



(10) **DE 10 2014 104 061 B4** 2018.03.01

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2014 104 061.9**
(22) Anmeldetag: **25.03.2014**
(43) Offenlegungstag: **16.10.2014**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **01.03.2018**

(51) Int Cl.: **H01L 29/739 (2006.01)**
H01L 29/06 (2006.01)
H01L 27/06 (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).

(30) Unionspriorität:
13/850,798 **26.03.2013** **US**

(73) Patentinhaber:
Infineon Technologies Austria AG, Villach, AT

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

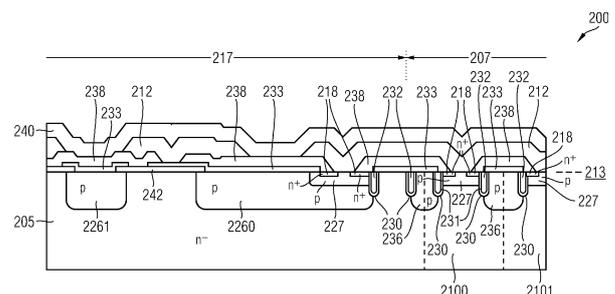
(72) Erfinder:
Voss, Stephan, Dr., 81549 München, DE; Griebel,
Erich, Dr., 84405 Dorfen, DE; Breymesser,
Alexander, Dr., Villach, AT

(56) Ermittelter Stand der Technik:

US	2010 / 0 258 840	A1
WO	2011/ 157 814	A2
WO	2012/ 001 967	A1

(54) Bezeichnung: **BIPOLARTRANSISTOR MIT ISOLIERTER GATEELEKTRODE MIT EMITTERKURZSCHLUSSBEREICHEN**

(57) Hauptanspruch: Eine Halbleitervorrichtung, die einen IGBT aufweist, der aufweist:
einen Halbleiterkörper (105, 205), der in einem ersten Gebiet (107, 207, 307, 407) ein Transistorzellenfeld umfasst, eine Junction-Termination-Struktur in einem das Transistorzellenfeld einfassenden zweiten Gebiet (117, 217, 417) auf einer ersten Seite (113, 213) des Halbleiterkörpers;
ein Emitterbereich eines ersten Leitungstyps auf einer der ersten Seite (113, 213) gegenüberliegenden zweiten Seite (115) des Halbleiterkörpers (105, 205); und
eine Diode (120), die eine Anode und eine Kathode aufweist, wobei ein Element aus Anode und Kathode einen Bodybereich (1270, 1271, 1272, 227) umfasst, das andere Element aus Anode und Kathode eine Vielzahl von verschiedenen ersten Emitterkurzschlussbereichen (1210, 1211, 4210) des zweiten Leitungstyps auf der zweiten Seite (115) gegenüber dem Transistorzellenfeld und wenigstens einen zweiten Emitterkurzschlussbereich (1240, 3240, 3241, 4240) des zweiten Leitungstyps auf der zweiten Seite (115) gegenüber der Junction-Termination-Struktur umfasst und der mindestens eine zweite Emitterkurzschlussbereich (1240, 2340, 4240) von den ersten Emitterkurzschlussbereichen (1210, 1211, 4210) verschieden ist,
wobei ein erstes Verhältnis von einer Fläche der Vielzahl von verschiedenen ersten Emitterkurzschlussbereichen (1210, 1211, 4210) zu dem ersten Gebiet (107, 207, 307, 407) kleiner ist als ein zweites Verhältnis von dem mindestens einen zweiten Emitterkurzschlussbereich (1240, 3240, 3241, 4240) zu dem zweiten Gebiet (117, 217, 417).



Beschreibung

HINTERGRUND

[0001] Rückwärtsleitende Bipolartransistoren mit isolierter Gatelektrode (RC-IGBT) wirken als IGBTs mit monolithisch integrierten antiparallelen Dioden. Im Fall von n-Kanal RC-IGBTs ist ein mit einem Kollektoranschluss elektrisch gekoppelter p-dotierter Emitter auf einer Rückseite durch hoch n-dotierte Bereiche unterbrochen, die als Emitterkurzschlüsse zwischen einer Driftzone und einer Elektrode auf der Rückseite wirken. Aus den Druckschriften WO 2011/157 814 A2, WO 2012/001 967 A1 sowie US 2010/0 258 840 A1 sind IGBTs bekannt.

[0002] In einem Leistungshalbleitertransistor wie einem RC-IGBT ist ein aktives Gebiet, das parallel geschaltete Transistorzellen umfasst, von einer Junction-Termination-Struktur eingefasst. In einem Sperrzustand des IGBTs verringert die Junction-Termination-Struktur ein elektrisches Feld in einer lateralen Richtung von dem Transistorzellenfeld zu einer Chipkante.

[0003] Ein Ziel der Entwicklung von neuen Generationen von RC-IGBTs liegt im Vermindern einer aktiven Chipfläche bei Beibehalten oder Verbessern der Chipfunktionalität. Ein Verringern der aktiven Chipfläche ist verbunden mit einem Verringern einer Gesamtfläche der monolithisch integrierten antiparallelen Diode, die zu einer Erhöhung der Vorwärtsspannung bei einem Referenzstrom führt. Ein ähnlicher Effekt kann durch Reduzieren eines thermischen Budgets nach dem Prozessieren eines rückseitigen Emitters und der Emitterkurzschlüsse hervorgerufen werden. Die Funktionalität der monolithisch integrierten antiparallelen Diode kann auch durch eine an der Gatelektrode des RC-IGBT angelegte Spannung in einem vorwärts vorgespannten Zustand der monolithisch integrierten antiparallelen Diode beeinträchtigt werden. Abhängig von der Ausführung des RC-IGBTs kann eine Gatespannung eines n-Kanal RC-IGBTs in einem vorwärts vorgespannten Zustand der monolithisch integrierten antiparallelen Diode positiv sein. In diesem Fall kann ein Feldeffekttransistor (FET) Kanal eingeschaltet sein, was zu einer Entladung von Elektronen führt, die die als Kathode der monolithisch integrierten antiparallelen Diode wirkenden Emitterkurzschlüsse injizieren. Die Entladung dieser Elektronen über den Kanal unterdrückt einen bipolaren Gain durch einen p-dotierten Bodybereich, der als Anode der monolithisch integrierten antiparallelen Diode wirkt. Dies hat wiederum eine Erhöhung der Vorwärtsspannung bei einem Referenzstrom zur Folge, was zu einem Anstieg der Leitungsverluste der monolithisch integrierten antiparallelen Diode führen kann.

[0004] Es gibt einen Bedarf an RC-IGBTs, die unter anderen Vorteilen und Eigenschaften einen verbesserten Ausgleich zwischen Leitungs- und Schaltverlusten zeigen.

