



(10) **DE 10 2015 112 919 B4** 2019.12.24

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2015 112 919.1**
(22) Anmeldetag: **06.08.2015**
(43) Offenlegungstag: **09.02.2017**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **24.12.2019**

(51) Int Cl.: **H01L 23/62 (2006.01)**
H01L 29/36 (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:
**2SPL Patentanwälte PartG mbB Schuler Schacht
Platzer Lehmann, 81373 München, DE**

(72) Erfinder:
**Basler, Thomas, Dr., 85521 Riemerling, DE;
Schulze, Hans-Joachim, Dr., 82024 Taufkirchen,
DE; Mahler, Joachim, Dr., 93051 Regensburg, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	42 35 175	A1
US	7 554 173	B2
US	2013 / 0 049 159	A1
US	2014 / 0 264 343	A1
JP	2005- 39 948	A

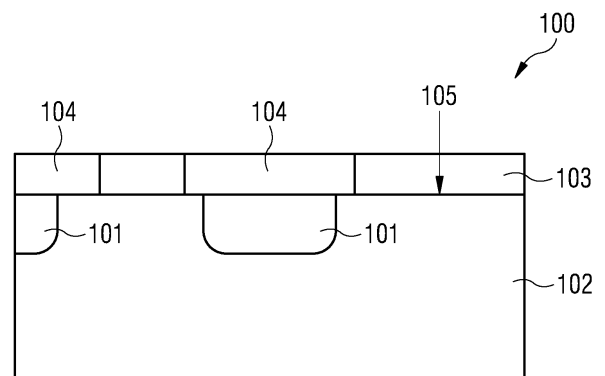
Kumo, Chu [et al.]: Smart conducting polymer composites having zero temperature coefficient of resistance. Nanoscale. London : Springer, 2015 (7). 471-478. - ISBN 97834522608

(54) Bezeichnung: **Halbleiterbauelemente, eine Halbleiterdiode und ein Verfahren zum Bilden eines Halbleiterbauelements**

(57) Hauptanspruch: Ein Halbleiterbauelement (100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900, 110, 120, 125, 130), umfassend:

zumindest eine hoch dotierte Region (101) einer elektrischen Bauelementanordnung, die in einem Halbleitersubstrat (102) gebildet ist; und

eine Kontaktstruktur (103), die einen NTC-Abschnitt (104) umfasst, der benachbart zu der zumindest einen hoch dotierten Region (101) an einer Vorderseitenoberfläche (105) des Halbleitersubstrats (102) angeordnet ist, wobei der NTC-Abschnitt (104) ein Material mit einem Widerstand mit einem negativen Temperaturkoeffizienten umfasst, wobei ein spezifischer elektrischer Widerstand des Materials mit einem Widerstand mit einem negativen Temperaturkoeffizienten des NTC-Abschnitts (104) der Kontaktstruktur (103) sich um zumindest 50 % seines spezifischen elektrischen Widerstandswertes bei 150°C in einem Temperaturintervall von 30°C zwischen 170 °C und 250 °C ändert und/oder sich um zumindest 95 % seines spezifischen elektrischen Widerstandswertes bei 150°C in einem Temperaturintervall zwischen 170 °C und 250 °C ändert.



Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Ausführungsbeispiele beziehen sich auf Konzepte für Halbleiterbauelementstrukturen und insbesondere auf Halbleiterbauelemente, eine Halbleiterdiode und ein Verfahren zum Bilden eines Halbleiterbauelements.

Hintergrund

[0002] Überschüssige Ströme (oder Stoßströme oder Überströme) in Leistungshalbleiterkomponenten oder -bauelementen können durch Ausfälle in Versorgungsnetzen (z. B. auf der Eingangsseite eines Wandlers oder einen Phasenkurzschluss) oder unter speziellen Bedingungen einer Inverterlast ausgelöst werden. Leistungshalbleiterkomponenten können mit momentanen oder kurzfristigen Überströmen im Betrieb belastet sein und können Schäden erleiden. Es ist wünschenswert, die durch Stoßströme verursachten Schäden zu reduzieren und die Zuverlässigkeit von Leistungshalbleiterkomponenten zu verbessern, wenn zum Beispiel Stoßströme auftreten.

[0003] Die Druckschrift US 2013/0049159 A1 beschreibt einen Temperatursensor mit einer amorphen, semi-isolierenden Schicht und die Druckschrift US 7554173 B2 offenbart ein Halbleiterbauelement mit einem Temperatursensor. Ferner beschreibt die Druckschrift JP 2005- 39 948 A ein Halbleiterbauelement und die Druckschrift US 2014/0264343 A1 offenbart eine Vorrichtungsbauarchitektur zur Temperaturkompensation von vertikalen Feldeffekttransistoren. Zusätzlich offenbart die Druckschrift „Smart conducting polymer composites having zero temperature coefficient of resistance“ von Kummo Chu et al smarte, leitfähige Verbundpolymere und die Druckschrift DE 4235175 A1 beschreibt eine Halbleitervorrichtung.

Zusammenfassung

[0004] Es gibt einen Bedarf zum Bereitstellen von Konzepten für Halbleiterbauelemente mit verbessertem Sperrverzögerungsverhalten, niedrigen Schaltströmen und/oder einer verbesserten Handhabung von Stoßströmen.

[0005] Ein solcher Bedarf kann durch ein Halbleiterbauelement nach Anspruch 1, 2, 3, 4, 19, eine Halbleiterdiode nach Anspruch 18 und ein Verfahren nach Anspruch 20 erfüllt werden.

Figurenliste

[0006] Einige Ausführungsbeispiele von Vorrichtungen und/oder Verfahren werden nachfolgend nur bei-

spielhaft und unter Bezugnahme auf die beiliegenden Figuren beschrieben, in denen

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Halbleiterbauelements zeigt, das ein NTC-Material umfasst;

Fig. 2 eine schematische Darstellung einer Halbleiterdiode zeigt, die ein NTC-Material umfasst;

Fig. 3 eine schematische Darstellung eines weiteren Halbleiterbauelements zeigt, das ein NTC-Material umfasst;

Fig. 4 eine schematische Darstellung eines weiteren Halbleiterbauelements zeigt, das eine Diodenanordnung und ein NTC-Material umfasst;

Fig. 5 eine schematische Darstellung eines Halbleiterbauelements zeigt, das ein ohmsches Material und ein NTC-Material umfasst;

Fig. 6 eine schematische Darstellung eines Halbleiterbauelements zeigt, das ein Schottky-Material und ein NTC-Material umfasst;

Fig. 7 eine schematische Darstellung eines Halbleiterbauelements zeigt, das ein Niederbandabstandsmaterial umfasst;

Fig. 8 eine schematische Darstellung eines Halbleiterbauelements zeigt, das eine MPS-Diodenanordnung und ein NTC-Material umfasst;

Fig. 9 eine schematische Darstellung eines Halbleiterbauelements zeigt, das eine IDEE-Diodenanordnung und ein NTC-Material umfasst;

Fig. 10 eine schematische Darstellung einer Seite eines weiteren Halbleiterbauelements zeigt, das ein NTC-Material umfasst;

Fig. 11 eine schematische Darstellung einer Kontaktstruktur eines weiteren Halbleiterbauelements zeigt, das ein NTC-Material umfasst;

Fig. 12 eine schematische Darstellung einer Halbleiterbauelement-Transistoranordnung zeigt, die ein NTC-Material umfasst;

Fig. 13A eine schematische Darstellung möglicher Abmessungen von Bauelementdotierungsregionen eines Halbleiterbauelements zeigt,

Fig. 13B ein Diagramm eines Spezifischer-Widerstand-Verhaltens (resistivity behavior) eines NTC-Materials zeigt, das in einem Halbleiterbauelement verwendet wird;

Fig. 13C ein Diagramm eines Spannungsabfalls im Verhältnis zu einer Dicke eines NTC-Abschnitts einer Kontaktstruktur eines Halbleiterbauelements zeigt; und

Fig. 14 ein Flussdiagramm eines Verfahrens zum Bilden eines Halbleiterbauelements zeigt.

Detaillierte Beschreibung

[0007] Verschiedene Ausführungsbeispiele werden nun ausführlicher Bezug nehmend auf die beiliegenden Zeichnungen beschrieben, in denen einige Ausführungsbeispiele dargestellt sind. In den Figuren können die Stärken von Linien, Schichten und/oder Bereichen zur Verdeutlichung übertrieben sein.

[0008] Während sich Ausführungsbeispiele für verschiedene Modifikationen und alternative Formen eignen, werden dementsprechend Ausführungsbeispiele derselben in den Zeichnungen beispielhaft gezeigt und hier ausführlich beschrieben. In der gesamten Beschreibung der Figuren beziehen sich gleiche Bezugszeichen auf gleiche oder ähnliche Elemente.

[0009] Es versteht sich, dass, wenn ein Element als mit einem anderen Element „verbunden“ oder „gekoppelt“ bezeichnet wird, es direkt mit dem anderen Element verbunden oder gekoppelt sein kann oder Zwischenelemente vorhanden sein können. Wenn im Gegensatz ein Element als „direkt“ mit einem anderen Element „verbunden“ oder „gekoppelt“ bezeichnet wird, sind keine Zwischenelemente vorhanden. Sonstige zum Beschreiben des Verhältnisses zwischen Elementen benutzten Ausdrücke sollten auf gleichartige Weise ausgelegt werden (z. B. „zwischen“ gegenüber „direkt zwischen“, „benachbart“ gegenüber „direkt benachbart“ usw.).

[0010] Die hier verwendete Terminologie bezweckt nur das Beschreiben bestimmter Ausführungsbeispiele und soll nicht begrenzend für Ausführungsbeispiele sein. Nach hiesigem Gebrauch sollen die Singularformen „ein, eine“ und „das, der, die“ auch die Pluralformen umfassen, es sei denn im Zusammenhang wird deutlich etwas anderes angegeben. Es versteht sich weiterhin, dass die Begriffe „umfasst“, „umfassend“, „aufweisen“ und/oder „aufweisend“ bei hiesigem Gebrauch das Vorhandensein angegebener Merkmale, Ganzzahlen, Schritte, Operationen, Elemente und/oder Bestandteile angeben, aber nicht das Vorhandensein oder die Zufügung eines oder mehrerer anderer Merkmale, Ganzzahlen, Schritte, Operationen, Elemente, Bestandteile und/oder Gruppen derselben ausschließen.

[0011] Sofern nicht anderweitig definiert besitzen alle hier benutzten Begriffe (einschließlich technischer und wissenschaftlicher Begriffe) die gleiche Bedeutung wie sie gewöhnlich von einem Durchschnittsfachmann auf dem Gebiet verstanden wird, zu dem Ausführungsbeispiele gehören. Weiterhin versteht es sich, dass Begriffe, z. B. die in gewöhnlich benutzten Wörterbüchern Definierten, als eine Bedeutung besitzend ausgelegt werden sollten, die ihrer Bedeutung im Zusammenhang der entsprechenden Technik entspricht. Sollte die vorliegende Offenbarung jedoch einem Begriff eine bestimmte Bedeutung geben, die

von einer Bedeutung wie sie gewöhnlich von einem Durchschnittsfachmann verstanden wird abweicht, ist diese Bedeutung in dem konkreten Kontext, in dem diese Definition gegeben ist, zu berücksichtigen.

[0012] Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung eines Halbleiterbauelements **100** gemäß einem Ausführungsbeispiel.

[0013] Das Halbleiterbauelement **100** umfasst zumindest eine hoch dotierte Region **101** einer elektrischen Bauelementanordnung, die in einem Halbleitersubstrat **102** gebildet ist.

[0014] Das Halbleiterbauelement **100** umfasst ferner eine Kontaktstruktur **103**, die einen NTC-Abschnitt **104** umfasst, der benachbart zu der zumindest einen hoch dotierten Region **101** an einer Vorderseitenoberfläche **105** des Halbleitersubstrats **102** angeordnet ist. Der NTC-Abschnitt **104** umfasst ein Material mit einem Widerstand mit einem negativen Temperaturkoeffizienten.

[0015] Aufgrund der Anordnung des NTC-Abschnitts (Abschnitt mit einem Widerstand mit einem negativen Temperaturkoeffizienten; NTC = negative temperature coefficient of resistance) **104**, der das Material mit einem Widerstand mit einem negativen Temperaturkoeffizienten (NTC-Material) umfasst, an der Vorderseitenoberfläche **105** des Halbleitersubstrats kann zum Beispiel die Stoßstromfähigkeit des Halbleiterbauelements **100** verbessert werden. Zum Beispiel kann der Stromfluss in der zumindest einen hoch dotierten Region **101** erhöht werden, da das NTC-Material des NTC-Abschnitts **104** bei einer kritischen Temperatur hochleitfähig wird. Zum Beispiel kann ein Vorwärtsspannungsabfall des Halbleiterbauelements **100** für einen gegebenen Strom (oder Leistung) reduziert werden, was zu einer erhöhten Stoßstromfähigkeit in dem Halbleiterbauelement **100** führt.

[0016] Die zumindest eine hoch dotierte Region **101** kann eine Dotierung eines ersten Leitfähigkeitstyps aufweisen. Eine Region, die den ersten Leitfähigkeitstyp aufweist, kann eine p-dotierte Region (z. B. verursacht durch ein Einbringen von Aluminiumionen oder Borionen) oder eine n-dotierte Region (z. B. verursacht durch ein Einbringen von Stickstoffionen, Phosphorionen oder Arsenionen) sein. Folglich zeigt eine Region mit einer Dotierung des zweiten Leitfähigkeitstyps eine gegenüberliegende n-dotierte Region oder p-dotierte Region an. Zum Beispiel kann der erste Leitfähigkeitstyp eine n-Dotierung anzeigen und der zweite Leitfähigkeitstyp kann eine p-Dotierung anzeigen oder umgekehrt.

[0017] Die zumindest eine hoch dotierte Region **101** kann eine durchschnittliche Dotierungskonzentration von mehr als 1×10^{18} Dotierstoffatomen pro cm^3 (oder z. B. zwischen 1×10^{18} Dotierstoffatomen pro cm^3 und

1×10^{19} Dotierstoffatomen pro cm^3) aufweisen. Die durchschnittliche Dotierungskonzentration kann eine gemessene Anzahl von Dotierstoffatomen pro Volumen sein, gemittelt zum Beispiel über eine interessierende Region der zumindest einen hoch dotierten Region **101**.

[0018] Die zumindest eine hoch dotierte Region **101** kann zum Beispiel eine oder eine Mehrzahl von hoch dotierten Region **101** umfassen. Die zumindest eine hoch dotierte Region **101** (z. B. die Mehrzahl von hoch dotierten Region **101**) kann direkt an der Vorderseitenoberfläche **105** des Halbleitersubstrats **102** angeordnet sein. Zum Beispiel können die hoch dotierten Regionen **101** lateral entlang der Vorderseitenoberfläche **105** des Halbleitersubstrats **102** angeordnet sein.

[0019] Zum Beispiel kann jede hoch dotierte Region **101** eine maximale laterale Abmessung zwischen $20 \mu\text{m}$ und $100 \mu\text{m}$ (oder z. B. zwischen $40 \mu\text{m}$ und $75 \mu\text{m}$) aufweisen. Die maximale laterale Abmessung kann zum Beispiel die größte Abmessung oder Größe der hoch dotierten Region **101** sein, die in einer Richtung im Wesentlichen parallel zu der Vorderseitenoberfläche **105** des Halbleitersubstrats **102** gemessen wird. Jede hoch dotierte Region **101** kann eine maximale vertikale Abmessung zwischen $1 \mu\text{m}$ und $10 \mu\text{m}$ oder z. B. zwischen 3 and $8 \mu\text{m}$ aufweisen. Die maximale vertikale Abmessung kann zum Beispiel die größte Abmessung oder Größe der hoch dotierten Region **101** sein, die in einer Richtung im Wesentlichen senkrecht zu der Vorderseitenoberfläche **105** des Halbleitersubstrats **102** gemessen wird.

[0020] Eine hoch dotierte Region **101** (der zumindest einen hoch dotierten Region **101**) kann in dem Halbleitersubstrat **102** von einer benachbarten hoch dotierten Region **101** durch eine laterale Beabstandung getrennt sein. Eine maximale laterale Beabstandung zwischen benachbarten hoch dotierten Regionen **101** kann zum Beispiel zwischen $5 \mu\text{m}$ und $100 \mu\text{m}$ (oder z. B. zwischen $10 \mu\text{m}$ und $80 \mu\text{m}$ oder z. B. zwischen $30 \mu\text{m}$ und $70 \mu\text{m}$) sein. Zum Beispiel kann die maximale laterale Beabstandung die größte Distanz sein, die zwischen benachbarten hoch dotierten Regionen **101** in einer Richtung im Wesentlichen parallel zu der Vorderseitenoberfläche **105** des Halbleitersubstrats **102** gemessen wird. Abschnitte von (anderen) Bauelementdotierungsregionen (mit dem gleichen oder unterschiedlichen Leitfähigkeitstyp wie die zumindest eine hoch dotierte Region **101**) können zum Beispiel zwischen den benachbarten hoch dotierten Regionen **101** in den lateralen Beabstandungen gebildet sein.

[0021] Die Kontaktstruktur **103** kann zum Beispiel eine elektrisch leitfähige Elektrodenstruktur (z. B. eine Anoden- oder eine Kathoden-Struktur) zum Liefern einer Spannung (z. B. einer Vorspannung (bias)) an die eine oder die mehreren Bauelementdotierungsre-

gionen an der Vorderseitenoberfläche **105** des Halbleitersubstrats **102** sein. Zum Beispiel kann die Kontaktstruktur **103** auf (z. B. direkt auf) der Vorderseitenoberfläche **105** des Halbleitersubstrats **102** gebildet sein. Die Kontaktstruktur **103** kann zum Beispiel direkt benachbart zu einer oder mehreren Bauelementdotierungsregionen an der Vorderseitenoberfläche **105** des Halbleitersubstrats **102** gebildet sein.

[0022] Der NTC-Abschnitt **104** der Kontaktstruktur **103** umfasst ein Material mit einem negativen Temperaturkoeffizienten (NTC-Material). Das NTC-Material kann zum Beispiel einen Widerstand mit einem negativen Temperaturkoeffizienten aufweisen. Zum Beispiel kann das NTC-Material einen variablen spezifischen elektrischen Widerstand aufweisen, der mit zunehmender Temperatur abnehmen kann. Zum Beispiel erlebt der elektrische spezifische Widerstand des Materials mit einem negativen Temperaturkoeffizienten des NTC-Abschnitts eine maximale Änderung hinsichtlich des spezifischen elektrischen Widerstandes bei einem Temperaturintervall zwischen $170 \text{ }^\circ\text{C}$ und $250 \text{ }^\circ\text{C}$ (oder z. B. zwischen $180 \text{ }^\circ\text{C}$ und $220 \text{ }^\circ\text{C}$). Zum Beispiel ändert sich der spezifische elektrische Widerstand des Materials mit einem negativen Temperaturkoeffizienten des NTC-Abschnitts um zumindest 50% (oder z. B. zumindest 80% oder z. B. zumindest 95%) seines spezifischen elektrischen Widerstandswertes bei $150 \text{ }^\circ\text{C}$ bei einem Temperaturintervall zwischen $170 \text{ }^\circ\text{C}$ und $250 \text{ }^\circ\text{C}$. Zum Beispiel kann sich ein spezifischer elektrischer Widerstand des Materials mit einem negativen Temperaturkoeffizienten des NTC-Abschnitts reduzieren (oder verändern) auf zwischen $0,0005 \%$ (z. B. für Phasenänderungsmaterialien) und 50% (oder z. B. auf weniger als 20% oder z. B. auf weniger als 5%) seines spezifischen elektrischen Widerstandswertes bei $150 \text{ }^\circ\text{C}$ bei einem Temperaturintervall zwischen $170 \text{ }^\circ\text{C}$ und $250 \text{ }^\circ\text{C}$. Das Temperaturintervall kann zwischen $1 \text{ }^\circ\text{C}$ und $80 \text{ }^\circ\text{C}$ oder (z. B. zwischen $1 \text{ }^\circ\text{C}$ und $30 \text{ }^\circ\text{C}$ oder z. B. zwischen $2 \text{ }^\circ\text{C}$ und $20 \text{ }^\circ\text{C}$ oder z. B. zwischen $1 \text{ }^\circ\text{C}$ und $10 \text{ }^\circ\text{C}$) sein. Zum Beispiel kann das Temperaturintervall $1 \text{ }^\circ\text{C}$ oder z. B. $2 \text{ }^\circ\text{C}$ oder z. B. $10 \text{ }^\circ\text{C}$ oder z. B. $20 \text{ }^\circ\text{C}$ oder z. B. $30 \text{ }^\circ\text{C}$ sein. Zum Beispiel kann die Änderung des spezifischen elektrischen Widerstandes des Materials mit einem negativen Temperaturkoeffizienten des NTC-Abschnitts eine allmähliche Änderung über das (oder innerhalb des) Temperaturintervall(s) zwischen $170 \text{ }^\circ\text{C}$ und $250 \text{ }^\circ\text{C}$ sein.

[0023] Das NTC-Material des NTC-Abschnitts **104** kann einen Widerstand mit einem Temperaturkoeffizienten aufweisen, der negativer ist als ein Temperaturkoeffizient von Silizium (oder ein Temperaturkoeffizient des Halbleitersubstrats **102**) bei einem Temperaturintervall zwischen $170 \text{ }^\circ\text{C}$ und $250 \text{ }^\circ\text{C}$. Zum Beispiel kann das NTC-Material des NTC-Abschnitts **104** einen Widerstand mit einem Temperaturkoeffizienten aufweisen, der negativer ist als ein Temperaturkoeff-

fizient der hoch dotierten Region **101** bei einem Temperaturintervall zwischen 170 °C und 250 °C.

[0024] Das NTC-Material des NTC-Abschnitts **104** kann zumindest ein Material aus der folgenden Gruppe von Materialien umfassen. Die Gruppe von Materialien kann bestehen aus: einem Chalkogenidmaterial, einem Phasenänderungsmaterial, einem Schottky-Metall und einem Verbundmaterial, das zum Beispiel Polymer und Metall umfasst. Zum Beispiel kann das NTC-Material des NTC-Abschnitts **104** ein Chalkogenidmaterial umfassen, das Germanium (Ge) oder Antimon (Sb) oder Tellur (Te) umfasst. Zum Beispiel kann das NTC-Material des NTC-Abschnitts **104** eine Mischung aus Ge, Sb und Te (GST) umfassen (das in optischen Speichermedien oder Phasenänderungsspeicheranwendungen verwendet werden kann). Zum Beispiel kann der elektrische Widerstand dieser Materialien in Phasenübergängen (z. B. bei einem Temperaturintervall zwischen 170 °C und 250 °C) deutlich reduziert sein.

[0025] Zusätzlich, alternativ oder optional kann das NTC-Material des NTC-Abschnitts **104** ein Halbleitermaterial sein (oder umfassen), das eine Bandabstandsenergie von weniger als einer Bandabstandsenergie von Silizium aufweist (1,11 eV bei 300 K). Zum Beispiel kann das NTC-Material des NTC-Abschnitts **104** Germanium (Ge) umfassen oder sein, das einen Bandabstand von 0,66 eV bei 300 K aufweist. Zum Beispiel kann das NTC-Material des NTC-Abschnitts **104** Germanium-Tellur (GeTe) umfassen oder sein, das einen Bandabstand von 0,6 eV bei 300 K aufweist.

[0026] Zusätzlich, optional oder alternativ kann das NTC-Material des NTC-Abschnitts **104** ein Metall umfassen oder sein zum Bilden eines Schottky-Kontakts mit den hoch dotierten Regionen **101**. Zusätzlich, optional oder alternativ kann der NTC-Abschnitt **104** das NTC-Material und zum Beispiel auch eine Metallisierungsstruktur umfassen, die eine oder mehrere Metallisierungsschichten umfasst.

