



(10) **DE 10 2014 117 512 B4** 2019.07.11

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2014 117 512.3**
(22) Anmeldetag: **28.11.2014**
(43) Offenlegungstag: **02.06.2016**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **11.07.2019**

(51) Int Cl.: **H01L 23/62 (2006.01)**
H01L 23/522 (2006.01)
H01L 25/16 (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

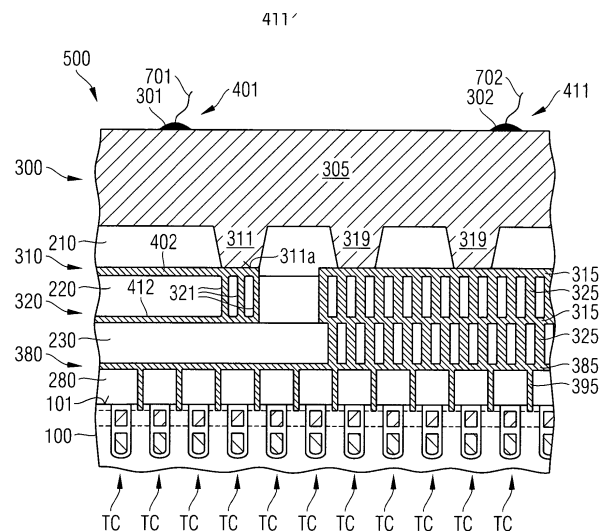
(74) Vertreter:
**Müller Hoffmann & Partner Patentanwälte mbB,
81541 München, DE**

(72) Erfinder:
Spitzer, Andreas, Dr., 85521 Ottobrunn, DE;
Kampen, Christian, Dr., 80331 München, DE;
Kadow, Christoph, 82131 Gauting, DE

(56) Ermittelter Stand der Technik:
US 2011 / 0 042 671 A1

(54) Bezeichnung: **Halbleitervorrichtung mit Metallstruktur in einer äussersten Verdrahtungsschicht und Via**

(57) Hauptanspruch: Halbleitervorrichtung, umfassend eine erste Force-Leitung (401), die elektrisch mit einer Metallstruktur (305) in einer äussersten Verdrahtungsschicht (300) verbunden ist, wobei ein Sense-Via (311) sich von der Metallstruktur (305) durch ein äusserstes Zwischenschicht-dielektrikum (210) erstreckt; eine erste Sense-Leitung (411), die von der ersten Force-Leitung (401) getrennt und elektrisch mit der Metallstruktur (305) verbunden ist; eine zweite Force-Leitung (402), die elektrisch mit dem Sense-Via (311) über eine Basisoberfläche (311a) des Sense-Vias (311) verbunden ist, wobei die Basisoberfläche (311a) von der Metallstruktur (305) abgewandt und zu einem Halbleiterkörper (100) ausgerichtet ist, der halbleitende Teile von wenigstens einem Halbleiterelement (190) umfasst; eine zweite Sense-Leitung (412), die elektrisch mit dem Sense-Via (311) durch die Basisoberfläche (311a) verbunden ist; und Kontaktvias (319), die sich von der Metallstruktur (305) durch das äusserste Zwischenschichtdielektrikum (210) erstrecken und elektrisch mit dem wenigstens einen Halbleiterelement (190) verbunden sind und durch die im eingeschalteten Zustand der Halbleitervorrichtung ein Laststrom fließt.



Beschreibung

HINTERGRUND

[0001] Halbleiterschaltvorrichtungen schalten einen Laststrom durch eine elektrische Last ein und aus. Eine dicke Metallstruktur, die in die Halbleiterschaltvorrichtung integriert oder an dieser angebracht ist, führt in der Halbleiterschaltvorrichtung erzeugte thermische Energie zur Umgebung ab, beispielsweise durch ein zusätzliches Kühlelement oder eine Wärmesenke. Wenn die Abmessung von Halbleiterschaltvorrichtungen, die für einen spezifischen Laststrom klassifiziert sind, herabgesetzt wird, wird das Gesamtvolumen der Metallstruktur kleiner und eine Wärmeübertragung durch die Metallstruktur wird kritischer, und die Halbleiterschaltvorrichtungen können unter einem Verlust an Zuverlässigkeit leiden. Es ist eine Aufgabe der Ausführungsbeispiele, Halbleiterschaltvorrichtungen vorzusehen, die zuverlässig betrieben werden können.

[0002] Die Druckschrift US 2011 / 0 042 671 A1 beschreibt eine Vierpunktmessung über einen Test-Via zum Erfassen von Elektromigrationseffekten. Der Test-Via ist beispielsweise im Kerf-Bereich (scribe-line) eines Halbleiterwafers angeordnet. Das Erfassen der Elektromigrationseffekte erfolgt in einer Prüfumgebung für Wafer oder als Package-Level Test.

ZUSAMMENFASSUNG

[0003] Die Aufgabe wird durch die Lehren der unabhängigen Patentansprüche gelöst. Die abhängigen Patentansprüche beziehen sich auf weitere Ausführungsbeispiele.

[0004] Gemäß einem Ausführungsbeispiel umfasst eine Halbleitervorrichtung eine erste Force-Leitung, die mit einer Metallstruktur in einer äußersten Verdrahtungsschicht verbunden ist. Ein Sense-Via erstreckt sich von der Metallstruktur durch ein äußerstes Zwischenschichtdielektrikum. Eine erste Sense-Leitung ist von der ersten Force-Leitung getrennt und elektrisch mit der Metallstruktur verbunden. Eine zweite Force-Leitung ist elektrisch mit dem Sense-Via durch eine Basisoberfläche des Sense-Vias verbunden, wobei die Basisoberfläche von der Metallstruktur abgewandt und zu dem Halbleiterkörper ausgerichtet ist, der halbleitende Teile von wenigstens einem Halbleiterelement umfasst. Eine zweite Sense-Leitung ist elektrisch mit dem Sense-Via durch die Basisoberfläche verbunden. Kontaktvias erstrecken sich von der Metallstruktur durch das äußerste Zwischenschichtdielektrikum und sind elektrisch mit dem wenigstens einen Halbleiterelement verbunden. Durch die Kontaktvias fließt im eingeschalteten Zustand der Halbleitervorrichtung ein Laststrom.

[0005] Gemäß einem anderen Ausführungsbeispiel umfasst eine elektrische Schaltung eine erste Halbleitervorrichtung, die eine erste Force-Leitung aufweist, die elektrisch mit einer Metallstruktur in einer äußersten Verdrahtungsschicht verbunden ist. Ein Sense-Via erstreckt sich von der Metallstruktur durch ein äußerstes Zwischenschichtdielektrikum. Eine erste Sense-Leitung ist von der ersten Force-Leitung getrennt und elektrisch mit der Metallstruktur verbunden. Eine zweite Force-Leitung ist elektrisch mit dem Sense-Via durch eine Basisoberfläche des Sense-Vias verbunden, wobei die Basisoberfläche von der Metallstruktur abgewandt und zu einem Halbleiterkörper ausgerichtet ist, der halbleitende Teile von wenigstens einem Halbleiterelement umfasst. Eine zweite Sense-Leitung ist elektrisch mit dem Sense-Via durch die Basisoberfläche verbunden. Die elektrische Schaltung umfasst weiterhin eine zweite Halbleitervorrichtung, die elektrisch mit den ersten und zweiten Force-Anschlüssen und mit den ersten und zweiten Sense-Anschlüssen verbunden ist. Die zweite Halbleitervorrichtung ist gestaltet, um ein Signal auszugeben, das anzeigt, dass ein Spannungsabfall über dem Sense-Via eine vorbestimmte Schwelle überschreitet. Kontaktvias erstrecken sich von der Metallstruktur durch das äußerste Zwischenschichtdielektrikum und sind elektrisch mit dem wenigstens einen Halbleiterelement verbunden. Durch die Kontaktvias fließt im eingeschalteten Zustand der Halbleitervorrichtung ein Laststrom.

[0006] Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel umfasst eine elektrische Schaltung eine Halbleitervorrichtung, die eine erste Force-Leitung aufweist, die elektrisch mit einem ersten Force-Anschluss und mit einer Metallstruktur in einer äußersten Verdrahtungsschicht verbunden ist. Ein Sense-Via erstreckt sich von der Metallstruktur durch ein äußerstes Zwischenschichtdielektrikum. Eine erste Sense-Leitung ist von der ersten Force-Leitung getrennt und elektrisch mit einem ersten Sense-Anschluss und mit der Metallstruktur verbunden. Eine zweite Force-Leitung ist elektrisch mit einem zweiten Force-Anschluss und mit dem Sense-Via durch eine Basisoberfläche des Sense-Vias verbunden, wobei die Basisoberfläche von der Metallstruktur abgewandt und zu einem Halbleiterkörper ausgerichtet ist, der halbleitende Teile von wenigstens einem Halbleiterelement umfasst. Eine zweite Sense-Leitung ist elektrisch mit einem zweiten Sense-Anschluss und mit dem Sense-Via durch die Basisoberfläche verbunden. Die elektrische Schaltung umfasst weiterhin einen Anschlussblock, der elektrisch mit den ersten und zweiten Force-Anschlüssen und den ersten und zweiten Sense-Anschlüssen verbunden ist. Kontaktvias erstrecken sich von der Metallstruktur durch das äußerste Zwischenschichtdielektrikum und sind elektrisch mit dem wenigstens einen Halbleiterelement verbunden. Durch die Kontaktvias fließt im eingeschalteten Zustand der Halbleitervorrichtung ein Laststrom.

Figurenliste

[0007] Die begleitenden Zeichnungen sind beige-schlossen, um ein weiteres Verständnis der Erfindung zu liefern, und sie sind in die Offenbarung der Erfindung einbezogen und bilden einen Teil von dieser. Die Zeichnungen veranschaulichen die Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung und dienen zusammen mit der Beschreibung zur Erläuterung von Prinzipien der Erfindung. Andere Ausführungsbeispiele der Erfindung und beabsichtigte Vorteile werden sofort gewürdigt, da sie unter Hinweis auf die folgende detaillierte Beschreibung besser verstanden werden.

Fig. 1A ist eine schematische vertikale Schnitt-darstellung eines Teiles einer Halbleitervorrichtung gemäß einem Ausführungsbeispiel, das auf eine Viereranschlussmessung bzw. Vierpunkt-messung eines ohmschen Widerstandes eines Sense-Vias längs einer vertikalen Achse bezogen ist

Fig. 1B ist ein schematisches Diagramm, das die Änderung eines ohmschen Widerstandes eines Vias längs einer vertikalen Achse als eine Funktion der Anzahl von Schaltzyklen veranschaulicht, um Effekte der Ausführungsbeispiele darzustellen.

Fig. 1C ist ein schematisches Blockdiagramm einer Überwachungseinheit für eine Viereranschlussmessung in einer Halbleitervorrichtung gemäß einem Ausführungsbeispiel.

Fig. 2A ist eine schematische Draufsicht einer Halbleitervorrichtung gemäß einem Ausführungsbeispiel, das auf erste Force- und Sense-Leitungen, verbunden mit einer Metallstruktur, sowie zweite Force- und Sense-Leitungen, gebildet in der gleichen Verdrahtungsschicht, bezogen ist.

Fig. 2B ist eine schematische vertikale Schnitt-darstellung eines Teiles der Halbleitervorrichtung von **Fig. 2A**.

Fig. 2C ist eine schematische vertikale Schnitt-darstellung eines Teiles einer Halbleitervorrichtung gemäß einem Ausführungsbeispiel, das LDMOS- (lateral diffundierte Metall-Oxid-Halbleiter) Vorrichtungen betrifft.

Fig. 2D ist eine schematische vertikale Schnitt-darstellung eines Teiles einer Halbleitervorrichtung gemäß einem Ausführungsbeispiel, das DEMOS- (Drain-ausgedehnte Metall-Oxid-Halbleiter) Vorrichtungen betrifft.

Fig. 3A ist eine schematische Draufsicht einer Halbleitervorrichtung gemäß einem Ausführungsbeispiel, das auf erste Force- und Sense-Leitungen, die mit einer Metallstruktur verbunden sind, und zweite Force- und Sense-Leitun-

gen, die in verschiedenen Verdrahtungsschichten gebildet sind, bezogen ist.

Fig. 3B ist eine schematische vertikale Schnitt-darstellung eines Teiles der Halbleitervorrichtung von **Fig. 3A**.

Fig. 4A ist eine schematische Draufsicht einer Halbleitervorrichtung gemäß einem Ausführungsbeispiel, wobei die Force- und Sense-Leitungen zwei Verdrahtungsschichten zugeteilt sind.

Fig. 4B ist eine schematische vertikale Schnitt-darstellung eines Teiles der Halbleitervorrichtung von **Fig. 4A**.

Fig. 5A ist eine schematische Draufsicht einer Halbleitervorrichtung gemäß einem Ausführungsbeispiel, wobei die Force- und Sense-Leitungen in der gleichen Verdrahtungsschicht gebildet sind.

Fig. 5B ist eine schematische vertikale Schnitt-darstellung eines Teiles der Halbleitervorrichtung von **Fig. 5A**.

Fig. 6 ist eine schematische Draufsicht einer Halbleitervorrichtung mit Force- und Sense-Anschlüssen gemäß einem Ausführungsbeispiel, das auf ein Quad-Flat-Gehäuse bezogen ist.

Fig. 7 ist ein schematisches Blockdiagramm einer Halbleitervorrichtung gemäß einem Ausführungsbeispiel, das auf eine integrierte Überwachungseinheit bezogen ist.

Fig. 8A ist ein schematisches Blockdiagramm eines elektrischen Systems gemäß einem Ausführungsbeispiel, das auf eine erste Halbleitervorrichtung mit Force- und Sense-Anschlüssen und eine zweite Halbleitervorrichtung, die elektrisch mit den Force- und Sense-Anschlüssen der ersten Halbleitervorrichtung gekoppelt ist, bezogen ist.

Fig. 8B ist ein schematisches Blockdiagramm eines elektrischen Systems gemäß einem Ausführungsbeispiel, das auf eine Halbleitervorrichtung mit Force- und Sense-Anschlüssen sowie einen Anschlussblock, der elektrisch mit den Force- und Sense-Anschlüssen der ersten Halbleitervorrichtung gekoppelt ist, bezogen ist.