ZUSAMMENFASSUNG

[0005] Gemäß einer Ausführungsform weist eine Halbleitervorrichtung einen IGBT auf. Zudem umfasst der IGBT einen Halbleiterkörper, der in einem ersten Gebiet ein Transistorzellenfeld umfasst. Der IGBT umfasst in einem das Transistorzellenfeld einfassenden zweiten Gebiet eine Junction-Termination-Struktur auf einer ersten Seite des Halbleiterkörpers. Der IGBT umfasst außerdem auf einer der ersten Seite gegenüberliegenden zweiten Seite des Halbleiterkörpers einen Emitterbereich eines ersten Leitungstyps. Weiter umfasst die Halbleitervorrichtung eine Diode, die eine Anode und eine Kathode umfasst. Ein Element der Anode und der Kathode umfasst den Bodybereich. Das andere Element der Anode und der Kathode umfasst eine Vielzahl von verschiedenen ersten Emitterkurzschlussbereichen eines zweiten Leitungstyps auf der dem Transistorzellenfeld gegenüberliegenden zweiten Seite und mindestens einen zweiten Emitterkurzschlussbereich des zweiten Leitungstyps auf der der Junction-Termination-Struktur gegenüberliegenden zweiten Seite. Der mindestens eine zweite Emitterkurzschlussbereich ist verschieden von den ersten Emitterkurzschlussbereichen. Ein erstes Verhältnis von einer Fläche der Vielzahl von verschiedenen ersten Emitterkurzschlussbereichen zu dem ersten Gebiet ist kleiner als ein zweites Verhältnis von dem mindestens einen zweiten Emitterkurzschlussbereich zu dem zweiten Gebiet.

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

KURZE BESCHREIBUNG DER ABBILDUNGEN

[0007] Die begleitenden Abbildungen liegen im weiteren Verständnis der Erfindung und sind in dieser Beschreibung eingeschlossen und bilden einen Teil dieser Beschreibung. Die Abbildungen veranschaulichen die Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung und dienen gemeinsam mit der Beschreibung zur Erläuterung der Prinzipien der Erfindung. Andere Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung und beabsichtigten Vorteile sind leicht zu erkennen, da sie mit Bezug auf die folgende detaillierte Beschreibung besser zu verstehen sind.

[0008] Fig. 1A ist eine schematische Querschnittsansicht eines Teilbereichs eines RC-IGBTs gemäß einer Ausführungsform.

[0009] Fig. 1B ist eine schematische Draufsicht auf den in Fig. 1A dargestellten RC-IGBT.

[0010] Fig. 1C ist eine schematische Ansicht eines vertikalen p-Dotierprofils an unterschiedlichen Positionen des in Fig. 1A dargestellten RC-IGBTs.

[0011] Fig. 2 ist eine schematische Querschnittsansicht eines Teilbereichs einer Ausführungsform eines RC-IGBT in einem Übergangsbereich zwischen einer Junction-Termination-Struktur und einem Transistorzellenfeld.

[0012] Fig. 3A bis Fig. 3D stellen Draufsichten von unterschiedlichen Layouts von einem Junction-Termination-Gebiet gegenüberliegenden zweiten Emitterkurzschlussbereichen des in Fig. 1A oder Fig. 2 dargestellten RC-IGBTs dar.

[0013] Fig. 4A bis Fig. 4F stellen Draufsichten von verschiedenen Layouts von einem Transistorzellenfeld gegenüberliegenden Emitterkurzschlussbereichen des in Fig. 1A oder Fig. 2 dargestellten RC-IGBTs dar.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG

[0014] In der folgenden Detailbeschreibung wird auf die begleitenden Zeichnungen Bezug genommen, die einen Teil davon bilden und in denen zu Veranschaulichungszwecken spezifische Ausführungsbeispiele gezeigt sind, in denen die Erfindung ausgeführt werden kann. Es ist zu verstehen, dass andere Ausführungsbeispiele herangezogen und strukturelle oder logische Änderungen gemacht werden können, ohne vom Bereich der vorliegenden Erfindung abzuweichen. Beispielsweise können Merkmale, die für ein Ausführungsbeispiel veranschaulicht oder beschrieben sind, im Zusammenhang mit anderen Ausführungsbeispielen verwendet werden, um zu noch einem weiteren Ausführungsbeispiel zu gelangen. Es ist beabsichtigt, dass die vorliegende Erfindung derartige Abwandlungen und Veränderungen einschließt. Die Beispiele sind mittels einer spezifischen Sprache beschrieben, die nicht als den Geltungsbereich der beigefügten Patentansprüche begrenzend aufzufassen ist. Die Zeichnungen sind nicht maßstabgetreu und dienen lediglich zu Veranschaulichungszwecken. Zur Klarheit sind entsprechende Elemente oder Herstellungsprozesse in den verschiedenen Zeichnungen mit den gleichen Bezugszeichen versehen, falls nicht etwas anderes festgestellt wird.

[0015] Der Begriff "elektrisch gekoppelt", wie er in der Beschreibung verwendet wird, soll nicht meinen, dass die Elemente direkt miteinander gekoppelt sein müssen. Vielmehr können dazwischenliegende Element(e) steuerbar sein. Beispielsweise kann keins, ein Teil oder alle der dazwischliegenden Elemente steuerbar sein, um eine niederohmige Ver-

bindung bereitzustellen und, zu einem anderen Zeitpunkt, eine nicht niederohmige Verbindung zwischen den "elektrisch gekoppelten" Elementen bereitzustellen. Der Begriff "elektrisch verbunden" beabsichtigt, eine niederohmige elektrische Verbindung zwischen den elektrisch miteinander verbundenen Elementen zu beschreiben, z. B. eine Verbindung durch ein Metall und/oder hochdotierten Halbleiter.

[0016] Einige Figuren stellen relative Dotierkonzentrationen durch die Angabe „-“ oder „+“ neben dem Dotiertyp dar. Beispielsweise bedeutet „n-“ eine Dotierkonzentration, die niedriger ist als die Dotierkonzentration einer „n“-Dotierzone, während eine „n+“-Dotierzone eine höhere Dotierkonzentration als die „n“-Dotierzone aufweist. Dotierzonen mit der gleichen relativen Dotierkonzentration können die gleiche absolute Dotierkonzentration haben oder sie haben sie nicht. Beispielsweise können zwei unterschiedliche „n+“-Dotierzonen unterschiedliche absolute Dotierkonzentrationen haben. Das Gleiche gilt zum Beispiel für eine „n-“-Dotierzone und eine „p+“-Dotierzone. In den unten beschriebenen Ausführungsformen ist ein Leitungstyp der illustrierten Halbleiterbereiche als n-Typ oder p-Typ bezeichnet, oder detaillierter einer von n-Typ, n-Typ, n⁺-Typ, p-Typ, p-Typ und p⁺-Typ. In jeder der illustrierten Ausführungsformen kann der Leitungstyp der illustrierten Halbleiterbereiche umgekehrt sein. In anderen Worten, in einer alternativen Ausführungsform von jeder einzelnen der unten beschriebenen Ausführungsformen kann ein dargestellter p-Typ Bereich ein n-Typ Bereich sein und ein dargestellter n-Typ Bereich ein n-Typ Bereich sein.

[0017] Ausdrücke wie „erster“, „zweiter“, und ähnliche Begriffe werden benutzt um verschiedene Strukturen, Elemente, Bereiche, Abschnitte, etc. zu beschreiben und beabsichtigen keine Einschränkung. Gleiche Ausdrücke bezeichnen durchweg gleiche Elemente.

[0018] Die Begriffe "haben", "enthalten", "umfassen", "aufweisen" und ähnliche Begriffe sind offene Begriffe, und diese Begriffe geben das Vorhandensein der angegebenen Strukturen, Elemente oder Merkmale an, schließen jedoch nicht zusätzliche Elemente oder Merkmale aus. Die unbestimmten und bestimmten Artikel umfassen den Plural sowie den Singular, falls sich aus dem Zusammenhang nicht klar etwas anderes ergibt.