[0027] Zusätzlich, optional oder alternativ kann das NTC-Material des NTC-Abschnitts **104** Metall-Oxid umfassen, das als ein NTC-Material verwendet wird. Optional kann das NTC-Material des NTC-Abschnitts **104** eine Mischung aus Metalloxiden und Germanium umfassen. Zum Beispiel kann das NTC-Material des NTC-Abschnitts **104** Magnesiumoxid (MgO), Titanoxid (TiO), Magnesiumnickeloxid (Mg-NiO) oder Cobalt (Co) oder Mischungen dieser Materialien umfassen. Zum Beispiel kann das NTC-Material des NTC-Abschnitts **104** eine Mischung aus MgO und TiO und optional oder zusätzlich Co umfassen. Alternativ kann das NTC-Material des NTC-Abschnitts **104** Mg-NiO und optional oder zusätzlich Co umfassen.

[0028] Zusätzlich, alternativ oder optional kann das NTC-Material des NTC-Abschnitts **104** ein Verbundmaterial sein, das Polymer und Metall umfasst (z. B. ein Metall-Polymer-Verbundmaterial). Zum Beispiel kann das NTC-Material des NTC-Abschnitts **104** auf Metall basierende Partikel umfassen, die mit Kapselungs-Materialschichten (z. B. elektrisch isolierenden oder Isolationsmaterialschichten) beschichtet sind.

[0029] Zum Beispiel kann das Kapselungsmaterial ein Polymer für eine Kapselung umfassen oder sein (z. B. Kapseln oder Beschichten der Metallkugeln). Zum Beispiel kann das Polymer-(Kapselungs-)Material Polykarbonat, Polyamid (z.B. Polyimid **11**) oder Polyvinylacetat (z. B. hochpolymerisiertes Polyvinylacetat) oder eine Kombination dieser Materialien umfassen. Dieses Polymer-(Kapselungs-)Material kann zum Beispiel eine Schmelztemperatur in dem Bereich von etwa 200 °C (in einem Temperaturbereich, der erreicht wird, wenn Stoßströme auftreten) aufweisen. In diesem Temperaturbereich kann das Polymer-(Kapselungs-)Material schmelzen, was zu einem selektiven Druckkontakt zwischen den (vorher) gekapselten Metallpartikeln führen kann. Dies kann dazu führen, dass der Widerstand in dieser Region um Größenordnungen fällt. Bei einem Kühlen unter die Polymerschmelztemperatur kann das Polymer fest werden, was verursacht, dass die Anzahl von Druckkontakten zwischen den Metallpartikeln deutlich reduziert wird und der Widerstand zu seinem ursprünglichen Betrag (Magnitude) zurückkehrt oder ansteigt. Wenn eine irreversible Bildung bevorzugt wird, können optional Polymere verwendet werden, die sich bei Temperaturen höher als 220 °C zersetzen (z. B. Polyoxymethylen POM).

[0030] Die Partikel des Verbund-NTC-Materials können Metall umfassen. Zum Beispiel können die Metallpartikel Kugeln sein oder können von jeglicher anderen geeigneten Form sein. Zum Beispiel können die Partikel Silberkugeln (Ag-Kugeln) sein oder Silber umfassen. Zusätzlich, alternativ oder optional können die Kugeln (oder Partikel) zum Beispiel auch elastoplastisches verformbares Ag umfassen. Die (Metall-) Kugeln oder -Partikeln können zum Beispiel eine maximale Abmessung (z. B. eine größte Abmessung in einer Richtung oder einen Durchmesser) von wenigen Mikrometern (z. B. zwischen 1 µm und 10 µm) aufweisen. Die Partikelgröße (z. B. eine laterale Abmessung oder ein Durchmesser der Kugeln) kann abhängig sein von (oder kann variieren mit) der Anwendungstemperatur, sodass bei der kritischen Temperatur der Oberflächenkontakt (z. B. der Druckkontakt zwischen den Partikeln und dem Kapselungsmaterial) stark ansteigen kann und der elektrische Widerstand in diesem Temperaturbereich um mehrere Größenordnungen abfallen kann. Zum Beispiel können die Partikel (z. B. die Metallkugeln) einen positiven Wärmeausdehnungskoeffizienten (CTE; CTE = coefficient of thermal expansion) aufweisen, sodass

gilt, je höher die Temperatur umso größer die relative Ausdehnung und desto höher der Druckkontakt im Vergleich zu dem Basissubstrat.

[0031] Zusätzlich, alternativ oder optional kann das NTC-Material des NTC-Abschnitts **104** auf Metall basierende Partikel beschichtet mit Kapselungsmaterialschichten (z. B. mit einer auf einem Polymer basierenden Beschichtungsmaterialschicht) und auf Metall basierende Partikel ohne Kapselung (z. B. ohne die auf Polymer basierende Beschichtung) umfassen. Zum Beispiel kann die Mischung aus mit Isolationsmaterial beschichteten Metallpartikeln und den nicht beschichteten Metallpartikeln als ein Verbund-NTC-Material einen erheblichen und definierten Widerstandsabfall in einer definierten Temperaturregion oder -intervall (z. B. zwischen 170 °C und 250 °C) registrieren, zum Beispiel basierend auf dem Verhältnis der individuellen Komponenten der Mischung, der Partikelgröße und dem ausgewählten Polymermaterial.

[0032] Der NTC-Abschnitt **104** in der Kontaktstruktur **103** kann eine maximale Dicke aufweisen, die zum Beispiel zwischen 0,5 µm und 10 µm (oder z. B. zwischen 1 µm und 5 µm oder z. B. zwischen 3 µm und 5 µm) liegt. Die maximale Dicke kann zum Beispiel eine größte Dicke des NTC-Abschnitts **104** der Kontaktstruktur sein, die in einer Richtung im Wesentlichen senkrecht zur Vorderseitenoberfläche **105** des Halbleitersubstrats gemessen wird.

[0033] Die Kontaktstruktur **103** kann ferner einen Schottky- oder ohmschen Kontaktabschnitt (oder z. B. einen Kontaktabschnitt mit einem Material mit einem positiven Temperaturkoeffizienten umfassen, der lateral benachbart zu dem NTC-Abschnitt der Kontaktstruktur angeordnet ist. Zum Beispiel kann die Kontaktstruktur **103** einen Schottky-Kontaktabschnitt umfassen, der ein Schottky-Kontaktmaterial umfasst zum Bilden eines Schottky-Sperrkontakts mit einer Bauelementdotierungsregion an der Vorderseitenoberfläche **105** des Halbleitersubstrats **102**. Alternativ oder optional kann die Kontaktstruktur **103** zum Beispiel einen ohmschen Kontaktabschnitt umfassen, der ein ohmsches Material umfasst zum Bilden eines ohmschen Kontaktes mit einer Bauelementdotierungsregion an der Vorderseitenoberfläche **105** des Halbleitersubstrats **102**. Der Schottky- oder ohmsche Kontaktabschnitt kann zum Beispiel auf einem Abschnitt einer Bauelementdotierungsregion gebildet sein, die lateral benachbart zu der hoch dotierten Region **101** oder zwischen benachbarten hoch dotierten Regionen **101** ist. Zum Beispiel können die Abschnitte der Bauelementdotierungsregionen, auf denen der Schottky- oder ohmsche Kontaktabschnitt gebildet ist, den gleichen oder unterschiedlichen Leitfähigkeitstyp wie die zumindest eine hoch dotierte Region **101** aufweisen.

[0034] Der Schottky- oder ohmsche Kontaktabschnitt kann ein Metall umfassen oder sein. Zum Beispiel kann der Schottky- oder ohmsche Kontaktabschnitt ein Material mit einem Widerstand mit einem positiven Temperaturkoeffizienten (PTC) umfassen.

[0035] Die Vorderseitenoberfläche **105** des Halbleitersubstrats **102** kann eine Oberfläche des Halbleitersubstrats **102** in Richtung von Metallschichten, Isolierungsschichten und/oder Passivierungsschichten oben auf der Hauptoberfläche des Halbleitersubstrats **102** oder auf einer Oberfläche einer dieser Schichten sein. Zum Beispiel kann die Vorderseitenoberfläche **105** des Halbleitersubstrats **102** eine laterale Oberfläche des Halbleitersubstrats **102** sein, an der mehr (oder eine Mehrzahl von) aktive(n) Elemente(n) der Halbleiterbauelementstrukturen gebildet sind. Zum Beispiel können sich mehr komplexe Strukturen an der Vorderseitenoberfläche **105** des Halbleitersubstrats **102** befinden als an einer gegenüberliegenden Rückseitenoberfläche des Halbleitersubstrats **102**.

[0036] Die Rückseitenoberfläche des Halbleitersubstrats **102** kann eine Oberfläche sein, an der eine Rückseitenmetallisierungsstruktur angeordnet ist. Die Rückseitenmetallisierungsstruktur kann eine einzelne durchgängige Metallisierungsstruktur sein, die zum Beispiel auf (z. B. direkt auf) der Rückseitenoberfläche angeordnet ist. Die Rückseitenmetallisierungsstruktur kann zum Beispiel die gesamte Rückseitenoberfläche des Halbleitersubstrats oder mehr als 80 % der Rückseitenoberfläche des Halbleitersubstrats abdecken.

[0037] Für Leistungstransistorstrukturen kann die Vorderseitenoberfläche **105** des Halbleitersubstrats **102** zum Beispiel eine laterale Seite oder Oberfläche des Halbleitersubstrats **102** sein, an der eine erste Source/Drain-Region oder eine Gate-Region eines MOSFET gebildet ist, oder an der eine Kollektor-Region und eine Gate-Region eines IGBT gebildet sind. Die Rückseitenoberfläche des Halbleitersubstrats **102** kann zum Beispiel eine Oberfläche sein, an der eine zweite Source/Drain-Region eines MOSFET gebildet ist, oder an der eine Emitter-Region eines IGBT gebildet ist.

[0038] Für Leistungsdioden kann die Vorderseitenoberfläche **105** des Halbleitersubstrats **102** zum Beispiel eine laterale Seite oder Oberfläche des Halbleitersubstrats **102** sein, die näher an einem p-n-Übergang ist als die Rückseitenoberfläche des Halbleitersubstrats **102**. Zum Beispiel kann die Vorderseitenoberfläche **105** des Halbleitersubstrats **102** eine laterale Seite oder Oberfläche des Halbleitersubstrats **102** sein, an der zum Beispiel eine hoch dotierte Bauelementdotierungsregion mit einem Leitfähigkeitstyp entgegengesetzt zu einem Leitfähigkeitstyp einer leicht dotierten Drift-Region einer elektri-

schen Bauelementanordnung gebildet ist. Die Rückseitenoberfläche des Halbleitersubstrats **102** kann eine laterale Seite oder Oberfläche des Halbleitersubstrats **102** sein, an der zum Beispiel eine hoch dotierte Bauelementdotierungsregion mit dem gleichen Leitfähigkeitstyp wie eine leicht dotierte Drift-Region einer elektrischen Bauelementanordnung gebildet ist.

[0039] Eine (Vorder- oder Rück-)Seitenoberfläche des Halbleitersubstrats **102** kann eine im Wesentlichen ebenflächige Ebene sein (z. B. unter Vernachlässigung einer Unebenheit des Halbleitersubstrats **102** aufgrund des Herstellungsprozesses und von Gräben). Im Vergleich zu einem prinzipiell vertikalen Rand des Halbleitersubstrats **102** können die Vorderseitenoberfläche **105** und Rückseitenoberfläche jeweils eine prinzipiell horizontale Oberfläche sein, die sich lateral erstreckt. Zum Beispiel kann eine laterale Abmessung (z. B. ein Durchmesser oder eine Länge) der (Vorder- oder Rück-)Seitenoberfläche des Halbleitersubstrats **102** mehr als 100 Mal (oder mehr als 1000 Mal oder mehr als 10000 Mal) größer sein als eine Distanz zwischen der Vorderseitenoberfläche **105** des Halbleitersubstrats **102** und der gegenüberliegenden Rückseitenoberfläche des Halbleitersubstrats. Zum Beispiel kann eine laterale Abmessung (z. B. ein Durchmesser) der Hauptoberfläche des Halbleitersubstrats **102** mehr als 100 Mal (oder mehr als 1000 Mal oder mehr als 10000 Mal) größer sein als eine maximale Höhe von Strukturen auf der Haupt-(oder Vorder-) Oberfläche.

[0040] Das Halbleitersubstrat **102** kann eine maximale Dicke zwischen 10 µm und 1000 oder zwischen 40 und 700 µm (oder z. B. zwischen 50 µm und 350 µm oder z. B. zwischen 50 µm und 150 µm) zum Beispiel aufweisen. Die maximale Dicke des Halbleitersubstrats **102** kann eine größte Höhe des Halbleitersubstrats sein, die in einer Richtung zwischen der Vorderseitenoberfläche und Rückseitenoberfläche des Halbleitersubstrats gemessen wird.

[0041] Das Halbleitersubstrat **102** kann zum Beispiel ein Halbleitersubstratmaterial (z. B. einen Halbleitersubstratwafer) umfassen. Zum Beispiel kann das Halbleitersubstratmaterial ein auf Silizium basierendes Halbleitersubstratmaterial, ein auf Siliziumkarbid basierendes Halbleitersubstratmaterial, ein auf Galliumarsenid basierendes Halbleitersubstratmaterial oder ein auf Galliumnitrid basierendes Halbleitersubstratmaterial sein.

[0042] Das Halbleiterbauelement **100** kann ein Leistungshalbleiterbauelement sein. Anders ausgedrückt, ein Halbleiterbauelement gemäß dem beschriebenen Konzept oder einem oder mehreren, vor- oder nachstehend beschriebenen Ausführungsbeispielen, kann zum Beispiel eine Sperrspannung von mehr als 100 V (z. B. zwischen 100 V und 10000

V oder mehr als 200 V, mehr als 500 V oder mehr als 1000 V) aufweisen.

[0043] Die elektrische Bauelementanordnung des Halbleiterbauelements **100** kann eine vertikale elektrische Bauelementanordnung sein. Zum Beispiel kann die elektrische Bauelementanordnung des Halbleiterbauelements **100** eine (vertikale) Integrierte-pin-Schottky-(MPS)-Diodenanordnung (MPS = merged pin Schottky), eine (vertikale) SPEED-Dioden-Anordnung (Diodenanordnung mit selbstanpassender p-Emittereffizienz; SPEED = self-adjusting p-emitter efficiency diode), eine (vertikale) IDEE-Dioden-Anordnung (Diodenanordnung mit inverser Injektionsabhängigkeit von Emittereffizienz; IDEE= Inverse injection Dependency of Emitter Efficiency), ein (vertikaler) Thyristor, eine (vertikale) Metall-Oxid-Halbleiter-Feldeffekttransistor-Anordnung (MOSFET-Anordnung; MOSFET = metal oxide semiconductor field effect transistor) oder zum Beispiel eine (vertikale) Bipolartransistoranordnung mit isoliertem Gate (IGBT-Anordnung; IGBT = insulated gate bipolar transistor) sein. Eine vertikale elektrische Bauelementanordnung kann eine elektrische Bauelementanordnung sein, wenn ein Bulk- oder Drift-Strom von einer Vorderseitenoberfläche **105** des Halbleitersubstrats **102** zu einer Rückseitenoberfläche des Halbleitersubstrats **102** fließt, oder umgekehrt.

[0044] Die zumindest eine hoch dotierte Region **101** der elektrischen Bauelementanordnung kann zumindest ein Teil einer ersten Bauelementdotierungsregion der elektrischen Bauelementanordnung sein (oder bilden), die in dem Halbleitersubstrat **102** gebildet ist. Die erste Bauelementdotierungsregion kann zum Beispiel einen ersten Leitfähigkeitstyp aufweisen und kann eine oder mehrere dotierte Regionen des gleichen (ersten) Leitfähigkeitstyps umfassen. Zum Beispiel kann die erste Bauelementdotierungsregion eine (erste) Kathoden/Anoden-Region zum Beispiel einer Diodenanordnung (z. B. einer MPS-Diodenanordnung, einer SPEED-Diodenanordnung oder einer IDEE-Anordnung) sein. Alternativ kann die erste Bauelementdotierungsregion zum Beispiel eine (erste) Source/Drain-Region einer MOSFET-Anordnung oder eine Emitter-Region einer IGBT-Anordnung sein.

[0045] Bei einigen elektrischen Bauelementanordnungen (z. B. in einer MPS-Diodenanordnung oder einer IDEE-Diodenanordnung) kann die erste Bauelementdotierungsregion zum Beispiel die zumindest eine hoch dotierte Region umfassen (oder z. B. kann die erste Bauelementdotierungsregion zusätzlich zu den hoch dotierten Regionen keine anderen Dotierungsregionen umfassen).

[0046] Zusätzlich, alternativ oder optional kann bei einigen elektrischen Bauelementanordnungen (z. B. bei einer SPEED-Diodenanordnung) die erste Bau-

elementdotierungsregion der elektrischen Bauelementanordnung ferner eine geringer dotierte Region umfassen, die die zumindest eine hoch dotierte Region **101** (der ersten Bauelementdotierungsregion) an der Vorderseitenoberfläche **105** des Halbleitersubstrats **102** lateral umgibt. Zum Beispiel kann die geringer dotierte Region benachbart oder direkt benachbart zu den hoch dotierten Regionen **101** zum Beispiel in einer Richtung im Wesentlichen parallel zu der Vorderseitenoberfläche **105** des Halbleitersubstrats **102** gebildet sein. Zumindest ein Teil der geringer dotierten Region der ersten Bauelementdotierungsregion kann an der Vorderseitenoberfläche **105** des Halbleitersubstrats **102** angeordnet sein. Zum Beispiel kann sich die geringer dotierte Region der ersten Bauelementdotierungsregion lateral benachbart zu den hoch dotierten Regionen **101** der ersten Bauelementdotierungsregion an der Vorderseitenoberfläche **105** des Halbleitersubstrats **102** befinden oder angeordnet sein. Zusätzlich oder optional können zum Beispiel Abschnitte der geringer dotierten Region der ersten Bauelementdotierungsregionen zwischen den benachbarten hoch dotierten Regionen **101** angeordnet sein.

[0047] Die geringer dotierte Region der ersten Bauelementdotierungsregion kann zum Beispiel eine maximale vertikale Abmessung zwischen 2 μm und 20 μm (oder z. B. zwischen 5 μm und 10 μm) aufweisen. Die maximale vertikale Abmessung kann die größte Abmessung oder Größe der geringer dotierten Region sein, die zum Beispiel in einer Richtung im Wesentlichen senkrecht zu der Vorderseitenoberfläche **105** des Halbleitersubstrats **102** gemessen wird. Die maximale vertikale Abmessung der geringer dotierten Region kann zum Beispiel größer (z. B. zum Beispiel zumindest 30 % oder zumindest zwei Mal größer) sein als die maximale vertikale Abmessung der hoch dotierten Region **101**.

[0048] Zum Beispiel können die zumindest eine hoch dotierte Region **101** und die geringer dotierte Region der ersten Bauelementdotierungsregion den gleichen (z. B. den ersten) Leitfähigkeitstyp aufweisen. Die zumindest eine hoch dotierte Region **101** der ersten Bauelementdotierungsregion kann eine Dotierungskonzentration von mehr als 10 Mal oder mehr als 100 Mal größer als die geringer dotierte Region der ersten Bauelementdotierungsregion aufweisen. Zum Beispiel kann die geringer dotierte Region der ersten Bauelementdotierungsregion eine durchschnittliche Dotierungskonzentration von weniger als 1×10^{17} Dotierstoffatomen pro cm^3 (oder z. B. zwischen 1×10^{15} Dotierstoffatomen pro cm^3 und 1×10^{17} Dotierstoffatomen pro cm^3 oder z. B. etwa 1×10^{15} Dotierstoffatomen pro cm^3) aufweisen. Die durchschnittliche Dotierungskonzentration kann zum Beispiel eine gemessene Anzahl von Dotierstoffatomen pro Volumen sein, gemittelt über eine interessie-

rende Region der zumindest einen geringer dotierten Region.

[0049] Die elektrische Bauelementanordnung kann ferner eine zweite Bauelementdotierungsregion umfassen. Die zweite Bauelementdotierungsregion kann zum Beispiel eine (zweite) Kathoden/Anoden-Region einer Diodenanordnung (z. B. einer MPS-Diodenanordnung, einer SPEED-Diodenanordnung oder einer IDEE-Anordnung) sein. Für Diodenanordnungen kann die zweite Bauelementdotierungsregion einen zweiten Leitfähigkeitstyp aufweisen.

[0050] Zumindest ein Teil der zweiten Bauelementdotierungsregion kann zum Beispiel benachbart zwischen der ersten Bauelementdotierungsregion und einer Rückseitenoberfläche des Halbleitersubstrats **102** angeordnet sein. Zum Beispiel kann zumindest ein Teil der zweiten Bauelementdotierungsregion benachbart zu einer Rückseitenoberfläche des Halbleitersubstrats **102** angeordnet sein. Die zweite Bauelementdotierungsregion kann zumindest eine (erste) hoch dotierte Region mit dem zweiten Leitfähigkeitstyp umfassen, die an der Rückseitenoberfläche des Halbleitersubstrats **102** angeordnet ist. Die zumindest eine (erste) hoch dotierte Region der zweiten Bauelementdotierungsregion kann eine durchschnittliche Dotierungskonzentration von mehr als 1×10^{18} Dotierstoffatomen pro cm^3 (oder z. B. zwischen 1×10^{18} Dotierstoffatomen pro cm^3 und 4×10^{20} Dotierstoffatomen pro cm^3) aufweisen. Die durchschnittliche Dotierungskonzentration kann zum Beispiel eine gemessene Anzahl von Dotierstoffatomen pro Volumen sein, gemittelt über einen interessierenden Bereich der zumindest einen (ersten) hoch dotierten Region der zweiten Bauelementdotierungsregion.

[0051] Die zweite Bauelementdotierungsregion kann ferner einen geringer dotierten Abschnitt mit dem gleichen Leitfähigkeitstyp wie die (erste) hoch dotierte Region (z. B. den zweiten Leitfähigkeitstyp) aufweisen, der zum Beispiel die zumindest eine (erste) hoch dotierte Region der zweiten Bauelementdotierungsregion an der Rückseitenoberfläche des Halbleitersubstrats **102** lateral umgibt. Zum Beispiel kann die geringer dotierte Region der zweiten Bauelementdotierungsregion zum Beispiel benachbart oder direkt benachbart zu der zumindest einen (ersten) hoch dotierten Region der zweiten Bauelementdotierungsregion in einer Richtung im Wesentlichen parallel zu der Vorderseitenoberfläche **105** oder Rückseitenoberfläche des Halbleitersubstrats **102** gebildet sein. Zum Beispiel kann die geringer dotierte Region der zweiten Bauelementdotierungsregion lateral benachbart zu der zumindest einen (ersten) hoch dotierten Region der zweiten Bauelementdotierungsregion gebildet sein.

[0052] Die geringer dotierte Region der zweiten Bauelementdotierungsregion kann eine durchschnittliche

Dotierungskonzentration von weniger als 1×10^{17} Dotierstoffatomen pro cm^3 (oder z. B. zwischen 1×10^{16} Dotierstoffatomen pro cm^3 und 1×10^{17} Dotierstoffatomen pro cm^3) aufweisen. Die durchschnittliche Dotierungskonzentration kann zum Beispiel eine gemessene Anzahl von Dotierstoffatomen pro Volumen sein, gemittelt über eine interessierende Region der geringer dotierten Region der zweiten Bauelementdotierungsregion.

[0053] Die zweite Bauelementdotierungsregion kann ferner zumindest eine (zweite) hoch dotierte Region (z. B. eine Mehrzahl von zweiten hoch dotierten Regionen) umfassen, die sich an der Vorderseiten- (oder Rückseiten-) Oberfläche des Halbleitersubstrats befindet. Zum Beispiel kann sich jede (zweite) hoch dotierte Region der zweiten Bauelementdotierungsregion lateral benachbart zu der hoch dotierten Region **101** der ersten Bauelementdotierungsregion oder zwischen benachbarten hoch dotierten Regionen **101** der ersten Bauelementdotierungsregion befinden.