DETAILBESCHREIBUNG

[0008] 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 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 Er-

findung abzuweichen. Beispielsweise können Merkmale, die für ein Ausführungsbeispiel veranschaulicht oder beschrieben sind, bei oder im Zusammenhang mit anderen Ausführungsbeispielen verwendet werden, um zu noch einem weiteren Ausführungsbeispiel zu gelangen. Es ist beabsichtigt, dass die vorliegende Erfindung derartige Modifikationen und Veränderungen einschließt. Die Zeichnungen sind nicht maßstabsgetreu und dienen lediglich für Veranschauligungszwecke. Zur Klarheit sind die gleichen Elemente mit entsprechenden Bezugszeichen in den verschiedenen Zeichnungen versehen, falls nicht etwas anderes festgestellt wird.

[0009] Die Ausdrücke „haben“, „enthalten“, „umfassen“, „aufweisen“ und ähnliche Ausdrücke sind offene Ausdrücke, und diese Ausdrücke zeigen das Vorhandensein der festgestellten Strukturen, Elemente oder Merkmale an, schließen jedoch zusätzliche Elemente oder Merkmale nicht aus. Die unbestimmten und bestimmten Artikel sollen sowohl den Plural als auch den Singular umfassen, falls sich aus dem Zusammenhang nicht klar etwas anderes ergibt.

[0010] 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 dazwischen liegende Elemente, die für eine Signalübertragung geeignet 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.

[0011] Die **Fig. 1A** und **Fig. 1B** beziehen sich auf eine Halbleitervorrichtung **500** mit einem Halbleiterkörper **100**, der ein oder mehrere Halbleiterelemente **190** umfasst. Der Halbleiterkörper **100** ist ein kristalliner Halbleiterkristall, beispielsweise kristallines Silizium (Si), Siliziumkarbid (SiC), Germanium (Ge), Silizium-Germanium (SiGe), Galliumnitrid (GaN), Galliumarsenid (GaAs) oder irgendein anderer $A_{III}B_V$ -Halbleiter. Der Halbleiterkörper **100** hat eine erste Oberfläche **101** an einer Vorder- bzw. Frontseite und eine zweite Oberfläche **102** an einer entgegengesetzten Rückseite. Richtungen orthogonal zu den ersten und zweiten Oberflächen **101**, **102** sind vertikale Richtungen, und Richtungen parallel zu den ersten und zweiten Oberflächen **101**, **102** sind horizontale Richtungen.

[0012] Der Halbleiterkörper **100** umfasst halbleitende Teile von einem oder mehreren Halbleiterelementen **190**. Die Halbleiterelemente **190** können

logische Schaltungen, analoge Schaltungen oder Leistungshalbleitereinheiten, beruhend beispielsweise auf Halbleiterdioden, IGFETs (Feldeffekttransistoren mit isoliertem gate), JFETs (Junction- Feldeffekttransistoren), BJTs (Bipolar-Junction-Transistoren), IGBTs (Bipolartransistoren mit isoliertem Gate), Widerständen und/oder Thyristoren sein. Gemäß einem Ausführungsbeispiel umfasst der Halbleiterkörper **100** eine Vielzahl von IGFET-Zellen, die elektrisch parallel verbunden sind, sowie weitere analoge und/oder logische Schaltungen, beispielsweise Treiber- bzw. Ansteuerschaltungen zum Ein- und Ausschalten der in dem gleichen Halbleiterkörper **100** integrierten IGFET-Zellen und/oder eine Überstromschutzschaltung.

[0013] Gemäß einem Ausführungsbeispiel kann der Halbleiterkörper **100** wenigstens zwei IGFET-Zellarrays bzw. -Anordnungen umfassen, die als Low- und High-Side-Schalter in einer Halbbrückenkonfiguration angeordnet sind. Die Halbleitervorrichtung **500** kann weiterhin eine Mikrokontrollereinheit integrieren, um als Schnittstelle mit einer Leistungsschaltfunktionalität zu dienen, wobei ein Zwischenverbindungsbus Status- und Steuernachrichten bzw. -meldungen überträgt.

[0014] Das Halbleiterelement **190** ist elektrisch mit einer Metallstruktur **305** in einer äußersten Verdrahtungsschicht **300** der Halbleitervorrichtung **500** verbunden.

[0015] Beispielsweise können sich Kontaktvias bzw. Durchkontaktierungen **319** von der Metallstruktur **305** durch ein äußerstes Zwischenschichtdielektrikum **210** der Halbleitervorrichtung **500** zu einer Anschlussstruktur **315** in einer weiteren Verdrahtungsschicht erstrecken, die sich parallel zu der ersten Oberfläche **101** erstreckt, beispielsweise einer zweiten äußersten Verdrahtungsschicht.

[0016] Wenigstens ein Sense-Via **311** erstreckt sich von der Metallstruktur **305** durch das äußerste Zwischenschichtdielektrikum **210** zu einer der Verdrahtungsschichten der Halbleitervorrichtung **500** zwischen der äußersten Verdrahtungsschicht **300** und dem Halbleiterkörper **100**, beispielsweise zu der gleichen Verdrahtungsschicht, zu der sich die Kontaktvias **319** erstrecken. Gemäß einem Ausführungsbeispiel erstrecken sich die Sense- und Kontaktvias **311**, **319** von der Metallstruktur **305** zu der zweitäußersten Verdrahtungsschicht. Die zweitäußerste Verdrahtungsschicht kann beispielsweise die zweite, dritte, vierte oder fünfte Verdrahtungsschicht, gezählt von der ersten Oberfläche **101** des Halbleiterkörpers **100**, sein.

[0017] Das Sense-Via **311** kann nahe zu einem Rand der Metallstruktur **305** sein. Beispielsweise kann ein Abstand des Sense-Vias **311** zu dem nächs-

ten bzw. dichtesten Rand der Metallstruktur **305** höchsten 50 µm, beispielsweise höchstens 30 µm oder höchstens 20 µm, sein. Gemäß einem Ausführungsbeispiel kann das Sense-Via **311** das äußerste Via oder eines von mehreren äußersten Vias sein, die den gleichen Abstand zu dem betreffenden Rand haben, so dass keine der Kontaktvias **319** näher zu dem betreffenden Rand der Metallstruktur **305** ist.

[0018] Sense- und Kontaktvias **311**, **319** können aus dem gleichen Material oder den gleichen Materialkombinationen gebildet sein, können die gleiche Konfiguration haben und können zeitgleich gebildet werden, um dadurch den bzw. die gleichen Abscheidungsprozesse zu teilen. Die Sense- und Kontaktvias **311**, **319** umfassen einen Füllteil und können wenigstens einen Liner bzw. eine Auskleidung aus einem Keimliner aus beispielsweise Platin (Pt), Palladium (Pd), Rhodium (Rh) oder Kupfer (Cu), einem Barriereliner aus beispielsweise Wolframtitan (WTi), Titanitrid (TiN) oder Tantalnitrid (TaN) und einer Haftschiicht aus beispielsweise Tantal (Ta) oder Titan (Ti) aufweisen, wobei die Liner bzw. Auskleidungen insgesamt eine Dicke von weniger als einer Hälfte der Breite der Sense- und Kontaktvias **311**, **319** haben. Der Füllteil der Sense- und Kontaktvias **311**, **319** kann beispielsweise Kupfer (Cu), Aluminium (Al), Wolfram (W) oder Legierungen von Aluminium und Kupfer, beispielsweise AlCu oder AlSiCu umfassen oder aus diesen bestehen. Gemäß einem Ausführungsbeispiel können die Sense- und Kontaktvias **311**, **319** aus dem gleichen Material bzw. den gleichen Materialien gebildet sein und können die gleiche Schichtkonfiguration wie die Metallstruktur **305** haben. Die Metallstruktur **305**, das Sense-Via **311** sowie die Kontaktvias **319** können aus dem gleichen Vorläufermaterial bzw. den gleichen Vorläufermaterialien in einem zusammenhängenden Abscheidungsprozess gebildet werden.

[0019] Sense- und Kontaktvias **311**, **319** können die gleichen horizontalen Querschnittsgebiete und die gleiche vertikale Ausdehnung haben.

[0020] Eine erste Force-Leitung **401** ist elektrisch mit der Metallstruktur **305** verbunden. Die erste Force-Leitung **401** kann einen Bonddraht umfassen, der auf eine Oberfläche der Metallstruktur **305** gebondet bzw. mit dieser verbunden ist. Gemäß anderen einem Ausführungsbeispiel kann die erste Force-Leitung **401** einen Streifenleiter in einer der Verdrahtungsschichten der Halbleitervorrichtung **500** umfassen.

[0021] Eine zweite Force-Leitung **402** ist elektrisch mit dem Sense-Via **311** über eine Basisoberfläche **311a** des Sense-Vias **311** verbunden, wobei die Basisoberfläche **311a** zu dem Halbleiterkörper **100** ausgerichtet und von der Metallstruktur **305** abgewandt ist. Beispielsweise kann die zweite Force-Leitung **402**

in einer Verdrahtungsschicht, die direkt an die Basisoberfläche **311a** angrenzt, oder in einer Verdrahtungsschicht, die von der Basisoberfläche **311a** entfernt ist, gebildet werden.

[0022] Eine erste Sense-Leitung **411**, die strukturell von der ersten Force-Leitung **401** getrennt ist, ist elektrisch mit der Metallstruktur **305** verbunden. Die erste Sense-Leitung **411** kann einen Bonddraht umfassen, der auf eine Oberfläche der Metallstruktur **305** gebondet ist. Gemäß einem anderen Ausführungsbeispiel kann die erste Sense-Leitung **411** einen Streifenleiter in einer der Verdrahtungsschichten der Halbleitervorrichtung **500** umfassen.

[0023] Eine zweite Sense-Leitung **412** ist elektrisch mit dem Sense-Via **311** durch die Basisoberfläche **311a** verbunden. Beispielsweise kann die zweite Sense-Leitung **412** in einer direkt an die Basisoberfläche **311a** angrenzenden Verdrahtungsschicht oder in einer zu der Basisoberfläche **311a** beabstandeten Verdrahtungsschicht gebildet sein.

[0024] Durch die ersten und zweiten Force-Anschlüsse **401**, **402** wird ein Strom gespeist, der längs einer vertikalen Achse durch das Sense-Via **311** und durch einen Teil der Metallstruktur **305** direkt angrenzend an das Sense-Via **311** fließt. Der eingespeiste Strom erzeugt einen Spannungsabfall über der Metallstruktur **305** und dem Sense-Via **311**. Durch die erste und zweite Sense-Leitung **411**, **412** wird ein Spannungsabfall, der durch den eingespeisten Strom über das Sense-Via **311** und einem angrenzenden Teil der Metallstruktur **305** induziert ist, erfasst. Die Messung des Spannungsabfalles über dem betreffenden Teil der Metallstruktur **305** und das Sense-Via **311** wird nicht durch einen Spannungsabfall über den Force-Leitungen **401**, **402** beeinträchtigt, da die letzteren außerhalb der Sense-Schaltung sind. Da die Spannungsmessung bei hoher Impedanz ausgeführt wird, fließt nahezu kein Strom längs der Sense-Leitungen **411**, **412**, so dass die Spannungsmessung auch nicht durch einen Spannungsabfall in den Sense-Leitungen **411**, **412** beeinträchtigt wird.

[0025] Die Viereranschluss-Anordnung der Force- und Sense-Leitungen **401**, **402**, **411**, **412** erlaubt eine genaue Messung des niederohmigen Verbundes, der durch das Sense-Via **311** und einen angrenzenden Teil der Metallstruktur **305** gebildet ist.

[0026] Die Force- und Sense-Leitungen **401**, **402**, **411**, **412** erlauben ein Überwachen des niedrigen Widerstandspfad durch das Sense-Via **311** und ein Erfassen von kleinen Widerstandsänderungen in einem typischen Bereich von 100 mΩ bis 5 Ω in einem Pfad durch das Sense-Via **311**. Da das Sense-Via **311** wenigstens ähnlich zu den Kontaktvias **319** ist und der gleichen thermischen Beanspruchung bzw. Spannung unterworfen ist, kann aus dem Ver-

halten des Sense-Vias **311** unter thermischer Beanspruchung das Verhalten der Kontaktvias **319** in-situ abgeschätzt werden, d.h. während eines Betriebes der Halbleitervorrichtung **500**.

[0027] Das Sense-Via **311** oder mehr als ein Sense-Via **311** kann vorgesehen werden, wo eine maximale thermomechanische Belastung in den Metallisierungsschichten erwartet werden kann, beispielsweise unterhalb zentraler Teile der Metallstruktur **305**. Gemäß anderen Ausführungsbeispielen kann das Sense-Via **311** dicht oder nahe zu einem Rand der Metallstruktur **305** angeordnet werden, um den Einfluss auf die Verbindung zwischen dem Halbleiterelement **190** und der Metallstruktur **305** niedrig zu halten.

[0028] Wenn eine Halbleitervorrichtung beispielsweise eine induktive Last schaltet, verbraucht die Halbleitervorrichtung wenigstens teilweise die in dem Magnetfeld der induktiven Last gespeicherte Energie während eines Einschaltzustandes des Halbleiterschalters und überträgt die Energie in thermische Energie. Wenn die Halbleitervorrichtung einen Strom durch die induktive Last wiederholt ein- und ausschaltet, ist die Halbleitervorrichtung wiederholten Heiz- bzw. Erwärmungszyklen unterworfen. Verschiedene Wärmeausdehnungskoeffizienten von Metallen, die die Wärme zu der Umgebungsluft übertragen, des Halbleitermaterials und von dielektrischen Materialien, die Zwischenschichtdielektrika zwischen den Verdrahtungsschichten bilden, resultieren in einer thermomechanischen Beanspruchung, die das Metallisierungssystem der Halbleitervorrichtung mit zunehmender Anzahl von Schaltzyklen verschlechtern kann.

[0029] Die Verschlechterung kann abrupt bis zu einem niedrigen aber beträchtlichen Grad des Widerstandes des Metallisierungssystems zunehmen und dadurch die Stromverteilung innerhalb der Halbleitervorrichtung beeinträchtigen. Als ein Ergebnis kann ein zerstörender Mechanismus einsetzen, der schließlich in einer Fehlfunktion der Halbleitervorrichtung nach einer weiteren Anzahl von Schaltzyklen resultieren kann.

[0030] Die Viereranschluss-Messung in der Halbleitervorrichtung **500** erlaubt ein Überwachen der Verschlechterung des Metallisierungssystems und ein frühzeitiges Informieren eines Nutzers oder einer anderen Instanz in einem die Halbleitervorrichtung **500** umfassenden System über einen möglicherweise aufkommenden Vorrichtungsfehler.