[0019] Fig. 1A stellt eine schematische Querschnittsansicht durch einen Teilbereich eines Halbleiterkörpers **105** eines RC-IGBTs **100** dar. Der Halbleiterkörper **105** umfasst ein Halbleitersubstrat wie etwa ein monokristallines Halbleitersubstrat. Gemäß einer Ausführungsform ist das Halbleitersubstrat eines aus Silizium (Si), Germanium (Ge), oder ein Silizium-Germaniumverbund (SiGe). Gemäß einer weiteren Aus-

führungsform kann das monokristalline Halbleiter-substrat beispielsweise Galliumnitrid (GaN), Galliumarsenid (GaAs), Galliumaluminiumarsenid (GaAlAs) oder Siliziumkarbid (SiC) sein. Auf dem Halbleiter-substrat kann beispielsweise eine oder können mehrere optionale Halbleiterschichten angeordnet sein, beispielsweise epitaktische Halbleiterschichten.

[0020] Der RC-IGBT **100** umfasst in einem ersten Gebiet **107** ein Transistorzellenfeld, zum Beispiel ein Transistorzellenfeldgebiet. Das Transistorzellenfeld umfasst eine Vielzahl von Transistorzellen, zum Beispiel Transistorzellen **1100**, **1101**, die parallel geschaltet zwischen einem ersten Kontakt **112** auf einer ersten Seite **113**, z. B. einem Vorderseitenkontakt an einem Emitteranschluss des RC-IGBTs **100**, und einem zweiten Kontakt **114** auf einer der ersten Seite **113** gegenüberliegenden zweiten Seite **115**, z. B. einem rückseitigen Emitterkontakt an einem Kollektoranschluss des RC-IGBT **100** die parallel geschaltet sind.

[0021] Der RC-IGBT **100** umfasst zudem eine Junction-Termination-Struktur in einem zweiten Gebiet **117**, z. B. einem Junction-Termination-Strukturgebiet. Das Junction-Termination-Strukturgebiet im zweiten Gebiet **117** fasst das Transistorzellenfeld im ersten Gebiet **107** auf der ersten Seite **113** ein (Vergleiche Draufsicht des in **Fig. 1B** dargestellten RC-IGBTs **100**).

[0022] Eine antiparallele Diode **120** und der RC-IGBT **100** sind monolithisch integriert und teilen sich Halbleiterbereiche im Halbleiterkörper **105**.

[0023] In der schematischen Querschnittsansicht aus **Fig. 1A** sind zum Zwecke des weiteren Verständnisses der Ausführungsform ausgewählte Halbleiterbereiche dargestellt. Die antiparallele Diode **120** umfasst verschiedene n⁺-dotierte erste Emitterkurzschlussbereiche **1210**, **1211**, die einen n⁻-dotierte Driftbereich **123** elektrisch mit dem zweiten Kontakt **114** verbinden. Die n⁺-dotierten ersten Emitterkurzschlussbereiche **1210**, **1211** grenzen lateral an einen p⁺-dotierten Rückseitenemitterbereich **125** an und sind auf der zweiten Seite **115** im ersten Gebiet **107** angeordnet.

[0024] Die antiparallele Diode **120** umfasst weiter einen n⁺-dotierten zweiten Emitterkurzschlussbereich **1240**, der den n⁻-dotierten Driftbereich **123** elektrisch mit dem zweiten Kontakt **114** verbindet. Der n⁺-dotierte zweite Emitterkurzschlussbereich **1240** grenzt lateral an den p⁺-dotierten Rückseitenemitterbereich **125** an und ist auf der zweiten Seite **115** im zweiten Gebiet **117** gegenüber der Junction-Termination-Struktur angeordnet.

[0025] Die n⁺-dotierten ersten und zweiten Emitterkurzschlussbereiche **1210**, **1211**, **1240** sind Teil einer Kathode C der antiparallelen Diode **120**.

[0026] Die Junction-Termination-Struktur umfasst einen p-dotierten Junction-Termination-Bereich **1260**, der mittels des ersten Kontakts **112** mit p-dotierten Bodybereichen **1270**, **1271**, **1272** des RC-IGBTs **100** im Transistorzellenfeld elektrisch verbunden ist. Der erste Kontakt **112** kann ein oder eine Vielzahl von leitenden Materialien umfassen, z. B. Metalle, Metallverbindungen, dotiertes Halbleitermaterial, Silizide und jede Kombination davon. Der erste Kontakt **112** kann jede Art von mit leitendem Material gefüllten Kontaktöffnungen in einer dielektrischen Schicht umfassen, z. B. Kontaktstüpsel und Kontaktleitungen und Verdrahtungsschichten, die Elemente in unterschiedlichen Gebieten des Halbleiterkörpers **105** miteinander verbinden. Gemäß einer Ausführungsform beträgt eine Breite w_2 des p-dotierten Junction-Termination-Bereichs **1260** zwischen 5 µm und 120 µm oder zwischen 30 µm und 80 µm. Die Breite w_2 kann unter Berücksichtigung einer Strombelastbarkeit von mit dem p-dotierten Junction-Termination-Bereich **1260** elektrisch verbundenen Kontaktlöchern und/oder von Strombelastbarkeitsanforderungen des p-dotierten Junction-Termination-Bereichs **1260** in einem leitenden Zustand der antiparallelen Diode **120** angepasst werden.

[0027] Im Transistorzellenfeld im ersten Gebiet **107** sind weitere bekannte Elemente eines IGBTs, z. B. ein Sourcegebiet, ein Gatedielektrikum, eine Gateelektrode und ein optionaler Bodykontaktbereich ohne konkrete Darstellung in **Fig. 1A** integriert, um die Darstellung auf die antiparallele Diode **120** zu fokussieren. Gemäß einer Ausführungsform umfasst der RC-IGBT **100** eine planare Gatestruktur, um die Leitfähigkeit entlang eines lateralen Kanalbereichs zu steuern. Gemäß einem weiteren Beispiel umfasst der RC-IGBT **100** eine Gategrabenstruktur, um die Leitfähigkeit entlang eines vertikalen Kanalbereichs an einer Grabenseitenwand zu steuern.

[0028] Der Rückseitenemitterbereich **125** und die ersten und zweiten Emitterkurzschlussbereiche **1210**, **1211**, **1240** liegen in einer Ebene parallel zu der zweiten Seite **115**. Außerdem sind der Rückseitenemitterbereich **125** und die ersten und zweiten Emitterkurzschlussbereiche **1210**, **1211**, **1240** durch einen gemeinsame Elektrode elektrisch mit dem zweiten Kontakt **114** verbunden.

[0029] Ein erstes Verhältnis von einer Fläche der Vielzahl von verschiedenen n⁺-dotierten ersten Emitterkurzschlussbereichen, wie den n⁺-dotierten ersten Emitterkurzschlussbereichen **1210**, **1211** zum ersten Gebiet **107** ist kleiner als ein zweites Verhältnis von allen zweiten Emitterkurzschlussbereichen, wie den zweiten Emitterkurzschlussbereich **1240**, zum zwei-

ten Gebiet **117**. Die Fläche der Vielzahl von verschiedenen n^+ -dotierten ersten Emitterkurzschlussbereichen wird durch Aufsummieren aller Flächen der ersten Emitterkurzschlussbereiche in einer Ebene parallel zur zweiten Seite **115** bestimmt. Die Fläche aller zweiten Emitterkurzschlussbereiche wird auf dieselbe Weise bestimmt.