[0054] Die zumindest eine (zweite) hoch dotierte Region der zweiten Bauelementdotierungsregion kann eine durchschnittliche Dotierungskonzentration von mehr als 1×10^{18} Dotierstoffatomen pro cm^3 (oder z. B. zwischen 1×10^{18} Dotierstoffatomen pro cm^3 und 4×10^{20} Dotierstoffatomen pro cm^3) aufweisen. Die durchschnittliche Dotierungskonzentration kann zum Beispiel eine gemessene Anzahl von Dotierstoffatomen pro Volumen sein, gemittelt über eine interessierende Region der zumindest einen (zweiten) hoch dotierten Region der zweiten Bauelementdotierungsregion.

[0055] Das Halbleiterbauelement **100** kann ferner eine Rückseitenkontaktstruktur umfassen, die einen NTC-Abschnitt umfasst, der benachbart zu der zumindest einen (ersten) hoch dotierten Region der zweiten Bauelementdotierungsregion angeordnet ist. Der NTC-Abschnitt kann ein NTC-Material umfassen. Die in Verbindung mit dem NTC-Material des NTC-Abschnitts **104** der Kontaktstruktur **103** beschriebenen Merkmale können zum Beispiel ähnlich sein zu dem NTC-Material des NTC-Abschnitts der Rückseitenkontaktstruktur. Die Rückseitenkontaktstruktur kann ferner einen Schottky- oder ohmschen Kontaktabschnitt umfassen, der lateral benachbart zu dem NTC-Abschnitt der Rückseitenkontaktstruktur angeordnet ist. Zum Beispiel kann die Rückseitenkontaktstruktur einen Schottky-Kontaktabschnitt umfassen, der ein Schottky-Kontaktmaterial umfasst zum Bilden eines Schottky-Sperrkontakts mit einer Bauelementdotierungsregion an der Rückseitenoberfläche des Halbleitersubstrats **102**. Alternativ oder optional kann die Rückseitenkontaktstruktur zum Beispiel einen ohmschen Kontaktabschnitt umfassen, der ein ohmsches Material umfasst zum Bilden eines ohmschen Kontaktes mit einer Bauelementdotierungsre-

gion an der Rückseitenoberfläche des Halbleitersubstrats **102**. Der Schottky- oder ohmsche Kontaktabschnitt kann zum Beispiel auf einem Abschnitt einer Bauelementdotierungsregion gebildet sein, die lateral benachbart zu zumindest einer (ersten) hoch dotierten Region der zweiten Bauelementdotierungsregion oder zwischen benachbarten (ersten) hoch dotierten Regionen der zweiten Bauelementdotierungsregion ist. Zum Beispiel können die Abschnitte der Bauelementdotierungsregionen, auf denen der Schottky- oder ohmsche Kontaktabschnitt gebildet ist, den gleichen oder unterschiedlichen Leitfähigkeitstyp aufweisen wie die zumindest eine (erste) hoch dotierte Region der zweiten Bauelementdotierungsregion.

[0056] Alternativ oder optional kann die zweite Bauelementdotierungsregion zum Beispiel eine (zweite) Source/Drain-Region einer MOSFET-Anordnung oder eine Kollektor-Region einer IGBT-Anordnung sein. Für MOSFET- oder IGBT-Anordnungen kann die zweite Bauelementdotierungsregion zum Beispiel den ersten Leitfähigkeitstyp oder zweiten Leitfähigkeitstyp aufweisen.

[0057] Zum Beispiel kann die zweite Bauelementdotierungsregion (z. B. eine Kollektor-Region) eine oder mehrere hoch dotierte Regionen umfassen, die lateral an der Rückseitenoberfläche des Halbleitersubstrats **102** angeordnet sind. Die zweite Bauelementdotierungsregion kann ferner eine oder mehrere geringer dotierte Regionen oder Abschnitte mit dem gleichen Leitfähigkeitstyp wie die hoch dotierten Regionen der zweiten Bauelementdotierungsregion umfassen. Die eine oder die mehreren geringer dotierten Regionen oder Abschnitte können die eine oder die mehreren hoch dotierten Regionen der zweiten Bauelementdotierungsregion zum Beispiel lateral umgeben oder lateral benachbart zu denselben angeordnet sein.

[0058] Bei Leistungselektronikanwendungen kann das Halbleiterbauelement im Betrieb mit momentanen oder kurzfristigen Überströmen belastet sein. Solche überschüssigen Ströme oder Überströme können durch Ausfälle in Versorgungsnetzen auf der Eingangsseite eines Wandlers (z. B. Phasenkurzschlüsse) oder bei speziellen Bedingungen der Inverterlast ausgelöst werden. Der maximale Überstrom, den eine Komponente bewältigen kann, kann in Datenblättern begrenzt sein, und kann durch einen Stoßstrom I_{FSM} repräsentiert sein. Dieser Wert kann von dem Energieeingang des Überstroms abhängen, von Pulsdauer, Höhe des Spitzenstroms und Spannungsabfall der Komponente. Thyristoren und Dioden können für einen guten Überstrom (z. B. Stoßstrom) optimiert werden, bei dem die Vorwärtsspannungsstufe bei hohen Strömen auf niedrige Werte reguliert werden kann. Um die Stoßstromzuverlässigkeit von Dioden zu erhöhen, können strukturierte Anoden in SPEED- (Diode mit selbstanpassen-

der p-Emittereffizienz) Diodenanordnungen, MPS- (Integrierte-pin-Schottky-) Diodenanordnungen oder IDEE-Diodenanordnungen angewandt werden. Zum Beispiel können hoch dotierte Regionen (z. B. p+-Regionen oder n+-Regionen) auf der Anodenseite (oder Kathodenseite) angewandt werden und können verwendet oder aktiviert werden im Fall eines Stoßstroms. Zum Beispiel kann die Emittereffizienz mit dem Diodenstrom variieren. Bei normalen Strömen kann die Emittereffizienz klein sein, um geringe Verluste bei der Sperrverzögerung (reverse recovery) sicherzustellen. Der Strom wird daher zum Beispiel nicht über die hoch dotierten (p+-Regionen) geleitet (oder geführt).

[0059] Das an der Rückseitenoberfläche (oder Vorderseitenoberfläche) des Halbleitersubstrats angeordnete NTC-Material kann einen temperaturabhängigen Widerstand in die hoch dotierten Regionen (z. B. die schmalen hoch dotierten p+-dotierten Regionen) der Diodenstruktur (oder SPEED-Struktur) an der Waferrückseite (oder -vorderseite) einführen. Dies kann die Schaltverluste im Normalbetrieb gering halten und eine gute Löcherinjektion in den Regionen im Fall eines Kurzschließens ermöglichen. Sobald ein kritischer T_j -Wert (z. B. $T_{j,max}$) in einer Stoßstromsituation oder bei einem Kurzschließen überschritten ist, kann der Widerstand des NTC-Materials zum Beispiel deutlich abfallen.

[0060] Ein Anstieg der Stoßstromfähigkeit des Halbleiterbauelements **100** kann aufgrund einer Anoden- und/oder Kathodenstrukturierung erreicht werden. Ein NTC-Kontaktmaterial kann zum Beispiel auf der Anode und der Kathode angeordnet sein. Das NTC-Kontaktmaterial kann zum Beispiel in der Region der hoch dotierten p+- oder n+-Anoden- und Kathoden-Region angeordnet sein, und kann die Stoßstromfähigkeit erhöhen. Zum Beispiel kann der Stromfluss durch die (hoch dotierten) Regionen erhöht werden, wenn das NTC-Material bei (oder über) einer kritischen Temperatur hochleitfähig wird. Zum Beispiel kann der Stromfluss in der hoch dotierten Region (z. B. der p+-dotierten oder n+-dotierten) Region steigen und der Vorwärtsspannungsabfall kann für einen gegebenen Strom (oder Leistung) zum Beispiel weiter reduziert werden.

[0061] Die Stoßstromfähigkeit eines Leistungshalbleiters kann durch die Einführung der NTC-Materialien in den Bereich hoher Stromdichte verbessert werden, z. B. benachbart zu Regionen mit hoher Dotierung. Diese Regionen können eine gute elektrische Verbindung bei hohen Stromdichten und Temperaturen aufweisen und zum Beispiel zu einer Ladungsträgerinjektion beitragen. Bei geringen Temperaturen und moderaten Stromdichten werden zum Beispiel nur Regionen mit geringer Emittereffizienz verwendet, was zu einem guten Sperrverzögerungsverhalten und geringen Schaltverlusten führt.

[0062] Zusätzlich oder optional kann in der Randregion der Komponente ein kleiner Bereich mit dem Material mit einem Widerstand mit einem positiven Temperaturkoeffizienten (PTC) bereitgestellt sein, um die Randregion vor hohen Stromdichten bei hohen Temperaturen zu schützen.

[0063] **Fig. 2** zeigt eine schematische Darstellung einer Halbleiterdiode **200** gemäß einem Ausführungsbeispiel. Die Halbleiterdiode **200** umfasst eine erste Kathoden/Anoden-Region **206**, die an einer ersten Oberfläche **205** eines Halbleitersubstrats **102** angeordnet ist. Die erste Kathoden/Anoden-Region **206** umfasst eine hoch dotierte Region **101**.

[0064] Die Halbleiterdiode **200** umfasst ferner eine zweite Kathoden/Anoden-Region **207**, die an einer zweiten Oberfläche **208** des Halbleitersubstrats **102** angeordnet ist.

[0065] Die Halbleiterdiode **200** umfasst ferner eine Kontaktstruktur **103**, die einen NTC-Abschnitt **104** umfasst, der benachbart zu der zumindest einen hoch dotierten Region **101** der ersten Kathoden/Anoden-Region **206** an der ersten Oberfläche **205** des Halbleitersubstrats **102** angeordnet ist. Der NTC-Abschnitt **104** umfasst ein Material mit einem Widerstand mit einem negativen Temperaturkoeffizienten.

[0066] Aufgrund der Anordnung des NTC-Abschnitts **104**, der das NTC-Material umfasst, das benachbart zu der zumindest einen hoch dotierten Region **101** der ersten Kathoden/Anoden-Region **206** angeordnet ist, kann zum Beispiel die Stoßstromfähigkeit der Halbleiterdiode **200** verbessert werden. Zum Beispiel kann der Stromfluss in der zumindest einen hoch dotierten Region **101** erhöht werden, da das NTC-Material des NTC-Abschnitts **104** bei einer kritischen Temperatur hochleitfähig wird. Zum Beispiel kann ein Vorwärtsspannungsabfall der Halbleiterdiode **200** für einen gegebenen Strom (oder Leistung) reduziert werden, was zu einer verbesserten erhöhten Stoßstromfähigkeit in der Halbleiterdiode **200** führt.

[0067] Die Halbleiterdiode **200** kann zum Beispiel ähnlich sein zu dem in Verbindung mit **Fig. 1** beschriebenen Halbleiterbauelement **100**. Zum Beispiel kann die Halbleiterdiode **200** eine integrierte pin-Schottky-Diode (MS-Diode), eine Diode mit selbstanpassender p-Emittereffizienz (SPEED) oder eine Diode mit inverser Injektionsabhängigkeit von Emittereffizienz (IDEE) sein.

[0068] Die erste Kathoden/Anoden-Region **206** kann zum Beispiel ähnlich sein zu der in Verbindung mit **Fig. 1** beschriebenen ersten Bauelementdotierungsregion des Halbleiterbauelements. Die zweite Kathoden/Anoden-Region **207** kann zum Beispiel ähnlich sein zu der in Verbindung mit **Fig. 1** beschriebenen zweiten Bauelementdotierungsregion

des Halbleiterbauelements. Die erste Kathoden/Anoden-Region **206** der Halbleiterdiode **200** kann zum Beispiel direkt an der ersten Oberfläche **205** des Halbleitersubstrats **102** gebildet sein. Die zweite Kathoden/Anoden-Region **207** der Halbleiterdiode **200** kann an der zweiten Oberfläche **208** des Halbleitersubstrats **102** gebildet sein. Die zweite Kathoden/Anoden-Region **207** der Halbleiterdiode **200** kann zum Beispiel eine hoch dotierte Emitter-Region (z. B. eine n+-Region), die sich direkt an der zweiten Oberfläche **208** des Halbleitersubstrats **102** befindet, und eine Basiszone (oder Drift-Region) umfassen. Die Basiszone der zweiten Kathoden/Anoden-Region **207** kann sich zum Beispiel zwischen der ersten Kathoden/Anoden-Region **206** und der hoch dotierten Emitter-Region der zweiten Kathoden/Anoden-Region **207** befinden.

[0069] Zusätzlich oder optional kann sich zum Beispiel nicht mehr als ein p-n-Übergang in dem Halbleitersubstrat **102** zwischen der ersten Kathoden/Anoden-Region **206** und der zweiten Kathoden/Anoden-Region **207** befinden.

[0070] Die (erste) Oberfläche **205** des Halbleitersubstrats **102** kann zum Beispiel eine Vorderseitenoberfläche des Halbleitersubstrats **102** sein und die (zweite) gegenüberliegende Oberfläche **208** des Halbleitersubstrats **102** kann eine Rückseitenoberfläche des Halbleitersubstrats **102** sein. Alternativ kann die (erste) Oberfläche **205** des Halbleitersubstrats **102** zum Beispiel eine Rückseitenoberfläche des Halbleitersubstrats **102** sein und die (zweite) gegenüberliegende Oberfläche **208** des Halbleitersubstrats **102** kann eine Vorderseitenoberfläche des Halbleitersubstrats sein.

[0071] Weitere Einzelheiten und Aspekte sind in Verbindung mit den vor- oder nachstehend beschriebenen Ausführungsbeispielen erwähnt. Die in **Fig. 2** gezeigten Ausführungsbeispiele können ein oder mehrere optionale zusätzliche Merkmale aufweisen, die einem oder mehreren Aspekten entsprechen, die in Verbindung mit dem vorgeschlagenen Konzept oder einem oder mehreren vorstehend (z. B. **Fig. 1**) oder nachstehend (z. B. **Fig. 3** bis **Fig. 13**) beschriebenen Ausführungsbeispielen erwähnt sind.

[0072] **Fig. 3** zeigt eine schematische Darstellung eines Halbleiterbauelements **300** gemäß einem Ausführungsbeispiel.

[0073] Das Halbleiterbauelement **300** umfasst eine Bauelementdotierungsregion **306** einer elektrischen Bauelementanordnung, die in einem Halbleitersubstrat **102** gebildet ist. Die Bauelementdotierungsregion **306** umfasst eine hoch dotierte Region **101** und eine geringer dotierte Region **309** des gleichen Leitfähigkeitstyps. Die geringer dotierte Region **309** umgibt die hoch dotierte Region **101** lateral.

[0074] Das Halbleiterbauelement **300** umfasst ferner eine Kontaktstruktur **103**, die einen NTC-Abschnitt **104** umfasst, der benachbart zu der hoch dotierten Region **101** an einer Oberfläche **205** des Halbleitersubstrats **102** angeordnet ist. Der NTC-Abschnitt **104** umfasst ein Material mit einem Widerstand mit einem negativen Temperaturkoeffizienten.

[0075] Aufgrund der Anordnung des NTC-Abschnitts **104**, der das NTC-Material umfasst, benachbart zu der zumindest einen hoch dotierten Region **101**, kann zum Beispiel die Stoßstromfähigkeit des Halbleiterbauelements **300** verbessert werden. Zum Beispiel kann der Stromfluss in der zumindest einen hoch dotierten Region **101** erhöht werden, da das NTC-Material des NTC-Abschnitts **104** bei einer kritischen Temperatur hochleitfähig wird. Zum Beispiel kann ein Vorwärtsspannungsabfall des Halbleiterbauelements **300** für einen gegebenen Strom (oder Leistung) reduziert werden, was zum Beispiel zu einer erhöhten Stoßstromfähigkeit in dem Halbleiterbauelement **300** führt.

[0076] Das Halbleiterbauelement **300** kann zum Beispiel ähnlich sein zu dem in Verbindung mit **Fig. 1** beschriebenen Halbleiterbauelement **100** und zu der in Verbindung mit **Fig. 2** beschriebenen Halbleiterdiode **200**.

[0077] Die geringer dotierte Region **309** der Bauelementdotierungsregion **306** (z. B. eine erste Bauelementdotierungsregion) kann lateral benachbart zu der hoch dotierten Region **101** der Bauelementdotierungsregion **306** gebildet sein. Die geringer dotierte Region **309** der Bauelementdotierungsregion **306** kann zum Beispiel benachbart oder direkt benachbart zu der hoch dotierten Region **101** gebildet sein, in einer Richtung im Wesentlichen parallel zu der (ersten) Oberfläche **205** des Halbleitersubstrats **102**.

[0078] Die (erste) Bauelementdotierungsregion **306** kann zum Beispiel den ersten Leitfähigkeitstyp aufweisen. Zum Beispiel kann die geringer dotierte Region **309** der (ersten) Bauelementdotierungsregion **306** den gleichen Leitfähigkeitstyp aufweisen wie die hoch dotierte Region **101** der (ersten) Bauelementdotierungsregion **306**.

[0079] Die geringer dotierte Region **309** der (ersten) Bauelementdotierungsregion **306** kann eine durchschnittliche Dotierungskonzentration von weniger als 1×10^{17} Dotierstoffatomen pro cm^3 (oder z. B. zwischen 1×10^{16} Dotierstoffatomen pro cm^3 und 1×10^{17} Dotierstoffatomen pro cm^3) aufweisen.

[0080] Die zumindest eine hoch dotierte Region **101** der (ersten) Bauelementdotierungsregion **306** kann eine durchschnittliche Dotierungskonzentration von mehr als 1×10^{18} Dotierstoffatomen pro cm^3 (oder z.

B. zwischen 1×10^{18} Dotierstoffatomen pro cm^3 und einmal 10^{19} Dotierstoffatomen pro cm^3) aufweisen.

[0081] Das Halbleiterbauelement **300** kann ferner eine zweite Bauelementdotierungsregion mit einem zweiten Leitfähigkeitstyp umfassen. Zumindest ein Teil der zweiten Bauelementdotierungsregion kann zum Beispiel benachbart zwischen der (ersten) Bauelementdotierungsregion **306** und einer (zweiten) gegenüberliegenden Oberfläche des Halbleitersubstrats **102** angeordnet sein.

[0082] Die zweite Bauelementdotierungsregion kann zumindest eine (erste) hoch dotierte Region mit dem zweiten Leitfähigkeitstyp umfassen, die an der (zweiten) Oberfläche des Halbleitersubstrats **102** angeordnet ist. Die zumindest eine (erste) hoch dotierte Region der zweiten Bauelementdotierungsregion kann eine durchschnittliche Dotierungskonzentration von mehr als 1×10^{18} Dotierstoffatomen pro cm^3 (oder z. B. zwischen 1×10^{18} Dotierstoffatomen pro cm^3 und 4×10^{20} Dotierstoffatomen pro cm^3) aufweisen.

[0083] Die zweite Bauelementdotierungsregion kann ferner zum Beispiel einen geringer dotierten Abschnitt mit dem zweiten Leitfähigkeitstyp aufweisen, der die zumindest eine (erste) hoch dotierte Region der zweiten Bauelementdotierungsregion an der (zweiten) Oberfläche des Halbleitersubstrats **102** lateral umgibt.

[0084] Die geringer dotierte Region der zweiten Bauelementdotierungsregion kann eine durchschnittliche Dotierungskonzentration von weniger als 1×10^{17} Dotierstoffatomen pro cm^3 (oder z. B. zwischen 1×10^{16} Dotierstoffatomen pro cm^3 und 1×10^{17} Dotierstoffatomen pro cm^3) aufweisen.

[0085] Die (erste) Oberfläche **205** des Halbleitersubstrats **102** kann zum Beispiel eine Vorderseitenoberfläche des Halbleitersubstrats **102** sein und die (zweite) gegenüberliegende Oberfläche des Halbleitersubstrats **102** kann eine Rückseitenoberfläche des Halbleitersubstrats **102** sein. Alternativ kann die (erste) Oberfläche **205** des Halbleitersubstrats **102** eine Rückseitenoberfläche des Halbleitersubstrats **102** sein und die (zweite) gegenüberliegende Oberfläche des Halbleitersubstrats **102** kann eine Vorderseitenoberfläche des Halbleitersubstrats **102** sein.

[0086] Weitere Einzelheiten und Aspekte sind in Verbindung mit den vor- oder nachstehend beschriebenen Ausführungsbeispielen erwähnt. Die in **Fig. 3** gezeigten Ausführungsbeispiele können ein oder mehrere optionale zusätzliche Merkmale aufweisen, die einem oder mehreren Aspekten entsprechen, die in Verbindung mit dem vorgeschlagenen Konzept oder einem oder mehreren vorstehend (z. B. **Fig. 1** bis **Fig. 2**) oder nachstehend (z. B. **Fig. 4** bis **Fig. 14**) beschriebenen Ausführungsbeispielen erwähnt sind.

[0087] **Fig. 4** zeigt eine schematische Darstellung eines Halbleiterbauelements **400** gemäß einem Ausführungsbeispiel. **Fig. 4** zeigt das Halbleiterbauelement **400**, das in einem Niedrigstromdichten-Betriebsmodus (j_{low} -Betriebsmodus; low = niedrig) **410** und in einem Hochstromdichten-Betriebsmodus (j_{high} -Betriebsmodus; high = hoch) **420** betrieben wird.

[0088] Das Halbleiterbauelement **400** kann zum Beispiel ähnlich sein zu den in Verbindung mit **Fig. 1** und **Fig. 3** beschriebenen Halbleiterbauelementen **100**, **300** und zu der in Verbindung mit **Fig. 2** beschriebenen Halbleiterdiode **200**.

[0089] Das Halbleiterbauelement **400** kann zumindest eine hoch dotierte Region **101** mit dem ersten Leitfähigkeitstyp einer elektrischen Bauelementanordnung umfassen, die in einem Halbleitersubstrat **102** gebildet ist. Das Halbleiterbauelement **400** kann eine erste Bauelementdotierungsregion **306** mit dem ersten Leitfähigkeitstyp (z. B. p-Typ-dotiert) umfassen. Die erste Bauelementdotierungsregion **306** der elektrischen Bauelementanordnung kann die zumindest eine hoch dotierte Region **101** (z. B. eine oder eine Mehrzahl von hoch dotierten Regionen **101**) umfassen. Die zumindest eine hoch dotierte Region **101** (z. B. p+-Typ-dotierte Region) kann direkt an der ersten Seitenoberfläche **205** des Halbleitersubstrats **102** angeordnet sein.

[0090] Die zumindest eine hoch dotierte Region **101** kann eine durchschnittliche Dotierungskonzentration von mehr als 1×10^{18} Dotierstoffatomen pro cm^3 (oder z. B. zwischen 1×10^{18} Dotierstoffatomen pro cm^3 und einmal 10^{19} Dotierstoffatomen pro cm^3) aufweisen.

[0091] Die erste Bauelementdotierungsregion **306** der elektrischen Bauelementanordnung kann ferner die geringer dotierte Region **309** mit dem ersten Leitfähigkeitstyp (z. B. p-typ-dotierte Region) umfassen. Die geringer dotierte Region der ersten Bauelementdotierungsregion kann eine durchschnittliche Dotierungskonzentration von weniger als 1×10^{17} Dotierstoffatomen pro cm^3 (oder z. B. zwischen 1×10^{16} Dotierstoffatomen pro cm^3 und 1×10^{17} Dotierstoffatomen pro cm^3) aufweisen.

