signal herunterfahren bzw. abschalten.

[0040] Die Absaugzellen PC unterscheiden sich von den Sensorzellen SC dadurch, dass die Absaugzonen **117** der Absaugzellen PC nicht direkt elektrisch mit der Sensorelektrode **340**, sondern mit einer ersten Lastelektrode **310** verbunden sind.

[0041] Die folgende Beschreibung der Effekte der Absaugzellen und Sensorzellen PC, SC bezieht sich auf n-Kanal-IGBTs mit p-Typ-Bodyzonen **115**. Ähnliche Überlegungen wie unten angedeutet, gelten für Ausführungsbeispiele, bei denen die Bodyzonen **115** vom p-Typ sind.

[0042] Wenn eine Spannung, die an der Gateverdrahtungsstruktur **330** anliegt, eine voreingestellte Schwellenspannung überschreitet, sammeln sich Elektronen in den Bodyzonen **115** in Kanalabschnitten, die direkt an die Gatedielektrika **151** angrenzen. Die angesammelten Elektronen bilden Inversionskanäle zwischen den Sourcezonen **110** und der Driftstruktur **120**. Elektronen, die durch die Inversionskanäle in die Driftstruktur **120** fließen, wirken als ein Basisstrom für eine bipolare Transistorstruktur, die durch die p-Typ-Bodyzonen **115**, die n-Typ-Driftstruktur **120** und die p-Typ-Kollektorschicht **130** gebildet wird, so dass zwischen der ersten Lastelektrode **310** und der zweiten Lastelektrode **320** ein bipolarer Strom fließt, der beide Arten von Trägern, d. h. Elektronen und Löcher, einschließt und die Halbleitervorrichtung **500** einschaltet. Ladungsträger beider Typen fluten die Driftstruktur und in dem Halbleiterkörper **100** baut sich ein Ladungsträgerplasma mit hoher Trägerdichte auf.

[0043] Während des Einschaltzustandes führen die Absaugzellen PC Löcher aus dem Halbleiterkörper **100** ab. Auf diese Weise halten die Absaugzellen PC die Lochdichte in den inaktiven und Übergangsbereichen **630**, **620** niedrig und tragen dennoch zum Gesamteinschaltstrom bei.

[0044] Wenn die Halbleitervorrichtung ausschaltet, wird das Ladungsträgerplasma durch Abführen der Ladungsträger über die Lastelektroden **310**, **320** abgebaut. Je weniger Ladungsträger während des Ausschaltzustandes abzuführen sind, desto niedriger sind die Schaltverluste der Halbleitervorrichtung **500**. Da noch während des Einschaltzustandes die Absaugzellen PC derartige Löcher abführen, die sonst den inaktiven Bereich **630** im Einschaltzustand des IGBT **501** fluten könnten, ohne zu einem niedrigen Einschaltwiderstand R_{DSon} beizutragen, müssen nur wenige Ladungsträger aus dem inaktiven Bereich **630** entfernt werden. Auf diese Weise reduzieren die Absaugzellen PC signifikant Schaltverluste der Halbleitervorrichtung **500**.

[0045] Eine Sensorzelle SC, die in dem Übergangsbereich **620** angeordnet ist und sich von den Absaugzellen PC lediglich dadurch unterscheidet, dass die Sensorzelle SC elektrisch mit einer Sensorelektrode **340** verbunden ist, während die Absaugzellen PC elektrisch mit der ersten Lastelektrode **310** verbunden sind, kann dazu verwendet werden, ohne Einbuße an Fläche für aktive Transistorzellen TC einen zum Laststrom proportionierten Loch- bzw. Löcherstrom zu erfassen. Die Sensorzellen SC tragen weiterhin dazu bei, das Ladungsträgerplasma in den inaktiven Bereichen **630** niedrig zu halten. Eine Bildung der Sensorzellen erfordert lediglich wenige und gering kritische Modifikationen in bestehenden Prozessabläufen.

[0046] Wie in **Fig. 1C** veranschaulicht ist, kann ein zur Gateverdrahtungsstruktur **330** ausgerichteter Rand einer ersten Lastelektrode **310** eine oder mehrere Kerben bzw. Aussparungen haben, in denen eine oder mehrere Sensorelektroden **340** gebildet sein können. Die Sensorelektrode **340** kann einen Sensoranschluss SNS der Halbleitervorrichtung **500** bilden oder kann elektrisch mit einem Sensoranschluss SNS oder einem Eingang einer integrierten Sensorschaltung elektrisch gekoppelt oder verbunden sein. Beispielsweise kann ein Bonddraht die Sensorelektrode **340** mit dem Sensoranschluss verbinden. Gemäß einem anderen Ausführungsbeispiel kann eine Verbindungsleitung in der Ebene der Elektroden **310**, **330**, **340** oder in einer anderen Verdrahtungsschicht elektrisch die Sensorelektrode **340** mit dem Sensoranschluss SNS oder mit einer integrierten Sensorschaltung verbinden.

[0047] **Fig. 1D** zeigt eine Sensorzelle SC, die elektrisch zwischen einem Kollektoranschluss C und einem Sensoranschluss SNS und/oder einer integrierten Sensorschaltung **510** verbunden ist, die einen definierten Sensorwiderstand zum Erfassen eines Ladungsträgerflusses durch die Sensorzelle SC umfassen kann. Die integrierte Sensorschaltung kann ein Steuersignal ausgeben, das einen Gatetreiber steuert, der elektrisch mit der Gateverdrahtungsstruktur **330** verbunden ist. Wenn die integrierte Sensorschaltung anzeigt, dass der Sensorstrom eine vorbestimmte Schwelle überschreitet, kann das Steuersignal den Gatetreiber abschalten.