[0031] In **Fig. 1B** gibt eine Kurve **700** einen ohmschen Widerstand eines Metallisierungssystems, das ein Kontaktvia umfasst, das sich von einer Metallstruktur in einer äußersten Verdrahtungsschicht einer Halbleitervorrichtung durch ein äußerstes Zwischen-

schichtdielektrikum zu einer zweitäußersten Verdrahtungsschicht erstreckt, als eine Funktion der Anzahl der angelegten Schaltzyklen an. Nach **N1** Schaltzyklen nimmt der ohmsche Widerstand abrupt um mehr als 200% zu, verbleibt jedoch vergleichsweise niedrig, wobei **N1** größer als einige Hunderttausend oder mehr sein kann. Kurz nach den **N1** Schaltzyklen ist die Halbleitervorrichtung **500** noch betreibbar, wobei jedoch der angehobene ohmsche Widerstand anzeigen kann, dass ein Vorrichtungsfehler mit einiger Wahrscheinlichkeit in nächster Zeit erwartet werden kann. Mit einer Information über die Widerstandsänderung kann eine höhere Instanz in einer Anwendung die betreffende Halbleitervorrichtung **500** mit einer zweiten identischen Vorrichtung, unter Einsatz von Systemredundanz, überbrücken. Gemäß einem anderen Ausführungsbeispiel kann die betreffende Halbleitervorrichtung **500** durch einen Ersatz von einem Nutzer oder Bedienungspersonal ersetzt werden, bevor ein Fehler auftritt.

[0032] In der Halbleitervorrichtung **500** von **Fig. 1A** erlauben die Force-Leitungen **401**, **402** und die Sense-Leitungen **411**, **412** eine Viereranschluss-Messung einer Änderung des ohmschen Widerstandes eines Verbundmetallisierungssystems, das ein Sense-Via umfasst, das sich von der äußersten Verdrahtungsschicht **300** durch die äußerste Zwischenschicht zu der zweitäußersten Verdrahtungsschicht **310** erstreckt. Eine Überwachungseinheit außerhalb der Halbleitervorrichtung **500** oder integriert in die Halbleitervorrichtung **500** kann eine Force-Einheit steuern, um einen Strom durch die Force-Anschlüsse **401**, **402** und das Verbundmetallisierungssystem zu speisen, das die Metallstruktur **305** und das Sense-Via **311** umfasst. Eine Sense-Einheit kann einen Spannungsabfall messen, der durch den Force-Strom über dem Verbundmetallisierungssystem zwischen den ersten und zweiten Sense-Leitungen **411**, **412** verursacht ist. Die Überwachungseinheit kann die Sense-Spannung unter Berücksichtigung eines Betriebsmodus der Halbleitervorrichtung **500** zu der Zeit einer Messung bewerten.

[0033] Wenn während der Messungsperiode die Halbleitervorrichtung **500** in einem Aus-Zustand ist oder ohne Verbindung zu einer Last ist, kann die Überwachungseinheit ein Prozessieren des Messergebnisses fortsetzen und kann das Messergebnis mit einer vorbestimmten Schwelle, beispielsweise $0.5 Q$ für das Beispiel von **Fig. 1B** vergleichen. Wenn die Messungsperiode mit einem Ein- bzw. Einschaltzustand der Halbleitervorrichtung **500** überlappt, kann die Überwachungseinheit das Messergebnis verwerfen.

[0034] Wenn die Messung gültig ist und das Messergebnis die vorbestimmte Schwelle überschreitet, kann die Überwachungseinheit ein Signal ausgeben, das einen Beginn einer Verschlechterung des Metal-

lisierungssystems der Halbleitervorrichtung **500** anzeigt. Das Signal kann zu einer weiteren Halbleitervorrichtung oder zu einem akustischen oder optischen Indikator bzw. Anzeiger übertragen werden.

[0035] In dieser Weise kann eine Verschlechterung der Kontaktvias **319** in-situ während eines Betriebes der Halbleitervorrichtung **500** überwacht werden durch Bewerten des Widerstandes über dem Sense-Via **311** in einer Operations- bzw. Betriebsphase ohne Laststromfluss durch die Halbleitervorrichtung **500**. Eine höhere Instanz in einem System, das die Halbleitervorrichtung **500** umfasst, oder ein Nutzer kann einen Zusammenbruch des Systems, das die Halbleitervorrichtung **500** aufweist, beispielsweise in einem Automobilsystem, durch Abschalten des Systems und Ersetzen der betreffenden Halbleitervorrichtung **500** vermeiden.

[0036] Gemäß **Fig. 1C** kann eine smarte Überwachungseinheit **530**, die in die Halbleitervorrichtung **500** integriert sein kann oder die elektrisch mit der Halbleitervorrichtung **500** durch Drähte und/oder Verbindungsleitungen verbunden oder gekoppelt sein kann, eine Force-Einheit **510** und eine Sense-Einheit **520** umfassen oder kann elektrisch mit einer Force-Einheit **510** und einer Sense-Einheit **520** verbunden oder gekoppelt sein. In dem dargestellten Ausführungsbeispiel integriert die Überwachungseinheit **530** die Force-Einheit **510**, die Sense-Einheit **520** und eine Steuerschaltung **535**.

[0037] Die Steuerschaltung **535** kann durch Anschlüsse G und/oder SNS ein Signal empfangen, das anzeigt, ob oder ob nicht die IGFET-Zellen der Halbleitervorrichtung **500** gerade bzw. derzeit einen Laststrom leiten. Das Signal kann ein Gatesignal, das durch einen Gatetreiber ausgegeben ist, der die IGFET-Zellen steuert, ein Signal, das von dem Gate-signal abgeleitet ist, oder ein Sense-Signal, das anzeigt, dass ein Strom durch eine Last in einem Lastpfad oder durch einen Nebenschluss in einem Sense-Pfad eine vorbestimmte Schwelle überschreitet, sein. Abhängig von dem empfangenen Signal kann die Steuerschaltung **535** einen Force-Strom durch Force-Anschlüsse **F1**, **F2** ein- und ausschalten, indem die Force-Einheit **510** von wenigstens einem der Force-Anschlüsse **F1**, **F2** verbunden/getrennt wird. Weiterhin kann abhängig von dem empfangenen Signal die Steuerschaltung **535** die Sense-Einheit **520** ein- und ausschalten oder kann ein Ergebnis einer Spannungsmessung der Sense-Einheit **520** über einem elektrisch zwischen Sense-Anschlüsse **S1**, **S2** angeordneten Nebenschluss berücksichtigen oder verwerfen. Wenn während einer Periode mit keinem Laststrom durch die IGFET-Zellen eine durch die Sense-Einheit **520** gemessene Spannung eine vorbestimmte Schwelle überschreitet, kann die Steuereinheit **535** durch einen Ausgangsanschluss **CTR** ein Indikator- bzw. Anzeigesignal abgeben.

[0038] Gemäß einem anderen Ausführungsbeispiel sind die Force- und Sense-Leitungen **401**, **402**, **411**, **412** für ein Servicekabel zugänglich, beispielsweise durch einen Anschlussblock, der elektrisch mit der betreffenden Halbleitervorrichtung gekoppelt oder verbunden ist. Die Viereranschluss-Messung kann durch Servicepersonal oder einen Nutzer in regelmäßigen Serviceintervallen ausgeführt werden, wobei die Force- und Sense-Einheiten mit der Halbleitervorrichtung **500** durch den Anschluss- bzw. Verbindungsblock verbunden sind.

[0039] Die **Fig. 2A** und **Fig. 2B** sind auf eine Halbleitervorrichtung **500** mit wenigstens zwei Verdrahtungsschichten zwischen der äußersten Verdrahtungsschicht **300** und einem Halbleiterkörper **100** bezogen.

[0040] **Fig. 2A** zeigt eine erste Force-Leitung **401**, die einen ersten Bonddraht **701** aufweist, der in einem ersten Verbindungsgebiet **301** auf einer oberen Oberfläche einer Metallstruktur **305** in der äußersten Verdrahtungsschicht **300** gebondet ist, wobei die obere Oberfläche von dem Halbleiterkörper **100** abgewandt ist. Eine erste Sense-Leitung **411** umfasst einen zweiten Bonddraht **702**, der in einem zweiten Verbindungsgebiet **302** auf der oberen Oberfläche der Metallstruktur **305** gebondet ist. Das Material der Bonddrähte **701**, **702** kann beispielsweise Gold (Au), Silber (Ag), Kupfer (Cu) oder Aluminium (Al) sein.

[0041] Eine zweite Force-Leitung **402** sowie eine zweite Sense-Leitung **412** sind einem Sense-Via **311** zugeordnet. Kontaktvias **319** können sich von der Metallstruktur **305** durch ein äußerstes Zwischenschichtdielektrikum **210** zu einer Verbindungsstruktur **315** in einer zweitäußersten Verdrahtungsschicht **310** erstrecken.

[0042] Die ersten und zweiten Verbindungsgebiete **301**, **302** sind auf entgegengesetzten Seiten der Metallstruktur **305** bezüglich dem Sense-Via **311**, wobei das erste Verbindungsgebiet **301** zwischen der Metallstruktur **305** und der ersten Force-Leitung **401** entgegengesetzt zu dem zweiten Verbindungsgebiet **302** zwischen der Metallstruktur **305** und der ersten Sense-Leitung **411** bezüglich einer Hilfsleitung **713** durch die Mitte des Sense-Vias **311** und der horizontalen Mitte der Metallstruktur **305** angeordnet ist.

[0043] Ein Winkel ϕ zwischen einer ersten Hilfslinie **711**, die das Sense-Via **311** mit dem ersten Verbindungsgebiet **301** verbindet, und einer zweiten Hilfslinie **712** durch das Sense-Via **311** und das zweite Verbindungsgebiet **302** ist größer als 30 Grad, beispielsweise größer als 60 Grad. Als ein Ergebnis beeinträchtigt ein Spannungsabfall, der durch den Strom induziert ist, der durch die Force-Leitungen **401**, **402** längs der ersten Hilfslinie **711** gespeist ist, nicht oder

nur in einem geringen Ausmaß die Spannungsmessung, die die Sense-Leitungen **411**, **412** verwendet.

[0044] Die zweiten Force- und Sense-Leitungen **402**, **412** können in der zweiten äußersten Verdrahtungsschicht **310** gebildet sein, die die zweite, dritte oder vierte Verdrahtungsschicht sein kann, wenn von der ersten Oberfläche **101** des Halbleiterkörpers **100** gezählt wird. Die zweiten Force- und Sense-Leitungen **402**, **412** grenzen direkt an die Basisoberfläche **311a** des Sense-Vias **311** an, wobei die zweiten Force- und Sense-Leitungen **402**, **412** räumlich vollständig voneinander getrennt sein können. Gemäß einem Ausführungsbeispiel grenzen erste Enden der zweiten Force- und Sense-Leitungen **402**, **412** direkt aneinander längs der Basisoberfläche **311a** an. Außerhalb der vertikalen Projektion des Sense-Vias **311** sind die zweiten Force- und Sense-Leitungen **402**, **412** strukturell voneinander getrennt, und zweite Enden der zweiten Force- und Sense-Leitungen **402**, **412** sind elektrisch mit getrennten Strukturen verbunden.

[0045] Gemäß dem dargestellten Ausführungsbeispiel umfasst das Halbleiterelement **190** eine Vielzahl von IGFET-Zellen TC, die auf Elektrodenstrukturen **150** beruhen, die sich von der ersten Oberfläche **101** in den Halbleiterkörper **100** erstrecken, wobei die Elektrodenstrukturen **150** eine Gateelektrode **155** und Gatedielektrika umfassen können, die sandwichartig zwischen der Gateelektrode **155** und Halbleiterteilen des Halbleiterkörpers **100** vorgesehen sind. Die Elektrodenstrukturen **150** können weiterhin eine von der Gateelektrode **155** getrennte Feldelektrode **158** sowie ein die Feldelektrode **158** gegenüber dem Halbleiterkörper **100** isolierendes Felddielektrikum **157** aufweisen.

[0046] In Halbleitermesas **170** zwischen benachbarten Elektrodenstrukturen **150** können Bodyzonen **115** erste pn-Übergänge **pn1** mit einer Driftstruktur **120** und zweite pn-Übergänge **pn2** mit Sourcezonen **110** bilden, die von der Driftstruktur **120** durch die Bodyzonen **115** getrennt sind. Die Gatedielektrika **151** koppeln kapazitiv die Gateelektrode **155** mit Kanalteilen der Bodyzonen **115** längs der Elektrodenstrukturen **150**. Wenn ein an der Gateelektrode **155** liegendes Potential eine vorbestimmte Schwelle überschreitet, bilden Minoritätsladungsträger in der Bodyzone **115** Inversionskanäle zwischen den Sourcezonen **110** und der Driftstruktur **120** durch die Bodyzonen **115** längs der Gatedielektrika **151**, und die IGFET-Zellen TC wechseln von einem Aus-Zustand zu einem Ein-Zustand.

[0047] Während sich das dargestellte Ausführungsbeispiel auf vertikale IGFET-Zellen TC mit Trenchgates bezieht, können andere Ausführungsbeispiele vertikale oder laterale IGFET-Zellen vorsehen, die auf planaren Gates beruhen, die außerhalb des Halb-

leiterkörpers **100** längs der ersten Oberfläche **101** gebildet sind, beispielsweise DMOS (doppelt diffundierte MOS) Zellen, LDMOS-Zellen oder DEMOS-Zellen, oder andere laterale Vorrichtungen, wie Halbleiterdioden, Widerstände, BJTs und/oder Thyristoren.

[0048] Die Source- und Bodyzonen **110**, **115** der IGFET-Zellen TC sind elektrisch mit der Metallstruktur **305** durch verschiedene Verdrahtungsschichten verbunden. Eine innerste Verdrahtungsschicht **380**, die die erste Verdrahtungsschicht ist, wenn von dem Halbleiterkörper **100** gezählt wird, kann Sourceverbindungsleitungen oder -platten **385** umfassen. Sourcekontakte **395** können sich von den Sourceverbindungsleitungen oder -platten **385** durch das innerste Zwischenschichtdielektrikum **280** zu dem oder in den Halbleiterkörper **100** erstrecken und direkt an die Source- und Bodyzonen **110**, **115** der IGFET-Zellen TC in dem Halbleiterkörper **100** angrenzen.