[0092] Die geringer dotierte Region **309** (z. B. p-Typ-dotierte Region) kann die zumindest eine hoch dotierte Region **101** der ersten Bauelementdotierungsregion **306** an der ersten Seitenoberfläche **205** des Halbleitersubstrats **102** lateral umgeben. Zum Beispiel kann zumindest ein Teil der geringer dotierten Region **309** lateral benachbart zu der zumindest einen hoch dotierten Region **101** an der ersten Seitenoberfläche **205** des Halbleitersubstrats **102** angeordnet sein. Zum Beispiel können Abschnitte der geringer dotierten Region **309** lateral zwischen benachbarten hoch dotierten Regionen **101** gebildet sein. Zum

Beispiel kann sich zumindest ein Teil der geringer dotierten Region der ersten Bauelementdotierungsregion an der ersten Seitenoberfläche **205** des Halbleitersubstrats **102** befinden oder an derselben angeordnet sein.

[0093] Die elektrische Bauelementanordnung kann ferner eine zweite Bauelementdotierungsregion **307** mit einem zweiten Leitfähigkeitstyp (z. B. n-Typ-dotiert) umfassen. Zumindest ein Teil der zweiten Bauelementdotierungsregion **307** kann zum Beispiel benachbart (z. B. direkt benachbart) zwischen der ersten Bauelementdotierungsregion **306** und einer zweiten Seitenoberfläche **208** des Halbleitersubstrats **102** angeordnet sein.

[0094] Das Halbleiterbauelement **400** kann ferner die Kontaktstruktur **103** umfassen. Die Kontaktstruktur **103** kann zumindest einen NTC-Abschnitt **104** (z. B. einen oder mehrere NTC-Abschnitte **104**) umfassen oder aufweisen. Jeder NTC-Abschnitt **104** kann ein Material mit einem Widerstand mit einem negativen Temperaturkoeffizienten umfassen. Jeder NTC-Abschnitt **104** der Kontaktstruktur **103** kann benachbart zu einer hoch dotierten Region **101** (oder jeglichen weiteren Dotierungsregionen über der hoch dotierten Region **101**) an der ersten Seitenoberfläche **205** des Halbleitersubstrats **102** angeordnet sein (oder dieselbe bedecken).

[0095] Die Kontaktstruktur **103** kann ferner zumindest einen Schottky- oder ohmschen oder PTC-Kontaktabschnitt **411** (z.B. einen oder mehrere Schottky- oder ohmsche oder PTC-Kontaktabschnitte **411**) umfassen, die lateral benachbart zu den NTC-Abschnitten der Kontaktstruktur **103** angeordnet sind. Zum Beispiel kann der Schottky-Kontaktabschnitt **411** Schottky-Kontaktmaterial zum Bilden eines Schottky-Sperrkontakts mit der geringer dotierten Region **309** der ersten Bauelementdotierungsregion **306** an der ersten Seitenoberfläche **205** des Halbleitersubstrats **102** umfassen. Alternativ kann der ohmsche Kontaktabschnitt **411** ohmsches Material umfassen zum Bilden eines ohmschen Kontakts mit der geringer dotierten Region **309** der ersten Bauelementdotierungsregion **306** an der ersten Seitenoberfläche **205** des Halbleitersubstrats **102**. Alternativ kann der PTC-Kontaktabschnitt **411** ein PTC-Material umfassen. Die Schottky- oder ohmschen Kontaktabschnitte **411** können zum Beispiel benachbart zu den Abschnitten der geringer dotierten Region **309** der ersten Bauelementdotierungsregion **306** an der ersten Seitenoberfläche **205** des Halbleitersubstrats angeordnet sein.

[0096] Das Halbleiterbauelement **400** kann die zweite Bauelementdotierungsregion **307** mit dem zweiten Leitfähigkeitstyp (z. B. n-Typ-dotiert) umfassen. Die zweite Bauelementdotierungsregion **307** kann eine hoch dotierte Region **412** (z. B. n+-dotierte Regi-

on) mit dem zweiten Leitfähigkeitstyp aufweisen, die an der Rückseitenoberfläche des Halbleitersubstrats **102** angeordnet ist. Die hoch dotierte Region **412** der zweiten Bauelementdotierungsregion **307** kann eine durchschnittliche Dotierungskonzentration von mehr als 1×10^{18} Dotierstoffatomen pro cm^3 (oder z. B. zwischen 1×10^{18} Dotierstoffatomen pro cm^3 und 4×10^{20} Dotierstoffatomen pro cm^3) umfassen.

[0097] Die zweite Bauelementdotierungsregion **307** kann zum Beispiel eine Drift-Region **413** umfassen, die benachbart (z. B. direkt benachbart) zu der ersten Bauelementdotierungsregion **306** oder benachbart (z. B. direkt benachbart) zu der geringer dotierten Region **309** der ersten Bauelementdotierungsregion **306** angeordnet ist. Die Drift-Region **413** der zweiten Bauelementdotierungsregion **307** kann eine leicht dotierte Region des zweiten Leitfähigkeitstyps (z. B. eine n-dotierte Region) sein. Die Drift-Region **413** der zweiten Bauelementdotierungsregion **307** kann eine durchschnittliche Dotierungskonzentration von weniger als 1×10^{16} Dotierstoffatomen pro cm^3 (oder z. B. zwischen 1×10^{13} Dotierstoffatomen pro cm^3 und 1×10^{16} Dotierstoffatomen pro cm^3 oder zwischen $2 \times 10^{13} \text{ cm}^3$ und $5 \times 10^{14} \text{ cm}^3$) aufweisen.

[0098] Die zweite Bauelementdotierungsregion **307** kann eine optionale Feldstoppreion **414** umfassen, die zwischen der Drift-Region **413** der zweiten Bauelementdotierungsregion **307** und der hoch dotierten Region **412** der zweiten Bauelementdotierungsregion **307** angeordnet ist. Zum Beispiel kann die Feldstoppreion **414** der zweiten Bauelementdotierungsregion **307** direkt benachbart zu der Drift-Region **413** der zweiten Bauelementdotierungsregion **307** und der hoch dotierten Region **412** der zweiten Bauelementdotierungsregion **307** angeordnet sein. Die Feldstoppreion **414** kann den zweiten Leitfähigkeitstyp (z. B. eine n-dotierte Region) aufweisen. Die Feldstoppreion **414** der zweiten Bauelementdotierungsregion **307** kann zum Beispiel eine durchschnittliche Dotierungskonzentration von weniger als 1×10^{17} Dotierstoffatomen pro cm^3 (oder z. B. zwischen 1×10^{15} Dotierstoffatomen pro cm^3 und 1×10^{17} Dotierstoffatomen pro cm^3) aufweisen.

[0099] Das Halbleiterbauelement **400** kann ferner eine weitere (oder Rückseiten-) Kontaktstruktur **415** umfassen, die zum Beispiel auf der zweiten Seitenoberfläche **208** des Halbleitersubstrats **102** angeordnet ist. Die weitere Kontaktstruktur **415** kann zum Beispiel eine Rückseitenmetallisierungsstruktur sein. Die Rückseitenmetallisierungsstruktur kann eine einzelne durchgängige Metallisierungsstruktur sein, die auf (z. B. direkt auf) der zweiten Seitenoberfläche **208** angeordnet ist. Die Rückseitenmetallisierungsstruktur kann zum Beispiel die gesamte Rückseitenoberfläche des Halbleitersubstrats oder mehr als 80 % der Rückseitenoberfläche des Halbleitersubstrats abdecken.

[0100] Die elektrische Bauelementanordnung des Halbleiterbauelements **400** kann zum Beispiel eine Diodenanordnung (z. B. eine SPEED-Diodenanordnung) sein. Zum Beispiel kann die erste Bauelementdotierungsregion **306** eine (erste) Kathoden/Anoden-Region der Diodenanordnung sein und die zweite Bauelementdotierungsregion kann eine (zweite) Kathoden/Anoden-Region der Diodenanordnung sein.

[0101] Die Stoßstromfähigkeit in dem Halbleiterbauelement **400** kann aufgrund eines Strukturierens der Anoden- oder Kathoden-Region erhöht werden. Zum Beispiel kann der NTC-Abschnitt **104**, der benachbart zu oder auf den hoch dotierten Regionen **101** der ersten Bauelementdotierungsregion **306** angeordnet ist, die Stoßstromfähigkeit erhöhen. Zum Beispiel kann bei geringer Stromdichte **410** (z. B. normalen Strömen oder z. B. nicht mehr als zweimal der Nennstrom I_{nom}) die Emittiereffizienz gering sein, um geringe Verluste bei der Sperrverzögerung sicherzustellen, die Robustheit zu verbessern und Schaltverluste der Diodenbauelementanordnung zu reduzieren. Der Strom wird daher nicht über die hoch dotierten Regionen **101** (z. B. die p+-Regionen) der ersten Bauelementdotierungsregion **306** geleitet (oder geführt). Bei einer hohen Stromdichte **420** kann eine kritische Temperatur (z. B. von zumindest 170 °C oder z. B. zwischen 170 °C und 250 °C) erreicht werden. Das NTC-Material des NTC-Abschnitts **104** der Kontaktstruktur **103** kann bei der kritischen Temperatur hochleitfähig werden, und der Stromfluss durch oder in den hoch dotierten Regionen **101** der ersten Bauelementdotierungsregion **306** kann erhöht werden. Die Emittiereffizienz der hoch dotierten Regionen **101** kann bei hoher Stromdichte **420** erhöht werden. Zum Beispiel können mehr Löcher z. B. an der Anodenseite injiziert werden. Der Stromfluss in den hoch dotierten Regionen **101** kann erhöht werden und der Vorwärtsspannungsabfall kann zum Beispiel für einen gegebenen Strom (oder Leistung) reduziert werden.

[0102] Weitere Einzelheiten und Aspekte sind in Verbindung mit den vor- oder nachstehend beschriebenen Ausführungsbeispielen erwähnt. Die in **Fig. 4** gezeigten Ausführungsbeispiele können ein oder mehrere optionale zusätzliche Merkmale aufweisen, die einem oder mehreren Aspekten entsprechen, die in Verbindung mit dem vorgeschlagenen Konzept oder einem oder mehreren vorstehend (z. B. **Fig. 1** bis **Fig. 3**) oder nachstehend (z. B. **Fig. 5** bis **Fig. 14**) beschriebenen Ausführungsbeispielen erwähnt sind.

[0103] **Fig. 5** zeigt eine schematische Darstellung eines Halbleiterbauelements **500** gemäß einem Ausführungsbeispiel.

[0104] Das Halbleiterbauelement **500** kann zum Beispiel ähnlich sein zu dem in Verbindung mit **Fig. 4** beschriebenen Halbleiterbauelement **400**. Zum Beispiel

kann das Halbleiterbauelement **500** einen oder mehrere NTC-Abschnitte **104** umfassen, die ein NTC-Material umfassen, das über den hoch dotierten Regionen (z. B. den p+-dotierten Regionen) einer SPEED-Diodenstrukturordnung für eine erhöhte Stoßstromfähigkeit angeordnet ist.

[0105] Das Halbleiterbauelement **500** kann die Kontaktstruktur **103** umfassen, die den NTC-Abschnitt **104** umfasst, der benachbart zu der zumindest einen hoch dotierten Region **101** an der ersten Seitenoberfläche **205** des Halbleitersubstrats **102** angeordnet ist. Der NTC-Abschnitt umfasst ein Material mit einem Widerstand mit einem negativen Temperaturkoeffizienten.

[0106] Die Kontaktstruktur **103** kann einen oder mehrere ohmsche Kontaktabschnitte **411** umfassen, die lateral benachbart zu den NTC-Abschnitten **104** der Kontaktstruktur **103** angeordnet sind. Zum Beispiel können die ohmschen Kontaktabschnitte **411** zwischen benachbarten NTC-Abschnitten **104** der Kontaktstruktur **103** angeordnet sein. Der eine oder die mehreren ohmschen Kontaktabschnitte **411** können zum Beispiel ohmsches Material zum Bilden eines ohmschen Kontakts mit der geringer dotierten Region **309** der ersten Bauelementdotierungsregion **306** (z. B. einer ersten Kathoden/Anoden-Region oder z. B. eine Anode) an der ersten Seitenoberfläche **205** des Halbleitersubstrats **102** umfassen.

[0107] Es versteht sich, dass die NTC-Abschnitte **104** zumindest teilweise auf einem Abschnitt der geringer dotierten Regionen **309** z. B. aufgrund von Ausrichtungsfehlern oder Ungenauigkeiten gebildet sein können.

[0108] Das Halbleiterbauelement **500** kann ferner zum Beispiel die zweite Bauelementdotierungsregion **307** umfassen, die die Drift-Region **413** umfassen kann, die benachbart (z. B. direkt benachbart) zu der ersten Bauelementdotierungsregion **306** oder benachbart zu der geringer dotierten Region **309** der ersten Bauelementdotierungsregion **306** angeordnet ist.

[0109] Weitere Einzelheiten und Aspekte sind in Verbindung mit den vor- oder nachstehend beschriebenen Ausführungsbeispielen erwähnt. Die in **Fig. 5** gezeigten Ausführungsbeispiele können ein oder mehrere optionale zusätzliche Merkmale aufweisen, die einem oder mehreren Aspekten entsprechen, die in Verbindung mit dem vorgeschlagenen Konzept oder einem oder mehreren vorstehend (z. B. **Fig. 1** bis **Fig. 4**) oder nachstehend (z. B. **Fig. 6** bis **Fig. 14**) beschriebenen Ausführungsbeispielen erwähnt sind.

[0110] **Fig. 6** zeigt eine schematische Darstellung eines Halbleiterbauelements **600** gemäß einem Ausführungsbeispiel.

[0111] Das Halbleiterbauelement **600** kann die Kontaktstruktur **103** umfassen, die den NTC-Abschnitt **104** umfasst, der ein Material mit einem Widerstand mit einem negativen Temperaturkoeffizienten umfasst, der benachbart zu der zumindest einen hoch dotierten Region **101** an der ersten Seitenoberfläche **205** des Halbleitersubstrats **102** angeordnet ist.

[0112] Das Halbleiterbauelement **600** kann zum Beispiel ähnlich sein zu dem in Verbindung mit **Fig. 5** beschriebenen Halbleiterbauelement **500**, ausgenommen, dass die Kontaktstruktur **103** einen oder mehrere Schottky-Kontaktabschnitte **411** anstelle des einen oder der mehreren ohmschen Kontaktabschnitte umfasst. Zum Beispiel kann das NTC-Material mit einem anderen Halbleitersubstrat kombiniert sein (oder in Kombination mit demselben verwendet werden). Zum Beispiel kann der ohmsche Kontakt einer SPEED-Struktur durch ein Schottky-Kontaktmaterial ersetzt werden.

[0113] Der eine oder die mehreren Schottky-Kontaktabschnitte **411** können lateral benachbart zu den NTC-Abschnitten **104** der Kontaktstruktur **103** angeordnet sein. Zum Beispiel können die Schottky-Kontaktabschnitte **411** zwischen benachbarten NTC-Abschnitten **104** der Kontaktstruktur **103** angeordnet sein. Der eine oder die mehreren Schottky-Kontaktabschnitte **411** können Schottky-Kontaktmaterial zum Bilden einer Schottky-Sperrschicht mit der geringer dotierten Region **309** der ersten Bauelement-dotierungsregion **306** (z. B. einer ersten Kathoden/Anoden-Region oder z. B. einer Anode) an der ersten Seitenoberfläche **205** des Halbleitersubstrats **102** umfassen.

[0114] Weitere Einzelheiten und Aspekte sind in Verbindung mit den vor- oder nachstehend beschriebenen Ausführungsbeispielen erwähnt. Die in **Fig. 6** gezeigten Ausführungsbeispiele können ein oder mehrere optionale zusätzliche Merkmale aufweisen, die einem oder mehreren Aspekten entsprechen, die in Verbindung mit dem vorgeschlagenen Konzept oder einem oder mehreren vorstehend (z. B. **Fig. 1** bis **Fig. 5**) oder nachstehend (z. B. **Fig. 7** bis **Fig. 14**) beschriebenen Ausführungsbeispielen erwähnt sind.

[0115] **Fig. 7** zeigt eine schematische Darstellung eines Halbleiterbauelements **700** gemäß einem Ausführungsbeispiel.

[0116] Das Halbleiterbauelement **700** kann ähnlich sein zu dem in Verbindung mit **Fig. 5** beschriebenen Halbleiterbauelement **500**. Zusätzlich oder optional kann das Halbleiterbauelement **700** ein Halbleiter- (NTC-) Material mit geringem Bandabstand (z. B. Ge) umfassen, das in einer Metallisierungsstruktur eingebettet ist. Das Halbleiter-(NTC-) Material kann auf den hoch dotierten Regionen (z. B. den p+-Regionen) einer SPEED-Diodenstrukturordnung an-

geordnet sein, um die Stoßstromfähigkeit zu verbessern oder zu erhöhen.

[0117] Die Kontaktstruktur **103** kann einen oder mehrere Schottky- oder ohmsche Kontaktabschnitte **411** umfassen, die lateral benachbart zu den NTC-Abschnitten **104** der Kontaktstruktur **103** angeordnet sind. Zumindest ein Teil des Schottky oder ohmschen Kontaktabschnitts **411** des Kontaktabschnitts **103** kann zwischen benachbarten NTC-Abschnitten **104** der Kontaktstruktur **103** angeordnet sein. Ein weiterer Teil des Schottky- oder ohmschen Kontaktabschnitts **411** kann zum Beispiel vertikal auf (z. B. direkt auf) den NTC-Abschnitten **104** der Kontaktstruktur **103** angeordnet sein. Zum Beispiel können die NTC-Abschnitte **104** der Kontaktstruktur in dem Schottky- oder ohmschen Kontaktabschnitt **411** der Kontaktstruktur **103** eingebettet sein. Zum Beispiel kann der Schottky- oder ohmsche Kontaktabschnitt **411** eine durchgängige elektrisch leitfähige (z.B. metallische) Struktur sein.

[0118] Die Einführung der Metallisierungsschichten (z. B. des Schottky- oder ohmschen Kontaktabschnitts **411**) kann durch Verdampfung oder Sputtern und eine Strukturierungstechnik durchgeführt werden. Die auf den gering dotierten Regionen gebildete Metallisierung kann zum Beispiel auch über der NTC-Metallisierung (z. B. der Schottky-Kontakt-Metallisierung) gebildet sein.

[0119] Der Schottky- oder ohmsche Kontaktabschnitt **411** kann ein ohmscher Kontaktabschnitt sein, der zum Beispiel ohmsches Material (z. B. eine oder mehrere Metallschichten) zum Bilden eines ohmschen Kontakts mit der geringer dotierten Region **309** der ersten Bauelementdotierungsregion **306** (z. B. einer ersten Kathoden/Anoden-Region oder z. B. einer Anode) an der ersten Seitenoberfläche **205** des Halbleitersubstrats **102** umfassen kann.

[0120] Optional oder alternativ können die Metallisierungen (oder Materialien) zum Beispiel ein Schottky-Material umfassen, sodass in der Region der hoch dotierten Regionen **101** ein Schottky-Kontakt gebildet werden kann, sodass die Temperaturabhängigkeit der Umverteilung des Stromflusses bei hohen Stromdichten garantiert oder aufrechterhalten werden kann.

[0121] Das NTC-Material des NTC-Abschnitts **104** kann ein Halbleitermaterial sein (oder dasselbe umfassen), das eine Bandabstandsenergie von weniger als einer Bandabstandsenergie von Silizium aufweist. Zum Beispiel kann das NTC-Material des NTC-Abschnitts **104** Germanium (Ge) umfassen oder sein, das einen Bandabstand von 0,66 eV bei 300 K aufweisen kann. Das Halbleitermaterial mit geringem Bandabstand kann zum Beispiel in Thermistoren verwendet werden. Die intrinsische Leitfähigkeit des je-

weiligen Materials bei hoher Temperatur kann zum Beispiel verwendet werden.

[0122] Zusätzlich, optional oder alternativ kann das NTC-Material des NTC-Abschnitts **104** Metall-Oxid umfassen, das als ein NTC-Material verwendet werden kann. Optional kann das NTC-Material des NTC-Abschnitts **104** eine Mischung aus Metalloxiden und Germanium umfassen. Zum Beispiel kann das NTC-Material des NTC-Abschnitts **104** Magnesiumoxid (MgO), Titanoxid (TiO), Magnesiumnickeloxid (Mg-NiO) oder Cobalt (Co) oder Mischungen dieser Materialien umfassen. Zum Beispiel kann das NTC-Material des NTC-Abschnitts **104** eine Mischung aus MgO und TiO und optional oder zusätzlich Co umfassen. Alternativ kann das NTC-Material des NTC-Abschnitts **104** Mg-NiO und optional oder zusätzlich Co umfassen.

[0123] Weitere Einzelheiten und Aspekte sind in Verbindung mit den vor- oder nachstehend beschriebenen Ausführungsbeispielen erwähnt. Die in **Fig. 7** gezeigten Ausführungsbeispiele können ein oder mehrere optionale zusätzliche Merkmale aufweisen, die einem oder mehreren Aspekten entsprechen, die in Verbindung mit dem vorgeschlagenen Konzept oder einem oder mehreren vorstehend (z. B. **Fig. 1** bis **Fig. 6**) oder nachstehend (z. B. 8 bis 14) beschriebenen Ausführungsbeispielen erwähnt sind.

[0124] **Fig. 8** zeigt eine schematische Darstellung eines Halbleiterbauelements **800** gemäß einem Ausführungsbeispiel.

[0125] Das Halbleiterbauelement **800** kann zumindest eine hoch dotierte Region **101** (z. B. eine oder mehrere hoch dotierte Regionen **101**) einer elektrischen Bauelementanordnung umfassen, die in einem Halbleitersubstrat **102** gebildet ist. Die hoch dotierten Regionen **101** mit dem ersten Leitfähigkeitstyp (z. B. p+-dotierte Regionen) können zum Beispiel Teil einer ersten Bauelementdotierungsregion **306** der elektrischen Bauelementanordnung sein. Die elektrische Bauelementanordnung des Halbleiterbauelements **800** kann zum Beispiel eine Diodenanordnung sein (z. B. eine MPS-Diodenanordnung). Die erste Bauelementdotierungsregion **306** (z. B. die hoch dotierten Regionen **101**) kann zum Beispiel eine erste Kathoden/Anoden-Region der Diodenanordnung sein.

[0126] Das Halbleiterbauelement **800** kann ferner die zweite Bauelementdotierungsregion **307** mit dem zweiten Leitfähigkeitstyp (z. B. n-Typ-dotiert) umfassen. Die zweite Bauelementdotierungsregion **307** kann zum Beispiel die Drift-Region **413** umfassen, die benachbart (z. B. direkt benachbart) zu der ersten Bauelementdotierungsregion **306** angeordnet ist. Die Drift-Region **413** der zweiten Bauelementdotierungsregion **307** kann eine leicht dotierte Region des

zweiten Leitfähigkeitstyps (z. B. eine n-dotierte Region) sein. Zumindest ein Teil der Drift-Region **413** der zweiten Bauelementdotierungsregion **307** kann zum Beispiel an der ersten Seitenoberfläche **205** des Halbleitersubstrats **102** zwischen benachbarten hoch dotierten Regionen **101** der ersten Bauelementdotierungsregion **306** angeordnet sein.

[0127] Die Kontaktstruktur **103** kann ferner zumindest einen Schottky- oder ohmschen Kontaktabschnitt **411** (z. B. einen oder mehrere Schottky- oder ohmsche Kontaktabschnitte **411**) umfassen, die lateral benachbart zu den NTC-Abschnitten der Kontaktstruktur **103** angeordnet sind. Der Schottky- oder ohmsche Kontaktabschnitt **411** kann zum Beispiel direkt benachbart zu oder auf den Drift-Regionen **413** der zweiten Bauelementdotierungsregion **307** an der ersten Seitenoberfläche **205** des Halbleitersubstrats **102** angeordnet sein. Zusätzlich oder optional kann sich eine weitere dotierte Region (z. B. n-dotierte Regionen) zwischen den ohmschen Kontaktabschnitten und den Drift-Regionen **413** der zweiten Bauelementdotierungsregion **307** zum Beispiel befinden.