[0048] In **Fig. 2A** gibt eine Kurve **701** einen Laststrom ITC durch die Transistorzellen TC eines n-Kanal-IGBTs als Funktion einer Gate-Emitter-Spannung VGE wider. Eine Kurve **702** bildet einen entsprechenden unipolaren Ladungsträgerfluss ISC durch die Sensorzellen SC als eine Funktion der Gatespannung VGE ab.

[0049] Die Transistorzellen TC schalten ein, wenn die Gatespannung VGE eine erste Schwellenspannung Vth1 überschreitet, bei welcher die Inversions-

kanäle durch die Bodyzonen der Transistorzellen TC gebildet werden. Ein unipolarer Elektronenstrom fließt in den Halbleiterkörper **100** und zunächst sind keine Löcher durch die Sensorzellen SC erfassbar, die nur einen Löcherstrom führen können. Wenn die Gatespannung VGE die zweite Schwellenspannung Vth2 überschreitet, startet eine Löcherinjektion und die Sensorzellen SC beginnen, einen Löcherstrom zu erfassen. Da in dem sich ergebenden Ladungsträgerplasma die Anzahl an Elektronen der Anzahl an Löchern entspricht, kann der Laststrom ITC durch die Transistorzellen TC auf der Grundlage des erfassten Löcherstroms ISC durch die Sensorzellen SC abgeschätzt werden.

[0050] In **Fig. 2B** kann eine Verbindungsleitung in der Ebene der Elektroden **310**, **330**, **340** oder in einer anderen Verdrahtungsschicht elektrisch die Sensorelektrode **340** mit einem Sensorpad **390** verbinden, und ein Bonddraht **391** verbindet elektrisch das Sensorpad **390** mit der ersten Lastelektrode **310**. Halbleitervorrichtungen mit und ohne Sensorzellen können bis zu einem Verdrahtungsbonden mittels der gleichen Prozesse hergestellt werden.

[0051] Die **Fig. 3A** und **Fig. 3B** beziehen sich auf eine Halbleitervorrichtung mit streifenförmigen Gatestrukturen **150** in dem Transistorzellbereich, wobei streifenförmige Zellmesas **170** zwischen den Gatestrukturen **150** aktive Zellmesas **170a**, die Sourcezonen **110** aufweisen, und passive Zellmesas **170b** ohne Sourcezonen **110** umfassen können. Aktive und passive Zellmesas **170a**, **170b** können sich längs der longitudinalen Ausdehnung der Zellmesas **170** abwechseln oder können sich längs einer horizontalen Richtung orthogonal zu der longitudinalen Ausdehnung der Zellmesas **170** oder längs beider longitudinalen Ausdehnungen abwechseln.

[0052] Zusätzlich kann der Transistorzellbereich **610** Trenchfeldelektrodenstrukturen umfassen, die sich zwischen benachbarten Gatestrukturen **150** von der ersten Oberfläche **101** in den Halbleiterkörper **100** erstrecken. Die Feldelektrodenstrukturen **160** können eine leitende Feldelektrode **165** und ein die Feldelektrode **165** gegenüber dem Halbleiterkörper **100** isolierendes Felddielektrikum **161** umfassen. Materialien und Gestaltung bzw. Konfiguration der Feldelektrode **165** können die gleichen wie diejenigen der Gateelektrode **155** sein, und Materialien und Gestaltung bzw. Konfiguration der Felddielektrika **161** können die gleichen wie diejenigen der Gatedielektrika **151** sein. Die Feldelektrode **165** kann elektrisch mit der ersten Lastelektrode **310** oder mit einer anderen Struktur in der Halbleitervorrichtung **500** verbunden sein.

[0053] Aktive Zellmesas **170a**, die direkt an die Gatestrukturen **150** angrenzen, bilden die Transistorzellen TC. Passive Zellmesas **170b** ohne jegliche Sourcezonen **110** oder mit Sourcezonen ohne niederohmige

Verbindung zu der ersten Lastelektrode **310** bilden inaktive Zellen IC. In den inaktiven Zellen IC kann eine vertikale Ausdehnung der Bodyzonen **115** zwischen der ersten Oberfläche **101** und dem jeweiligen ersten pn-Übergang pn1 einem Abstand zwischen der ersten Oberfläche **101** und dem ersten pn-Übergang pn1 in einer aktiven Zellmesa **170a** entsprechen.

[0054] Gemäß anderen Ausführungsbeispielen kann die vertikale Ausdehnung der Bodyzonen **115** in den inaktiven Zellen IC größer sein als der Abstand zwischen der ersten Oberfläche **101** und den ersten pn-Übergängen pn1 in den aktiven Zellmesas **170a**. Beispielsweise kann eine vertikale Ausdehnung der Bodyzonen **115** in den passiven Zellmesas **170b** ungefähr gleich der vertikalen Ausdehnung der Gatestrukturen **150** sein.

[0055] Für RC-IGBTs können die Bodyzonen **115** der inaktiven Zellen IC elektrisch mit der ersten Lastelektrode **310** verbunden sein. Die Bodyzonen **115** von inaktiven Zellen IC in nicht rückwärts leitenden IGBTs können floatende bzw. potentialfreie Bodyzonen sein.

[0056] Ein weiterer Teil der Driftstruktur **120** zwischen der Driftzone **121** und der Kollektorstruktur **130** kann eine Feldstoppschicht **128** oder eine Pufferschicht bilden, wobei eine mittlere Nettodotierstoffkonzentration in der Feldstoppschicht **128** wenigstens fünf Mal so hoch wie eine mittlere Nettodotierstoffkonzentration in der Driftzone **121** ist.

[0057] Für weitere Einzelheiten wird auf die Beschreibung der **Fig. 1A** bis **Fig. 1D** Bezug genommen.

