



(10) **DE 10 2007 020 263 B4** 2013.12.12

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2007 020 263.8**  
(22) Anmeldetag: **30.04.2007**  
(43) Offenlegungstag: **06.11.2008**  
(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: **12.12.2013**

(51) Int Cl.: **H01L 23/485 (2006.01)**  
**H01L 29/41 (2013.01)**  
**H01L 29/78 (2013.01)**

Innerhalb von drei 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).

(62) Teilung in:  
**10 2007 063 842.8; 10 2007 063 839.8**

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

(74) Vertreter:  
**Schoppe, Zimmermann, Stöckeler, Zinkler & Partner, 82049, Pullach, DE**

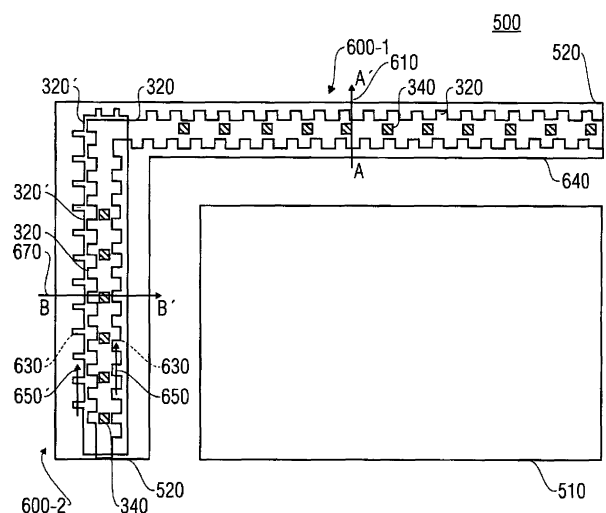
(72) Erfinder:  
**Zundel, Markus, Dr.rer.nat., 85658, Egming, DE;**  
**Schmalzbauer, Uwe, 85774, Unterföhring, DE;**  
**Zelsacher, Rudolf, Klagenfurt, AT**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:  
**siehe Folgeseiten**

(54) Bezeichnung: **Verkrallungsstruktur**

(57) Hauptanspruch: Verkrallungsstruktur (600), wobei die Verkrallungsstruktur eine strukturierte Bauelementschicht (620) auf einem Substrat (410) mit einer Zuleitungsstruktur (320) aufweist, die mit einer Isolationsschicht bedeckt ist, so dass sich die Zuleitungsstruktur zwischen der Isolationsschicht und dem Substrat befindet, wobei die Zuleitungsstruktur so strukturiert ist, dass eine topologiebildende Kante der Zuleitungsstruktur (320) eine Topologiekante (630) der Isolationsschicht bildet, wobei die Isolationsschicht (330) Kontaktlöcher (340) umfasst, über die eine Metallstruktur (640) in direktem Kontakt zu der Zuleitungsstruktur (320) steht, wobei die Metallstruktur (640) auf der strukturierten Bauelementschicht (620) gebildet ist, und sich dabei wenigstens über einen sägezahnförmigen Teil der topologiebildenden Kante der Zuleitungsstruktur (320) und einen gleichermaßen sägezahnförmigen Teil der Topologiekante (630) der Isolationsschicht, erstreckt, und einen Gaterunner eines Transistors bildet, wobei der sägezahnförmige Teil der Topologiekante (630) bei einer Projektion in eine Ebene wenigstens eine zusammenhängende Linie (630) bildet, wobei die zusammenhängende Linie (630) durch ein Polygon mit Geraden (650) definierbar ist, von denen jede eine Länge zwischen 19 µm und 42 µm aufweist, und sich die zusammenhängende Linie (630) bezogen auf einen ersten Punkt (660-1) und einen dritten Punkt (660-3) auf der jeweiligen Geraden auf einer ersten Seite der Geraden (650) und bezogen auf einen zweiten Punkt (660-2) und einen vierten Punkt (660-4) auf der Geraden auf einer der ersten Seite gegenüber liegenden Seite der Geraden (650) befindet, und

wobei der zweite Punkt (660-2) zwischen dem ersten Punkt (660-1) und dem dritten Punkt (660-3) und der dritte Punkt (660-3) zwischen dem zweiten Punkt (660-2) und dem vierten Punkt (660-4) liegt.