[0128] Das Halbleiterbauelement **800** kann eine MPS-Struktur mit NTC-Materialien in der Nähe von oder benachbart zu den hoch dotierten Regionen **101** (z. B. den p+-Regionen) umfassen. Das Halbleitersubstrat **102** kann ein auf Siliziumcarbid basierendes Substrat umfassen und das Halbleiterbauelement **800** kann zum Beispiel eine auf SiC basierende Diodenanordnung umfassen. Bei geringer Stromdichte kann ein Strom, der durch die hoch dotierten Regionen **101** fließt, geringer sein, da es erforderlich ist, dass die Ladungsträger eine größere Barriere an dem p+-n-Übergang kreuzen. Bei geringer Stromdichte fließt der Strom durch die n-Kanäle (z. B. die Schottky-Bereiche), die zum Beispiel durch die Drift-Regionen **413** (z. B. durch die n-Regionen) definiert sind. Bei hohen Strömen kann die Struktur bipolar sein und der Hauptteil des Stroms kann durch oder über die hoch dotierten Regionen **101** (z. B. die p+-Regionen) geführt werden. In diesen hoch dotierten Regionen können während Stoßströmen hohe Temperaturen erwartet werden und ein Verwenden von NTC-Materialien in den NTC-Abschnitten **104** als Teil der Metallisierungskontaktstruktur **103** kann zum Beispiel die Stoßstromfähigkeit verbessern. Mit SiC-Dioden kann zum Beispiel eine MPS-Diodenstrukturanordnung verwendet werden, um die Stoßstromfähigkeit zu erhöhen.

[0129] Weitere Einzelheiten und Aspekte sind in Verbindung mit den vor- oder nachstehend beschriebenen Ausführungsbeispielen erwähnt. Die in **Fig. 8** gezeigten Ausführungsbeispiele können ein oder mehrere optionale zusätzliche Merkmale aufweisen, die einem oder mehreren Aspekten entsprechen, die in Verbindung mit dem vorgeschlagenen Konzept oder einem oder mehreren vorstehend (z. B. **Fig. 1** bis

Fig. 7) oder nachstehend (z. B. **Fig. 9** bis **Fig. 14**) beschriebenen Ausführungsbeispielen erwähnt sind.

[0130] **Fig. 9** zeigt eine schematische Darstellung eines Halbleiterbauelements **900** gemäß einem Ausführungsbeispiel.

[0131] Das Halbleiterbauelement **900** kann zumindest eine hoch dotierte Region **101** (z. B. eine oder mehrere hoch dotierte Regionen **101**) einer elektrischen Bauelementanordnung umfassen, die in einem Halbleitersubstrat **102** gebildet ist. Die hoch dotierten Regionen **101** mit dem ersten Leitfähigkeitstyp (z. B. p+-dotierte Regionen) können zum Beispiel Teil einer ersten Bauelementdotierungsregion **306** der elektrischen Bauelementanordnung sein. Zum Beispiel kann die elektrische Bauelementanordnung des Halbleiterbauelements **900** eine Diodenanordnung (z. B. eine IDEE-Diodenanordnung) sein. Die erste Bauelementdotierungsregion **306** (z. B. die hoch dotierten Regionen **101**) kann zum Beispiel eine erste Kathoden/Anoden-Region der Diodenanordnung sein.

[0132] Das Halbleiterbauelement **900** kann ferner die zweite Bauelementdotierungsregion **307** mit dem zweiten Leitfähigkeitstyp (z. B. n-Typ-dotiert) umfassen. Die zweite Bauelementdotierungsregion **307** kann zum Beispiel die Drift-Region **413** umfassen, die benachbart (z. B. direkt benachbart) zu der ersten Bauelementdotierungsregion **306** angeordnet ist. Die Drift-Region **413** der zweiten Bauelementdotierungsregion **307** kann eine geringer dotierte Region des zweiten Leitfähigkeitstyps sein (z. B. eine n-dotierte Region). Zumindest ein Teil der Drift-Region **413** der zweiten Bauelementdotierungsregion **307** kann zum Beispiel zwischen benachbarten hoch dotierten Regionen **101** der ersten Bauelementdotierungsregion **306** angeordnet sein.

[0133] Die zweite Bauelementdotierungsregion **307** kann ferner zumindest eine (zweite) hoch dotierte Region **916** (z. B. eine Mehrzahl von zweiten hoch dotierten Regionen **916**) umfassen, die sich an der ersten Seitenoberfläche **205** des Halbleitersubstrats **102** befindet. Jede (zweite) hoch dotierte Region **916** (z. B. n+-dotierte Region) der zweiten Bauelementdotierungsregion **307** kann sich zum Beispiel lateral benachbart zu den hoch dotierten Regionen **101** oder zwischen benachbarten hoch dotierten Regionen **101** an der ersten Seitenoberfläche **205** des Halbleitersubstrats **102** befinden.

[0134] Die zumindest eine (zweite) hoch dotierte Region **916** der zweiten Bauelementdotierungsregion **307** kann eine durchschnittliche Dotierungskonzentration von zum Beispiel mehr als 1×10^{18} Dotierstoffatomen pro cm^3 (oder z. B. zwischen 1×10^{18} Dotierstoffatomen pro cm^3 und 4×10^{20} Dotierstoffatomen pro cm^3) aufweisen.

[0135] Die Kontaktstruktur **103** kann ferner zumindest einen Schottky- oder ohmschen Kontaktabschnitt **411** (z. B. einen oder mehrere Schottky- oder ohmsche Kontaktabschnitte **411**) umfassen, die lateral benachbart zu den NTC-Abschnitten der Kontaktstruktur **103** angeordnet sind. Die Schottky- oder ohmschen Kontaktabschnitte **411** können zum Beispiel direkt benachbart zu oder auf den (zweiten) hoch dotierten Regionen **916** (z. B. n+-Regionen) der zweiten Bauelementdotierungsregion **307** an der ersten Seitenoberfläche **205** des Halbleitersubstrats **102** gebildet sein.

[0136] Das Halbleiterbauelement **900** kann eine IDEE-Diodenstrukturordnung mit NTC-Materialien in der Nähe von oder benachbart zu den hoch dotierten Regionen **101** (z. B. den p+-Regionen) umfassen. Bei geringer Stromdichte kann ein Strom, der durch die hoch dotierten Regionen **101** fließt, geringer sein, da es erforderlich ist, dass die Ladungsträger eine größere Barriere an dem p+-n-Übergang kreuzen. Bei geringer Stromdichte fließt der Strom zum Beispiel durch die n-Kanäle, die durch die Drift-Regionen **413** (z. B. durch die n-Regionen) und die (zweiten) hoch dotierten Regionen **916** (z. B. n+-Regionen) der zweiten Bauelementdotierungsregion **307** definiert sind. Bei hohen Strömen kann der Strom zum Beispiel durch oder über die hoch dotierten Regionen **101** (z. B. die p+-Regionen) der ersten Bauelementdotierungsregion **306** geführt werden.

[0137] Die Stoßstromfähigkeit der IDEE-Diodenanordnung kann zum Beispiel durch ein Verwenden eines NTC-Materials in der Nähe der hoch dotierten p+-Region verbessert werden.

[0138] Weitere Einzelheiten und Aspekte sind in Verbindung mit den vor- oder nachstehend beschriebenen Ausführungsbeispielen erwähnt. Die in **Fig. 9** gezeigten Ausführungsbeispiele können ein oder mehrere optionale zusätzliche Merkmale aufweisen, die einem oder mehreren Aspekten entsprechen, die in Verbindung mit dem vorgeschlagenen Konzept oder einem oder mehreren vorstehend (z. B. **Fig. 1** bis **Fig. 8**) oder nachstehend (z. B. **Fig. 10** bis **Fig. 14**) beschriebenen Ausführungsbeispielen erwähnt sind.

[0139] **Fig. 10** zeigt eine schematische Darstellung eines Halbleiterbauelements **110** gemäß einem Ausführungsbeispiel. **Fig. 10** zeigt zum Beispiel einen Stromfluss in einer Pin-Diodenanordnung mit einer Kathodenseitenstruktur bei hoher Stromdichte.

[0140] Das Halbleiterbauelement **110** kann die zweite Bauelementdotierungsregion **307** umfassen. Zumindest ein Teil der zweiten Bauelementdotierungsregion **307** kann sich zum Beispiel direkt benachbart zu oder an einer zweiten Seitenoberfläche **208** des Halbleitersubstrats **102** befinden.

[0141] Die zweite Bauelementdotierungsregion **307** kann zumindest eine (erste) hoch dotierte Region **921** (z. B. eine oder mehrere erste hoch dotierte Regionen **921**) mit dem zweiten Leitfähigkeitstyp umfassen, die an der zweiten Seitenoberfläche **208** des Halbleitersubstrats **102** angeordnet ist. Die zumindest eine (erste) hoch dotierte Region **921** der zweiten Bauelementdotierungsregion **307** kann zum Beispiel eine durchschnittliche Dotierungskonzentration von mehr als 1×10^{18} Dotierstoffatomen pro cm^3 (oder z. B. zwischen 1×10^{18} Dotierstoffatomen pro cm^3 und 4×10^{20} Dotierstoffatomen pro cm^3) aufweisen.

[0142] Die zweite Bauelementdotierungsregion **307** kann ferner zum Beispiel eine geringer dotierte Region **922** mit dem zweiten Leitfähigkeitstyp umfassen, die die (ersten) hoch dotierten Regionen **921** der zweiten Bauelementdotierungsregion **307** an der zweiten Seitenoberfläche **208** des Halbleitersubstrats **102** lateral umgibt.

[0143] Die geringer dotierte Region **922** der zweiten Bauelementdotierungsregion **307** kann benachbart oder direkt benachbart zu den (ersten) hoch dotierten Regionen **921** der zweiten Bauelementdotierungsregion **307** gebildet sein, zum Beispiel in einer Richtung im Wesentlichen parallel zu der ersten Seitenoberfläche **205** oder der zweiten Seitenoberfläche **208** des Halbleitersubstrats **102**. Zum Beispiel kann die geringer dotierte Region **922** der zweiten Bauelementdotierungsregion **307** lateral benachbart zu den hoch dotierten Regionen **921** der zweiten Bauelementdotierungsregion **307** oder zwischen benachbarten hoch dotierten Regionen **921** der zweiten Bauelementdotierungsregion **307** gebildet sein.

[0144] Die geringer dotierte Region **922** der zweiten Bauelementdotierungsregion **307** kann zum Beispiel eine durchschnittliche Dotierungskonzentration von weniger als 1×10^{17} Dotierstoffatomen pro cm^3 (oder z. B. zwischen 1×10^{15} Dotierstoffatomen pro cm^3 und 1×10^{17} Dotierstoffatomen pro cm^3) aufweisen.

[0145] Die geringer dotierte Region **922** der zweiten Bauelementdotierungsregion **307** kann zum Beispiel direkt benachbart zu der Drift-Region **413** der zweiten Bauelementdotierungsregion **307** angeordnet sein. Die geringer dotierte Region **922** der zweiten Bauelementdotierungsregion **307** kann zum Beispiel eine höhere durchschnittliche Dotierungskonzentration aufweisen als die Drift-Region **413** der zweiten Bauelementdotierungsregion **307**.

[0146] Das Halbleiterbauelement **110** kann ferner zum Beispiel eine weitere (oder Rückseiten-) Kontaktstruktur **415** umfassen, die auf der zweiten Seitenoberfläche **208** des Halbleitersubstrats **102** angeordnet ist. Die weitere Kontaktstruktur **415** kann zum Beispiel eine Rückseitenmetallisierungsstruktur sein.

Die Rückseitenmetallisierungsstruktur kann eine einzelne durchgängige Metallisierungsstruktur sein, die auf (z. B. direkt auf) der zweiten Seitenoberfläche **208** angeordnet ist. Die Rückseitenmetallisierungsstruktur kann zum Beispiel die gesamte Rückseitenoberfläche des Halbleitersubstrats oder mehr als 80 % der Rückseitenoberfläche des Halbleitersubstrats abdecken. Die weitere Kontaktstruktur **415** kann zum Beispiel eine elektrisch leitfähige Elektrodenstruktur (z. B. eine Kathodenstruktur) zum Bereitstellen einer Spannung an (oder Bereitstellen eines Stroms an oder von) die/der zweite(n) Bauelementdotierungsregion **307** an der zweiten Seitenoberfläche **208** des Halbleitersubstrats **102** sein.

[0147] Die Kathodenseite (z. B. die zweite Bauelementdotierungsregion **307**) kann auch strukturiert sein, sodass bei Normalbetrieb zum Beispiel die Plasmadichte an der Rückseite verringert wird. Im Fall eines Stoßstroms kann ein größerer Teil des Stroms über die n+-Region geleitet werden. Der Rückseiten-Emitter kann von dem Strom und/oder der Temperatur abhängig sein.

[0148] Die elektrische Bauelementanordnung kann zum Beispiel eine Diodenanordnung (z. B. eine MPS-Diodenanordnung, eine SPEED-Diode, eine IDEE-Diodenanordnung (Diodenanordnung mit inverser Injektionsabhängigkeit von Emittereffizienz) oder eine Schottky-gesteuerte Injektionsdiode) sein. Rückseitenstrukturierte Halbleiter können ihre Stoßstromfähigkeit verbessern, wenn ein NTC-Material in die Nähe von oder benachbart zu den (ersten) hoch dotierten Regionen (den n+-Regionen) eingeführt wird. Ferner kann die Stoßstromfähigkeit weiter verbessert werden, wenn ein PTC-Material in die Nähe von oder benachbart zu den geringer dotierten Regionen eingeführt wird, die sich zwischen den hoch dotierten Regionen befinden.

[0149] Weitere Einzelheiten und Aspekte sind in Verbindung mit den vor- oder nachstehend beschriebenen Ausführungsbeispielen erwähnt. Die in **Fig. 10** gezeigten Ausführungsbeispiele können ein oder mehrere optionale zusätzliche Merkmale aufweisen, die einem oder mehreren Aspekten entsprechen, die in Verbindung mit dem vorgeschlagenen Konzept oder einem oder mehreren vorstehend (z. B. **Fig. 1** bis **Fig. 9**) oder nachstehend (z. B. **Fig. 11** bis **Fig. 14**) beschriebenen Ausführungsbeispielen erwähnt sind.

[0150] **Fig. 11** zeigt eine schematische Darstellung eines Halbleiterbauelements **120** gemäß einem Ausführungsbeispiel.

[0151] Das Halbleiterbauelement **120** kann ähnlich sein zu dem in Verbindung mit **Fig. 10** beschriebenen Halbleiterbauelement **110**. Zusätzlich oder optional kann die auf der zweiten Seitenoberfläche **208** des Halbleitersubstrats **102** angeordnete weitere Kon-

taktstruktur **415** einen oder mehrere NTC-Abschnitte **123** umfassen. Jeder NTC-Abschnitt **123** der weiteren Kontaktstruktur **415** kann ein NTC-Material umfassen, das benachbart zu den (ersten) hoch dotierten Regionen **921** der zweiten Bauelementdotierungsregion **307** angeordnet ist.

[0152] Die weitere Kontaktstruktur **415** kann ferner einen oder mehrere Schottky- oder ohmsche Kontaktabschnitte **124** (oder PTC-Kontaktabschnitte, die ein PTC-Material umfassen) umfassen, die lateral benachbart zu den NTC-Abschnitten **123** der weiteren Kontaktstruktur **415** angeordnet sind. Der eine oder die mehreren Schottky- oder ohmschen Kontaktabschnitte **124** können zum Beispiel benachbart zu der geringer dotierten Region **922** der zweiten Bauelementdotierungsregion **307** an der zweiten Seitenoberfläche **208** des Halbleitersubstrats **102** angeordnet sein.

[0153] Das Halbleiterbauelement **120** kann ein NTC-Material umfassen, das auf der zweiten Seitenoberfläche **208** (z. B. der Rückseite) des Halbleitersubstrats **102** in der Nähe von oder benachbart zu den hoch dotierten Regionen **921** (z. B. n+-dotierten Regionen) der zweiten Bauelementdotierungsregion **307** der rückseitenstrukturierten Diode angeordnet ist.

[0154] Weitere Einzelheiten und Aspekte sind in Verbindung mit den vor- oder nachstehend beschriebenen Ausführungsbeispielen erwähnt. Die in **Fig. 11** gezeigten Ausführungsbeispiele können ein oder mehrere optionale zusätzliche Merkmale aufweisen, die einem oder mehreren Aspekten entsprechen, die in Verbindung mit dem vorgeschlagenen Konzept oder einem oder mehreren vorstehend (z. B. **Fig. 1** bis **Fig. 10**) oder nachstehend (z. B. **Fig. 12** bis **Fig. 14**) beschriebenen Ausführungsbeispielen erwähnt sind.

[0155] **Fig. 12** zeigt eine schematische Darstellung eines Halbleiterbauelements **125** gemäß einem Ausführungsbeispiel.

[0156] Das Halbleiterbauelement **125** kann zum Beispiel zumindest eine Bauelementdotierungsregion **607** (z. B. eine Kollektor-Region einer IGBT-elektrischen-Bauelementanordnung) umfassen, die an einer Rückseitenoberfläche des Halbleitersubstrats **102** angeordnet ist. Das Halbleiterbauelement **125** kann zum Beispiel eine IGBT-Anordnung umfassen, die eine SPEED-Kollektorstruktur umfasst.

[0157] Die Bauelementdotierungsregion **607** (z. B. die Kollektor-Region) kann eine oder mehrere hoch dotierte Regionen **661** umfassen, die zum Beispiel an der Rückseitenoberfläche **208** des Halbleitersubstrats **102** lateral angeordnet sind. Die Bauelementdotierungsregion **607** kann ferner zum Beispiel eine

oder mehrere geringer dotierte Abschnitte **662** mit dem gleichen Leitfähigkeitstyp wie die hoch dotierten Regionen **661** der Bauelementdotierungsregion **607** umfassen, die die eine oder die mehreren hoch dotierten Regionen **661** der Bauelementdotierungsregion **607** lateral umgeben.

[0158] Die Kollektor-Region (z. B. die Bauelementdotierungsregion **607**) der IGBT-Anordnung kann zum Beispiel den ersten Leitfähigkeitstyp oder den zweiten Leitfähigkeitstyp aufweisen. Zum Beispiel kann die Bauelementdotierungsregion **607** (die z. B. die hoch dotierten Regionen **661** und die geringer dotierten Abschnitte **662** umfasst) eine n-Typ-Dotierung oder eine p-Typ-Dotierung aufweisen.

[0159] Bei einem Beispiel können die hoch dotierten Regionen **661** eine p++-Dotierung aufweisen und die geringer dotierten Abschnitte **662** können eine p-Dotierung aufweisen. Das Halbleiterbauelement **125** kann ferner eine leicht dotierte Drift-Region **413** eines entgegengesetzten Leitfähigkeitstyps zu der Kollektor-Region (z. B. eine n-dotierte Region) aufweisen. Die Drift-Region **413** kann zum Beispiel zwischen einer optionalen Feldstoppreion **414** und einer Body-Region der IGBT-Anordnung angeordnet sein. Zum Beispiel kann die optionale Feldstoppreion **414** (z. B. eine n-dotierte Region) zwischen der Drift-Region **413** und der Kollektor-Region (z. B. der Bauelementdotierungsregion **307**) angeordnet sein.

[0160] Die hoch dotierten Regionen **661** können eine durchschnittliche Dotierungskonzentration von mehr als 1×10^{19} Dotierstoffatomen pro cm^3 (oder z. B. zwischen 1×10^{19} Dotierstoffatomen pro cm^3 und 1×10^{21} Dotierstoffatomen pro cm^3) aufweisen. Die geringer dotierten Abschnitte **662** der ersten Bauelementdotierungsregion können eine durchschnittliche Dotierungskonzentration von weniger als 1×10^{17} Dotierstoffatomen pro cm^3 (oder z. B. zwischen 1×10^{16} Dotierstoffatomen pro cm^3 und 1×10^{17} Dotierstoffatomen pro cm^3) aufweisen. Die Drift-Region **413** der zweiten Bauelementdotierungsregion **307** kann eine durchschnittliche Dotierungskonzentration von weniger als 1×10^{16} Dotierstoffatomen pro cm^3 (oder z. B. zwischen 1×10^{13} Dotierstoffatomen pro cm^3 und 1×10^{16} Dotierstoffatomen pro cm^3) aufweisen. Die Feldstoppreion **414** der zweiten Bauelementdotierungsregion **307** kann zum Beispiel eine durchschnittliche Dotierungskonzentration von weniger als 1×10^{17} Dotierstoffatomen pro cm^3 (oder z. B. zwischen 1×10^{16} Dotierstoffatomen pro cm^3 und 1×10^{17} Dotierstoffatomen pro cm^3) aufweisen.

[0161] Das Halbleiterbauelement **125** kann ferner eine Kontaktstruktur **415** umfassen, die auf der Rückseitenoberfläche **208** des Halbleitersubstrats **102** angeordnet ist. Die Kontaktstruktur **415** kann einen oder mehrere NTC-Abschnitte **123** umfassen. Jeder NTC-Abschnitt **123** der weiteren Kontaktstruktur **415**

kann ein NTC-Material umfassen, das benachbart zu den hoch dotierten Regionen **921** der Bauelementdotierungsregion **607** angeordnet ist. Die hoch dotierten Regionen **661** (z. B. die p⁺⁺-Regionen) der IGBT-Bauelementanordnung mit einem SPEED-Kollektor können mit den NTC-Abschnitten **123** (z. B. dem NTC-Material) abgedeckt sein. Dies kann die Kurzschlussrobustheit erhöhen, die bei Hochtemperaturbedingungen an dem Rückseitenemitter verstärkt werden kann und kann Fluktuationen bei Feldstärke, Stromdichten oder Durchbruchsspannung mit sich ändernden Stromdichten in der IGBT-Bauelementanordnung entgegenwirken oder verhindern.

[0162] Die weitere Kontaktstruktur **415** kann ferner einen oder mehrere Schottky- oder ohmsche Kontaktabschnitte **124** umfassen, die lateral benachbart zu den NTC-Abschnitten **123** der weiteren Kontaktstruktur **415** angeordnet sind. Der eine oder die mehreren Schottky- oder ohmschen Kontaktabschnitte **124** können zum Beispiel benachbart zu den geringer dotierten Regionen **622** der Bauelementdotierungsregion **607** an der Rückseitenoberfläche **208** des Halbleitersubstrats **102** angeordnet sein.

[0163] Weitere Einzelheiten und Aspekte sind in Verbindung mit den vor- oder nachstehend beschriebenen Ausführungsbeispielen erwähnt. Die in **Fig. 12** gezeigten Ausführungsbeispiele können ein oder mehrere optionale zusätzliche Merkmale aufweisen, die einem oder mehreren Aspekten entsprechen, die in Verbindung mit dem vorgeschlagenen Konzept oder einem oder mehreren vorstehend (z. B. **Fig. 1** bis **Fig. 11**) oder nachstehend (z. B. **Fig. 13A** bis **Fig. 14**) beschriebenen Ausführungsbeispielen erwähnt sind.

Fig. 13A bis **Fig. 13C** zeigen zum Beispiel eine Variation des Widerstands und des Spannungsabfalls in einem Halbleiterbauelement im Verhältnis zu einer Dicke der NTC-Materialien in dem Halbleiterbauelement.

Fig. 13A zeigt eine schematische Darstellung eines Halbleiterbauelements **130** gemäß einem Ausführungsbeispiel.

[0164] Das Halbleiterbauelement **130** kann eine elektrische Bauelementanordnung umfassen, die eine Diodenanordnung (z. B. eine SPEED-Diodenanordnung) sein kann.