[0058] **Fig. 3B** zeigt eine kammähnliche Sensorelektrode **340**, die Ausbuchtungsabschnitte **341** aufweist, die sich in Kerben im benachbarten Rand der ersten Lastelektrode **310** erstrecken. Die kammähnliche Sensorelektrode **340** umfasst weiterhin einen die Ausbuchtungsabschnitte **341** verbindenden Verbindungsabschnitt **342**. Die kammähnliche Sensorelektrode **340** erlaubt ein Verbinden einer Vielzahl von Sensorzellen SC in der Metallisierungsebene der Gateverdrahtungsstruktur **330** und der ersten Lastelektrode **310**.

[0059] Die **Fig. 4A** und **Fig. 4B** beziehen sich auf eine Halbleitervorrichtung **500** mit Gatestrukturen **150**, die ringförmige Trenchabschnitte **150a**, die sich von der ersten Oberfläche **101** in den Halbleiterkörper **100** erstrecken, sowie einen Verbindungsabschnitt **150b**, der sich außerhalb des Halbleiterkörpers **100** längs der ersten Oberfläche **101** erstreckt, umfassen.

[0060] Punkt- bzw. fleckförmige aktive Zellmesas **170a** einschließlich Bodyzonen **115** und Sourcezonen **110** sind innerhalb der ringförmigen Trenchab-

schnitte **150a** gebildet. Eine gitterförmige passive Zellmesa **170b** ohne Sourcezonen **110** ist außerhalb der ringförmigen Trenchabschnitte **150a** gebildet. Eine Bodyzone **115** in der passiven Zellmesa **170b** kann floaten bzw. potentialfrei sein und kann eine vertikale Ausdehnung haben, die einen Abstand zwischen der ersten Oberfläche **101** und den ersten pn-Übergängen pn1 in den aktiven Zellmesas **170a** überschreitet. Beispielsweise kann die vertikale Ausdehnung der Bodyzone **115** in den passiven Zellmesas **170b** gleich wie oder größer als eine vertikale Ausdehnung der ringförmigen Trenchabschnitte **150a** sein.

[0061] Eine vertikale Ausdehnung der Absaugzone **117** im Übergangsbereich **620** kann der vertikalen Ausdehnung der Bodyzone **115** in den passiven Zellmesas **170b** oder der vertikalen Ausdehnung der Bodyzonen **115** in den aktiven Zellmesas **170a** entsprechen.

[0062] Der Verbindungsabschnitt **150b** der Gatestruktur **150** kann sich durch den Übergangsbereich **620** in den inaktiven Bereich **630** erstrecken. Ein Gatekontakt **313** kann sich durch ein Zwischenschichtdielektrikum **210**, das die Elektrodenstrukturen **310**, **330**, **340** von dem Verbindungsabschnitt **150b** der Gatestruktur **150** trennt, bis zu dem oder in den Verbindungsabschnitt **150b** erstrecken.

[0063] **Fig. 5** zeigt eine Halbleitervorrichtung **500** mit einer Gateverdrahtungsstruktur **330**, die ein Gatepad **330b** in der Mitte des Halbleiterkörpers **100** und Gatefinger **330a**, die eine erste Lastelektrode **310** in mehrere getrennte Abschnitte trennt, umfasst. Eine Sensorelektrode **340** kann eine Streifenverbindung **340a**, beispielsweise eine Aluminiumverbindungsleitung, längs der Ränder der Gateverdrahtungsstruktur **330** umfassen. Die Sensorelektrode **340** kann weiterhin ein Sensorpad **340b** umfassen, das mit der Streifenverbindung **340a** verbunden ist und das an das Gatepad **330b** angrenzt. Das Sensorpad **340b** sowie das Gatepad **330b** können Landepads für Bonddrähte sein. Gemäß anderen Ausführungsbeispielen ist wenigstens eines der Gate- und Sensorpads **330b**, **340b** nahe zu einer lateralen Seitenoberfläche **103** des Halbleiterkörpers **100** angeordnet.

[0064] Obwohl spezifische Ausführungsbeispiele hier veranschaulicht und beschrieben sind, ist es für den Fachmann selbstverständlich, dass eine Vielzahl von alternativen und/oder äquivalenten Gestaltungen für die gezeigten und beschriebenen spezifischen Ausführungsbeispiele herangezogen werden kann, ohne von dem Bereich der vorliegenden Erfindung abzuweichen. Diese Anmeldung soll daher jegliche Anpassungen oder Veränderungen der hier diskutierten spezifischen Ausführungsbeispiele abdecken. Daher ist beabsichtigt, dass diese Erfindung ledig-

lich durch die Patentansprüche und deren Äquivalente begrenzt ist.