[0030] Gemäß einer Ausführungsform unterscheiden sich die Vielzahl von verschiedenen ersten Emitterkurzschlussbereichen und den zweiten Emitterkurzschlussbereichen in mindestens einem der Merkmale laterale Ausdehnung und Intervall einer periodischen Anordnung. Sind die ersten und zweiten Emitterkurzschlussbereiche periodisch angeordnet, z. B. als ein zweidimensionales Muster, so unterscheidet sich die periodische Anordnung der ersten und zweiten Emitterkurzschlussbereiche durch einen Abstand in wenigstens einer Richtung der periodischen Anordnung. Die Vielzahl von verschiedenen ersten Emitterkurzschlussbereichen kann auch über das erste Gebiet verstreut sein. Anders ausgedrückt, die Vielzahl von verschiedenen ersten Emitterkurzschlussbereichen kann in unregelmäßigen Abständen angeordnet sein, zum Beispiel in einem zufälligen Muster.

[0031] Gemäß einer Ausführungsform ist ein Umriss des zweiten Emitterkurzschlussbereichs **1240** eine geschlossene oder unterbrochene Schleife, der das Transistorzellenfeld im ersten Gebiet **107** einfasst. Der RC-IGBT **100** kann auch eine Vielzahl von als geschlossene und/oder unterbrochene Schleifen geformte Emitterkurzschlussbereiche umfassen, die das Transistorzellenfeld einfassen. Der zweite Emitterkurzschlussbereich **1240** kann auch mit dem ersten Gebiet **107** überlappen.

[0032] Gemäß einer Ausführungsform liegt das erste Verhältnis zwischen 1% und 80% des zweiten Verhältnisses, oder zwischen 1% und 40% des zweiten Verhältnisses, oder sogar zwischen 1% und 10% des zweiten Verhältnisses. Durch Absenken der oberen Grenze der oben genannten Bereiche können die Leitungsverluste der antiparallelen Diode **120** verringert werden. Das erste Verhältnis kann zwischen 0,01 und 0,2 liegen. Das zweite Verhältnis kann zwischen 0,02 und 1 oder zwischen 0,5 und 1, oder sogar zwischen 0,8 und 1 liegen. Durch Erhöhen der unteren Grenze der oben genannten Bereiche können die Leitungsverluste der Diode **120** aufgrund der größeren Fläche der zweiten Kurzschlüsse und aufgrund der größeren Kontaktfläche für Kontakte der zweiten Kurzschlüsse verringert werden. Dem p-dotierten Junction-Termination-Bereich **1260** entlang einer vertikalen Richtung direkt gegenüberliegende zweite Kurzschlüsse wirken sich positiv bezüglich einer effektiven Reduktion der Leitungsverluste der Diode **120**.

[0033] In der in **Fig. 1A** dargestellten Ausführungsform erstreckt sich der p-dotierte Junction-Termina-

tion-Bereich **1260** tiefer in den Halbleiterkörper als jeder der Bodybereiche **1270**, **1271**, **1272**. Wie in **Fig. 1C** dargestellt, weist der p-dotierte Junction-Termination-Bereich **1260** eine p-Dotierdosis p_2 auf, die höher ist als eine p-Dotierdosis p_1 in jedem der Bodybereiche **1270**, **1271**, **1272**. Die Dotierdosis in jedem der Bodybereiche **1270**, **1271**, **1272** entlang einer Tiefe x wird durch eine Fläche zwischen der Kurve p_1 und einer x -Koordinate bestimmt (Vergleiche Linie B-B' in **Fig. 1A**). Die Dotierdosis des p-dotierten Junction-Termination-Bereichs **1260** entlang der Tiefe x wird durch eine Fläche zwischen der Kurve p_2 und der x -Koordinate bestimmt (Vergleiche Linie A-A' in **Fig. 1A**).

[0034] Wiederum mit Bezug auf die schematische Querschnittsansicht aus **Fig. 1A** ist eine Breite w_2 des p-dotierten Junction-Termination-Bereichs **1260** größer als eine Breite w_1 eines jeden der Bodybereiche **1270**, **1271**, **1272**. Erhöhen der Dotierdosis und der Breite w_2 des p-dotierten Junction-Termination-Bereichs **1260** kann eine Erhöhung der Strombelastbarkeit der Junction-Termination-Struktur in einem vorwärts vorgespannten Zustand der antiparallelen Diode **120** ermöglichen. Gemäß weiteren Ausführungsformen ist ein vertikales Dotierprofil des p-dotierten Junction-Termination-Bereichs **1260** und jedes Bodybereichs **1270**, **1271**, **1272** identisch, z. B. trifft die Kurve p_1 für den p-dotierten Junction-Termination-Bereich **1260** und für jeden der Bodybereiche **1270**, **1271**, **1272** zu. In diesem Fall ermöglicht ein Erhöhen der Breite w_2 des p-dotierten Junction-Termination-Bereichs **1260** ein Erhöhen der Strombelastbarkeit der Junction-Termination-Struktur in einem vorwärts vorgespannten Zustand der antiparallelen Diode **120**. Gemäß einer Ausführungsform beträgt die Breite w_2 des p-dotierten Junction-Termination-Bereichs **1260** zwischen 5 μm und 120 μm , oder zwischen 30 μm bis 80 μm . Die Breite w_2 kann unter Berücksichtigung einer Strombelastbarkeit der mit dem p-dotierten Junction-Termination-Bereich **1260** elektrisch verbundenen Kontaktlöcher und/oder von Strombelastbarkeitsanforderungen des p-dotierten Junction-Termination-Bereichs **1260** in einem leitenden Zustand der antiparallelen Diode **120** angepasst werden.

[0035] Die oben beschriebenen Layoutmaßnahmen werten die rückwärtsleitenden Charakteristiken eines RC-IGBT auf, indem sie sich das Junction-Termination-Gebiet als Teil der antiparallelen Diode **120** zunutze machen und dadurch einem dem Schrumpfen der Chipdimensionen geschuldeten Anstieg der Durchlassspannung entgegenwirken.

[0036] **Fig. 2** stellt eine schematische Querschnittsansicht durch einen Teilbereich eines Halbleiterkörpers **205** eines RC-IGBTs **200** in einem Übergangsbereich zwischen einem Transistorzellenfeld in einem ersten Gebiet **207** und einer Junction-Termina-

tion-Struktur in einem zweiten Gebiet **217** dar. Gategräben **230** umfassen je ein Gatedielektrikum **231**, z. B. ein thermisches Oxid wie SiO_2 , und eine Gateelektrode **232**, die ein leitendes Material oder andere leitende Materialien **233** umfasst, z. B. Metalle und/oder dotiertes Halbleitermaterial, wie etwa dotiertes Polysilizium. Das leitende Material **233** der Gateelektrode **232** bedeckt Teile des Halbleiterkörpers **205** auf einer ersten Seite **213**, z. B. zum Zweck der Verbindung der Gateelektroden untereinander. Zwischen gegenüberliegenden Gategräben **230** ist ein floatender p-dotierter Bereich **236** angeordnet. In jeder der Transistorzellen **2100**, **2101** sind ein p-dotierter Bodybereich **227** und ein n⁺-dotierter Sourcebereich **218** elektrisch mit einem ersten Kontakt **212** verbunden. Der erste Kontakt **212** erstreckt sich durch eine isolierende Schicht **238** zur ersten Seite **213** und erstreckt sich außerdem in einer Ebene parallel zur ersten Seite **213**. Dadurch wirkt der erste Kontakt **212** als Verdrahtungsschicht und Kontaktöffnung. Eine Dichtungsschicht **240**, z. B. ein Imid, bedeckt den ersten Kontakt **212** und die isolierende Schicht **238**.