[0049] Zwischenschichtvias **325** erstrecken sich von der Verbindungsstruktur **315** in der zweitäußersten Verdrahtungsschicht **310** durch ein Zwischenschichtdielektrikum **220** zu den Sourceverbindungsleitungen oder -Platte **385** in der innersten Verdrahtungsschicht **380**. Die Zwischenschichtvias **325**, die Sourcekontakte **385** sowie die Verbindungsstruktur **315** und die Sourceverbindungsleitungen oder -Platte **385** können als Hauptbestandteil bzw. Hauptbestandteile Titan (Ti), Wolfram (W), Tantal (Ta), Vanadium (V), Silber (Ag), Gold (Au), Aluminium (Al), Kupfer (Cu), Platin (Pt) und/oder Palladium (Pd) enthalten.

[0050] Die Halbleitervorrichtung **500** kann weiterhin Verdrahtungsschichten zwischen der zweiten äußersten Verdrahtungsschicht **310** und der innersten Verdrahtungsschicht **380** aufweisen, wobei weitere Verbindungsstrukturen in den weiteren Verdrahtungsschichten und weitere Zwischenschichtvias elektrisch die weiteren Verbindungsstrukturen miteinander, mit der Verbindungsstruktur **315** in der zweitäußersten Verdrahtungsschicht **310** und mit den Sourceverbindungsleitungen oder der -Platte **385** verbinden.

[0051] In der Halbleitervorrichtung **500** von Fig. 2C sind die IGFET-Zellen TC LDMOS-Zellen, wobei jede LDMOS-Zelle eine Bodyzone **115** aufweist, die eine wannenartige Sourcezone **110** einbettet. Eine Driftstruktur **120** umfasst eine niedrig dotierte Driftzone **121** und eine stark dotierte Drainzone **129** jeweils des Leitfähigkeitstyps der Sourcezone **110**. Die Driftzone **121** ist in einem Teil des Halbleiterkörpers **100** ausgerichtet zu der ersten Oberfläche **101** gebildet. Ein Teil der Driftzone **121** trennt lateral die Drainzone **129** von den Body- und Sourcezonen **115**, **110**. Die Drainzone **129** und die Bodyzone **115** sind als Wannen gebildet, die sich von der ersten Oberfläche **101** in die niedrig dotierte Driftschicht **121** erstrecken.

[0052] Die Drainzonen **129** der IGFET-Zellen **TC** können elektrisch durch verschiedene Verdrahtungsschichten mit einer Drainmetallstruktur **306** verbunden sein, die einen Drainanschluss **D** bilden oder mit einem solchen elektrisch verbunden sein kann. Beispielsweise kann die innerste Verdrahtungsschicht **380** eine Drainverbindungsplatte **386** aufweisen. Drainkontakte **396** können sich von der Drainverbindungsplatte **386** durch das innerste Zwischenschicht-dielektrikum **280** zu dem oder in den Halbleiterkörper **100** erstrecken und können direkt an die Drainzonen **129** angrenzen.

[0053] Weitere Zwischenschichtvias **326** erstrecken sich durch das Zwischendielektrikum **220** und verbinden elektrisch die Drainverbindungsplatte **386** in der innersten Verdrahtungsschicht **380** mit einer Drainverbindung **316** in der zweiten äußersten Verdrahtungsschicht **310**. Die weiteren Zwischenschichtvias **326**, die Drainkontakte **396** sowie die Drainverbindung **316** und die Drainverbindungsplatte **386** können aus dem gleichen Material gebildet sein. Die LD-MOS-Zellen können streifenförmig mit Gateelektroden **150** sein, die sich in einer Richtung orthogonal zu der Querschnittsebene erstrecken. Die Halbleitervorrichtung **500** kann weiterhin laterale Transistoren aufweisen, die beispielsweise Logik- und/oder Treiberschaltungen bilden. Für weitere Einzelheiten wird Bezug genommen auf die Beschreibung der vorangehenden Figuren.

[0054] Während in dem dargestellten Ausführungsbeispiel die Force- und Sense-Leitungen **401**, **402**, **411**, **412** elektrisch mit der Metallstruktur **305** verbunden sind, die die Sourcemetallisierung bildet, können andere Ausführungsbeispiele die Source- und Sense-Leitungen **401**, **402**, **411**, **412** vorsehen, die elektrisch mit der Drainmetallstruktur **306** verbunden sind.

[0055] Ein Rand der Metallstruktur **305** oder der Drainmetallstruktur **306** kann in einem Bereich der Halbleitervorrichtung **500** gebildet sein, der der höchsten thermischen Verspannung ausgesetzt ist, und das Sense-Via **311** kann nahe zu diesem Rand gebildet sein. Beispielsweise kann ein Abstand des Sense-Vias **311** zu dem betreffenden Rand der Metallstruktur **305** oder der Drainmetallstruktur **306** höchstens 50 µm, beispielsweise höchstens 30 µm oder höchstens 20 µm sein. Gemäß einem Ausführungsbeispiel kann das Sense-Via **311** das äußerste Via oder eines von verschiedenen äußersten Vias, die den gleichen Abstand zu dem betreffenden Rand haben, sein.

[0056] In Fig. 2D sind die IGFET-Zellen **TC** DMOS-Zellen. Die Bodyzonen **155** sind Abschnitte eines dotierten Teiles **115a** des Halbleiterkörpers **100**, der eine Hintergrunddotierung des Leitfähigkeitstyps der Bodyzone **115** enthält. Die Driftstruktur **120** umfasst

eine Driftzone **121**, die durch eine niedrig dotierte diffundierende Ausdehnung der Drainzone **129** gebildet ist.

[0057] Die Fig. 3A und Fig. 3B beziehen sich auf eine Halbleitervorrichtung **500**, wobei die zweiten Force- und Sense-Leitungen **402**, **412** in verschiedenen Verdrahtungsschichten gebildet sind.

[0058] Gemäß Fig. 3A sind erste Force- und Sense-Leitungen **401**, **402** mit der Metallstruktur **305** gebondet bzw. verbunden, wie dies in Einzelheiten anhand von Fig. 2A und Fig. 2B beschrieben ist. Eine der zweiten Force- und Sense-Leitungen **402**, **412**, beispielsweise die zweite Force-Leitung **402**, ist in der zweiten äußersten Verdrahtungsschicht **310** gebildet. Die andere Sense- oder Force-Leitung der zweiten Sense- und Force-Leitungen **402**, **412**, beispielsweise die zweite Sense-Leitung **412**, ist in der dritten äußersten Verdrahtungsschicht **320** gebildet. Eine oder mehrere Hilfsvias **321** erstrecken sich von der zweiten Force-Leitung **402** zu der zweiten Sense-Leitung **412**. Gemäß einem Ausführungsbeispiel sind die eine oder mehreren Hilfsvias **321** exklusiv in der vertikalen Projektion des Sense-Vias **311** gebildet.

[0059] Leistungshalbleitervorrichtungen können Transistorzell-Arrays bzw. -anordnungen mit einer Vielzahl von IGFET-Zellen integrieren, die elektrisch parallel mit weiteren Treiber- bzw. Ansteuer- und Überwachungsschaltungen verbunden sind, wobei verschiedene Elemente in den weiteren analogen und logischen Schaltungen durch Streifenleiter in einer, zwei, drei oder mehr verschiedenen Verdrahtungsschichten zwischen der äußersten Verdrahtungsschicht **300** und dem Halbleiterkörper **100** verbunden sind. Jede Verdrahtungsschicht **310**, **320** zwischen der äußersten Verdrahtungsschicht **300** und der innersten Verdrahtungsschicht **380** umfasst Verbindungsstrukturen **315**, beispielsweise Leitungen oder Platten. Zwischenschichtvias **325** erstrecken sich zwischen den Verbindungsstrukturen **315**, **385** von verschiedenen Verdrahtungsschichten **310**, **320**, **380**, um elektrisch die IGFET-Zellen **TC** mit der Metallstruktur **305** zu verbinden.

[0060] Die Halbleitervorrichtung **500** von Fig. 3A und Fig. 3B verwendet zwei der Verdrahtungsschichten zum Verbinden der zweiten Force- und Sense-Leitungen **402**, **412** mit weiteren Elementen, beispielsweise Vorrichtungsanschlüssen und/oder Sense- und Force-Einheiten, die in den Halbleiterkörper **100** integriert sind. Ein horizontales Gebiet, das den zweiten Force- und Sense-Leitungen **402**, **412** zugeordnet ist, welche in der vertikalen Projektion zueinander angeordnet sind, ist klein und erlaubt es, eine größere Anzahl von IGFET-Zellen **TC** direkt mit weiteren Verdrahtungsschichten zu verbinden, so dass der Einfluss des Viereranschluss-Sense-Systems auf das Betriebsverhalten bzw. die Performance des Transistorzellarrays niedrig ist.

[0061] In der in **Fig. 4A** und **Fig. 4B** dargestellten Halbleitervorrichtung **500** ist die erste Force-Leitung **401** in der zweitäußersten Verdrahtungsschicht **310** gebildet und grenzt direkt an die Basisoberfläche eines ersten Hilfsvias **312** an, das sich von der Metallstruktur **305** durch das äußerste Zwischenschicht-dielektrikum **210** zu der ersten Force-Leitung **401** erstreckt.

[0062] Zusätzlich kann die erste Sense-Leitung **411** in der zweitäußersten Verdrahtungsschicht **310** gebildet sein und kann direkt an eine Basisoberfläche eines zweiten Hilfsvias angrenzen, das sich von der Metallstruktur **305** durch das äußerste Zwischenschichtdielektrikum **210** zu der zweiten äußersten Verdrahtungsschicht **310** erstreckt. Gemäß anderen Ausführungsbeispielen kann eine Leitung aus der ersten Force-Leitung **401** und der ersten Sense-Leitung **402** in der zweitäußersten Verdrahtungsschicht **310** gebildet sein, und die andere Leitung kann einen Bonddraht umfassen, der mit einer oberen Oberfläche der Metallstruktur **305** gebondet bzw. verbunden ist.

[0063] Zweite Force- und Sense-Leitungen **402**, **412** können in der vertikalen Projektion des Sense-Vias **311** gebildet sein, wie dies in Einzelheiten anhand von **Fig. 3A** und **Fig. 3B** beschrieben ist. Mit allen Force- und Sense-Leitungen **401**, **402**, **411**, **412**, die in einer Verdrahtungsschicht zwischen der Metallstruktur **305** und dem Halbleiterkörper **100** gebildet sind, ist die Widerstandsmessung gegenüber Änderungen in der internen Struktur der Metallstruktur **305** robuster, die weniger kritisch hinsichtlich einer Vorrichtungszuverlässigkeit sind, und kann stattdessen zuverlässiger Änderungen in dem Widerstand längs der vertikalen Ausdehnung des ersten Hilfsvias **312** erfassen, die hinsichtlich einer Vorrichtungszuverlässigkeit kritischer sind.

[0064] Der Halbleiterkörper **100** der **Fig. 5A** und **Fig. 5B** kombiniert das Ausführungsbeispiel der **Fig. 2A**, **Fig. 2B** mit den zweiten Force- und Sense-Leitungen, die in der gleichen Verdrahtungsschicht gebildet sind, mit dem Ausführungsbeispiel der **Fig. 4A** und **Fig. 4B** mit den ersten Force- und Sense-Leitungen, die in einer Verdrahtungsschicht gebildet sind, so dass alle Force- und Sense-Leitungen **401**, **402**, **411**, **412** in der gleichen Verdrahtungsschicht gebildet sind.

[0065] **Fig. 6** ist eine Draufsicht einer Kontaktseite einer Halbleitervorrichtung **500** in einem Chipgehäuse **505**. Das Chipgehäuse kann beispielsweise ein **QFP** (Quad Flat Gehäuse), beispielsweise ein **QFN** (Quad Flat No Lead Gehäuse), ein **LQFP** (Low Profile QFP) oder ein **VQFN** (Very thin QFN) oder ein **DSO** (Dual Small Outline) Gehäuse sein. Die Force- und Sense-Leitungen **401**, **402**, **411**, **412** sind elektrisch

mit Vorrichtungsanschlüssen **501**, **502**, **511**, **512** der Halbleitervorrichtung **500** verbunden.

[0066] **Fig. 7** bezieht sich auf eine Halbleitervorrichtung **500**, die eine oder mehrere IGFET-Zellarrays in einer Leistungseinheit **570** und eine Smart-Überwachungseinheit **530** integriert, die beispielsweise analoge und logische Schaltungen wie Gatetreiber, Temperatur- und Überstromerfassungsschaltungen aufweist. Gemäß einem Ausführungsbeispiel integriert die Überwachungseinheit **530** eine Force-Einheit **510**, eine Sense-Einheit **520** und einen Mikrokontroller, der gestaltet ist, eine Schnittstelle der Halbleitervorrichtung **500** mit einem lokalen Zwischenverbindungsbus zu sein. Die Force- und Sense-Leitungen **401**, **402**, **411**, **412** der Leistungseinheit **570** sind elektrisch mit der eingebetteten Überwachungseinheit **530** gekoppelt oder verbunden, die die Force-Einheit **510** steuert, um während einer Messperiode einen Strom durch die Force-Leitungen **401**, **402** zu speisen. Die Überwachungseinheit **530** steuert weiterhin die Sense-Einheit **520**, um wiederholt die Spannung über den Sense-Leitungen **411**, **412** zu messen, und kann ein Signal ausgeben, das anzeigt, das die gemessene Spannung eine vordefinierte Schwelle überschreitet. Beispielsweise kann die Überwachungseinheit **530** ein Signal durch einen Allgemeinzweck-Ausgangsport bzw. -anschluss ausgeben, der elektrisch mit einem Vorrichtungsausgangsanschluss **531** verbunden ist, der direkt an ein akustisches oder optisches Indikator- bzw. Anzeigeelement angeschlossen sein kann. Gemäß anderen Ausführungsbeispielen ist ein Daten-I/O-Port bzw. Daten-Eingangs/Ausgangs-Anschluss der Überwachungseinheit **530** elektrisch mit einem Vorrichtungs-I/O-Anschluss bzw. Vorrichtungs-Eingangs/Ausgangs-Anschluss **532** verbunden, der beispielsweise ein Vorrichtungsanschluss zur Verbindung mit einem lokalen Zwischenverbindungsnetzwerk sein kann, wobei die Überwachungseinheit **530** ein Kommunikationsprotokoll verwendet, das für einen Datenbus, wie das lokale Zwischenverbindungsnetzwerk definiert ist, um eine Warnnachricht an eine andere, mit dem Datenbus verbundene Vorrichtung zu übertragen.