(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:

<b>DE</b>	<b>33 31 624</b>	<b>A1</b>
<b>DE</b>	<b>101 03 966</b>	<b>A1</b>
<b>DE</b>	<b>102 43 961</b>	<b>A1</b>
<b>DE</b>	<b>199 21 015</b>	<b>A1</b>
<b>DE</b>	<b>10 2004 004 532</b>	<b>A1</b>
<b>DE</b>	<b>10 2005 005 749</b>	<b>A1</b>
<b>DE</b>	<b>10 2005 043 914</b>	<b>A1</b>
<b>DE</b>	<b>101 96 677</b>	<b>T5</b>
<b>US</b>	<b>2005 / 0 056 892</b>	<b>A1</b>
<b>US</b>	<b>2005 / 0 127 516</b>	<b>A1</b>
<b>US</b>	<b>2005 / 0 146 036</b>	<b>A1</b>
<b>US</b>	<b>5 075 763</b>	<b>A</b>
<b>US</b>	<b>6 163 065</b>	<b>A</b>
<b>US</b>	<b>5 475 268</b>	<b>A</b>
<b>JP</b>	<b>S57- 152 130</b>	<b>A</b>
<b>JP</b>	<b>H05- 243 318</b>	<b>A</b>

**Beschreibung**

## Hintergrund

**[0001]** Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Verkrallungsstruktur, wie sie beispielsweise im Bereich halbleitender Bauelemente, beispielsweise bei (vertikalen) Transistoren, eingesetzt werden können.

**[0002]** Bei der Entwicklung neuer Generationen von Halbleiterbauelementen, beispielsweise vertikalen Leistungstransistoren oder DMOS-Leistungstransistoren (DMOS = double diffused metal Oxide semiconductor = doppelt diffundierte Metalloxid-Halbleiter), ist ein wichtiges Ziel, die Bereitstellung von höchster Qualität und Zuverlässigkeit der Bauteile. Neueste Generationen von Transistoren werden daher härtesten Zuverlässigkeitstest (ZUV-Tests) unterzogen, bevor sie ausgeliefert werden. Ein wichtiger Test ist dabei der zyklische Temperatur-Durchlauftest, der auch als TemperatureCycling (TC) bezeichnet wird. Bei ihm wird das Zusammenspiel des Chips bzw. des Dies, welches überwiegend aus Halbleitermaterial, Isolatoren und Metallen hergestellt ist, und dem Gehäuse, das überwiegend aus Kunststoffen hergestellt ist, getestet. Insbesondere wird im Fall dieses Tests das Verhalten des fertigen Bauelements nach dem Vergießen bzw. nach dem Packaging-Prozess im Hinblick auf das Verhalten der häufig verschiedenen Ausdehnungskoeffizienten zwischen dem halbleitenden Material des Chips und der Pressmasse, die im Rahmen des Packaging-Prozesses eingesetzt wird, untersucht.

**[0003]** Durch diese verschiedenen Ausdehnungskoeffizienten sind häufig Randregionen eines Chips einer besonderen Belastung während des zyklischen Temperaturdurchlaufs unterworfen, der auch als TC-Stress bezeichnet wird. Gerade in diesen von dem TC-Stress belasteten Regionen kann es zu verschiedenen Ausfallbildern kommen, die für die eigentlichen Bauelemente ein erhöhtes Zuverlässigkeits-Risiko darstellen können.

**[0004]** Gerade im Chiprandbereich gilt es, solche Risiken möglichst zu vermeiden. Bei sehr vielen Bauelementen sind gerade im Randbereich des Chips metallische Strukturen angeordnet, die beispielsweise zur Kontaktierung von funktionalen Strukturen des Bauelements implementiert sind. Im Falle (vertikaler) Transistoren treten beispielsweise Probleme hinsichtlich der Zuverlässigkeit im Bereich der so genannten Gaterunner-Struktur auf, die häufig im Bereich des Chiprandes verläuft und zur Kontaktierung der Gate-Elektroden der vertikalen Transistoren dient. Im Falle des Beispiels einer Gaterunner-Struktur kann es so beispielsweise dazu kommen, dass sich die Gaterunner-Metallbahn im schlimmsten Falle an vielen Stellen komplett von der Chipoberfläche

löst und abhebt. Dieser Effekt wird auch als „Lifted Metal Lines“ bezeichnet.