[0037] Die Junction-Termination-Struktur im zweiten Gebiet **217** umfasst p-dotierte Junction-Termination-Bereiche **2260**, **2261**. Eine isolierende Schicht **242**, z. B. ein Oxid und/oder Nitrid, bedeckt die erste Seite **213** zwischen den p-dotierten Junction-Termination-Bereichen **2260**, **2261**. Der p-dotierte Junction-Termination-Bereich **2261** kann elektrisch floatend sein. Zusätzlich zu den p-dotierten Junction-Termination-Bereichen **2260**, **2261** können beispielsweise abhängig von Sperrspannungsanforderungen des Chips weitere p-dotierte Junction-Termination-Bereiche an einer Außenseite des Chips angeordnet sein. Zusätzlich oder als Alternative können floatende p-dotierte Bereiche **2261**, Feldplatten oder Junction-Termination-Extension-Strukturen genutzt werden. Der p-dotierte Junction-Termination-Bereich **2260** ist durch das leitende Material **233** der Gateelektrode **232**, die im zweiten Gebiet **217** Teile des Halbleiterkörpers **205** auf der ersten Oberfläche **213** bedeckt, elektrisch mit dem ersten Kontakt **212** verbunden. Der p-dotierte Junction-Termination-Bereich **2260** grenzt direkt an einen äußersten der Gategräben **230** an. Im p-dotierten Junction-Termination-Bereich **2260** sind die Body- und Sourcebereiche **227**, **218** angeordnet. Dadurch kann die Leitfähigkeit eines äußersten Kanals zwischen dem p-dotierten Junction-Termination-Bereich **2260** und einem äußersten der Gategräben **230** durch eine an die Gateelektrode **232** angelegte Spannung gesteuert werden. Aufgrund der höheren Dotierung des p-dotierten Junction-Termination-Bereichs **2260** im Vergleich mit dem Bodybereich **227** ist die Schwellspannung des äußersten Transistorkanals am Übergang zwischen der Junction-Termination-Struktur und dem Transistorzellenfeld größer als eine Schwellspannung eines Kanalbereichs im Transistorzellenfeld. Selbst wenn im Einschaltzustand an die Gateelektrode **232** eine typische positive Span-

nung angelegt ist, z. B. 15 V, ist ein Elektronenstrom in dem äußersten Kanal im Vergleich zu einem Kanalstrom in dem Transistorzellenfeld klein oder vernachlässigbar. Daher ist eine Diodenfunktion des p-dotierten Junction-Termination-Bereichs in einem rückwärts-leitenden Zustand des RC-IGBTs **200** bei typischen Gatespannungen näherungsweise unabhängig von der Gatespannung was zur Verringerung der Leitungsverluste der antiparallelen Diode in Durchlassrichtung führt, wenn der RC-IGBT nicht vollständig ausgeschaltet ist.

[0038] In Bezug auf die Elemente des RC-IGBT **100** dargestellte Einzelheiten gelten auch für den RC-IGBT **200**. Beispielsweise gelten die Layoutmaßnahmen betreffend die Rückseitenemitter und Emitterkurzschlüsse im Junction-Termination-Bereich und im Transistorzellenfeld des RC-IGBT **100** auch für den RC-IGBTs **200**.

[0039] Fig. 3A bis Fig. 3D stellen Draufsichten von verschiedenen Layouts für dem des in Fig. 1A oder Fig. 2 dargestellten RC-IGBTs Junction-Termination-Gebiet gegenüberliegenden zweiten Emitterkurzschlussbereichen **3240**, **3241** dar.

[0040] In Bezug auf die Draufsicht von Fig. 3A bildet der zweite Emitterkurzschlussbereich **3240** eine geschlossene zusammenhängende Schleife.

[0041] Mit Bezug auf die Draufsicht von Fig. 3B bildet der zweite Emitterkurzschlussbereich **3240** eine unterbrochene Schleife.

[0042] Mit Bezug auf die Draufsicht von Fig. 3C bilden die zweiten Emitterkurzschlussbereiche **3240**, **3241** geschlossene zusammenhängende Schleifen.

[0043] Mit Bezug auf die Draufsicht aus Fig. 3D bilden die zweiten Emitterkurzschlussbereiche **3240**, **3241** unterbrochene Schleifen.

[0044] Gemäß weiteren Ausführungsformen kann die Anzahl von das Transistorzellenfeld einfassenden geschlossenen oder unterbrochenen Schleifen größer als 1 sein. Die Anzahl von das Transistorzellenfeld einfassenden geschlossenen oder unterbrochenen Schleifen kann unter Berücksichtigung des Sperrspannungsvermögens des RC-IGBTs ausgewählt werden.

[0045] Fig. 4A bis Fig. 4C stellen Draufsichten auf unterschiedliche Layouts für erste Emitterkurzschlussbereiche **4210** dar, die dem Transistorzellenfeld des in Fig. 1A oder Fig. 2 dargestellten RC-IGBTs gegenüber liegen.

[0046] Mit Bezug auf die Draufsicht von Fig. 4A bilden die ersten Emitterkurzschlussbereiche **4210** parallele Streifen in einem ersten Gebiet **407**, das durch

eine Junction-Termination-Struktur in einem zweiten Gebiet **417** eingefasst ist.

[0047] Mit Bezug auf die Draufsicht aus **Fig. 4B** bilden die ersten Emitterkurzschlussbereiche **4210** ein zweidimensionales Feld. Ein Umriss eines jeden der ersten Emitterkurzschlussbereiche **4210** kann zum Beispiel kreisförmig, rechteckig, oder polygonal sein. Die ersten Emitterkurzschlussbereiche **4210** können auch eine Kombination unterschiedlicher Umrisse aufweisen. Ein erstes Intervall periodischer Anordnung der Vielzahl von verschiedenen ersten Emitterkurzschlussbereichen **4210** entlang einer ersten Richtung **491** ist mit p_1 gekennzeichnet. Ein zweites Intervall periodischer Anordnung der Vielzahl von verschiedenen ersten Emitterkurzschlussbereichen **4210** entlang einer zweiten Richtung **492** ist gleich dem ersten Intervall. Gemäß anderen Ausführungsformen unterscheiden sich das erste und das zweite Intervall.

[0048] Mit Bezug auf die Draufsicht von **Fig. 4C** bilden die ersten Emitterkurzschlussbereiche **4210** ein zweidimensionales Feld ähnlich dem Layout aus **Fig. 4B**. Eine periodische Anordnung von ersten Emitterkurzschlussbereichen **4210** ist durch ein Gebiet **451** unterbrochen. Abhängig von einer Größe des Transistorzellenfelds können eine Vielzahl von Gebieten **451** das zweidimensionale Feld von ersten Emitterkurzschlussbereichen **4210** unterbrechen und als Rückseitenemittertriggerbereiche wirken. Ein durch einen Elektronenstrom ausgelöster Spannungsabfall entlang jedem der Gebiete **451** in einer Driftzone des RC-IGBTs kann eine Vorwärtsspannung einer Diode übersteigen und zu einer Ladungsträgerinjektion durch den Rückseitenemitter führen.

[0049] Die unterschiedlichen Layouts von ersten und zweiten Emitterkurzschlussbereichen, die in den **Fig. 3A** bis **Fig. 4C** dargestellt sind, können in irgendeiner Form mit den Erwägungen der weiteren Layoutmaßnahmen, die mit Bezug auf die in **Fig. 1** dargestellte Ausführungsform beschrieben sind, kombiniert werden.