[0067] **Fig. 8A** bezieht sich auf ein elektrisches System **900**, das eine erste Halbleitervorrichtung **500** mit den Force- und Sense-Anschlüssen umfasst, die elektrisch mit Vorrichtungsanschlüssen **501**, **502**, **511**, **512** verbunden sind. Eine zweite Halbleitervorrichtung **580** kann eine Forceeinheit **510** umfassen, die das Force-Signal ansteuert und eine Sense-Einheit **520**, die den sich ergebenden Spannungsabfall mittels der ersten und zweiten Sense-Leitung misst. Gemäß einem Ausführungsbeispiel können die ersten und zweiten Halbleitervorrichtungen **500**, **580** auf der gleichen **PCB** (Printed Circuit Board) oder einem Ansteuermodul montiert sein.

[0068] Die Halbleitervorrichtung **500** von **Fig. 8B** umfasst Vorrichtungsanschlüsse **501, 502, 503, 504**, die elektrisch mit den Force- und Sense-Leitungen eines Viereranschlusssystem, wie oben beschrieben, gekoppelt oder verbunden sind. Ein Anschluss- bzw. Verbindungsblock **590** ist elektrisch mit den Vorrichtungsanschlüssen **501, 502, 503, 504** verbunden oder gekoppelt. Der Anschluss- bzw. Verbindungsblock **590** kann für Servicepersonal zugänglich sein, beispielsweise kann ein Servicekabel lösbar mit dem Anschluss- bzw. Verbindungsblock **590** verbindbar sein. Das Servicepersonal kann eine Widerstandsmessung gemäß einem Wartungsplan vornehmen, der Wartungsintervalle mittels des zugänglichen Viereranschlusssystem in der Halbleitervorrichtung **500** definiert.

Patentansprüche

1. Halbleitervorrichtung, umfassend eine erste Force-Leitung (401), die elektrisch mit einer Metallstruktur (305) in einer äußersten Verdrahtungsschicht (300) verbunden ist, wobei ein Sense-Via (311) sich von der Metallstruktur (305) durch ein äußerstes Zwischenschichtdielektrikum (210) erstreckt; eine erste Sense-Leitung (411), die von der ersten Force-Leitung (401) getrennt und elektrisch mit der Metallstruktur (305) verbunden ist; eine zweite Force-Leitung (402), die elektrisch mit dem Sense-Via (311) über eine Basisoberfläche (311a) des Sense-Vias (311) verbunden ist, wobei die Basisoberfläche (311a) von der Metallstruktur (305) abgewandt und zu einem Halbleiterkörper (100) ausgerichtet ist, der halbleitende Teile von wenigstens einem Halbleiterelement (190) umfasst; eine zweite Sense-Leitung (412), die elektrisch mit dem Sense-Via (311) durch die Basisoberfläche (311a) verbunden ist; und Kontaktvias (319), die sich von der Metallstruktur (305) durch das äußerste Zwischenschichtdielektrikum (210) erstrecken und elektrisch mit dem wenigstens einen Halbleiterelement (190) verbunden sind und durch die im eingeschalteten Zustand der Halbleitervorrichtung ein Laststrom fließt.
2. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 1, bei der die zweite Force-Leitung (402) und die zweite Sense-Leitung (412) in einer Verdrahtungsschicht (310) zwischen dem äußersten Zwischenschichtdielektrikum (210) und dem Halbleiterkörper (100) sind und jeweils direkt an die Basisoberfläche (311a) des Sense-Vias (311) angrenzen.
3. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 2, bei der ein erstes Ende der zweiten Force-Leitung (402) direkt an ein erstes Ende der zweiten Sense-Leitung (412) angrenzt und ein zweites Ende der zweiten Force-Leitung (402) von einem zweiten Ende der zweiten Sense-Leitung (412) getrennt ist.
4. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 1, bei der (i) eine Leitung aus der zweiten Force-Leitung (402) und der zweiten Sense-Leitung (412) in einer ersten Verdrahtungsschicht (310, 320) zwischen dem äußersten Zwischenschichtdielektrikum (210) und dem Halbleiterkörper (100) ist und direkt an die Basisoberfläche (311a) angrenzt, und (ii) eine Leitung aus der zweiten Force-Leitung (402) und der zweiten Sense-Leitung (412) in einer zweiten Verdrahtungsschicht (320, 310) zwischen der ersten Verdrahtungsschicht (310, 320) und dem Halbleiterkörper (100) ist und elektrisch mit dem Sense-Via (311) durch eine oder mehrere Hilfsvias (321) verbunden ist, die sich von der ersten Verdrahtungsschicht (310, 320) zu der zweiten Verdrahtungsschicht (320, 310) erstrecken.
5. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 4, bei der die eine oder mehreren Hilfsvias (321) in einer vertikalen Projektion des Sense-Vias (311) bezüglich einer Ausrichtung der Verdrahtungsschichten (300, 310, 320, 330) sind.
6. Halbleitervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, bei der der Halbleiterkörper (100) eine Transistorzelle (TC) oder eine Vielzahl von elektrisch parallel verbundenen Transistorzellen (TC) aufweist.
7. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 6, weiterhin umfassend eine innerste Verdrahtungsschicht (380) und ein innerstes Zwischenschichtdielektrikum (280), das sandwichartig zwischen dem Halbleiterkörper (100) und der innersten Verdrahtungsschicht (380) vorgesehen ist, sowie Sourcekontakte (395), die elektrisch die Transistorzellen (TC) mit einem Sourceleiter (385) in der innersten Verdrahtungsschicht (380) verbinden.
8. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 6 oder 7, bei der die Transistorzellen (TC) laterale Transistorzellen sind, die Sourcezonen (110) und Drainzonen (129) aufweisen, die in dem Halbleiterkörper (100) in einer Ebene parallel zu einer ersten Oberfläche (101) des Halbleiterkörpers (100) gebildet sind, wobei die erste Oberfläche (101) parallel zu der äußersten Verdrahtungsschicht (300) ausgerichtet ist.
9. Halbleitervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, bei der die erste Force-Leitung (401) und die erste Sense-Leitung (411) direkt an die Metallstruktur (305) angrenzen.
10. Halbleitervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, bei der die Kontaktvias (319) und das Sense-Via (311) aus einem gleichen Material gebildet sind.
11. Halbleitervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, bei der die Metallstruktur (305), die Kontaktvias (319) und das Sense-Via (311) aus einem gleichen Material gebildet sind.

12. Halbleitervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, bei der ein Abstand zwischen dem Sense-Via (311) und einem nächsten Rand der Metallstruktur (305) höchstens 50 µm ist.

13. Halbleitervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 12, bei der ein Winkel zwischen (i) einer ersten Hilfslinie (711) von einem ersten Verbindungsgebiet (301) zwischen der Metallstruktur (305) und der ersten Force-Leitung (401) zu dem Sense-Via (311) und (ii) einer zweiten Hilfslinie (712) von einem zweiten Verbindungsgebiet (302) zwischen der Metallstruktur (305) und der ersten Sense-Leitung (411) zu dem Sense-Via (311) größer als 30 Grad ist.

14. Halbleitervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 13, bei der (i) ein erstes Verbindungsgebiet (301) zwischen der Metallstruktur (305) und der ersten Force-Leitung (401) und (ii) ein zweites Verbindungsgebiet (302) zwischen der Metallstruktur (305) und der ersten Sense-Leitung (411) auf entgegengesetzten Seiten bezüglich einer Hilfslinie (713) durch eine Mitte der Metallstruktur (305) und dem Sense-Via (311) sind.

15. Halbleitervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 14, bei der wenigstens eine Leitung aus der ersten Force-Leitung und der ersten Sense-Leitung (401, 411) einen Bonddraht (701, 702) umfasst, der auf die Metallstruktur (305) gebondet ist.

16. Halbleitervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 15, bei der die erste Force-Leitung (401) in einer Verdrahtungsschicht (310, 320) zwischen der äußersten Verdrahtungsschicht (300) und dem Halbleiterkörper (100) ist, und ein erstes Hilfsvia (312) vorgesehen ist, das sich von der Metallstruktur (305) durch wenigstens das äußerste Zwischenschichtdielektrikum (210) zu der ersten Force-Leitung (401) erstreckt.

17. Halbleitervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 16, bei der die erste Sense-Leitung (411) in einer Verdrahtungsschicht (310, 320) zwischen der äußersten Verdrahtungsschicht (300) und dem Halbleiterkörper (100) ist und ein zweites Hilfsvia (313) vorgesehen ist, das sich von der Metallstruktur (305) durch wenigstens das äußerste Zwischenschichtdielektrikum (210) zu der ersten Sense-Leitung (411) erstreckt.

18. Halbleitervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 17, weiterhin umfassend: wenigstens einen Anschluss aus (i) einem ersten Force-Anschluss (501), der elektrisch mit der ersten Force-Leitung (401) verbunden ist, und (ii) einem zweiten Force-Anschluss (502), der elektrisch mit der zweiten Force-Leitung (402) verbunden ist.

19. Halbleitervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 18, weiterhin umfassend: wenigstens einen Anschluss aus (i) einem ersten Sense-Anschluss (511), der elektrisch mit der ersten Sense-Leitung (411) verbunden ist, und (ii) einem zweiten Sense-Anschluss (512), der elektrisch mit der zweiten Sense-Leitung (412) verbunden ist.

20. Halbleitervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 19, weiterhin umfassend: eine Sense-Einheit (520), die elektrisch mit der ersten und zweiten Sense-Leitung (411, 412) gekoppelt und gestaltet ist, ein Indikatorsignal auszugeben, wenn ein Spannungsabfall über das Sense-Via (311) eine vorbestimmte Schwelle überschreitet.

21. Halbleitervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 20, weiterhin umfassend: eine Force-Einheit (510), die elektrisch mit der ersten und zweiten Force-Leitung (401, 402) gekoppelt und gestaltet ist, um einen Strom durch die erste und zweite Force-Leitung (401, 402) zu speisen.

22. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 21, weiterhin umfassend: eine Überwachungseinheit (530), die gestaltet ist, die Sense- und Force-Einheiten (510, 520) zu steuern, um einen Spannungsabfall über dem Sense-Via (311) zu bewerten, wenn die Halbleitervorrichtung abgeschaltet oder ohne Verbindung zu einer Last ist und kein Laststrom durch die Halbleitervorrichtung (500) fließt.

23. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 22, weiterhin umfassend: einen Ausgangsanschluss (531, 532), der elektrisch mit der Überwachungseinheit (530) verbunden ist, wobei die Überwachungseinheit (530) gestaltet ist, ein Signal, das anzeigt, dass der Spannungsabfall über dem Sense-Via (311) eine vorbestimmte Schwelle überschreitet, durch den Ausgangsanschluss (531, 532) auszugeben.

24. Elektrische Schaltung, umfassend: eine erste Halbleitervorrichtung (500), die aufweist: eine erste Force-Leitung (401), die elektrisch mit einer Metallstruktur (305) in einer äußersten Verdrahtungsschicht (300) verbunden ist, wobei ein Sense-Via (311) sich von der Metallstruktur (305) durch ein äußerstes Zwischenschichtdielektrikum (210) erstreckt, eine erste Sense-Leitung (411), die von der ersten Force-Leitung (401) getrennt und elektrisch mit der Metallstruktur (305) verbunden ist, eine zweite Force-Leitung (402), die elektrisch mit dem Sense-Via (311) durch eine Basisoberfläche (311a) des Sense-Vias (311) verbunden ist, wobei die Basisoberfläche (311a) von der Metallstruktur (305) abgewandt und zu einem Halbleiterkörper (100) aus-

gerichtet ist, der halbleitende Teile von wenigstens einem Halbleiterelement (190) umfasst, und eine zweite Sense-Leitung (412), die elektrisch mit dem Sense-Via (311) durch die Basisoberfläche (311a) verbunden ist, und Kontaktvias (319), die sich von der Metallstruktur (305) durch das äußerste Zwischenschichtdielektrikum (210) erstrecken und elektrisch mit dem wenigstens einen Halbleiterelement (190) verbunden sind und durch die im eingeschalteten Zustand der Halbleitervorrichtung ein Laststrom fließt; und eine zweite Halbleitervorrichtung (580), die elektrisch mit den ersten und zweiten Force-Anschlüssen (501, 502) und den ersten und zweiten Sense-Anschlüssen (511, 512) verbunden und gestaltet ist, ein Signal auszugeben, das anzeigt, dass ein Spannungsabfall über dem Sense-Via (311) eine vorbestimmte Schwelle überschreitet.

25. Elektrische Schaltung, umfassend:

eine erste Halbleitervorrichtung (500), die aufweist:
eine erste Force-Leitung (401), die elektrisch mit einem ersten Force-Anschluss (501) und einer Metallstruktur (305) in einer äußerten Verdrahtungsschicht (300) verbunden ist, wobei ein Sense-Via (311) sich von der Metallstruktur (305) durch ein äußerstes Zwischenschichtdielektrikum (210) erstreckt,
eine erste Sense-Leitung (411), die von der ersten Force-Leitung (401) getrennt und elektrisch mit einem ersten Sense-Anschluss (511) und mit der Metallstruktur (305) verbunden ist,
eine zweite Force-Leitung (402), die elektrisch mit einem zweiten Force-Anschluss (502) und dem Sense-Via (311) durch eine Basisoberfläche (311a) des Sense-Vias (311) verbunden ist, wobei die Basisoberfläche (311a) von der Metallstruktur (305) abgewandt und zu einem Halbleiterkörper (100) ausgerichtet ist, der halbleitende Teile von wenigstens einem Halbleiterelement (190) umfasst, und
eine zweite Sense-Leitung (412), die elektrisch mit einem zweiten Sense-Anschluss (512) und mit dem Sense-Via (311) durch die Basisoberfläche (311a) verbunden ist, und
Kontaktvias (319), die sich von der Metallstruktur (305) durch das äußerste Zwischenschichtdielektrikum (210) erstrecken und elektrisch mit dem wenigstens einen Halbleiterelement (190) verbunden sind und durch die im eingeschalteten Zustand der Halbleitervorrichtung ein Laststrom fließt; und
einen Anschluss- oder Verbindungsblock (590), der elektrisch mit den ersten und zweiten Force-Anschlüssen (501, 502) und den ersten und zweiten Sense-Anschlüssen (511, 512) verbunden ist.