Patentansprüche

1. Halbleitervorrichtung, umfassend:
 - einen Transistorzellbereich (610), der Transistorzellen (TC) aufweist, die elektrisch mit einer ersten Lastelektrode (310) verbunden sind,
 - einen inaktiven Bereich (630), der eine Gateverdrahtungsstruktur (330) aufweist, die elektrisch mit Gateelektroden (150) der Transistorzellen (TC) verbunden ist, und
 - einen Übergangsbereich (620), der sandwichartig zwischen dem Transistorzellbereich (610) und dem inaktiven Bereich (630) angeordnet ist und wenigstens eine Sensorzelle (SC) aufweist, die elektrisch mit einer Sensorelektrode (340) verbunden und gestaltet ist, um während eines Einschaltzustandes der Transistorzellen (TC) einen unipolaren Strom abzuleiten.
2. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 1, bei der der Übergangsbereich (620) Absaugzellen (PC) aufweist, die elektrisch mit der ersten Lastelektrode (310) verbunden und gestaltet sind, um während eines Einschaltzustandes der Transistorzellen (TC) einen unipolaren Strom abzuleiten.
3. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 2, bei der die Absaugzellen (PC) gestaltet sind, um Ladungsträger von der Driftstruktur abzuführen, wenn die Transistorzellen (TC) in einem Einschaltzustand sind.
4. Halbleitervorrichtung nach den Ansprüchen 1 bis 3, bei der die Absaugzellen (PC) und die Sensorzelle (SC) längs einer Linie angeordnet sind, die parallel zu einem Rand der ersten Lastelektrode (310) ist.
5. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 4, bei der die Sensorelektrode (340) Ausbuchtungsabschnitte (341), die sich in Kerben eines Randes der ersten Lastelektrode (310) erstrecken, und einen die Ausbuchtungsabschnitte (341) verbindenden Verbindungsabschnitt (342) aufweist.
6. Halbleitervorrichtung nach den Ansprüchen 1 bis 5, bei der jede Transistorzelle (TC) in einem Halbleiterkörper (100) eine Bodyzone (115) aufweist, die einen ersten pn-Übergang (pn1) mit einer Driftstruktur (120) und einen zweiten pn-Übergang (pn2) mit einer Sourcestruktur (110) bildet.
7. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 6, bei der die Sensorzelle (SC) in dem Halbleiterkörper (100) eine Absaugzone (117) aufweist, die einen weiteren ersten pn-Übergang (pn1) mit der Driftstruktur (120) bildet.
8. Halbleitervorrichtung nach den Ansprüchen 6 und 7, bei der die Bodyzonen (115) in aktiven Zell-

mesas (170a) gebildet sind, die an Gatestrukturen (150) angrenzen, die sich von einer ersten Oberfläche (101a) des Halbleiterkörpers (100) in den Halbleiterkörper (100) erstrecken.

9. Halbleitervorrichtung nach den Ansprüchen 6 bis 8, bei der der Halbleiterkörper (100) weiterhin floatende Bodyzonen (115) aufweist, die weitere erste pn-Übergänge (pn1) mit der Driftstruktur (120) bilden.
10. Halbleitervorrichtung nach den Ansprüchen 6 bis 8, weiterhin umfassend:
 - eine Kollektorschicht (130), die längs einer zweiten Oberfläche (102) des Halbleiterkörpers (100) entgegengesetzt zu der ersten Oberfläche (101) gebildet ist, wobei die Kollektorschicht (130) einen dritten pn-Übergang (pn3) mit der Driftstruktur (120) bildet.
11. Halbleitervorrichtung nach den Ansprüchen 1 bis 10, weiterhin umfassend:
 - einen Bonddraht, der elektrisch die Sensorelektrode (340) und die erste Lastelektrode (310) verbindet.
12. Halbleitervorrichtung nach den Ansprüchen 1 bis 10, bei der die Sensorelektrode (340) und die erste Lastelektrode (310) elektrisch getrennt sind.
13. Halbleitervorrichtung nach den Ansprüchen 1 bis 12, weiterhin umfassend:
 - einen Sensoranschluss (SNS), der elektrisch mit der Sensorelektrode (340) gekoppelt oder verbunden ist.
14. Halbleitervorrichtung nach den Ansprüchen 1 bis 13, weiterhin umfassend:
 - eine Sensorschaltung, die elektrisch mit der Sensorelektrode (340) gekoppelt und gestaltet ist, um ein Steuersignal auszugeben, das anzeigt, dass ein Sensorstrom der Halbleitervorrichtung (500) eine vorbestimmte Schwelle überschreitet.
15. Halbleitervorrichtung nach den Ansprüchen 1 bis 14, bei der die Gateverdrahtungsstruktur (330) ein Gatepad (330b) umfasst.
16. Halbleitervorrichtung nach den Ansprüchen 1 bis 15, bei der die Gateverdrahtungsstruktur (330) Gatefinger (330a) aufweist, die zwischen Abschnitten der ersten Lastelektrode (310) verlaufen.
17. Bipolartransistor mit isoliertem Gate, umfassend:
 - einen Transistorzellbereich (610), der Transistorzellen (TC) aufweist, die elektrisch mit einer ersten Lastelektrode (310) verbunden sind,
 - einen inaktiven Bereich (630), der eine Gateverdrahtungsstruktur (330) aufweist, die elektrisch mit Gateelektroden (150) der Transistorzellen (TC) verbunden ist, und
 - einen Übergangsbereich (620), der sandwichartig zwischen dem Transistorzellbereich (610) und dem

inaktiven Bereich (**630**) angeordnet ist und wenigstens eine Sensorzelle (SC) aufweist, die elektrisch mit einer Sensorelektrode (**340**) verbunden und gestaltet ist, um während eines Einschaltzustandes der Transistorzellen (TC) einen unipolaren Strom abzuleiten.