[0050] **Fig. 4D** bis **Fig. 4F** stellen Ausführungsformen mit Draufsichten von unterschiedlichen Layouts für erste und zweite Emitterkurzschlussbereiche **4210**, **4240** von in **Fig. 1A** oder **Fig. 2** dargestellten RC-IGBTs dar.

[0051] Mit Bezug auf die Draufsicht von **Fig. 4D** bilden die ersten Emitterkurzschlussbereiche **4210** ein zweidimensionales Feld ähnlich dem Layout aus **Fig. 4C**. Die zweiten Emitterkurzschlussbereiche **4240** sind im zweiten Gebiet **417** angeordnet. Ein Intervall periodischer Anordnung der zweiten Emitterkurzschlussbereiche **4240** im zweiten Gebiet **417** ist gleich dem Intervall p_1 der ersten Emitterkurz-

schlussbereiche **4210** in dem ersten Gebiet **407**. Laterale Ausdehnungen I_2 der zweiten Emitterkurzschlussbereiche **4240** sind größer als laterale Ausdehnungen I_1 der ersten Emitterkurzschlussbereiche **4210**. Dadurch ist ein erstes Verhältnis von einer Fläche der Vielzahl von verschiedenen ersten Emitterkurzschlussbereichen **4210** zum Gebiet **407** kleiner als ein zweites Verhältnis von zweiten Emitterkurzschlussbereichen **4240** zum zweiten Gebiet **417**.

[0052] Mit Bezug auf die Draufsicht von **Fig. 4E** sind die ersten Emitterkurzschlussbereiche **4210** über das erste Gebiet **407** verstreut. Laterale Ausdehnungen der ersten Emitterkurzschlussbereiche **4210** sind I_3 , I_4 , I_5 und I_6 . Die zweiten Emitterkurzschlussbereiche **4240** sind über das zweite Gebiet **417** verstreut. Laterale Ausdehnungen der zweiten Emitterkurzschlussbereiche **4240** sind I_8 , I_6 , I_7 und I_8 . Die ersten und zweiten Emitterkurzschlussbereiche **4210**, **4240** unterscheiden sich in ihrer lateralen Ausdehnung in Bezug auf die ersten Emitterkurzschlussbereiche **4210** mit lateralen Ausdehnungen I_3 , I_4 und die zweiten Emitterkurzschlussbereiche **4240** mit den lateralen Ausdehnungen I_7 , I_8 . Wählt man I_7 , I_8 größer als I_3 , I_4 , so erlaubt dies ein Einstellen eines ersten Verhältnisses von einer Fläche der Vielzahl von verschiedenen ersten Emitterkurzschlussbereichen **4210** zum ersten Gebiet **407** kleiner als einem zweiten Verhältnis von zweiten Emitterkurzschlussbereichen **4240** zum zweiten Gebiet **417**.

[0053] Mit Bezug auf die Draufsicht von **Fig. 4F** sind die ersten Emitterkurzschlussbereiche **4210** über das erste Gebiet **407** verstreut. Laterale Ausdehnungen der ersten Emitterkurzschlussbereiche **4210** sind I_3 , I_4 , I_5 und I_6 . Die zweiten Emitterkurzschlussbereiche **4240** sind über das zweite Gebiet **417** verstreut. Laterale Ausdehnungen der zweiten Emitterkurzschlussbereiche **4240** I_3 , I_4 , I_5 und I_6 sind ähnlich der den ersten Emitterkurzschlussbereiche **4210**. Durch Platzieren von mehr zweiten Emitterkurzschlussbereichen **4240** pro Einheitsfläche im zweiten Gebiet **417** als ersten Emitterkurzschlussbereichen **4210** pro Einheitsfläche im ersten Gebiet **407** kann ein erstes Verhältnis von einer Fläche der Vielzahl von verschiedenen ersten Emitterkurzschlussbereichen **4210** zum ersten Gebiet **407** kleiner eingestellt werden als ein zweites Verhältnis von den zweiten Emitterkurzschlussbereichen **4240** zum zweiten Gebiet **417**.

[0054] Die in den exemplarischen Ausführungsformen oben beschriebenen festgelegten Leitungstypen können in jedem Fall auch umgekehrt werden. Daher ist es möglich, zum Beispiel einen p-Kanal RC-IGBT anstelle eines n-Kanal RC-IGBTs anzuwenden.

[0055] Merkmale, die zuvor im Zusammenhang mit einem Ausführungsbeispiel erläutert wurden können auch mit Merkmalen anderer Ausführungsbeispiele

kombiniert werden, sofern sich diese Merkmale nicht gegenseitig ausschließen.

Patentansprüche

1. Eine Halbleitervorrichtung, die einen IGBT aufweist, der aufweist:

einen Halbleiterkörper (**105, 205**), der in einem ersten Gebiet (**107, 207, 307, 407**) ein Transistorzellenfeld umfasst,

eine Junction-Termination-Struktur in einem das Transistorzellenfeld einfassenden zweiten Gebiet (**117, 217, 417**) auf einer ersten Seite (**113, 213**) des Halbleiterkörpers;

ein Emitterbereich eines ersten Leitungstyps auf einer der ersten Seite (**113, 213**) gegenüberliegenden zweiten Seite (**115**) des Halbleiterkörpers (**105, 205**); und

eine Diode (**120**), die eine Anode und eine Kathode aufweist, wobei ein Element aus Anode und Kathode einen Bodybereich (**1270, 1271, 1272, 227**) umfasst, das andere Element aus Anode und Kathode eine Vielzahl von verschiedenen ersten Emitterkurzschlussbereichen (**1210, 1211, 4210**) des zweiten Leitungstyps auf der zweiten Seite (**115**) gegenüber dem Transistorzellenfeld und wenigstens einen zweiten Emitterkurzschlussbereich (**1240, 3240, 3241, 4240**) des zweiten Leitungstyps auf der zweiten Seite (**115**) gegenüber der Junction-Termination-Struktur umfasst und der mindestens eine zweite Emitterkurzschlussbereich (**1240, 2340, 4240**) von den ersten Emitterkurzschlussbereichen (**1210, 1211, 4210**) verschieden ist,

wobei ein erstes Verhältnis von einer Fläche der Vielzahl von verschiedenen ersten Emitterkurzschlussbereichen (**1210, 1211, 4210**) zu dem ersten Gebiet (**107, 207, 307, 407**) kleiner ist als ein zweites Verhältnis von dem mindestens einen zweiten Emitterkurzschlussbereich (**1240, 3240, 3241, 4240**) zu dem zweiten Gebiet (**117, 217, 417**).

2. Die Halbleitervorrichtung gemäß Anspruch 1, wobei die Vielzahl von verschiedenen ersten Emitterkurzschlussbereichen (**4210**) und der mindestens eine zweite Emitterkurzschlussbereich (**4240**) sich mindestens in einem der Merkmale lateralen Ausdehnungen und Intervall der periodischen Anordnung unterscheiden.

3. Die Halbleitervorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 oder 2, wobei der Emitterbereich, die Vielzahl von verschiedenen ersten Emitterkurzschlussbereichen (**1210, 1211, 4210**) und der mindestens eine zweite Emitterkurzschlussbereich (**1240, 3240, 3241, 4240**) in einer Ebene liegen.