**[0005]** Darüber hinaus kann es auch dazu kommen, dass die betreffende Metallstruktur, also beispielsweise die Gaterunner-Metallbahn, zwar noch in Haftung mit der Chipoberfläche bleibt, jedoch durch die TC-Belastung so stark hin und her geschoben wurde, dass sie am Ende eines entsprechenden TC-Tests an einigen Stellen merklich von ihrer ursprünglichen Position weg verschoben ist. Dieser Effekt wird auch als „Shifted Metal Line“ bezeichnet.

**[0006]** Solche verschobenen Metallstrukturen bzw. Shifted Metal Lines sind häufig auch in der Querschnittsform deutlich verändert. So weisen sie zu Beginn des Tests näherungsweise eine symmetrische Trapezform auf, während häufig am Ende eines solchen Tests ein sehr stark geschertes Trapez beobachtet werden kann.

**[0007]** Aufgrund solcher Zuverlässigkeits-Risiken, wie sie beispielsweise je nach Applikation des späteren Bauelements bereits durchaus aufgrund der in dem betreffenden Bauelement erzeugten Wärme auftreten können, kann so zu einem Totalausfall des Bauelements führen, da einzelne funktionale Bereiche des Bauelements nicht mehr oder nicht mehr vollständig angeschlossen sind. Kommt es beispielsweise im Fall eines (vertikalen) Transistors zu einem Ablösen bzw. zu einem Verschieben der Gaterunner-Struktur können einige Zellen im Bereich des Zellenfeldes des betreffenden Bauelementes, das die eigentlichen Transistorstrukturen umfasst, nicht mehr angesteuert werden, so dass sich die elektrischen Kennzahlen des vertikalen Transistors im Laufe des Betriebs ändern.

**[0008]** Fallen so aufgrund abgehobener oder verschobener Metallstrukturen Teile des eigentlichen Zellenfeldes des vertikalen Transistors aus, kann es im weiteren Betrieb dazu kommen, dass die verbleibenden Zellen des Zellenfeldes überlastet werden, so dass letztendlich der vertikale Transistor bzw. das betreffende Bauelement während des Betriebs zerstört werden kann.

**[0009]** Die DE 101 96 677 T5 bezieht sich auf eine Elektrodenstruktur und ein Verfahren zum Herstellen eines Dünnschicht-Strukturkörpers. Hierbei offenbart das Dokument einen Halbleiter-Beschleunigungssensor mit einem beweglichen Massenkörper sowie einer Vielzahl von feststehenden Strukturelementen.

**[0010]** Die DE 199 21 015 A1 bezieht sich auf eine Halbleitervorrichtung mit einer Justagemarke und ein Herstellungsverfahren zur Herstellung derselben.

**[0011]** Die JP 57 152 130 A bezieht sich auf ein Halbleiterbauelement, das eine Peilmarke im Inneren eines Bondpads aufweist. Das Bondpad ist als kreuzförmige Peilmarke im Inneren des Bondpads ausgeführt.

**[0012]** Die DE 10 2005 043 914 A1 bezieht sich auf ein Halbleiterbauelement für Bondverbindungen, bei dem eine bevorzugte Bondposition durch eine Justagestruktur aus einem Oxid markiert ist.

**[0013]** Die US 5 475 268 A bezieht sich auf ein Halbleiterbauelement mit einer Peilmarke, die im Bereich zweier sich kreuzender Leiterbahnen angeordnet ist.

**[0014]** Die JP 05 243 318 A bezieht sich auf ein Verfahren zum Erkennen von Bondpads für integrierte Schaltungen, bei der die Bondpads mit Hilfe alphabetischer Buchstaben, Zahlen oder einer Kombination derselben direkt beschriftet werden.

**[0015]** Die US 2005 0146036 A1 bezieht sich auf ein Verfahren zur Herstellung einer Metall-Silizidschicht auf einer Polysiliziumschicht mit einer nichtplanaren Topographie. Hierbei wird durch eine Abscheidung zweier Metalle und zweier schneller Temperaturschritte die Metall-Silizidschicht ausgebildet.