Es folgen 6 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG 1A

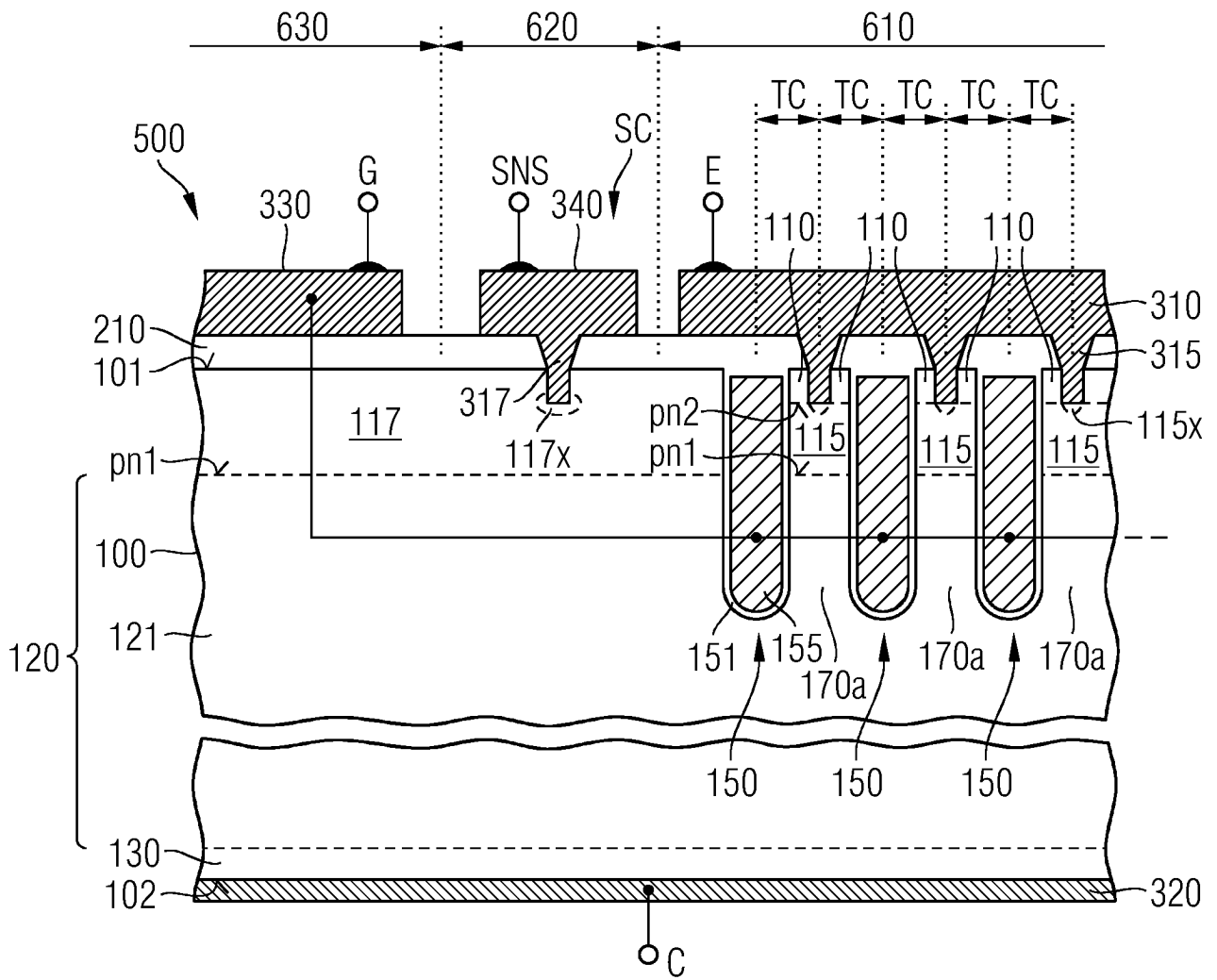


FIG 1C