4. Die Halbleitervorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei der Emitterbereich, die Vielzahl an verschiedenen ersten Emitterkurzschlussbereichen (**1210, 1211, 4210**) und der wenigstens eine

zweite Emitterkurzschlussbereich (**1240, 3240, 3241, 4240**) elektrisch mit einer gemeinsamen Elektrode auf der zweiten Seite (**115**) verbunden sind.

5. Die Halbleitervorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei ein Umriss des mindestens einen zweiten Emitterkurzschlussbereichs (**1240, 3240, 3241**) eine geschlossene oder unterbrochene Schleife ist, die das Transistorzellenfeld einfasst.

6. Die Halbleitervorrichtung gemäß Anspruch 5, wobei der mindestens eine zweite Emitterkurzschlussbereich (**1240, 3240, 3241**) eine Vielzahl oder eine Kombination von geschlossenen und unterbrochenen Schleifen umfasst, die das Transistorzellenfeld einfassen.

7. Die Halbleitervorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei der mindestens eine zweite Emitterkurzschlussbereich teilweise mit dem ersten Gebiet überlappt.

8. Die Halbleitervorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei das erste Verhältnis zwischen 1% und 80% des zweiten Verhältnisses liegt.

9. Die Halbleitervorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei das erste Verhältnis zwischen 0,01 und 0,2 liegt.

10. Die Halbleitervorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei das zweite Verhältnis zwischen 0,02 und 1 liegt.

11. Die Halbleitervorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei die Vielzahl an verschiedenen ersten Emitterkurzschlussbereichen (**4210**) über das erste Gebiet (**407**) verstreut sind.

12. Die Halbleitervorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 11, wobei jeder der Vielzahl an verschiedenen ersten Emitterkurzschlussbereichen (**1210, 1211, 4210**) und der wenigstens eine zweite Emitterkurzschlussbereich (**1240, 3240, 3241, 4240**) eine elektrische Verbindung zwischen einer Driftzone und einer Elektrode auf der zweiten Seite herstellt.

13. Die Halbleitervorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 12, wobei der IGBT einen Bodybereich (**227**) des ersten Leitungstyps umfasst, der an ein Gatedielektrikum angrenzt, und die Junction-Termination-Struktur im zweiten Gebiet (**217**) mindestens einen mit dem Bodybereich (**227**) elektrisch verbundenen Junction-Termination-Bereich (**2260**) des ersten Leitungstyps umfasst.

14. Die Halbleitervorrichtung gemäß Anspruch 13, wobei der mindestens eine Junction-Termination-Bereich (**2260**) sich tiefer in den Halbleiterkörper er-

streckt als der Bodybereich (227) und der mindestens eine Junction-Termination-Bereich (2260) eine höhere Dotierdosis des ersten Leitungstyps aufweist als der Bodybereich (227).

15. Die Halbleitervorrichtung gemäß einem der Ansprüche 13 oder 14, wobei eine Breite des mindestens einen Junction-Termination-Bereichs (2260) zwischen 5 μm und 120 μm liegt.

16. Die Halbleitervorrichtung gemäß einem der Ansprüche 13 bis 15, wobei vertikale Dotierprofile des mindestens einen Junction-Termination-Bereichs (2260) und des Bodybereichs (227) gleich sind, und der mindestens eine Junction-Termination-Bereich (2260) und der Bodybereich (227) elektrisch verbunden sind.

17. Die Halbleitervorrichtung gemäß Anspruch 16, die weiter aufweist, einen Sourcebereich (218) des zweiten Leitungstyps im Transistorzellenfeld, wobei der Sourcebereich (218) im Junction-Termination-Bereich (2260) fehlt.

18. Die Halbleitervorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 17, wobei eine Schwellspannung eines äußersten Transistorkanalbereichs an einem Übergang zwischen der Junction-Termination-Struktur und dem Transistorzellenfeld größer ist als eine Schwellspannung eines Kanalbereichs im Transistorzellenfeld.

19. Die Halbleitervorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 18, wobei die Halbleitervorrichtung ein rückwärtsleitender IGBT ist, der einen p-dotierten Bodybereich und n-dotierte erste und zweite Emitterkurzschlussbereiche umfasst.

20. Die Halbleitervorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 19, wobei der IGBT Grabentransistorzellen umfasst.