Es folgen 10 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG 1A

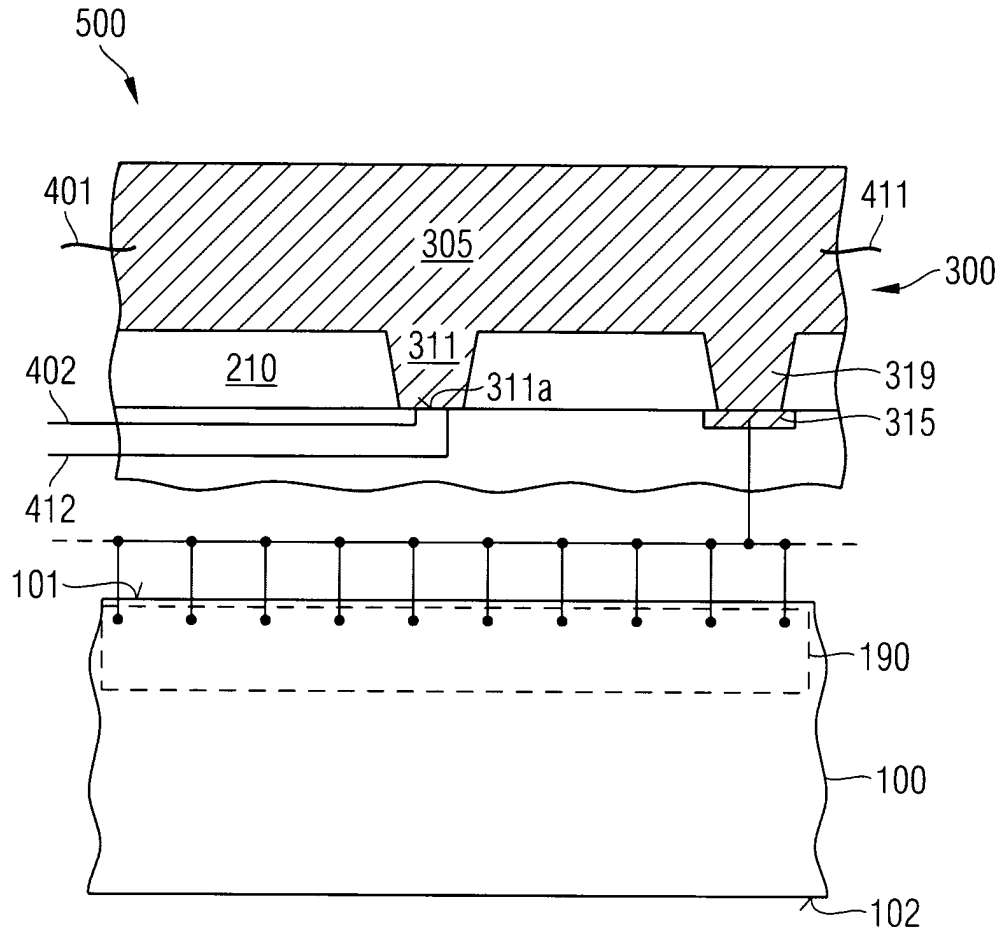


FIG 1B

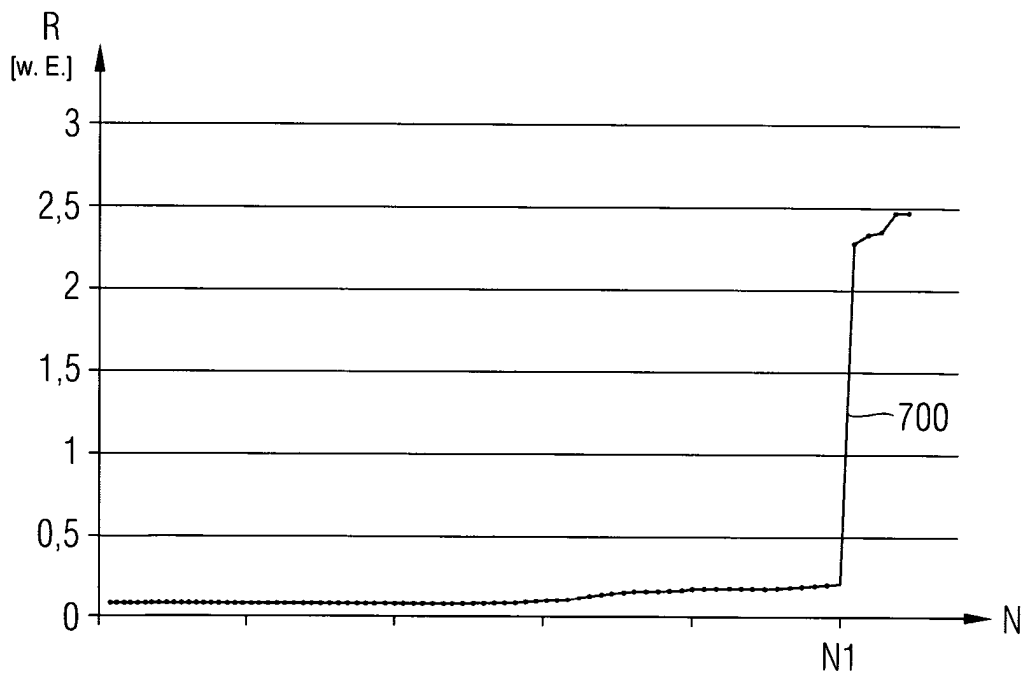


FIG 1C

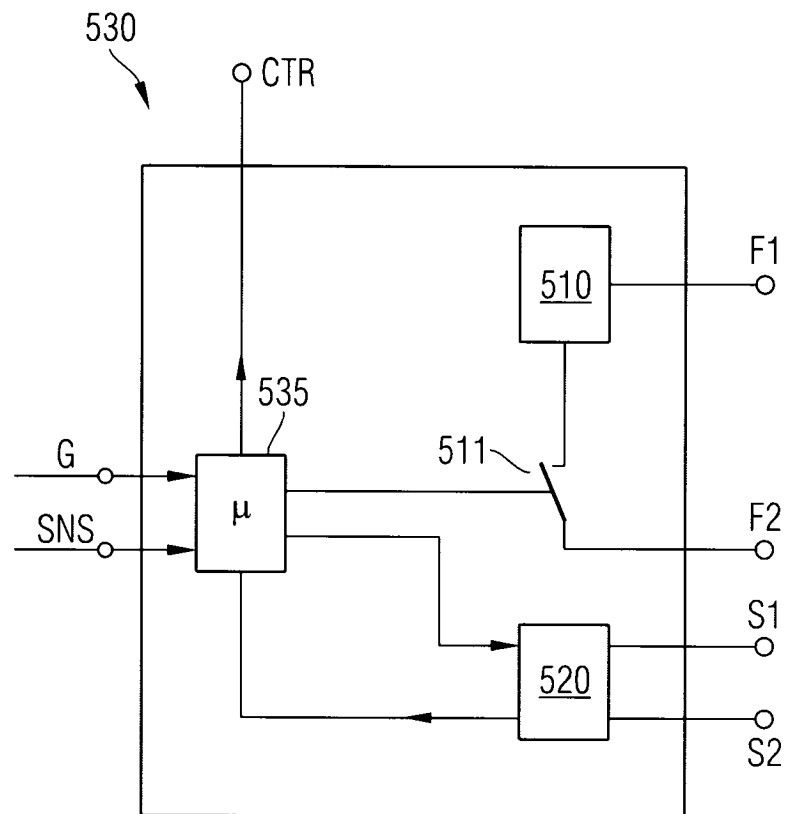


FIG 2A

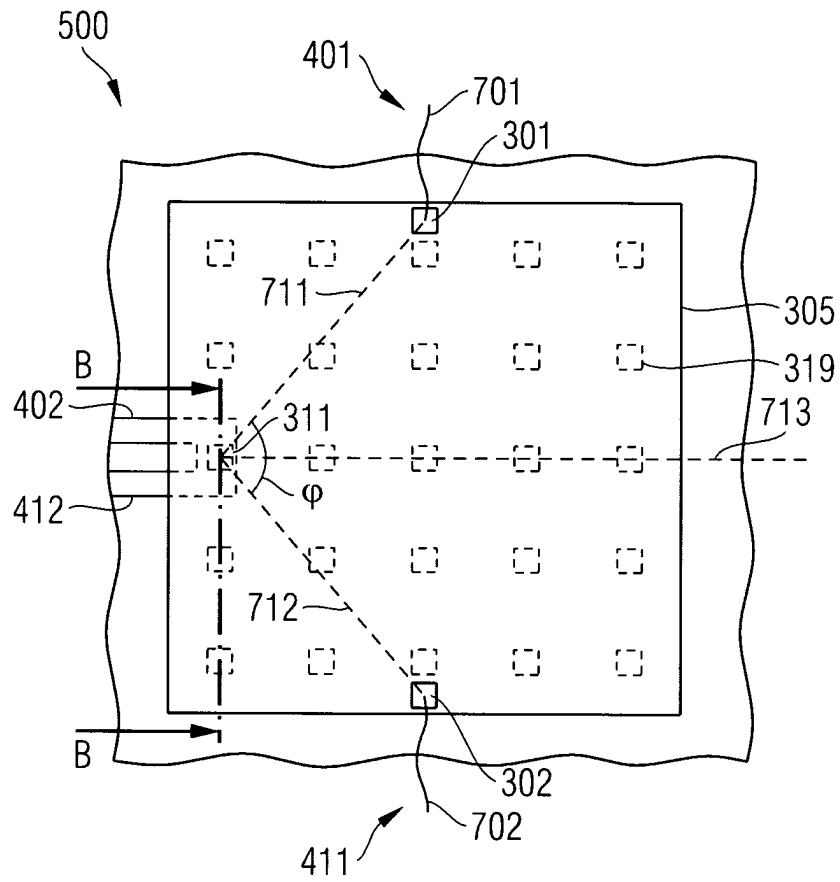
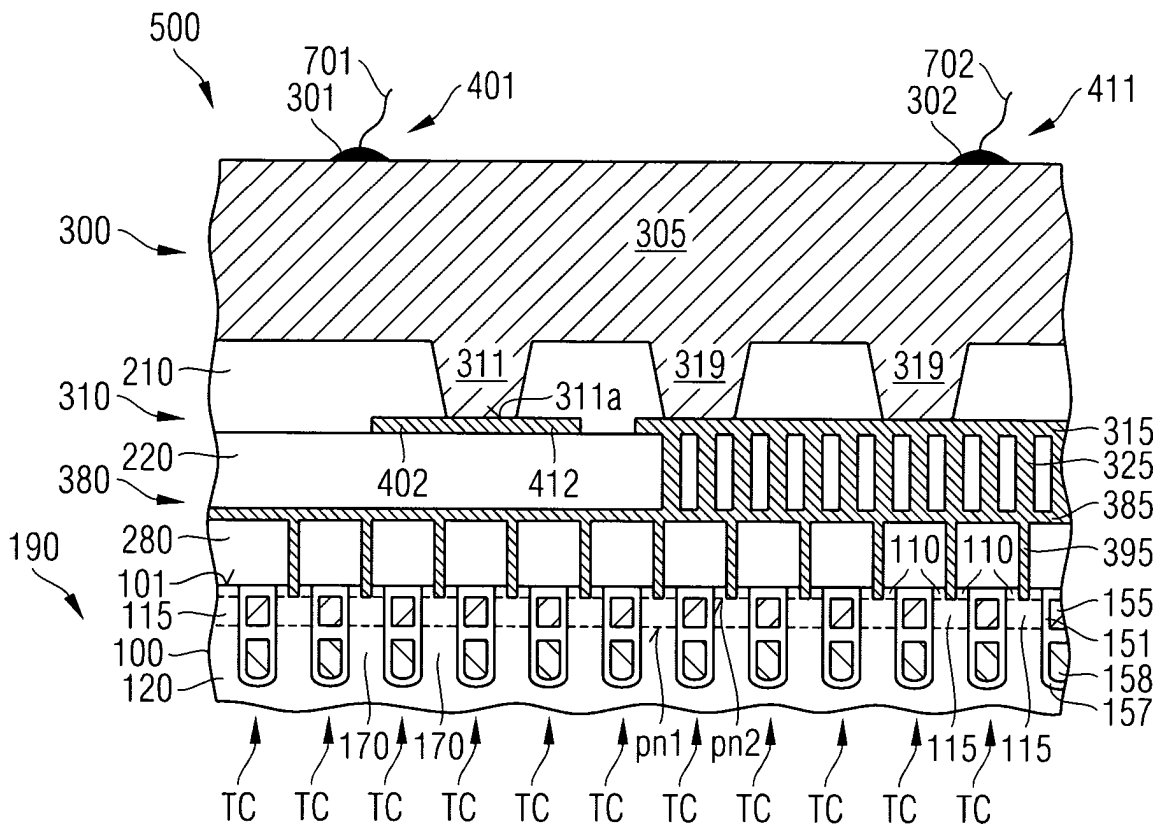
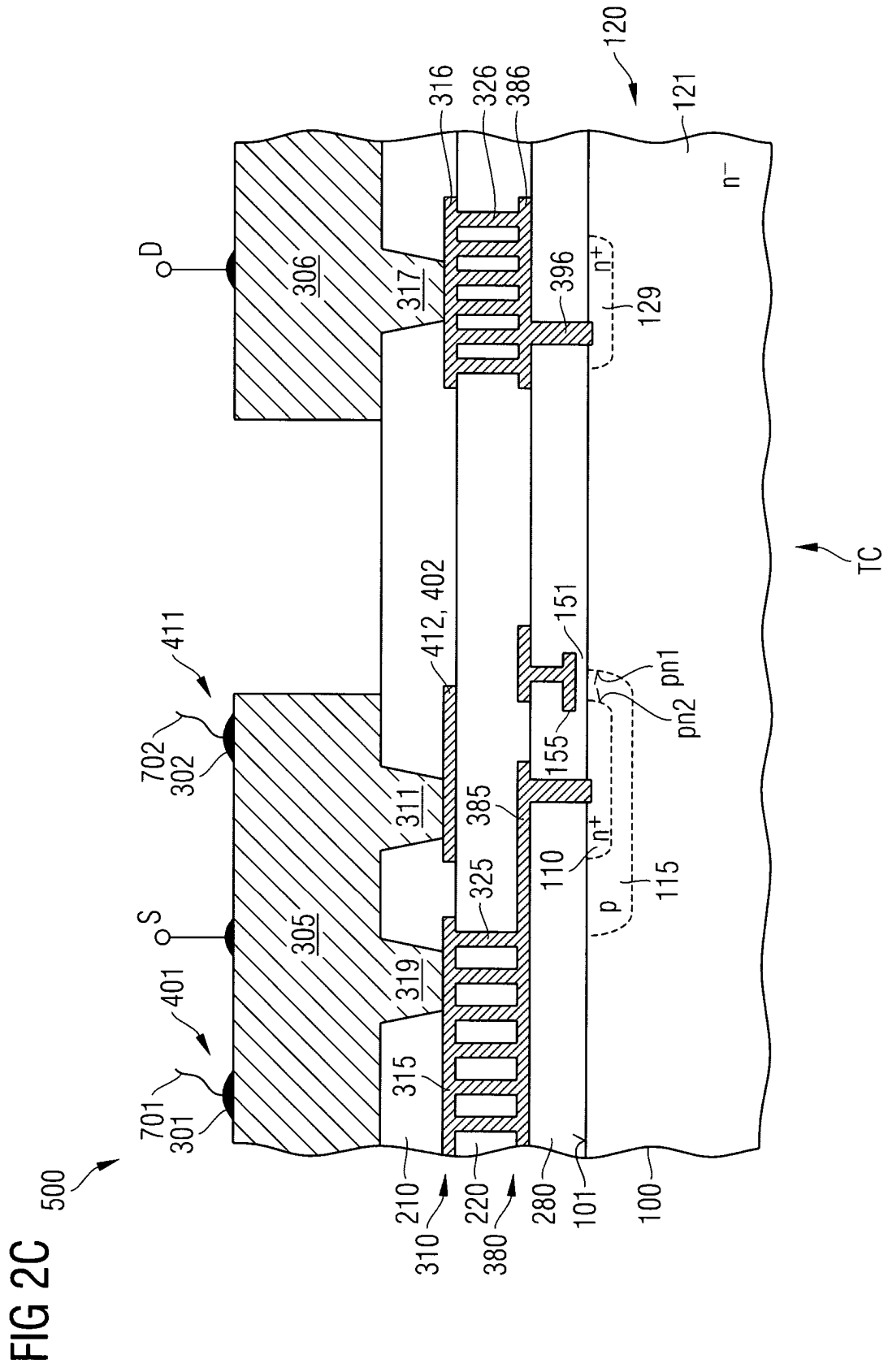