[0165] Das Halbleiterbauelement **130** kann eine Mehrzahl von hoch dotierten Regionen **101** (z. B. p⁺-dotierte Regionen oder n⁺-dotierte Regionen) und eine oder mehrere geringer dotierte Regionen **309** (z. B. p-dotierte Regionen oder n-dotierte Regionen) des gleichen Leitfähigkeitsstyps umfassen, die die hoch dotierten Regionen **101** in einem Halbleitersubstrat **102** lateral umgeben. Jede geringer dotierte Region **309** kann eine maximale laterale Abmessung von

zum Beispiel mehr als 50 µm aufweisen. Die maximale laterale Abmessung der hoch dotierten Region **101** kann zum Beispiel eine größte Abmessung oder Größe der hoch dotierten Region **101** sein, die in einer Richtung im Wesentlichen parallel zu einer ersten Seitenoberfläche **205** des Halbleitersubstrats (z. B. in der x-Richtung) gemessen wird. Die maximale laterale Abmessung der geringer dotierten Region **309** kann zum Beispiel eine größte Abmessung oder Größe der geringer dotierten Region **309** sein, die zwischen benachbarten hoch dotierten Regionen **101** in einer Richtung im Wesentlichen parallel zu einer ersten Seitenoberfläche **205** des Halbleitersubstrats (z. B. in der x-Richtung) gemessen wird. Jede hoch dotierte Region **101** kann eine maximale laterale Abmessung von zum Beispiel mehr als 100 µm aufweisen.

[0166] Das Halbleiterbauelement **130** kann zum Beispiel einen Nennstrom oder Bemessungsstrom zwischen 50 A und 60 A (oder z. B. etwa 62,5 A) aufweisen. Das Halbleiterbauelement **130** kann eine Nennstrom- oder Bemessungsstromdichte von ungefähr 100 A pro cm² und einen aktiven Bereich von ungefähr 0,61 cm² umfassen. Ein Querschnittsbereich einer geringer dotierten Region **309** (der p-Region) eines Bereichs der geringer dotierten Region **309** im Wesentlichen parallel zu der ersten Seitenoberfläche **205** des Halbleitersubstrats **102** kann ungefähr 0,27 cm² sein. Ein Querschnittsbereich einer hoch dotierten Region **101** (der p⁺-Region) eines Bereichs der hoch dotierten Region **101** im Wesentlichen parallel zu der ersten Seitenoberfläche **205** des Halbleitersubstrats **102** kann z. B. ungefähr 0,34 cm² sein. Ein spezifischer Widerstand einer Aluminium- oder auf Aluminium basierenden Kontaktstruktur **103** kann zum Beispiel 2,65×10⁻² Ω·mm² pro Meter sein. Die Querschnittsbereiche können zum Beispiel im Wesentlichen parallel zu der ersten Seitenoberfläche **205** des Halbleitersubstrats (z. B. in der x-Richtung) sein.

[0167] **Fig. 13B** zeigt ein Diagramm **140** eines Spezifischer-Widerstand-Verhaltens eines NTC-Materials des NTC-Abschnitts der Kontaktstruktur gemäß einem Ausführungsbeispiel.

[0168] **Fig. 13** zeigt zum Beispiel eine Variation von spezifischem Widerstand (Ωm) 141 mit einer Temperatur (°C) 142.

[0169] Das NTC-Material kann zum Beispiel ein Phasenänderungsmaterial sein, das GeTe umfasst. Unter einer Phasenübergangstemperatur (z. B. unter 170 °C) kann das NTC-Material des NTC-Abschnitts **104** eine erheblich schlechtere Leitfähigkeit (oder z. B. einen höheren spezifischen Widerstand) aufweisen. Wenn Stoßströme auftreten, kann das NTC-Material höheren Temperaturen unterworfen sein. Das NTC-Material kann einen variablen, spezifischen

elektrischen Widerstand aufweisen, der mit zunehmender Temperatur abnehmen kann. Zum Beispiel ändert sich der spezifische elektrische Widerstand des Materials mit einem negativen Temperaturkoeffizienten des NTC-Abschnitts um zumindest 50 % (oder z. B. zumindest 80 %) seines spezifischen elektrischen Widerstandwertes bei 150 °C $T(150\text{ °C})$ bei einem Temperaturintervall zwischen 170 °C und 250 °C. Zum Beispiel kann sich ein spezifischer elektrischer Widerstand des Materials mit einem negativen Temperaturkoeffizienten des NTC-Abschnitts auf zwischen 0,0005 % und 50 % (oder z. B. auf weniger als 20 % oder z. B. auf weniger als 5 %) seines spezifischen elektrischen Widerstandwertes bei 150 °C bei einem Temperaturintervall zwischen 170 °C und 250 °C reduzieren. Zum Beispiel kann GeTe ein mögliches Thermistormaterial sein, das bei oder über einer kritischen Temperatur (z. B. über 170 °C) einen starken Widerstandsabfall (z. B. von 0,2 Ωm bis 0,000006 Ωm) aufweist.

[0170] Zum Beispiel kann bei 100 °C das NTC-Material einen spezifischen elektrischen Widerstand von etwa 1 Ωm (oder $1 \times 10^6 \Omega\text{m}\cdot\text{mm}^2/\text{m}$) aufweisen und bei 200 °C kann das NTC-Material einen spezifischen elektrischen Widerstand von etwa 0,000004 Ωm (oder $4 \Omega\text{m}\cdot\text{mm}^2/\text{m}$) aufweisen, unter der Annahme $1 \Omega\text{m} = 1\,000\,000 \Omega\cdot\text{mm}^2/\text{m}$.

[0171] Optional oder alternativ kann ein NTC-Material, das eine Verbundmatrix (z. B. eines elektrisch isolierenden Polymers und von Ag-Partikeln oder -Kugeln) umfasst, auch den Spannungsabfall bei hohen Temperaturen reduzieren. Zum Beispiel kann bei niedrigeren Temperaturen das NTC-Material einen spezifischen elektrischen Widerstand von etwa $10 \times 10^6 \Omega\text{m}$ ($10 \times 10^{-8} \text{ S/m}$ oder $1 \times 10^{13} \Omega\text{m}\cdot\text{mm}^2/\text{m}$) aufweisen und bei hohen Temperaturen kann das NTC-Material einen spezifischen elektrischen Widerstand von etwa $1 \times 10^{-8} \Omega\text{m}$ ($10 \times 10^7 \text{ S/m}$ oder $0,01 \Omega\text{m}\cdot\text{mm}^2/\text{m}$) aufweisen.

[0172] Unter der Annahme, dass ein kompletter (oder maximaler) Nennstrom (62,5 A) durch die p-Regionen fließt, wird der Widerstand von Abschnitten

der Kontaktstruktur geschätzt durch
$$R_p = \frac{\rho \cdot d}{A}$$

[0173] R_p repräsentiert zum Beispiel den Widerstand in dem Abschnitt der Kontaktstruktur, d repräsentiert die Dicke des Abschnitts der Kontaktstruktur und A repräsentiert den Querschnittsbereich des Abschnitts der Kontaktstruktur.

[0174] Ein Widerstand, $R_{p-\text{Al}}$, eines metallischen (z. B. eines Aluminium-) Abschnitts oder ohmschen Abschnitts der Kontaktstruktur, der sich benachbart zu einer geringer dotierten Region (z. B. einer p oder p-dotierten Region) befindet, kann zum Beispiel zwischen $3 \times 10^{-9} \Omega$ und $5 \times 10^{-9} \Omega$ liegen. Ein Span-

nungsabfall $V_{p-\text{Al}}$ in dem ohmschen Abschnitt der Kontaktstruktur kann zum Beispiel zwischen 0,1 μV und 0,3 μV liegen. Diese Werte können zum Beispiel erhalten werden, unter Annahme eines spezifischen Widerstandes einer auf Aluminium basierenden Kontaktstruktur zwischen $2 \times 10^{-2} \Omega\cdot\text{mm}^2$ pro Meter und $3 \times 10^{-2} \Omega\cdot\text{mm}^2$ pro Meter, einer Dicke zwischen 3 μm und 5 μm und eines Querschnittsbereichs (des ohmschen Abschnitts der Kontaktstruktur, der die geringer dotierte Region kontaktiert) zwischen 0,5 cm^2 und 1 cm^2 .

[0175] Ein Widerstand, $R_{p+,100^\circ\text{C,NTC}}$, eines NTC-Abschnitts der Kontaktstruktur bei 100 °C oder in einem Niedrigstromdichten-Betrieb kann zum Beispiel zwischen 100 m Ω und 1,5 M Ω liegen. Ein Spannungsabfall, $V_{p+,100^\circ\text{C,NTC}}$, in dem NTC-Abschnitt der Kontaktstruktur bei 100 °C oder in dem Niedrigstromdichten-Betrieb kann zum Beispiel zwischen 5 V und 90 MV liegen. Diese Werte können zum Beispiel erhalten werden, unter Annahme eines spezifischen elektrischen Widerstandes zwischen $1 \times 10^6 \Omega\text{mm}^2$ pro Meter und $1 \times 10^{13} \Omega\text{mm}^2$ pro Meter, einer Dicke zwischen 3 μm und 5 μm und eines Querschnittsbereichs (des NTC-Abschnitts der Kontaktstruktur, der die hoch dotierte Region kontaktiert) zwischen 0,5 cm^2 und 1 cm^2 .

[0176] Ein Widerstand, $R_{p+,200^\circ\text{C,NTC}}$, eines NTC-Abschnitts der Kontaktstruktur bei 200 °C oder in einem Hochstromdichten-Betrieb kann zum Beispiel zwischen $1 \times 10^{-9} \Omega$ und $5 \times 10^{-7} \Omega$ liegen. Ein Spannungsabfall $V_{p+,200^\circ\text{C,NTC}}$ in dem NTC-Abschnitt der Kontaktstruktur bei 200 °C oder in dem Hochstromdichten-Betrieb kann zum Beispiel zwischen 0,05 μV und 50 μV liegen. Diese Werte können zum Beispiel erhalten werden, unter Annahme eines spezifischen elektrischen Widerstandes zwischen 0,01 Ωmm^2 pro Meter und 5 Ωmm^2 pro Meter, einer Dicke zwischen 3 μm und 5 μm und eines Querschnittsbereichs (des NTC-Abschnitts der Kontaktstruktur, der die hoch dotierte Region kontaktiert) zwischen 0,5 cm^2 und 1 cm^2 .

[0177] Fig. 13C zeigt ein Diagramm 150 eines Spannungsabfalls (V) 151 in einem NTC-Abschnitt der Kontaktstruktur im Verhältnis zu einer Dicke (μm) 152 des NTC-Abschnitts der Kontaktstruktur. Die Kontaktstruktur kann in einer 3,3-kV-SPEED-Diodenanordnung implementiert sein und die hergeleiteten Werte können zum Beispiel einen Nennstrom von 62,5 A bei 100 °C annehmen.

[0178] Die erste Linie 153 zeigt zum Beispiel den Spannungsabfall multipliziert mit dem Querschnittsbereich an dem p+-NTC-Übergang oder -Region in Volt $\times\text{mm}^2$ (V mm^2). Die zweite Linie 154 zeigt den Spannungsabfall an dem p+-NTC-Übergang oder -Region in V (Volt). Da der Spannungsabfall mit zunehmender Dicke des NTC-Abschnitts der Kontaktstruktur zunimmt, kann eine Dicke des NTC-Abschnitts der Kontaktstruktur gewählt sein, um grö-

ßere Spannungsabfälle zu vermeiden. Zum Beispiel kann ein NTC-Abschnitt der Kontaktstruktur so gewählt sein, dass er eine maximale Dicke aufweist, die zwischen 0,5 µm und 10 µm (oder z. B. zwischen 1 µm und 5 µm oder z. B. zwischen 3 µm und 5 µm) liegt.

[0179] Weitere Einzelheiten und Aspekte sind in Verbindung mit den vor- oder nachstehend beschriebenen Ausführungsbeispielen erwähnt. Die in **Fig. 13A** bis **Fig. 13C** gezeigten Ausführungsbeispiele können ein oder mehrere optionale zusätzliche Merkmale aufweisen, die einem oder mehreren Aspekten entsprechen, die in Verbindung mit dem vorgeschlagenen Konzept oder einem oder mehreren vorstehend (z. B. **Fig. 1** bis **Fig. 12**) oder nachstehend (z. B. **Fig. 14**) beschriebenen Ausführungsbeispielen erwähnt sind.

[0180] **Fig. 14** zeigt ein Flussdiagramm eines Verfahrens **170** zum Bilden eines Halbleiterbauelements gemäß einem Ausführungsbeispiel.

[0181] Das Verfahren **170** umfasst ein Bilden **710** von zumindest einer hoch dotierten Region einer elektrischen Bauelementanordnung in einem Halbleitersubstrat.

[0182] Das Verfahren **170** umfasst ferner ein Bilden von zumindest einem NTC-Abschnitt **720** einer Kontaktstruktur benachbart zu der hoch dotierten Region der elektrischen Bauelementanordnung an einer Vorderseitenoberfläche des Halbleitersubstrats. Der zumindest eine NTC-Abschnitt umfasst Material mit einem Widerstand mit einem negativen Temperaturkoeffizienten.

[0183] Da der NTC-Abschnitt (Abschnitt mit einem Widerstand mit einem negativen Temperaturkoeffizienten), der Material mit einem Widerstand mit einem negativen Temperaturkoeffizienten (NTC-Material) umfasst, an der Vorderseitenoberfläche des Halbleitersubstrats gebildet wird, kann zum Beispiel die Stoßstromfähigkeit des Halbleiterbauelements verbessert werden. Zum Beispiel kann der Stromfluss in der zumindest einen hoch dotierten Region erhöht werden, da das NTC-Material des NTC-Abschnitts bei einer kritischen Temperatur hochleitfähig wird. Bei normalen Strömen und/oder Temperaturen kann zum Beispiel ein Vorwärtsspannungsabfall des Halbleiterbauelements für einen gegebenen Strom (oder Leistung) reduziert werden, was zu einem verbesserten Sperrverzögerungsverhalten und/oder einer Reduzierung der Schaltstromverluste in dem Halbleiterbauelement führt.

[0184] Weitere Einzelheiten und Aspekte sind in Verbindung mit den vor- oder nachstehend beschriebenen Ausführungsbeispielen erwähnt. Die in **Fig. 14** gezeigten Ausführungsbeispiele können ein oder

mehrere optionale zusätzliche Merkmale umfassen, die einem oder mehreren Aspekten entsprechen, die in Verbindung mit dem vorgeschlagenen Konzept oder einem oder mehreren vorstehend (z. B. **Fig. 1** bis **Fig. 13C**) oder nachstehend beschriebenen Ausführungsbeispielen erwähnt sind.

[0185] Verschiedene Beispiele beziehen sich zum Beispiel auf ein Erhöhen der Stoßstromzuverlässigkeit und die Optimierung von Kurzschlüssen von Leistungskomponenten durch eine stromsteuerbare oder variable Emittiereffizienz und strukturierte Anoden und Kathoden.

[0186] Aspekte und Merkmale (z. B. das Halbleitersubstrat, die zumindest eine hoch dotierte Region, die elektrische Bauelementanordnung, die Kontaktstruktur, der NTC-Abschnitt, das NTC-Material, die Vorderseitenoberfläche, die Rückseitenoberfläche, die Bauelementdotierungsregion, die erste Bauelementdotierungsregion, die zweite Bauelementdotierungsregion, die erste Kathoden/Anoden-Region, die zweite Kathoden/Anoden-Region und der Schottky- oder ohmsche Kontaktabschnitt), die in Verbindung mit einem oder mehreren spezifischen Beispielen erwähnt sind, können mit einem oder mehreren der anderen Beispiele kombiniert werden.

[0187] Ausführungsbeispiele können weiterhin ein Computerprogramm mit einem Programmcode zum Durchführen eines der obigen Verfahren bereitstellen, wenn das Computerprogramm auf einem Computer oder Prozessor ausgeführt wird. Ein Fachmann würde leicht erkennen, dass Schritte verschiedener oben beschriebener Verfahren durch programmierte Computer durchgeführt werden können. Hierbei sollen einige Ausführungsbeispiele auch Programmspeichervorrichtungen, z. B. Digitaldatenspeichermedien, abdecken, die maschinen- oder computerlesbar sind und maschinenausführbare oder computerausführbare Programme von Anweisungen codieren, wobei die Anweisungen einige oder alle der Schritte der oben beschriebenen Verfahren durchführen. Die Programmspeichervorrichtungen können z. B. Digitalspeicher, magnetische Speichermedien wie beispielsweise Magnetplatten und Magnetbänder, Festplattenlaufwerke oder optisch lesbare Digitaldatenspeichermedien sein. Auch sollen weitere Ausführungsbeispiele Computer programmiert zum Durchführen der Schritte der oben beschriebenen Verfahren abdecken.

[0188] Als „Mittel für...“ (Durchführung einer gewissen Funktion) bezeichnete Funktionsblöcke sind als Funktionsblöcke umfassend Schaltungen zu verste-

hen, die jeweils zum Durchführen einer gewissen Funktion ausgebildet sind. Daher kann ein „Mittel für etwas“ ebenso als „Mittel ausgebildet für oder geeignet für etwas“ verstanden werden. Ein Mittel ausgebildet zum Durchführen einer gewissen Funktion bedeutet daher nicht, dass ein solches Mittel notwendigerweise die Funktion durchführt (in einem gegebenen Zeitmoment).

[0189] Der Fachmann sollte verstehen, dass alle hiesigen Blockschaltbilder konzeptmäßige Ansichten beispielhafter Schaltungen darstellen, die die Grundsätze der Offenbarung verkörpern. Auf ähnliche Weise versteht es sich, dass alle Flussdiagramme, Ablaufdiagramme, Zustandsübergangsdigramme, Pseudocode und dergleichen verschiedene Prozesse darstellen, die im Wesentlichen in computerlesbarem Medium dargestellt und so durch einen Computer oder Prozessor ausgeführt werden, ungeachtet dessen, ob ein solcher Computer oder Prozessor ausdrücklich dargestellt ist.

[0190] Weiterhin sind die nachfolgenden Ansprüche hiermit in die detaillierte Beschreibung aufgenommen, wo jeder Anspruch als getrenntes Ausführungsbeispiel für sich stehen kann. Wenn jeder Anspruch als getrenntes Ausführungsbeispiel für sich stehen kann, ist zu beachten, dass - obwohl ein abhängiger Anspruch sich in den Ansprüchen auf eine besondere Kombination mit einem oder mehreren anderen Ansprüchen beziehen kann - andere Ausführungsbeispiele auch eine Kombination des abhängigen Anspruchs mit dem Gegenstand jedes anderen abhängigen oder unabhängigen Anspruchs einschließen können. Diese Kombinationen werden hier vorgeschlagen, sofern nicht angegeben ist, dass eine bestimmte Kombination nicht beabsichtigt ist. Weiterhin sollen auch Merkmale eines Anspruchs für jeden anderen unabhängigen Anspruch eingeschlossen sein, selbst wenn dieser Anspruch nicht direkt abhängig von dem unabhängigen Anspruch gemacht ist.

[0191] Es ist weiterhin zu beachten, dass in der Beschreibung oder in den Ansprüchen offenbarte Verfahren durch eine Vorrichtung mit Mitteln zum Durchführen jedes der jeweiligen Schritte dieser Verfahren implementiert sein können.

[0192] Weiterhin versteht es sich, dass die Offenbarung vielfacher, in der Beschreibung oder den Ansprüchen offenbarter Schritte oder Funktionen nicht als in der bestimmten Reihenfolge befindlich ausgelegt werden sollte. Durch die Offenbarung von vielfachen Schritten oder Funktionen werden diese daher nicht auf eine bestimmte Reihenfolge begrenzt, es sei denn, dass diese Schritte oder Funktionen aus technischen Gründen nicht austauschbar sind. Weiterhin kann in einigen Ausführungsbeispielen ein einzelner Schritt mehrere Teilschritte einschließen oder in die-

se aufgebrochen werden. Solche Teilschritte können eingeschlossen sein und Teil der Offenbarung dieses Einzelschritts sein, sofern sie nicht ausdrücklich ausgeschlossen sind.

Patentansprüche

1. Ein Halbleiterbauelement (100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900, 110, 120, 125, 130), umfassend:

zumindest eine hoch dotierte Region (101) einer elektrischen Bauelementanordnung, die in einem Halbleitersubstrat (102) gebildet ist; und
eine Kontaktstruktur (103), die einen NTC-Abschnitt (104) umfasst, der benachbart zu der zumindest einen hoch dotierten Region (101) an einer Vorderseitenoberfläche (105) des Halbleitersubstrats (102) angeordnet ist, wobei der NTC-Abschnitt (104) ein Material mit einem Widerstand mit einem negativen Temperaturkoeffizienten umfasst, wobei ein spezifischer elektrischer Widerstand des Materials mit einem Widerstand mit einem negativen Temperaturkoeffizienten des NTC-Abschnitts (104) der Kontaktstruktur (103) sich um zumindest 50 % seines spezifischen elektrischen Widerstandswertes bei 150°C in einem Temperaturintervall von 30°C zwischen 170 °C und 250 °C ändert und/oder sich um zumindest 95 % seines spezifischen elektrischen Widerstandswertes bei 150°C in einem Temperaturintervall zwischen 170 °C und 250 °C ändert.

2. Ein Halbleiterbauelement (100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900, 110, 120, 125, 130), umfassend:

zumindest eine hoch dotierte Region (101) einer elektrischen Bauelementanordnung, die in einem Halbleitersubstrat (102) gebildet ist; und
eine Kontaktstruktur (103), die einen NTC-Abschnitt (104) umfasst, der benachbart zu der zumindest einen hoch dotierten Region (101) an einer Vorderseitenoberfläche (105) des Halbleitersubstrats (102) angeordnet ist, wobei der NTC-Abschnitt (104) ein Material mit einem Widerstand mit einem negativen Temperaturkoeffizienten umfasst, wobei die Kontaktstruktur (103) ferner einen Schottky- oder ohmschen oder Positiver-Temperaturkoeffizient-Kontaktabschnitt (411) umfasst, der lateral benachbart und direkt angrenzend zu dem NTC-Abschnitt (104) der Kontaktstruktur (103) angeordnet ist.

3. Ein Halbleiterbauelement (100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900, 110, 120, 125, 130), umfassend:

zumindest eine hoch dotierte Region (101) einer elektrischen Bauelementanordnung, die in einem Halbleitersubstrat (102) gebildet ist; und
eine Kontaktstruktur (103), die einen NTC-Abschnitt (104) umfasst, der benachbart zu der zumindest einen hoch dotierten Region (101) an einer Vorderseitenoberfläche (105) des Halbleitersubstrats (102)

angeordnet ist, wobei der NTC-Abschnitt (104) ein Material mit einem Widerstand mit einem negativen Temperaturkoeffizienten umfasst, wobei die zumindest eine hoch dotierte Region (101) zumindest einen Teil einer ersten Bauelementdotierungsregion (306) der elektrischen Bauelementanordnung mit einem ersten Leitfähigkeitstyp bildet, wobei die erste Bauelementdotierungsregion (306) ferner eine geringer dotierte Region (309) umfasst, die die zumindest eine hoch dotierte Region (101) der ersten Bauelementdotierungsregion (306) an der Vorderseitenoberfläche (105) des Halbleitersubstrats (102) lateral umgibt, wobei die zumindest eine hoch dotierte Region (101) der ersten Bauelementdotierungsregion (306) und die geringer dotierte Region (309) der ersten Bauelementdotierungsregion (306) den ersten Leitfähigkeitstyp aufweisen.