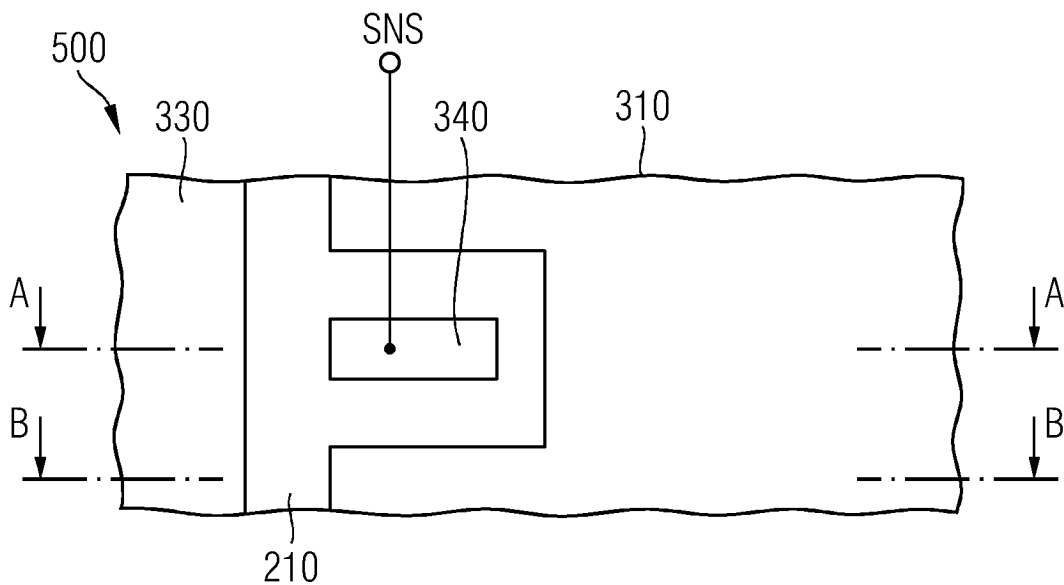


FIG 1B

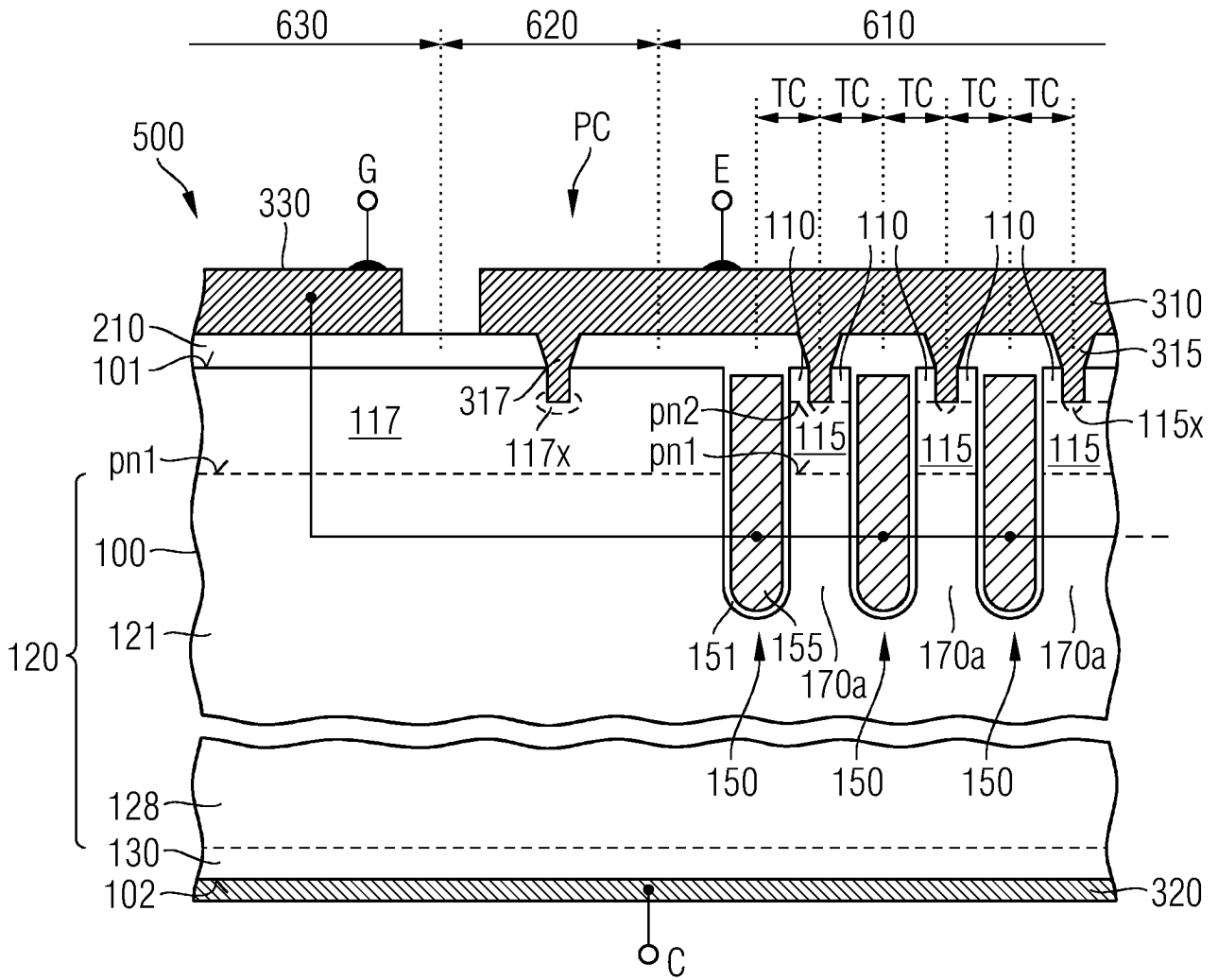


FIG 1D