FIG 2B





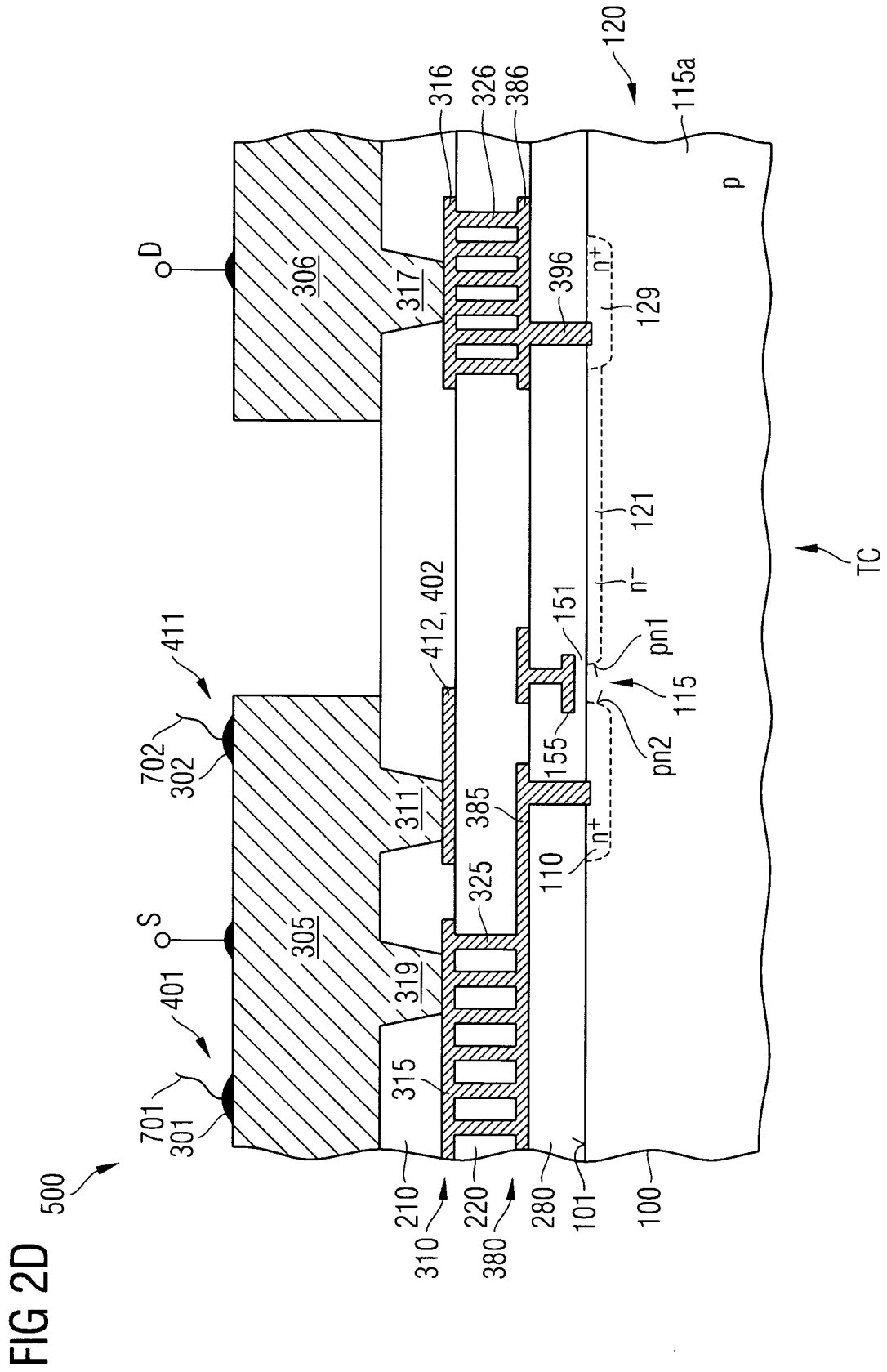


FIG 3A

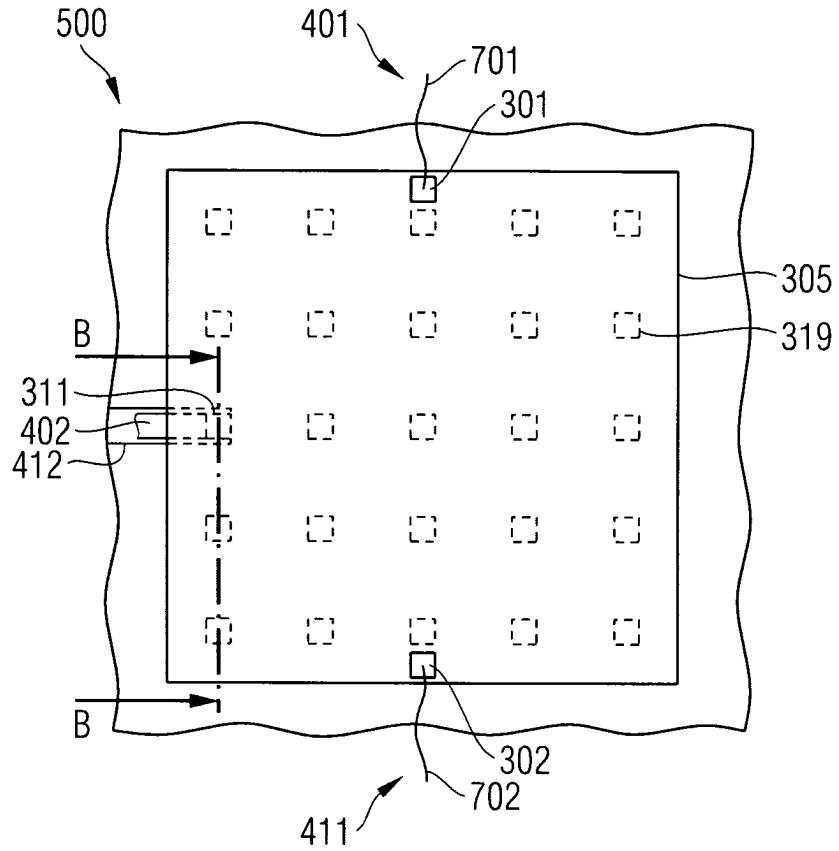


FIG 3B

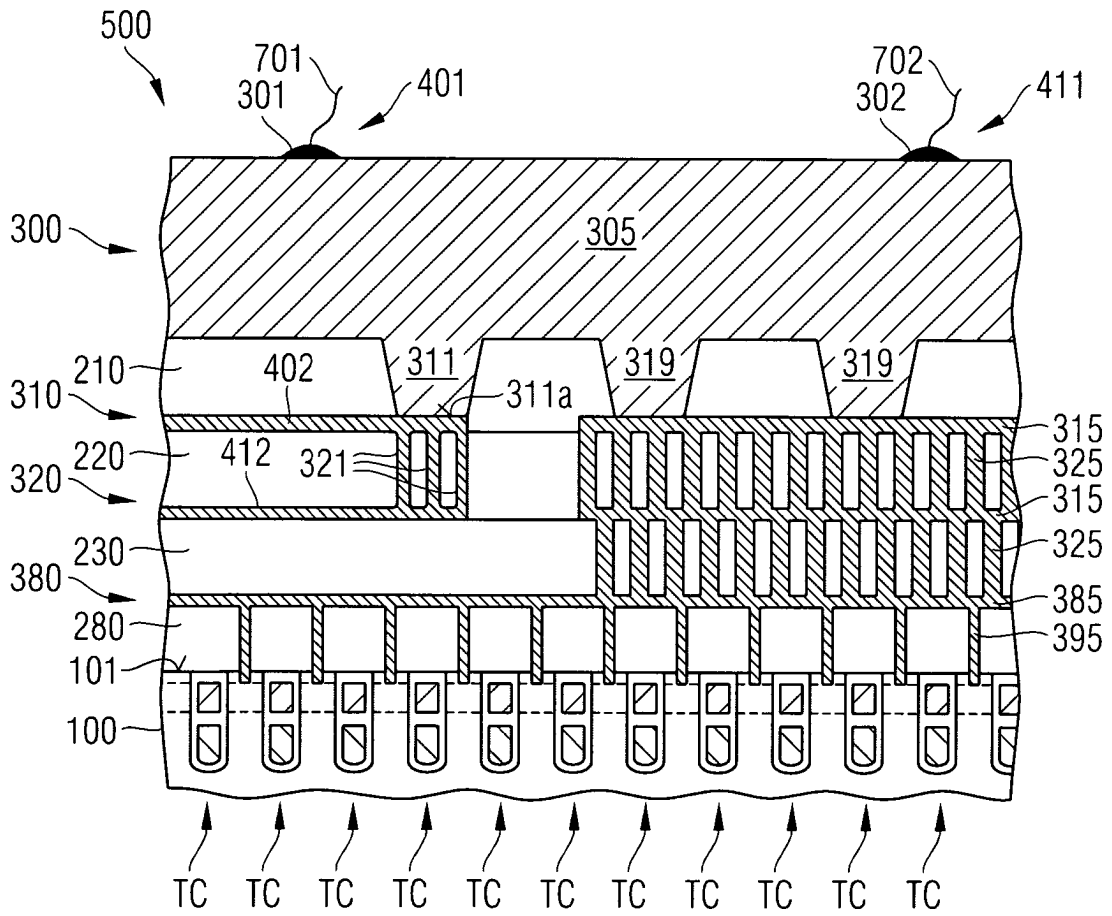


FIG 4A

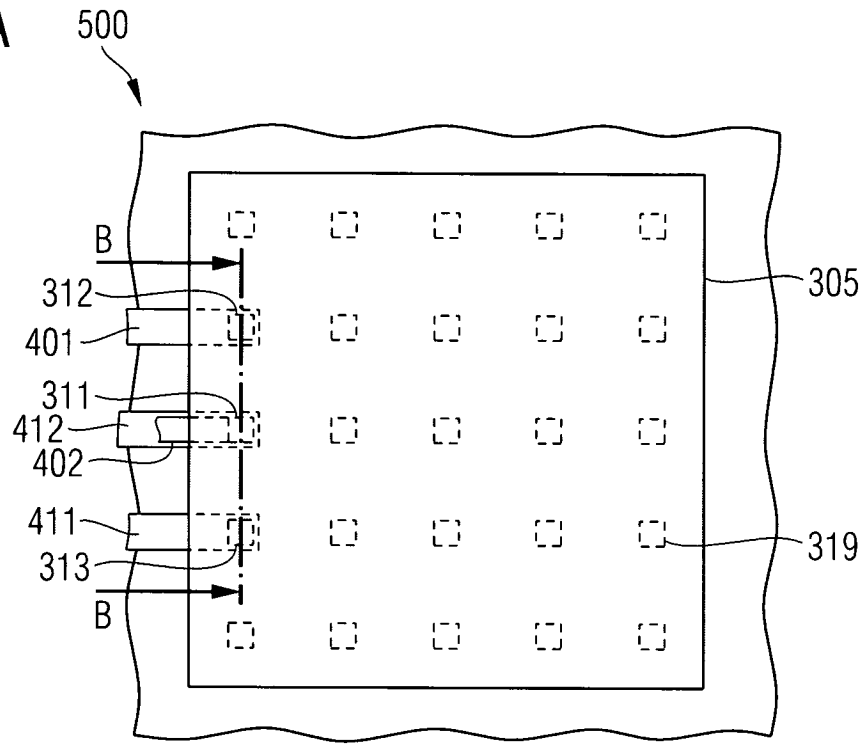


FIG 4B

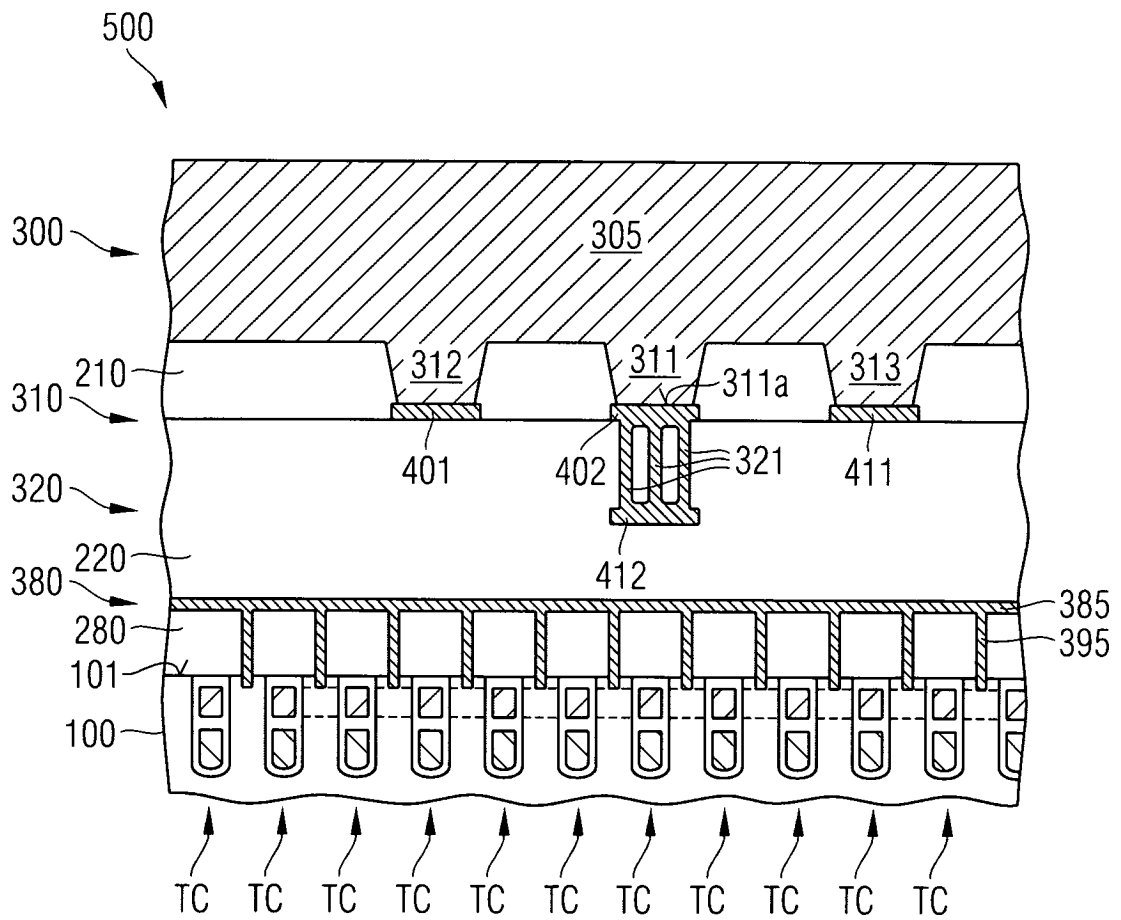