4. Ein Halbleiterbauelement (100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900, 110, 120, 125, 130), umfassend:

zumindest eine hoch dotierte Region (101) einer elektrischen Bauelementanordnung, die in einem Halbleitersubstrat (102) gebildet ist; und eine Kontaktstruktur (103), die einen NTC-Abschnitt (104) umfasst, der benachbart zu der zumindest einen hoch dotierten Region (101) an einer Vorderseitenoberfläche (105) des Halbleitersubstrats (102) angeordnet ist, wobei der NTC-Abschnitt (104) ein Material mit einem Widerstand mit einem negativen Temperaturkoeffizienten umfasst, wobei die zumindest eine hoch dotierte Region (101) zumindest einen Teil einer ersten Bauelementdotierungsregion (306) der elektrischen Bauelementanordnung mit einem ersten Leitfähigkeitstyp bildet, wobei die elektrische Bauelementanordnung eine zweite Bauelementdotierungsregion (307) mit einem zweiten Leitfähigkeitstyp umfasst, wobei zumindest ein Teil der zweiten Bauelementdotierungsregion (307) benachbart zu einer Rückseitenoberfläche (208) des Halbleitersubstrats (102) angeordnet ist, wobei die zweite Bauelementdotierungsregion (307) zumindest eine hoch dotierte Region (921) und einen geringer dotierten Abschnitt (922) umfasst, der die zumindest eine hoch dotierte Region (921) an der Rückseitenoberfläche (208) des Halbleitersubstrats (102) lateral umgibt, wobei die zumindest eine hoch dotierte Region (921) der zweiten Bauelementdotierungsregion (307) und der geringer dotierte Abschnitt (922) der zweiten Bauelementdotierungsregion (307) den zweiten Leitfähigkeitstyp aufweisen.

5. Das Halbleiterbauelement gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die zumindest eine hoch dotierte Region (101) eine durchschnittliche Dotierungskonzentration von mehr als 1×10^{18} Dotierstoffatomen pro cm^3 aufweist.

6. Das Halbleiterbauelement gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei das Material mit einem Wider-

stand mit einem negativen Temperaturkoeffizienten des NTC-Abschnitts (104) der Kontaktstruktur (103) ein Halbleitermaterial mit einer Bandabstandsenergie von weniger als die Bandabstandsenergie von Silizium umfasst.

7. Das Halbleiterbauelement gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei eine maximale Dicke des NTC-Abschnitts (104) der Kontaktstruktur (103) zwischen $0,5 \mu\text{m}$ und $10 \mu\text{m}$ liegt.

8. Das Halbleiterbauelement gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei das Material mit einem Widerstand mit einem negativen Temperaturkoeffizienten des NTC-Abschnitts (104) der Kontaktstruktur (103) zumindest ein Material aus der folgenden Gruppe von Materialien umfasst, die Gruppe umfassend: ein Chalkogenidmaterial, ein Phasenänderungsmaterial und ein Verbundmaterial, das Polymer und Metall umfasst.

9. Das Halbleiterbauelement gemäß einem der Ansprüche 1 bis 2, wobei die zumindest eine hoch dotierte Region (101) zumindest einen Teil einer ersten Bauelementdotierungsregion (306) der elektrischen Bauelementanordnung mit einem ersten Leitfähigkeitstyp bildet.

10. Das Halbleiterbauelement gemäß Anspruch 9, wobei die erste Bauelementdotierungsregion (306) ferner eine geringer dotierte Region (309) umfasst, die die zumindest eine hoch dotierte Region (101) der ersten Bauelementdotierungsregion (306) an der Vorderseitenoberfläche (105) des Halbleitersubstrats (102) lateral umgibt.

11. Das Halbleiterbauelement gemäß Anspruch 10, wobei die geringer dotierte Region (309) der ersten Bauelementdotierungsregion (306) eine durchschnittliche Dotierungskonzentration von weniger als 1×10^{17} Dotierstoffatomen pro cm^3 aufweist.

12. Das Halbleiterbauelement gemäß Anspruch 10 oder 11, wobei die zumindest eine hoch dotierte Region (101) der ersten Bauelementdotierungsregion (306) und die geringer dotierte Region (309) der ersten Bauelementdotierungsregion (306) den ersten Leitfähigkeitstyp aufweisen.

13. Das Halbleiterbauelement gemäß Anspruch 9, wobei die elektrische Bauelementanordnung eine zweite Bauelementdotierungsregion (307) mit einem zweiten Leitfähigkeitstyp umfasst, wobei zumindest ein Teil der zweiten Bauelementdotierungsregion (307) benachbart zu einer Rückseitenoberfläche (208) des Halbleitersubstrats (102) angeordnet ist.

14. Das Halbleiterbauelement gemäß Anspruch 13, wobei die zweite Bauelementdotierungsregion (307) zumindest eine hoch dotierte Region (921) und

einen geringer dotierten Abschnitt (922) umfasst, der die zumindest eine hoch dotierte Region (921) an der Rückseitenoberfläche (208) des Halbleitersubstrats (102) lateral umgibt.

15. Das Halbleiterbauelement gemäß Anspruch 14, wobei die zumindest eine hoch dotierte Region (921) der zweiten Bauelementdotierungsregion (307) und der geringer dotierte Abschnitt (922) der zweiten Bauelementdotierungsregion (307) den zweiten Leitfähigkeitstyp aufweisen.

16. Das Halbleiterbauelement gemäß Anspruch 14 oder 15, wobei die zweite Bauelementdotierungsregion (307) zumindest eine hoch dotierte Region (916) umfasst, die sich an der Vorderseitenoberfläche (205) des Halbleitersubstrats befindet.

17. Das Halbleiterbauelement gemäß einem der Ansprüche 14 bis 16, ferner umfassend eine Rückseitenkontaktstruktur (415), die einen NTC-Abschnitt (123) umfasst, der benachbart zu der zumindest einen ersten hoch dotierten Region (921) der zweiten Bauelementdotierungsregion (307) angeordnet ist, wobei der NTC-Abschnitt (123) ein Material mit einem Widerstand mit einem negativen Temperaturkoeffizienten umfasst.

18. Eine Halbleiterdiode (100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900, 110, 120, 130), umfassend: eine erste Kathoden/Anoden-Region (306), die an einer ersten Oberfläche (205) eines Halbleitersubstrats (102) angeordnet ist, wobei die erste Kathoden/Anoden-Region (306) eine hoch dotierte Region (101) umfasst; eine zweite Kathoden/Anoden-Region (307), die an einer zweiten Oberfläche (208) des Halbleitersubstrats (102) angeordnet ist; und eine Kontaktstruktur (103) der ersten Kathoden/Anoden-Region (306), die einen NTC-Abschnitt (104) umfasst, der benachbart zu der zumindest einen hoch dotierten Region (101) der ersten Kathoden/Anoden-Region (306) an der ersten Oberfläche (205) des Halbleitersubstrats (102) angeordnet ist, wobei der NTC-Abschnitt (104) ein Material mit einem Widerstand mit einem negativen Temperaturkoeffizienten aufweist.

19. Ein Halbleiterbauelement (100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900, 110, 120, 125, 130), umfassend: eine Bauelementdotierungsregion (306) einer elektrischen Bauelementanordnung, die in einem Halbleitersubstrat gebildet ist, wobei die Bauelementdotierungsregion (306) ausschließlich einen ersten Leitfähigkeitstyp aufweist, wobei die Bauelementdotierungsregion (306) eine hoch dotierte Region (101) und eine geringer dotierte Region (309) des ersten Leitfähigkeitstyps umfasst, wobei die geringer dotier-

te Region (309) die hoch dotierte Region (101) lateral umgibt; und eine Kontaktstruktur (103), umfassend einen NTC-Abschnitt (104), der benachbart zu der hoch dotierten Region (101) an einer Oberfläche (205) des Halbleitersubstrats (102) angeordnet ist, wobei der NTC-Abschnitt (104) ein Material mit einem Widerstand mit einem negativen Temperaturkoeffizienten umfasst.

20. Ein Verfahren (170) zum Bilden eines Halbleiterbauelements, umfassend: Bilden (710) von zumindest einer hoch dotierten Region einer elektrischen Bauelementanordnung in einem Halbleitersubstrat; und Bilden (720) von zumindest einem NTC-Abschnitt einer Kontaktstruktur benachbart zu der hoch dotierten Region der elektrischen Bauelementanordnung an einer Vorderseitenoberfläche des Halbleitersubstrats, wobei der zumindest eine NTC-Abschnitt ein Material mit einem Widerstand mit einem negativen Temperaturkoeffizienten aufweist, wobei ein spezifischer elektrischer Widerstand des Materials mit einem Widerstand mit einem negativen Temperaturkoeffizienten des NTC-Abschnitts (104) der Kontaktstruktur (103) sich um zumindest 50 % seines spezifischen elektrischen Widerstandswertes bei 150°C in einem Temperaturintervall von 30 °C zwischen 170 °C und 250 °C ändert und/oder sich um zumindest 95 % seines spezifischen elektrischen Widerstandswertes bei 150°C in einem Temperaturintervall zwischen 170 °C und 250 °C ändert.