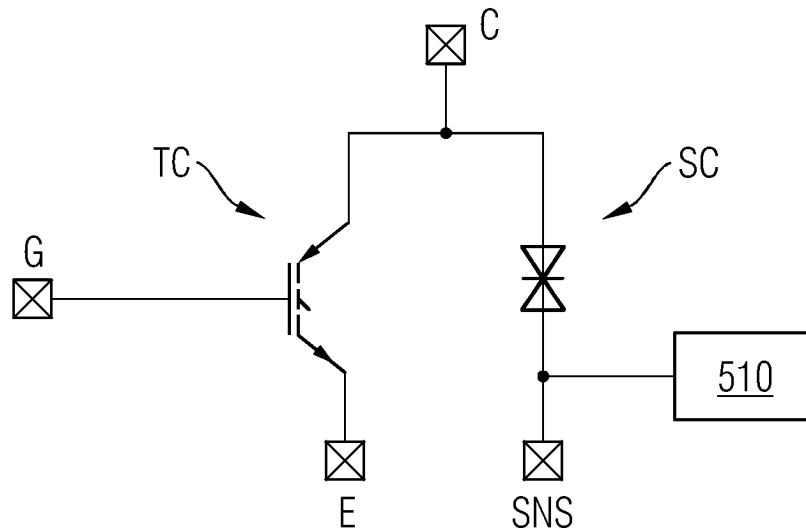


FIG 2A

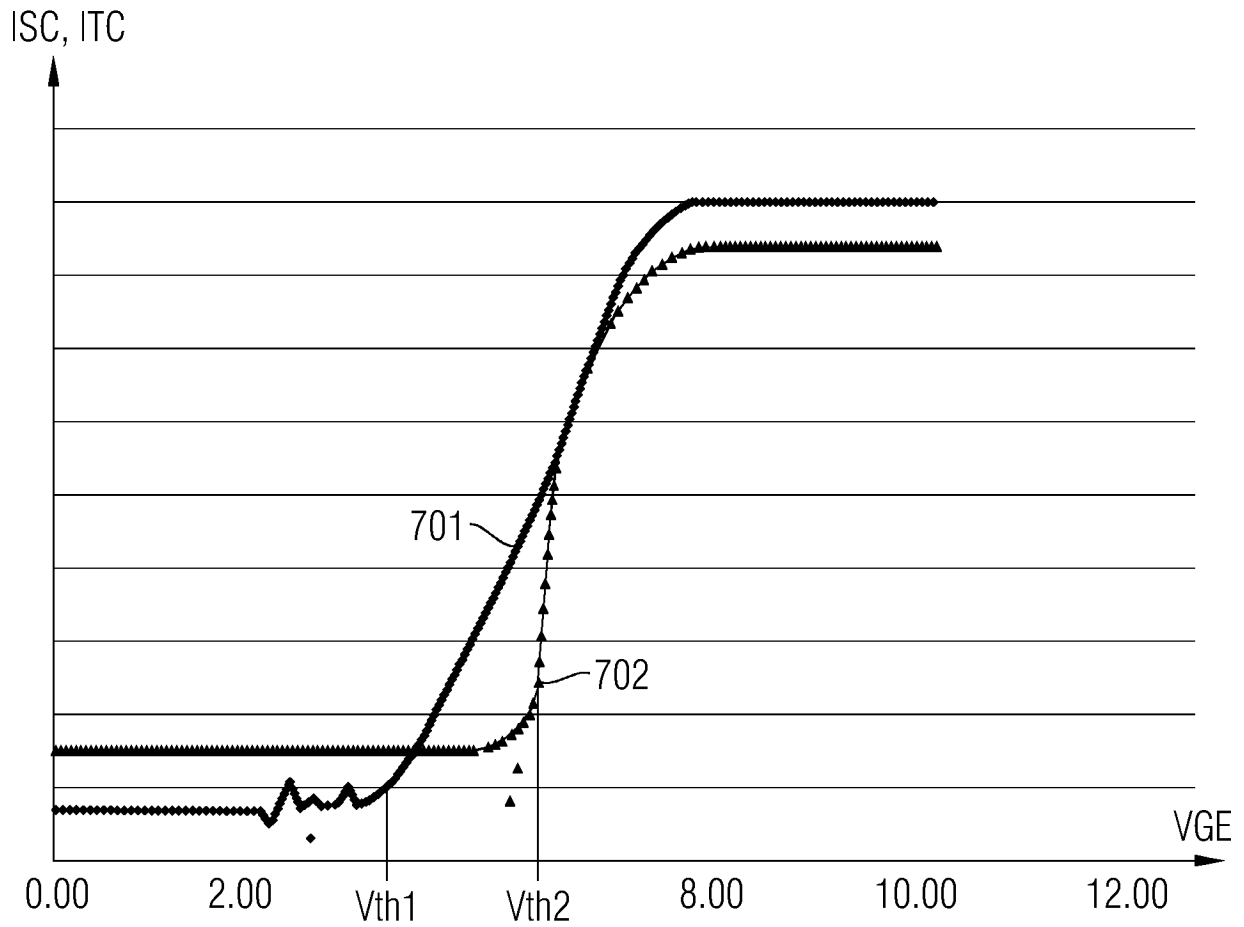


FIG 2B

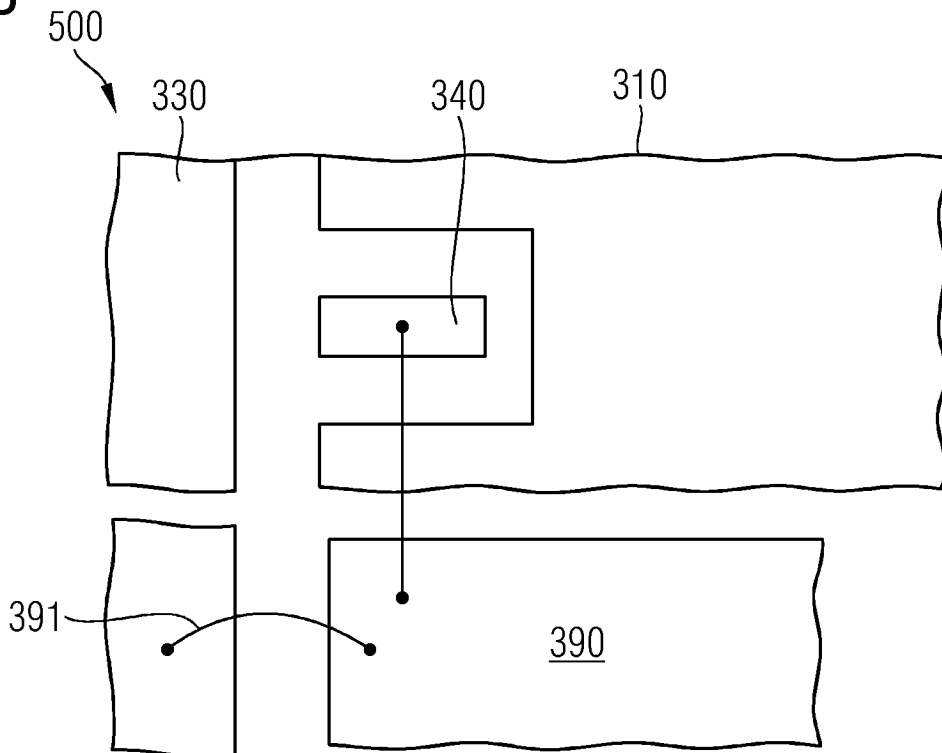