FIG 5A

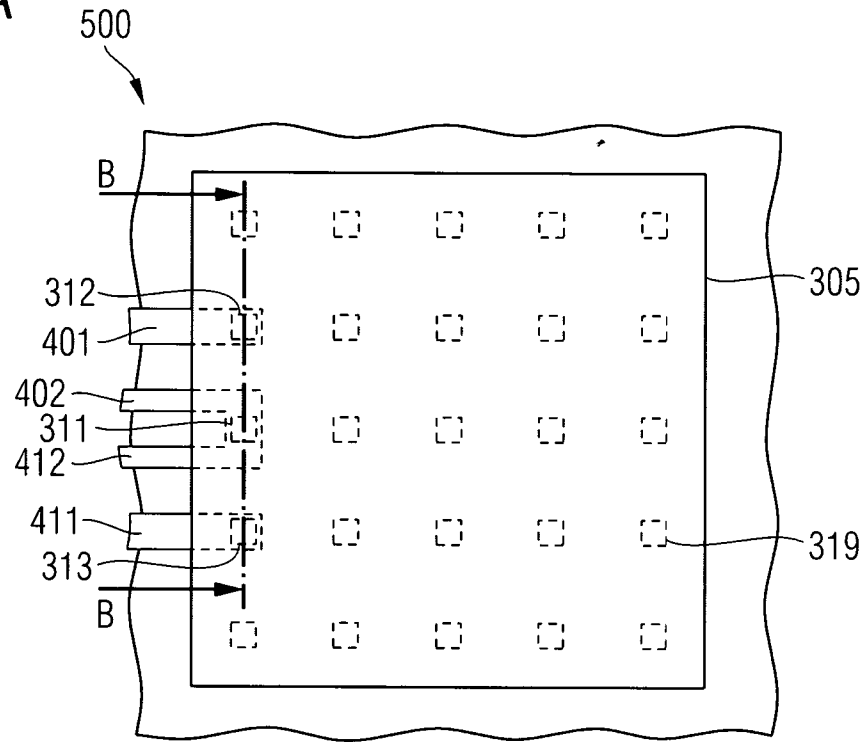


FIG 5B

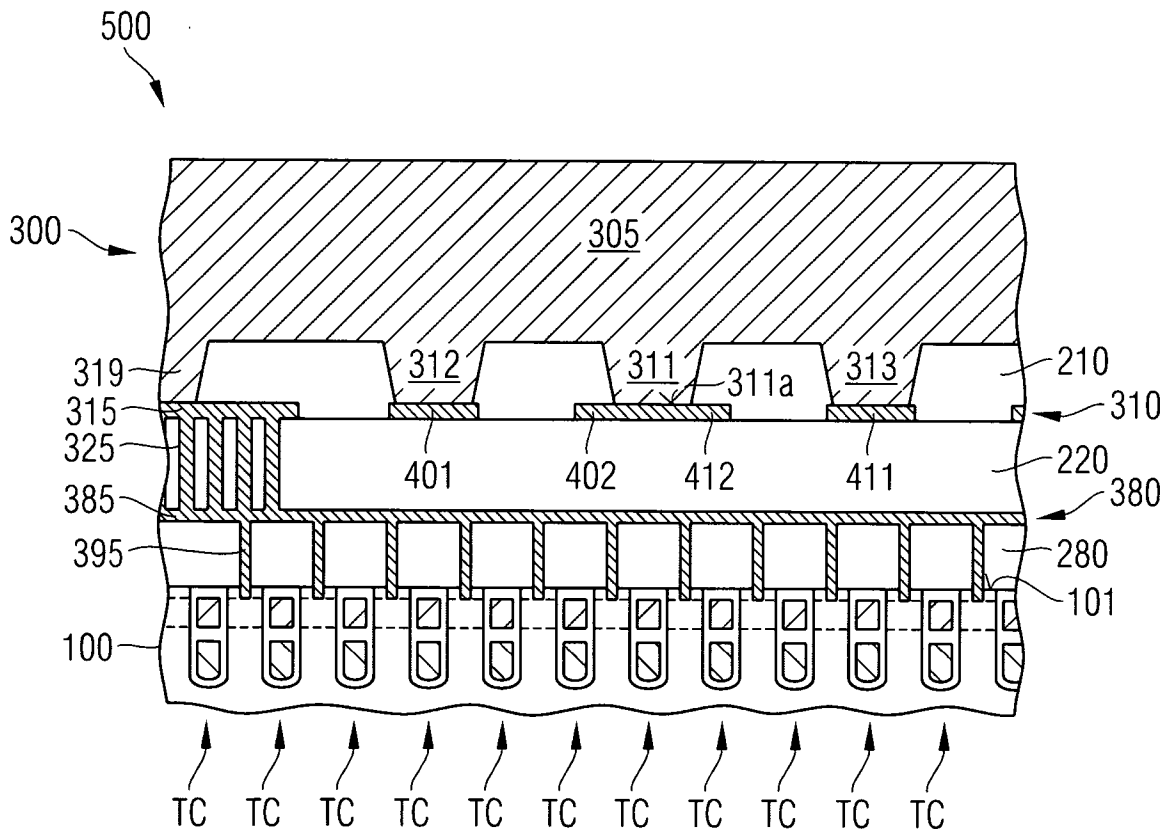


FIG 6

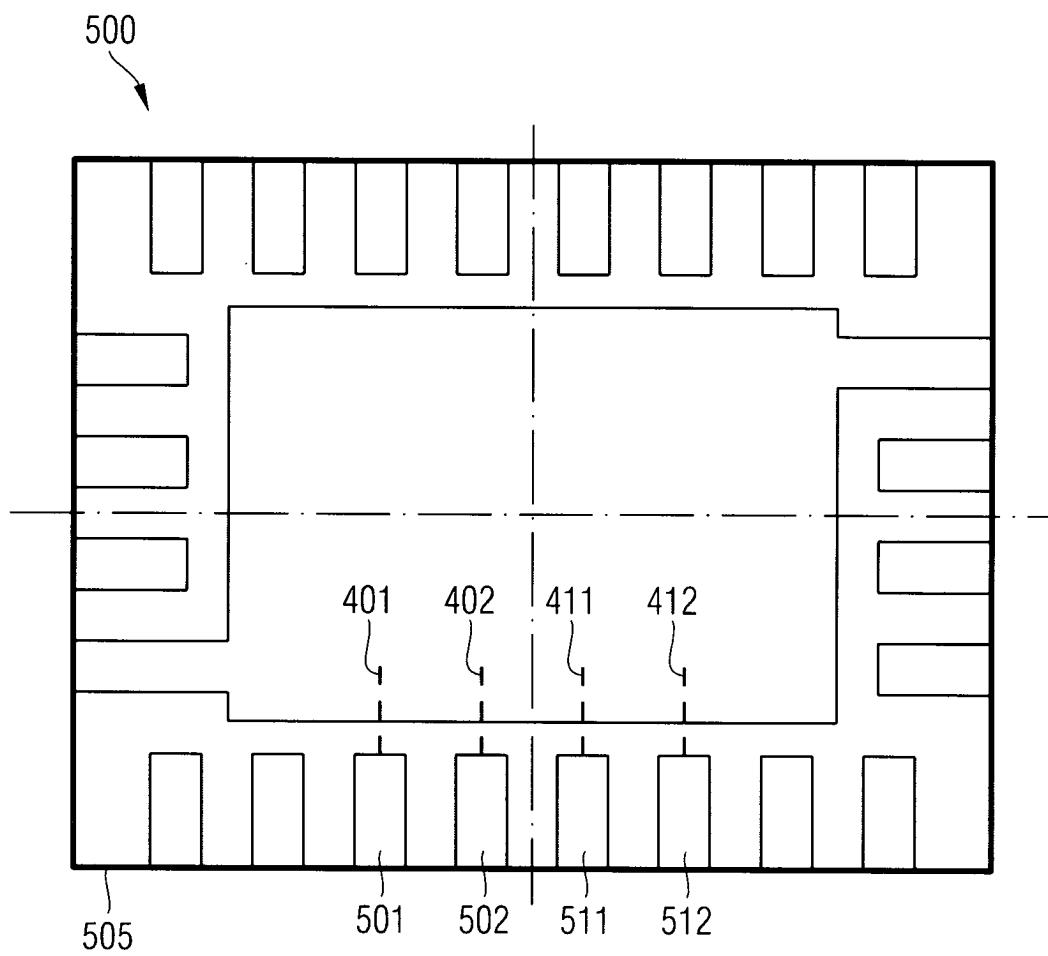


FIG 7

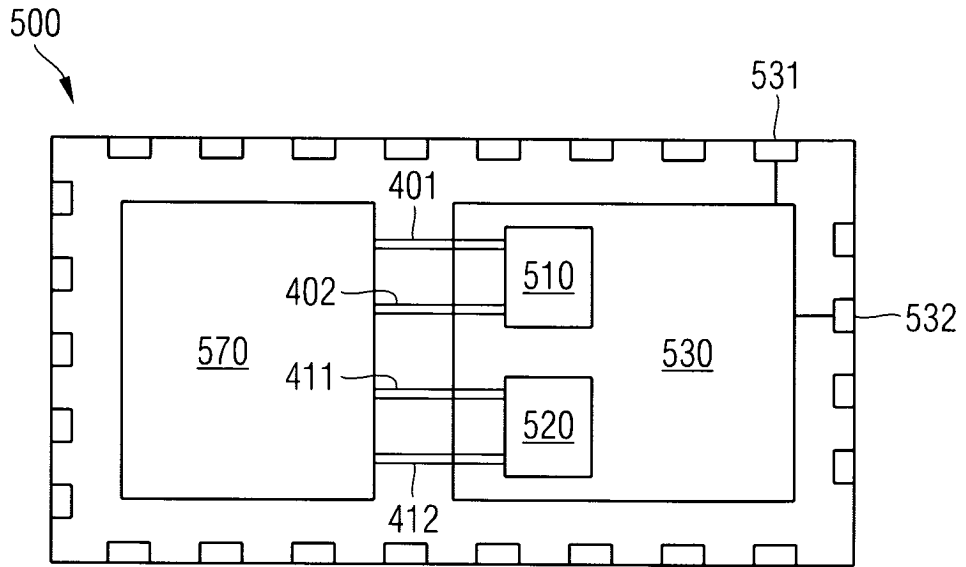


FIG 8A

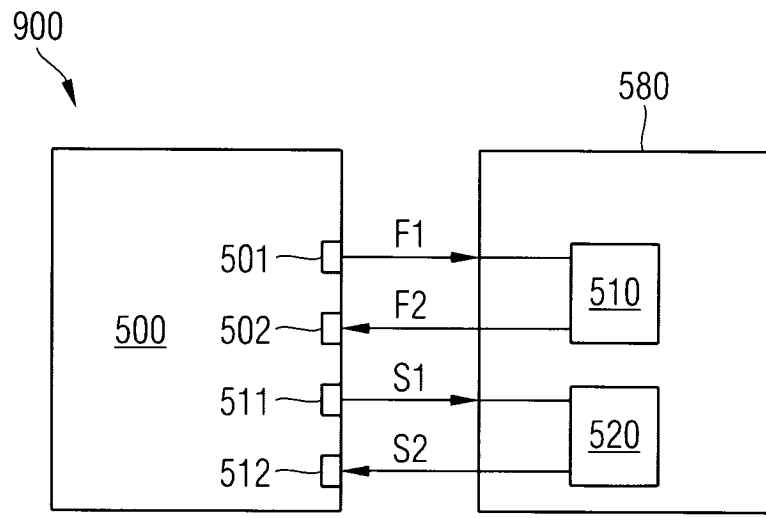


FIG 8B