Es folgen 9 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

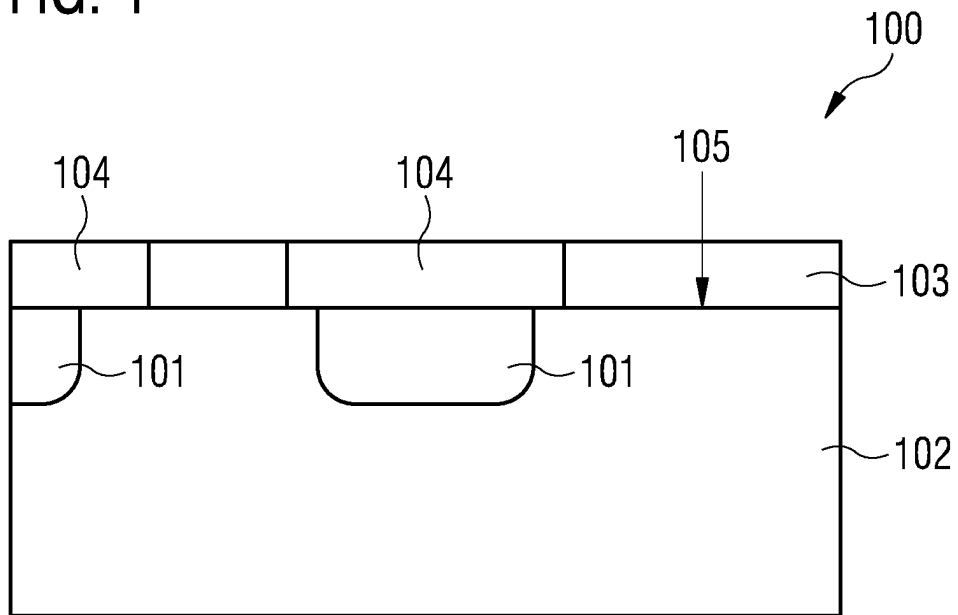


FIG. 2

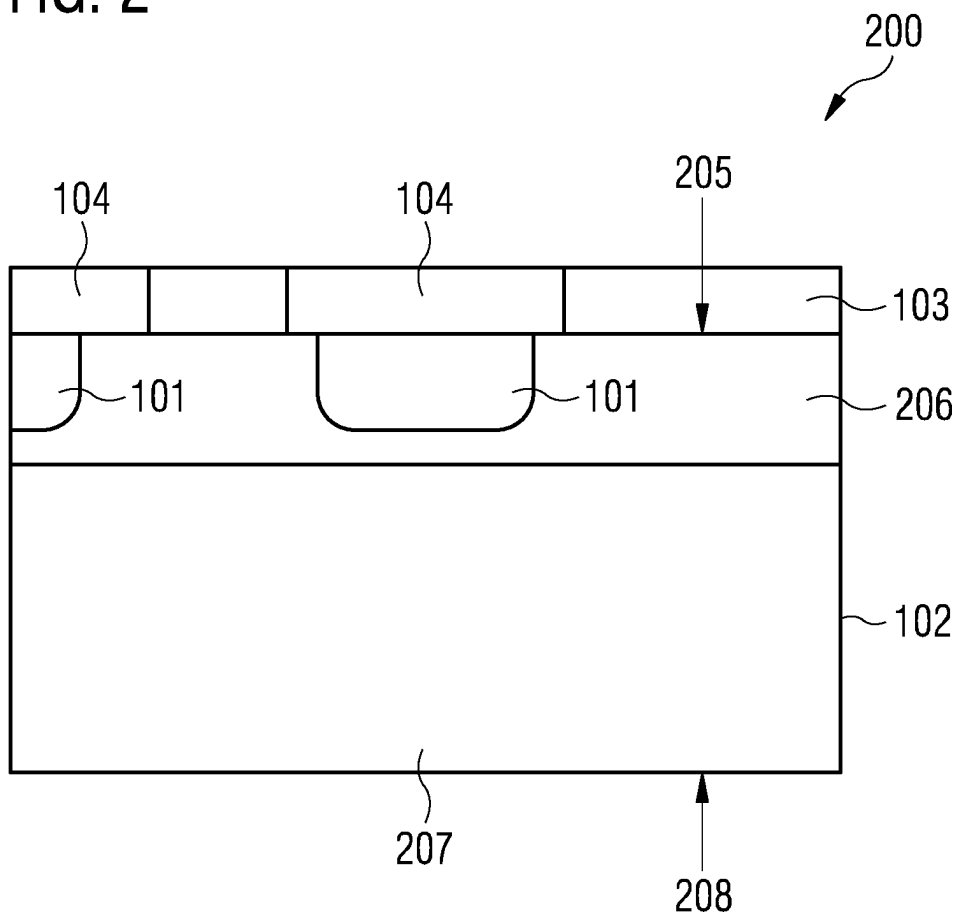


FIG. 3

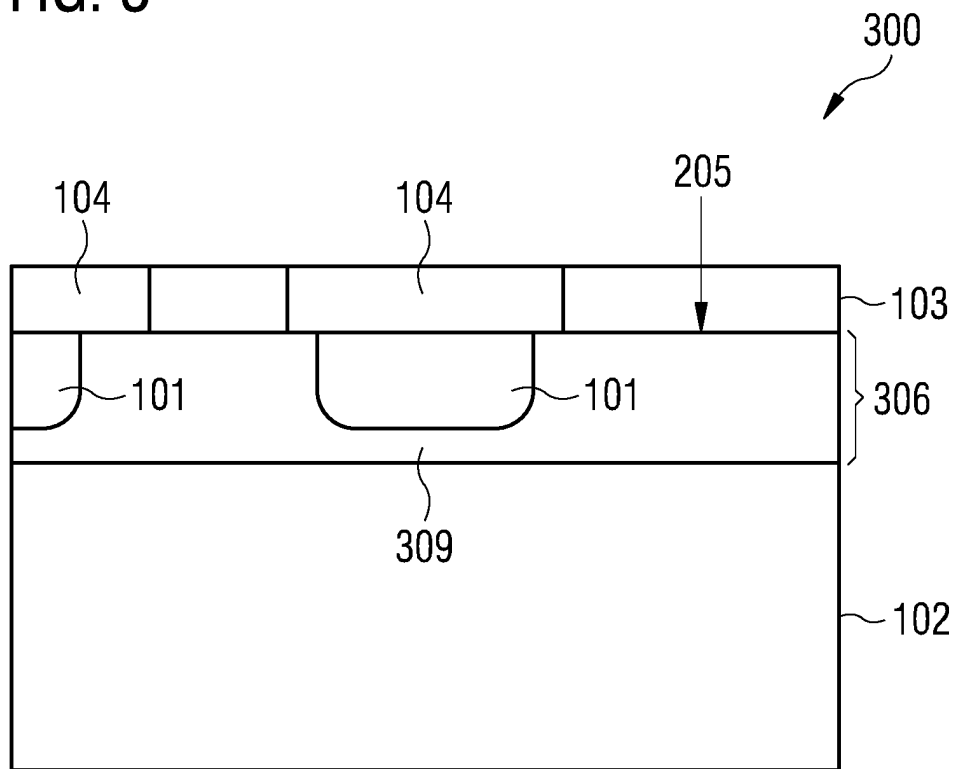


FIG. 4

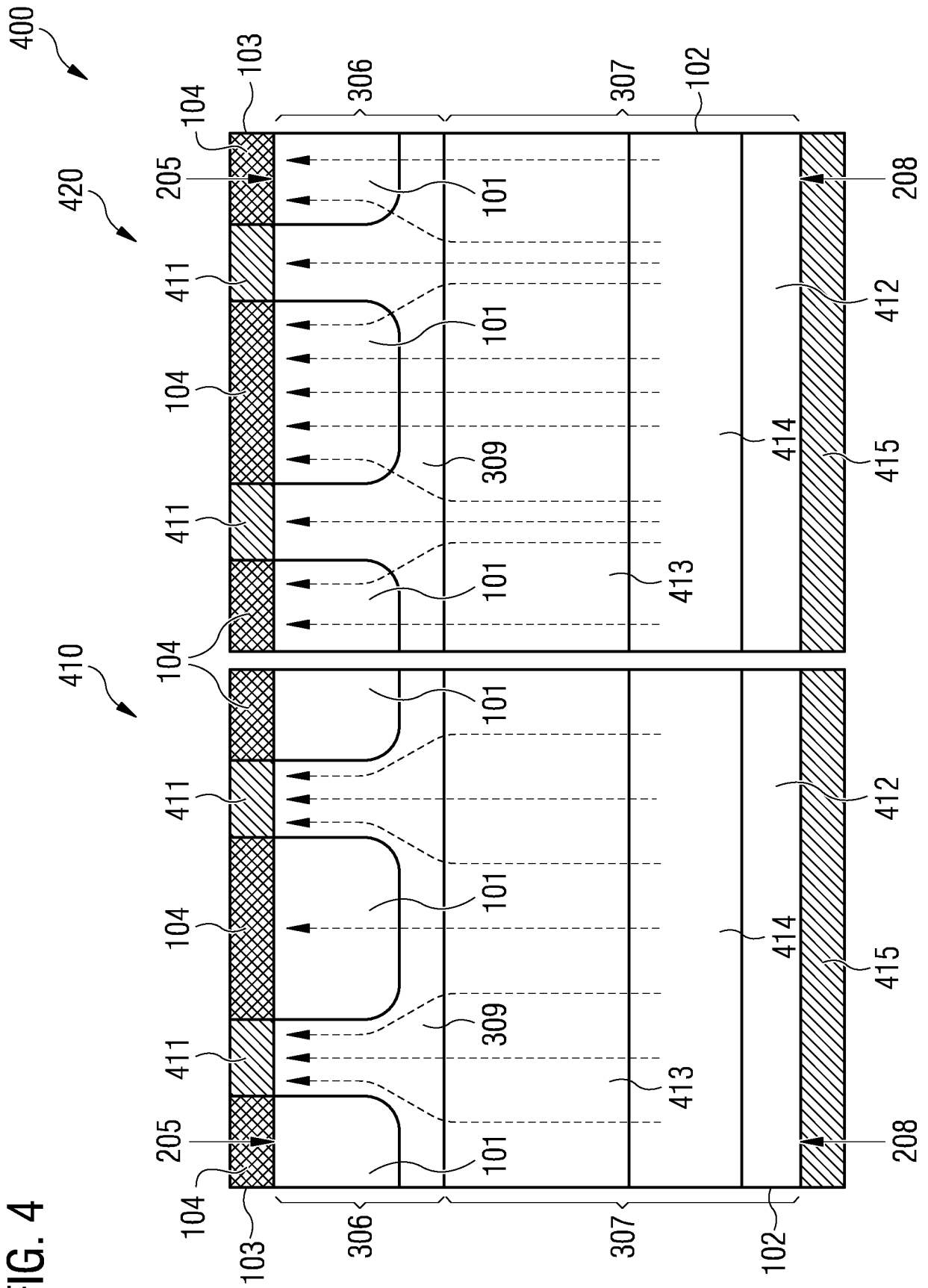


FIG. 5

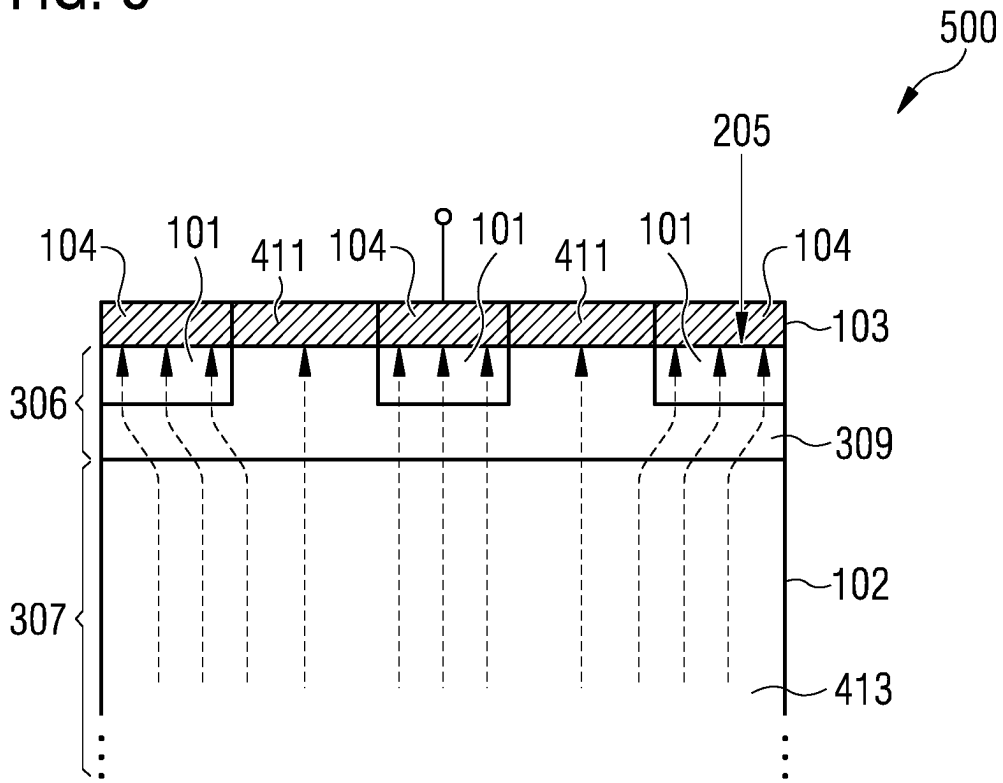


FIG. 6

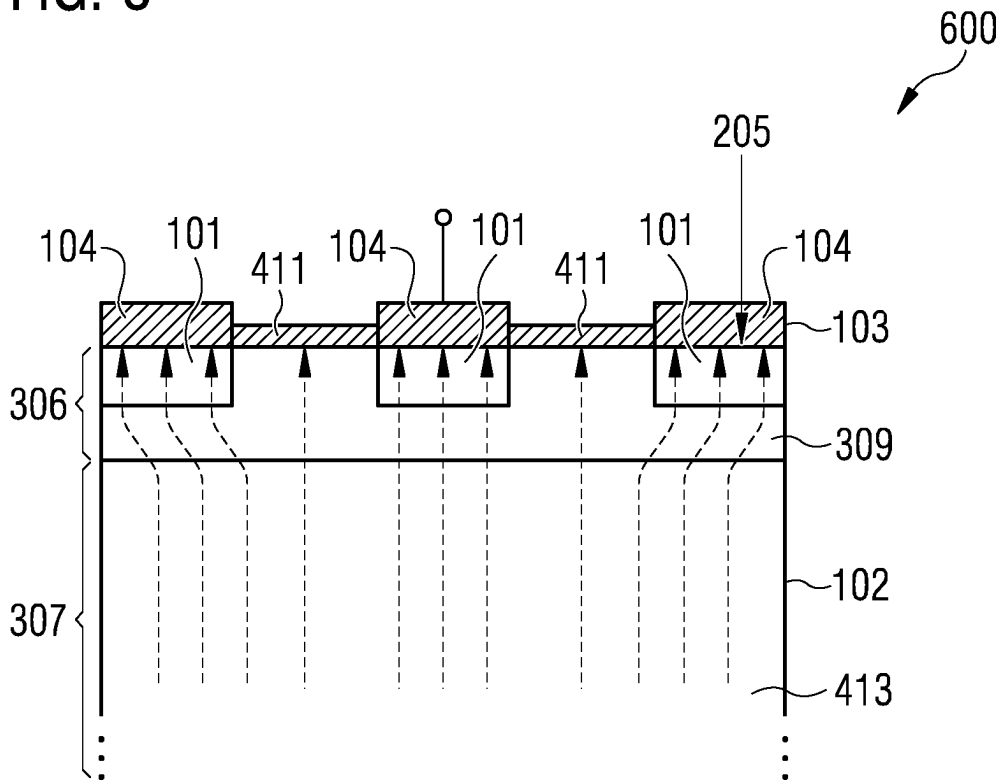


FIG. 7

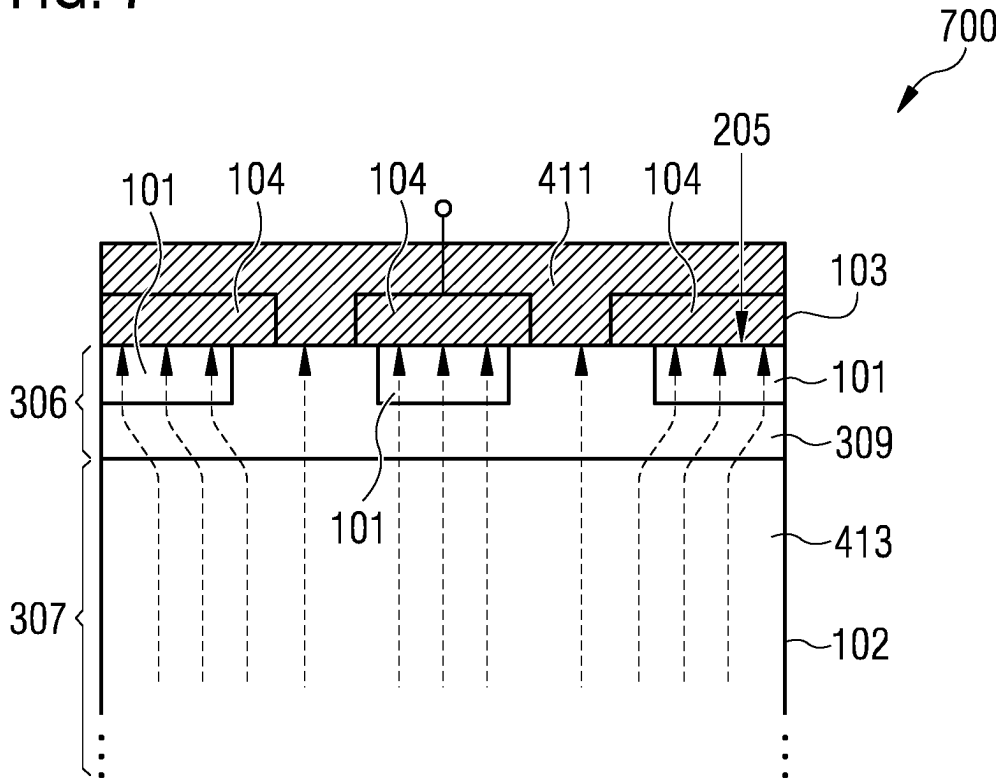


FIG. 8

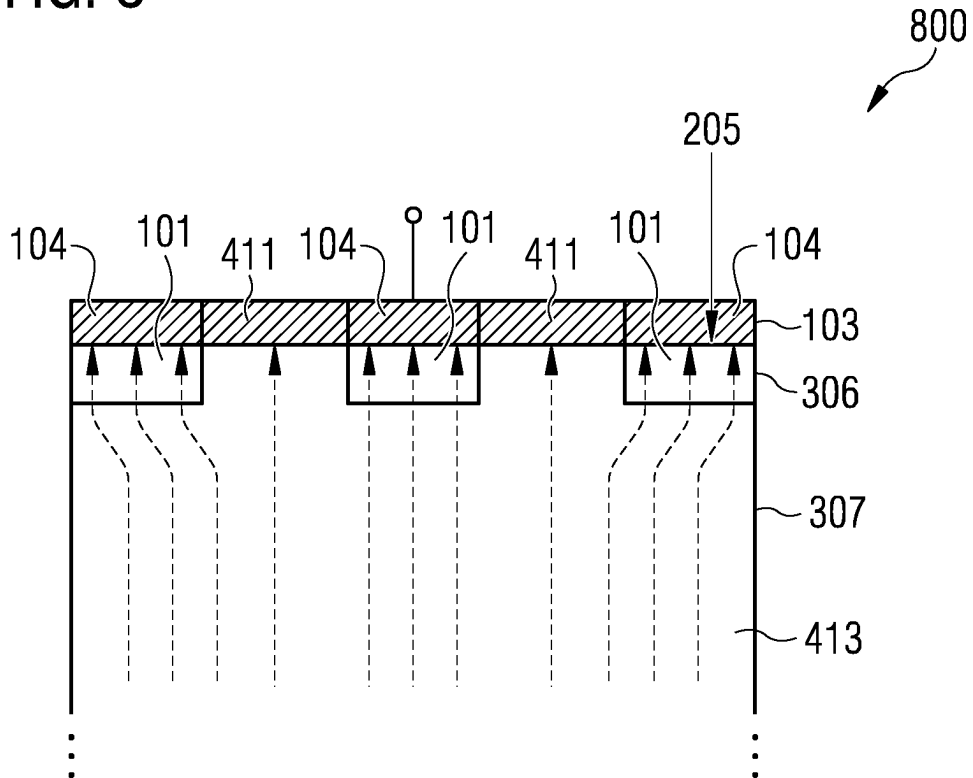


FIG. 9

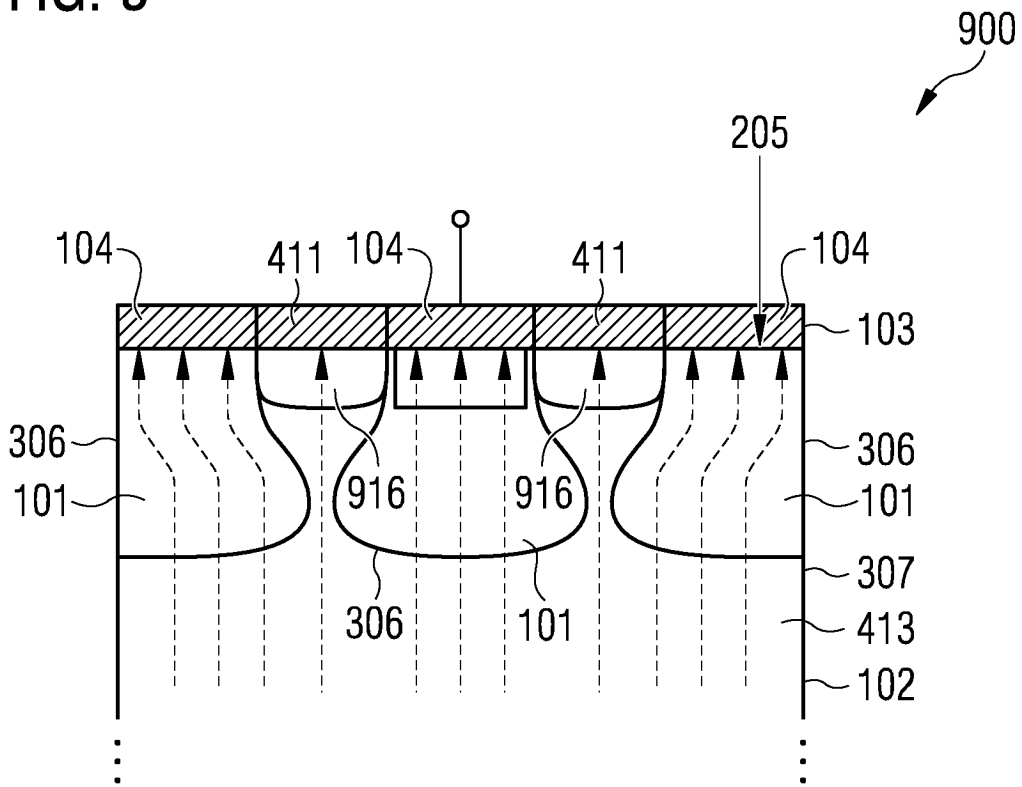


FIG. 10

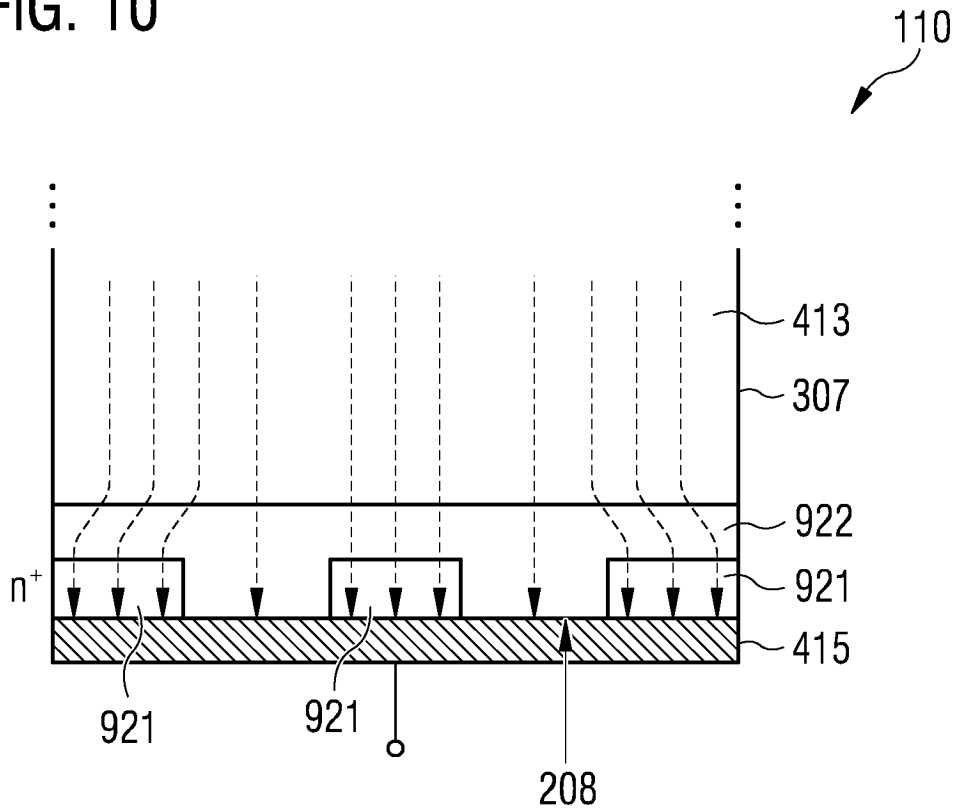


FIG. 11

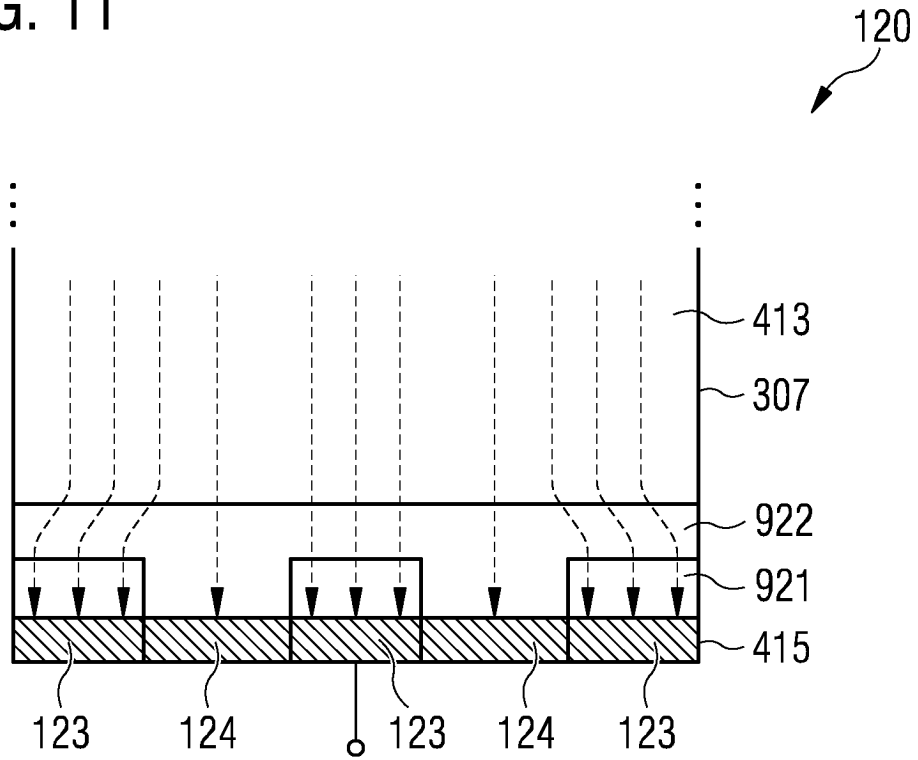


FIG. 12

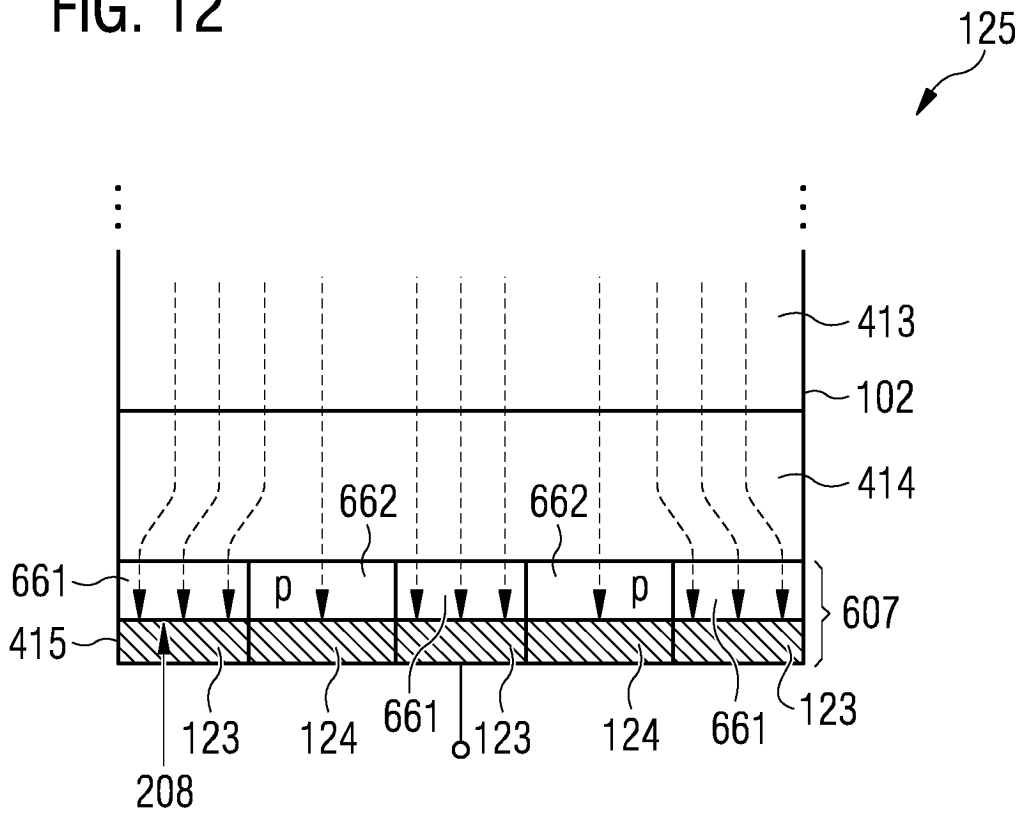


FIG. 13A

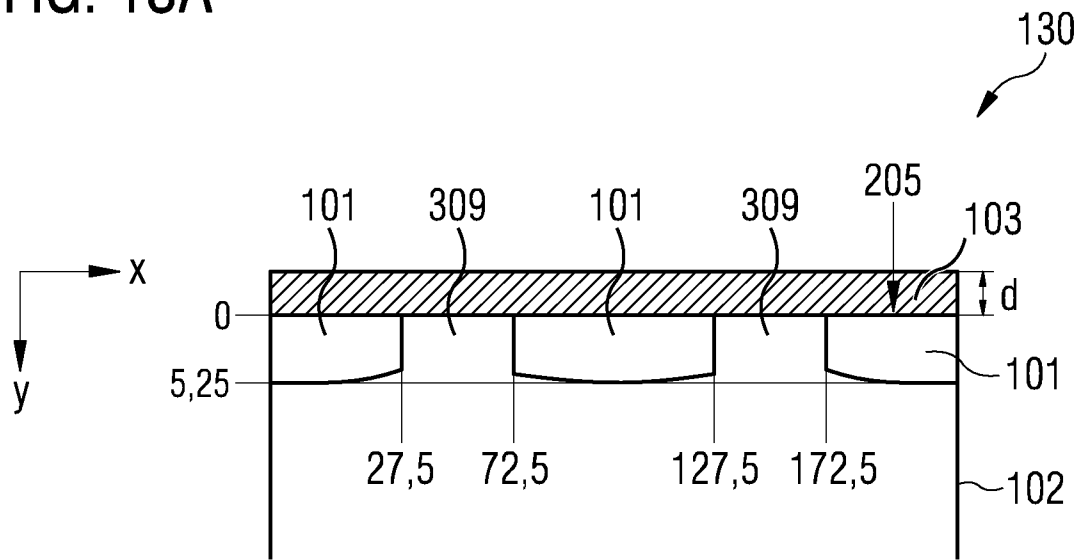


FIG. 13B

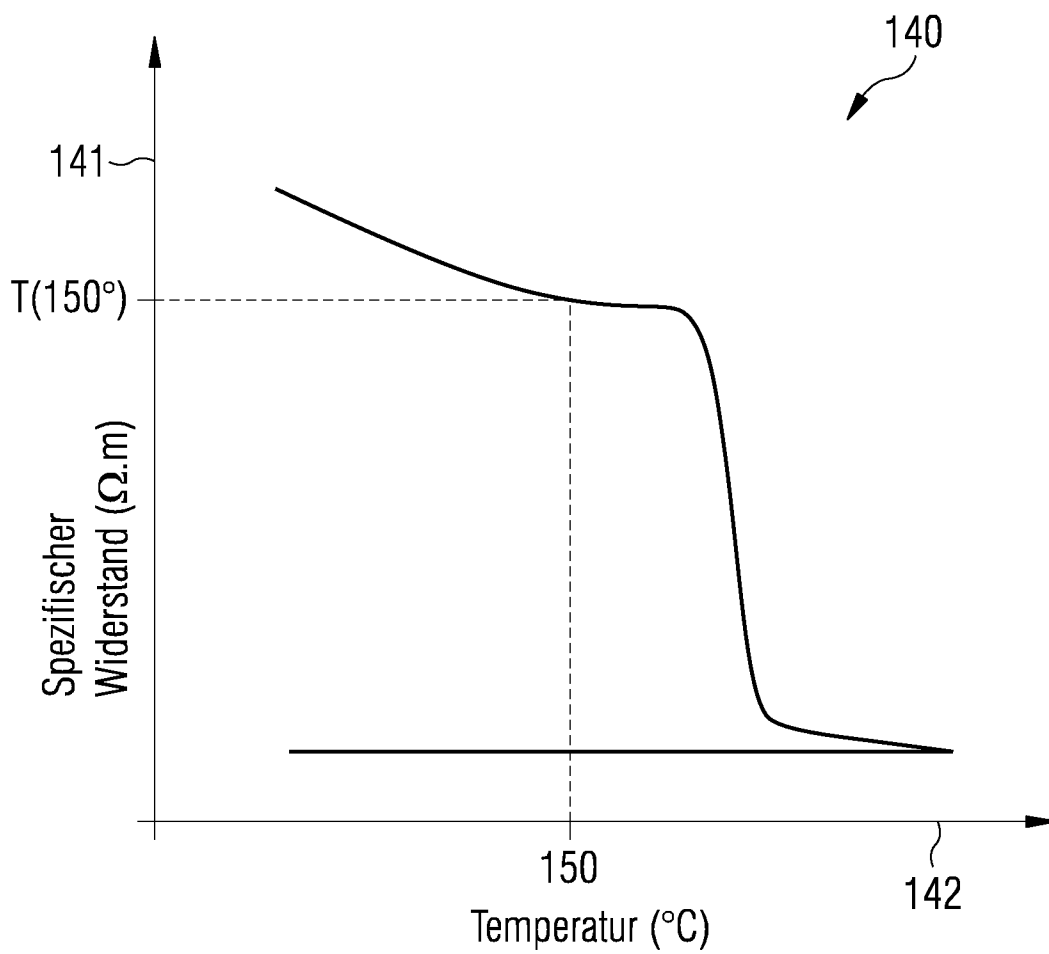


FIG. 13C

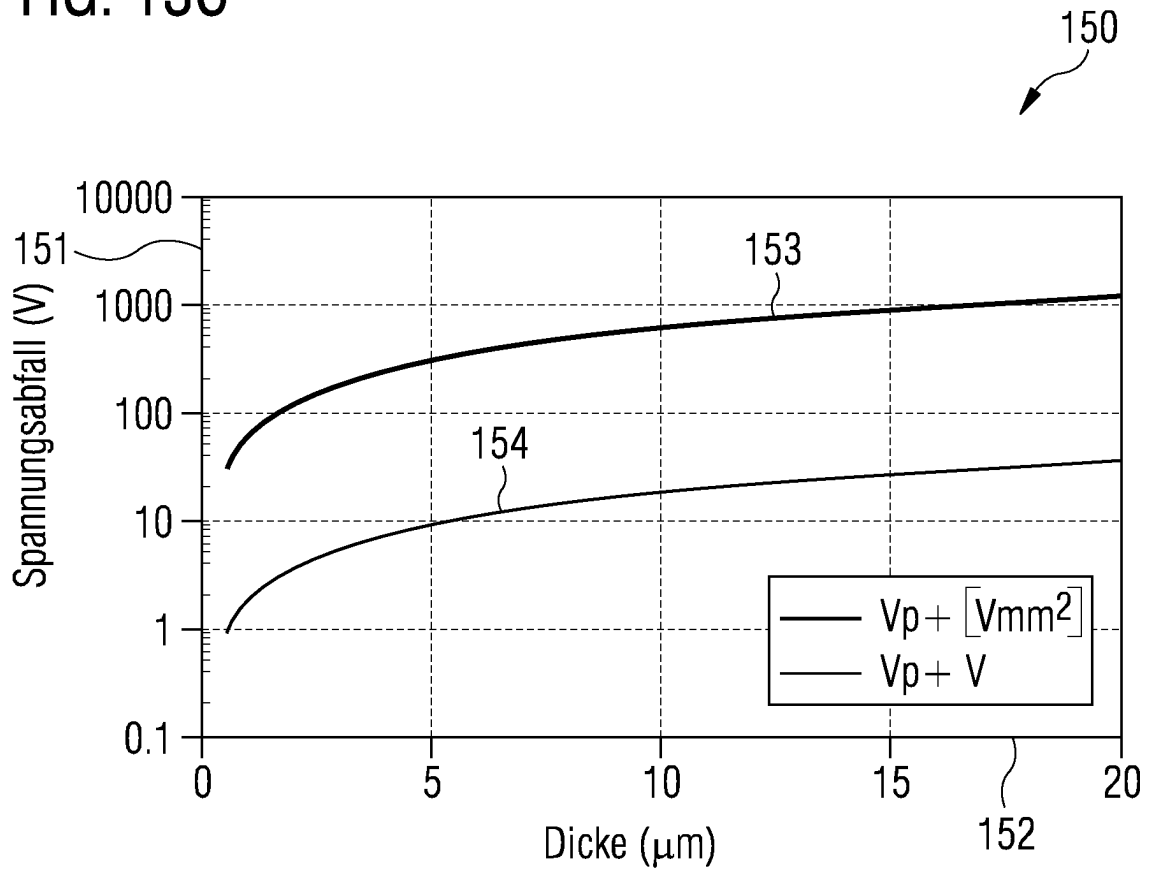


FIG. 14