**[0016]** Die US 5 075 763 A bezieht sich auf ein Hochtemperaturmetallisierungssystem zur Kontaktierung halbleitender Materialien und offenbart unter anderem ein photovoltaisches Bauelement in einer Wanne.

**[0017]** Die DE 33 31 624 A1 bezieht sich auf eine elektronische Einrichtung oder einen IC-Chip mit einer Schutzelektrode aus einem Metall, bei der Schichtteile der Schutzelektrode einen isolierenden Vielschichtfilm aus einem Polyimidharz durchdringen.

**[0018]** Die US 2005 0127516 A1 bezieht sich auf eine kleine Abdeckung für Vias für dicke Kupferverbindungen.

**[0019]** Die DE 10 2005 005 749 A1 bezieht sich auf ein Halbleiterbauteil mit oberflächenmontierbaren Außenkontakten und ein Verfahren zur Herstellung desselben. Die oberflächemontierbaren Außenkontakte sind auf der Unterseite des Halbleiterbauteils auf Außenkontaktanschlussflächen angeordnet. Die Außenkontaktanschlussflächen weisen in ihrem jeweiligen Mittenbereich mindestens eine Vertiefung auf, die ein schwalbenschwanzförmiges Profil besitzt, wobei die flächige Erstreckung der Vertiefung kleiner als der maximale Querschnitt eines Außenkontaktes ist. Bei einem bevorzugten Verfahren wird die Vertiefung in dem Mittenbereich durch selektives Abscheiden von entsprechend strukturierten Metalllagen erreicht.

**[0020]** Die DE 102 43 961 A1 bezieht sich auf ein Metallfüllverfahren und ein Bauteil, welches aufgefüllte Bereiche aus Metall aufweist, bei dem das Einströmen und Füllen der galvanischen Lösung in Durchgangslöcher auf dem Substrat durch das Eintauchen des Substrats in das erhitzte und geschmolzene Metall erfolgt. Die aufgefüllten Bereiche aus Metall, werden so gebildet, dass zunächst in einem vorausgehenden Schritt eine metallische Schicht auf der Innenwandung sowohl an einem Ende des Durchgangslochs im Substrat wie auch auf der Substratoberseite um diese Öffnung herum ausgebildet wird. Dann erfolgt das Herausnehmen des Substrats aus dem Galvanisierungsbad, nach dem das Einströmen und Auffüllen der galvanischen Lösung in die Durchgangslöcher abgeschlossen ist, sowie eine anschließende Kühlung, um die galvanische Lösung, die in die Durchgangslöcher gefüllt wurde, erstarren zu lassen.

**[0021]** Die DE 101 03 966 A1 bezieht sich auf ein Verfahren zur Herstellung einer Halbleitervorrichtung das die folgenden Schritte aufweist: Bereitstellen eines Halbleiterchips, der eine Anschlußflächen-Befestigungsfläche mit einer Kontaktierungsanschlußfläche aufweist, Bilden einer isolierenden Isolationschicht auf der Anschlußflächen-Befestigungsfläche und Bilden eines leitenden Körpers in der isolierenden Isolationsschicht. Die Isolationsschicht weist einen Kontaktaufnahmehohlraum und ein Zugangsloch zum Zugang zum Kontaktaufnahmehohlraum auf. Das Zugangsloch ist enger als der Kontaktaufnahmehohlraum. Der leitende Körper weist einen Verankerungsabschnitt auf, der den Kontaktaufnahmehohlraum und das Zugangsloch füllt und elektrisch mit der Kontaktierungsanschlußfläche verbindet.

**[0022]** Die US 6163065 A bezieht sich auf eine integrierte Schaltung (IC). Die IC umfasst ein Substrat und zumindest eine dielektrische Schicht und eine Metallschicht, die auf dem Substrat gebildet sind. Die zumindest eine dielektrische Schicht und Metallschicht bilden eine chipaktive Fläche. Die IC umfasst ferner einen Schutzring, der die chipaktive Fläche umgibt. Der Schutzring hat zickzackförmige Abschnitte an Ecken desselben.