FIG 3A

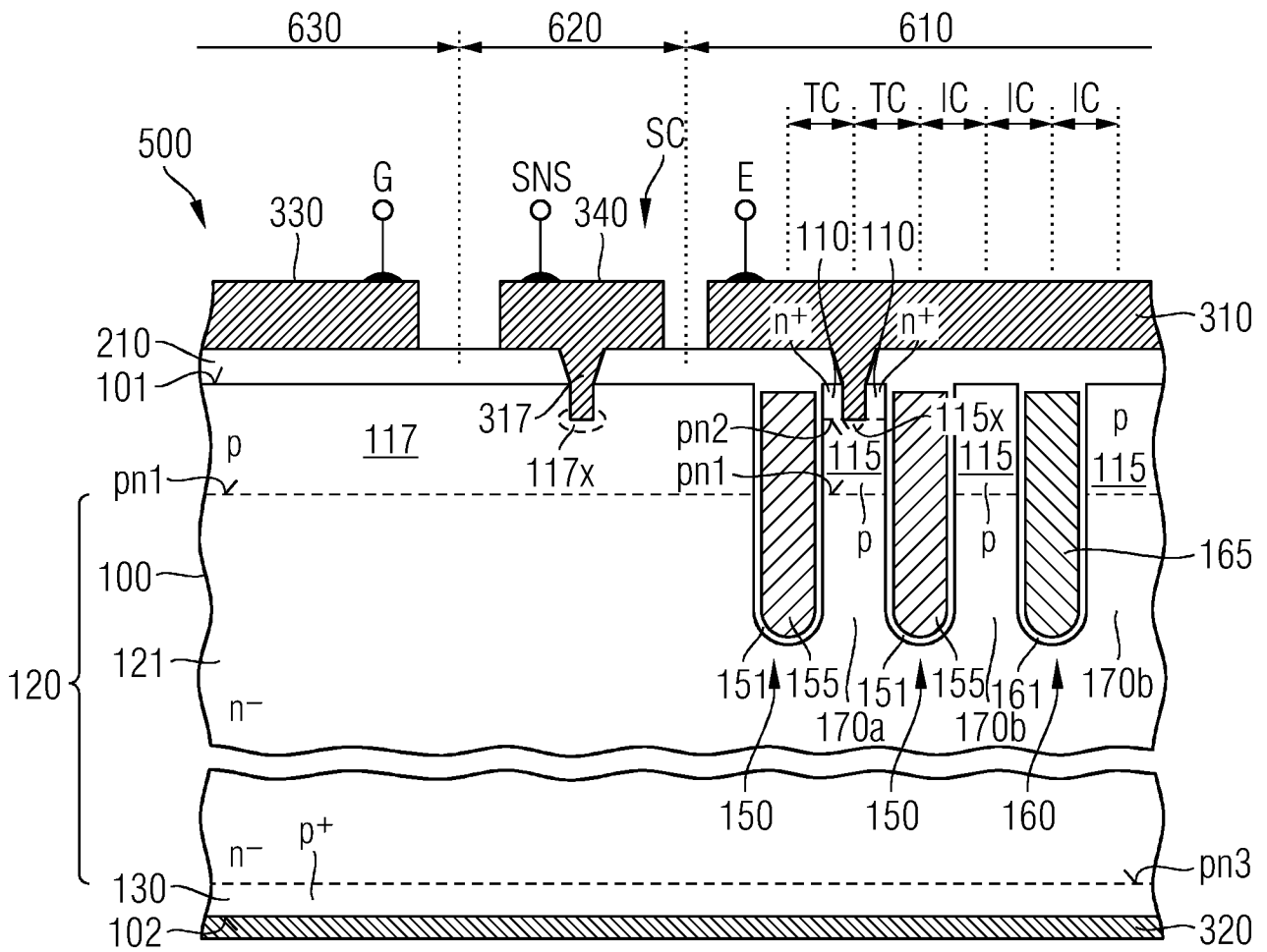


FIG 3B

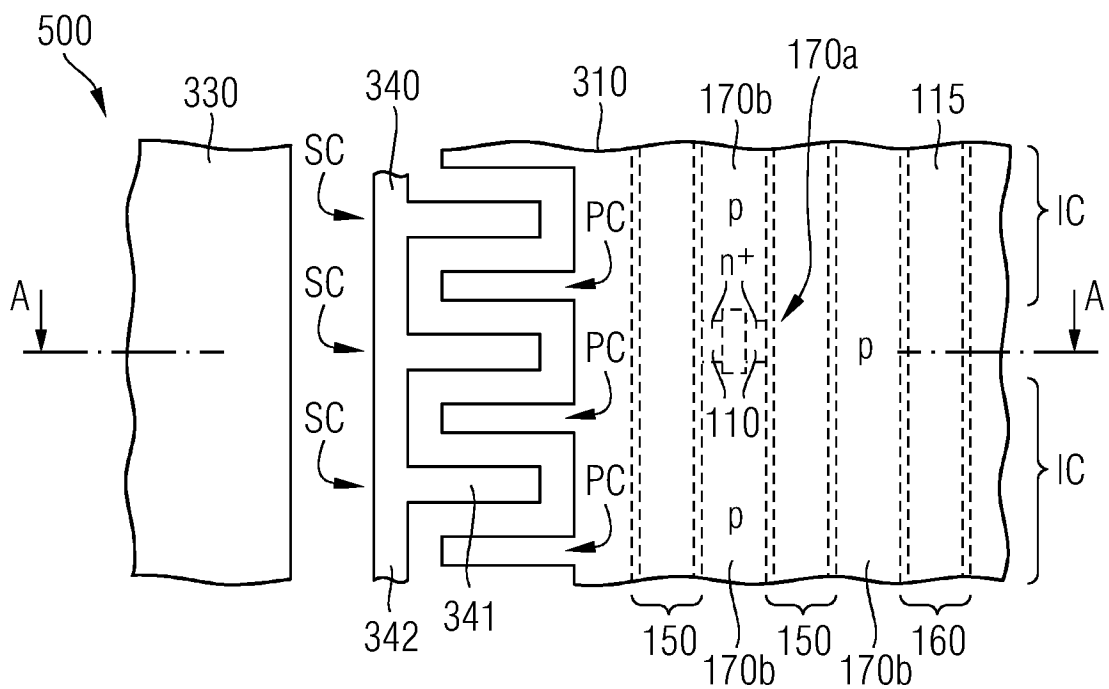


FIG 5