Es folgen 6 Seiten Zeichnungen

FIG 3A

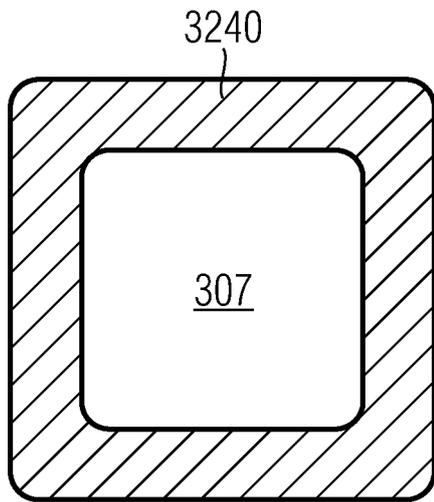


FIG 3C

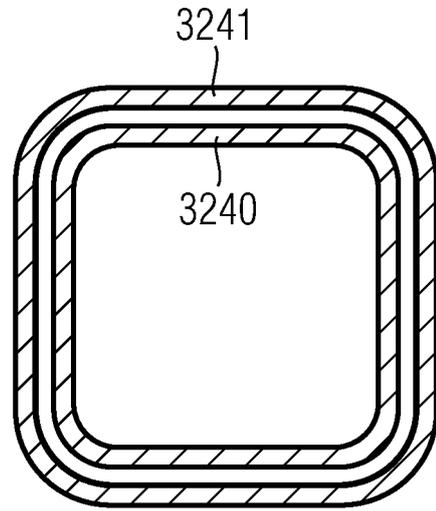


FIG 3B

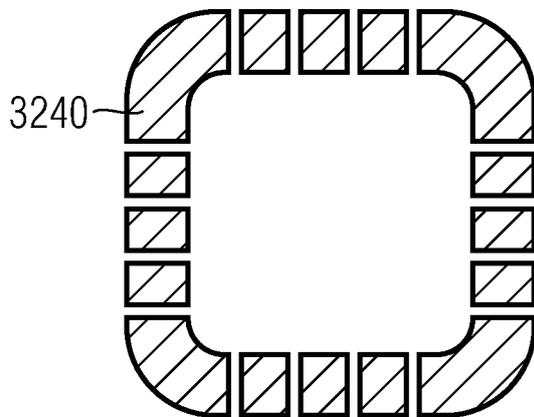


FIG 3D

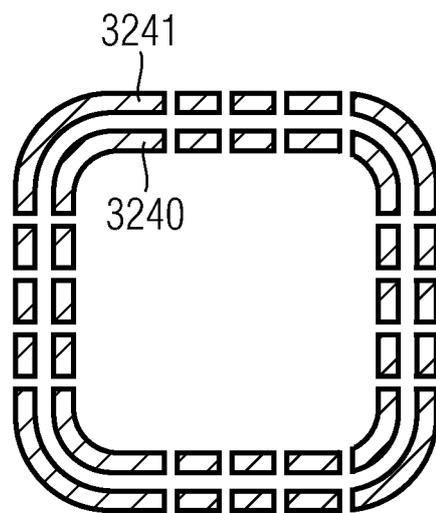


FIG 4A

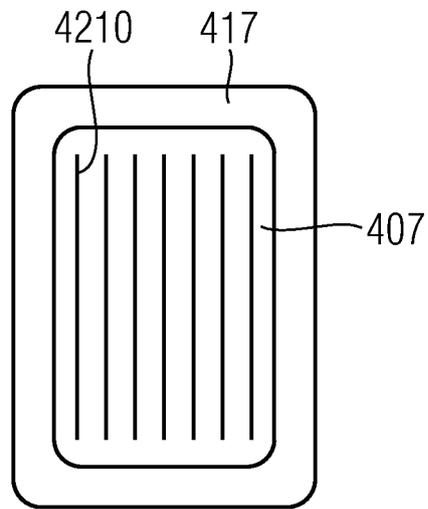


FIG 4B

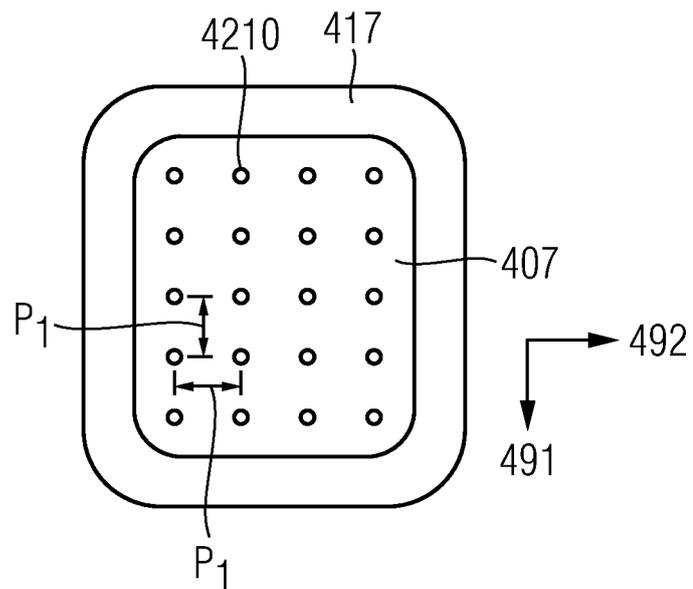


FIG 4C

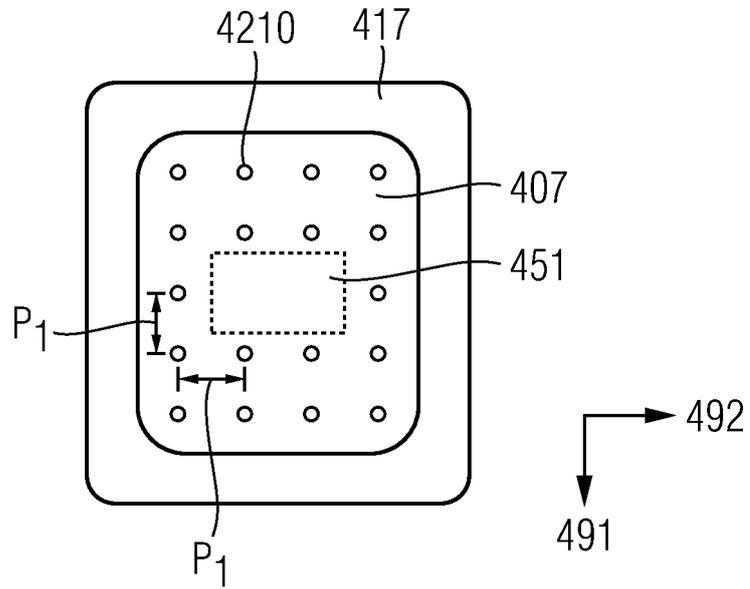


FIG 4D

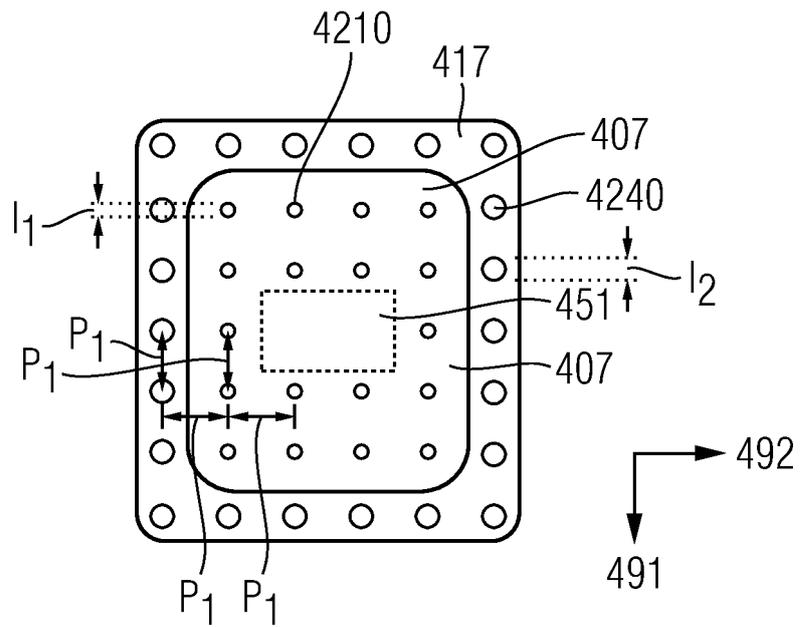


FIG 4F

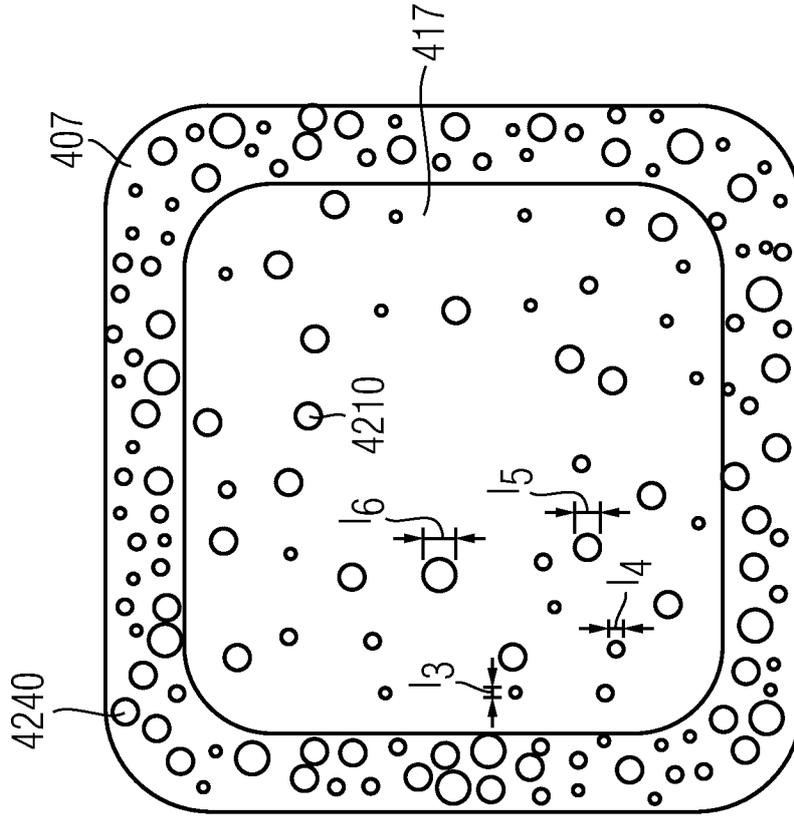


FIG 4E