**[0023]** Die US 2005 0056 892 A1 bezieht sich auf ein vollständig verarmtes Gate-MOSFET-Bauelement zusammen mit einem Verfahren zum Herstellen desselben. Das Bauelement weist robuste I/O-Anwendungen auf und umfasst einen Halbleitersubstratkörper mit einem oberen Abschnitt mit einer Endoberfläche und einem unteren Abschnitt mit einer unteren Endoberfläche. Eine Sourceregion, eine Drainregion und eine Kanalbildungsregion zwischen der Source- und der Drainregion sind alle in dem Halbleitersubstratkörper gebildet. Grabenisolationsisolatorinseln umgeben die Source- und Drainregionen sowie die Kanalbildungsregion. Die Kanalbildungsregi-

on ist aufgebaut aus einer Mehrzahl von dünnen, beabstandeten, vertikal ausgerichteten leitfähigen Kanalelementen, die sich longitudinal entlang dem Bauelement zwischen der Source- und der Drainregion erstrecken. Eine Gatestruktur ist auch in der Form einer Mehrzahl von beabstandeten Gateelementen vorgesehen, die zwischen den Kanalelementen angeordnet sind. Die Gatestruktur umfasst auch ein oberes Gatebauglied, das die Gateelemente an ihren oberen vertikalen Enden miteinander verbindet, um die Kanalelemente zu bedecken. Schließlich ist eine dielektrische Schicht vorgesehen, um die leitfähigen Kanalelemente von der Gatestruktur zu trennen.

**[0024]** Die DE102004004532A1 bezieht sich auf eine Halbleitervorrichtung mit Kontaktflecken auf einem Halbleitersubstrat umfasst: eine obere Kupferschicht, die auf der unteren Oberfläche der Kontaktflecken mit einem dazwischen eingefügten Sperrmetall ausgebildet ist und die ein Kupferflächenverhältnis aufweist, das größer als Schichten ist, in denen Schaltungsverdrahtungen ausgebildet sind; und eine untere Kupferschicht, die elektrisch von der oberen Kupferschicht isoliert ist und die näher zu dem Halbleitersubstrat als die obere Kupferschicht ausgebildet ist.

#### Zusammenfassung

**[0025]** Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, eine Verkrallungsstruktur zu schaffen, die obige Probleme verbessert.

**[0026]** Diese Aufgabe wird durch eine Verkrallungsstruktur gemäß Anspruch 1 gelöst.

#### Kurzbeschreibung der Figuren

**[0027]** Bevorzugte Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung werden nachfolgend unter Bezugnahme auf die beiliegenden Zeichnungen näher erläutert.

**[0028]** **Fig. 1a** und **b** illustrieren den Begriff der Topologiekante und der topologiebildenden Kante;

**[0029]** **Fig. 2** illustriert einen Querschnitt durch ein Vergleichsbeispiel einer Verankerungsstruktur;

**[0030]** **Fig. 3** illustriert einen Querschnitt durch ein weiteres Vergleichsbeispiel einer Verankerungsstruktur;

**[0031]** **Fig. 4** zeigt einen Querschnitt durch ein weiteres Vergleichsbeispiel einer Verankerungsstruktur;

**[0032]** **Fig. 5a** und **b** zeigen eine Draufsicht und einen Querschnitt eines Vergleichsbeispiels einer Verkrallungsstruktur;

**[0033]** **Fig. 6** illustriert eine Aufsicht auf einen Chip;

**[0034]** **Fig. 7a** und **b** zeigen eine Aufsicht und einen Querschnitt durch ein Vergleichsbeispiel einer Verkrallungsstruktur am Beispiel von Kontaktlöchern;

**[0035]** **Fig. 8a** und **b** zeigen eine Aufsicht auf und einen Querschnitt durch ein Ausführungsbeispiel einer Verkrallungsstruktur;

**[0036]** **Fig. 9** zeigt eine Aufsicht auf ein Ausführungsbeispiel einer Verkrallungsstruktur;

**[0037]** **Fig. 10** zeigt eine Aufsicht auf ein Ausführungsbeispiel einer Verkrallungsstruktur;

**[0038]** **Fig. 11a** und **b** zeigt jeweils einen Querschnitt durch das in **Fig. 10** gezeigte Ausführungsbeispiele einer Verkrallungsstruktur;

**[0039]** **Fig. 12** zeigt einen Querschnitt durch ein Vergleichsbeispiel einer Verankerungsstruktur;

**[0040]** **Fig. 13** zeigt einen Querschnitt durch ein weiteres Vergleichsbeispiel einer Verankerungsstruktur;

**[0041]** **Fig. 14** zeigt einen Querschnitt durch ein Vergleichsbeispiel einer Verankerungsstruktur;

**[0042]** **Fig. 15** zeigt einen Querschnitt durch ein weiteres Vergleichsbeispiel einer Verankerungsstruktur;

**[0043]** **Fig. 16a** und **B** zeigen jeweils einen Querschnitt durch einen Leiterschichtstruktur mit einer Metallschicht; und

**[0044]** **Fig. 17** zeigt einen Querschnitt durch ein Vergleichsbeispiel einer Verankerungsstruktur.

#### Detaillierte Beschreibung der Ausführungsbeispiele

**[0045]** Die **Fig. 1–Fig. 17** zeigen Vergleichsbeispiele von Verkrallungsstrukturen und Verankerungsstrukturen sowie Ausführungsbeispiele erfindungsgemäßer Verkrallungsstrukturen, sowie Figuren zur Illustration und Erläuterung der betreffenden Beispiele. Bevor jedoch im Zusammenhang mit den **Fig. 2–Fig. 17** diese Verankerungsstrukturen und Verkrallungsstrukturen näher betrachtet und erläutert werden sollen, werden im Zusammenhang mit den **Fig. 1a** und **b** zunächst die Begriffe der „Topologiekante“ und der „topologiebildenden Kante“ sowie die im Rahmen der vorliegenden Anmeldung verwendeten Darstellungen näher erläutert.

**[0046]** **Fig. 1a** zeigt so einen Querschnitt durch eine Schichtstruktur **100**, während **Fig. 1b** die entsprechende Draufsicht auf das Bauelement darstellt. Hierbei zeigt **Fig. 1a** den Querschnitt durch das Bauelement entlang der Linie A-A', wie dies durch den Pfeil

**110** in [Fig. 1a](#) illustriert ist. In [Fig. 1B](#), die die Aufsicht auf das betreffende Bauelement bzw. die betreffende Schichtstruktur **100** zeigt, ist ebenfalls der Pfeil **110** dargestellt, der die Richtung des in [Fig. 1a](#) gezeigten Querschnitts darstellt.

**[0047]** Die Schichtstruktur **100**, wie sie in [Fig. 1a](#) dargestellt ist, ist auf einem Substrat **120** aufgebracht und umfasst eine erste Schicht **130**, die direkt auf dem Substrat **120** abgeschieden ist bzw. auf diesem angeordnet ist. Auf der ersten Schicht **130** ist eine zweite Schicht **140** angeordnet, die auf der ersten Schicht **130** konform abgeschieden wurde. Wiederum auf der zweiten Schicht **140** ist eine dritte Schicht **150** aufgebracht, die im Unterschied zu den darunter liegenden Schichten **130**, **140** eine planarisierte Oberfläche aufweist.

**[0048]** Die erste Schicht **130** weist hierbei im Bereich der Mitte des in [Fig. 1a](#) dargestellten Querschnitts eine Ausnehmung **160** auf, so dass die erste Schicht **130** in diesem Bereich unterbrochen ist. Als Folge bilden sich zwei topologiebildende Kanten **170-1** und **170-2** aus, die ebenfalls in [Fig. 1b](#) im Bereich der räumlichen Anordnung der Schichtstruktur **100** auf dem Substrat **120** dargestellt sind.

**[0049]** Da, wie zuvor erläutert wurde, bei der in der [Fig. 1a](#) und [Fig. 1b](#) gezeigten Struktur die zweite Schicht **140** konform auf der ersten Schicht **130** abgeschieden ist, so dass im Wesentlichen die Dicke der zweiten Schicht **140** bis auf den Bereich im direkten Umfeld der topologiebildenden Kanten **170** bezogen auf die Fläche der Schichtstruktur **100** im Rahmen der technischen Gegebenheiten konstant ist. Dies bedeutet, dass die Ausnehmung **160** in der ersten Schicht **130** in Form einer Ausnehmung **180** ebenfalls überträgt, wobei die beiden topologiebildenden Kanten **170-1**, **170-2** zu zwei Topologiekanten **190-1** und **190-2** in der zweiten Schicht **140** führen.

**[0050]** Für die dritte Schicht **150**, die nach der zweiten Schicht **140** im Fall der in **1a** und **1b** gezeigten Schichtstruktur **100** aufgebracht ist, stellen somit die durch die beiden topologiebildenden Kanten **170-1**, **170-2** in der ersten Schicht **130** verursachten Topologiekanten **190-1**, **190-2** in der zweiten Schicht **140** dar, die zu der bereits geschilderten Ausnehmung **180** führen. In die Ausnehmung **180** dringt dann das Material der dritten Schicht **150** ein. Das Material der dritten Schicht kann hierbei beispielsweise mit im Rahmen der üblichen Abscheidungsverfahren und Herstellungsverfahren der Dünnschichttechnologie aufgefüllt werden. Somit stellen für die dritte Schicht **150**, bei der es sich beispielsweise um eine Metallschicht handeln kann, die Topologiekanten **190-1**, **190-2** tatsächlich die Topologie beeinflussende Kanten dar, die durch die topologiebildenden Kanten **170-1**, **170-2** in der darunter liegenden ersten Schicht **130** hervorgerufen werden.

**[0051]** Selbstverständlich sollte in diesem Zusammenhang angemerkt werden, dass die beiden topologiebildenden Kanten **170-1**, **170-2** der ersten Schicht **130** für die zweite Schicht **140** ebenfalls Topologiekanten darstellen. Die Bezeichnungen der „topologiebildenden Kanten“ und der „Topologiekante“ beziehen sich hierbei in der obigen Beschreibung auf die dritte Schicht **150**. Allgemein gesprochen sind sie also typischerweise bezogen auf eine bestimmte Schicht zu verstehen. [Fig. 1b](#) zeigt hierbei die Lage der Topologiekanten **190-1**, **190-2** im Verhältnis zu den beiden topologiebildenden Kanten **170-1**, **170-2**, die die Ausnehmung **160** begrenzen, in einer nicht maßstäblichen Darstellung.

**[0052]** Die **1a** und **1b** illustrieren somit insbesondere, dass beispielsweise im Fall einer konformen Abscheidung topologiebildende Kanten **190** auch in ansonsten in dem betreffenden Bereich nicht-strukturierten Schichten auftreten können, wie dies **1a** im Falle der zweiten Schicht **140** zeigt. Die Topologiekanten **190** der zweiten Schicht **140** sind hierbei eine Folge der konformen Abscheidung der zweiten Schicht und der in der darunter liegenden ersten Schicht **130** bereits vorhandenen topologiebildenden Kanten **170**.

**[0053]** Wird andererseits, wie dies in [Fig. 1a](#) im Falle der dritten Schicht **150** zeigt, die Oberfläche einer entsprechenden Schicht planarisiert, so wirken darunter liegende topologiebildende Kanten für darüber liegende Schichten nicht mehr als topologiebildende Kanten oder als Topologiekanten. In dem Fall der in [Fig. 1a](#) gezeigten Schichtstruktur **100** bedeutet dies beispielsweise, dass für eine Schicht, die auf die dritte Schicht **150** mit ihrer planarisierten Oberfläche abgeschieden würde, die beiden Topologiekanten **190-1**, **190-2** nicht mehr als topologiebildende Kanten wirken würden, da aufgrund der Planarisierung der dritten Schicht **150** ihre gegebenenfalls durch eine konforme Abscheidung oder eine andere topologieerhaltende Abscheidung vorhandene Struktur planarisiert bzw. eingeebnet wurde.

**[0054]** Im Rahmen einer Strukturierung, wie sie beispielsweise zur Herstellung des in [Fig. 1a](#) und [Fig. 1b](#) gezeigten Schichtstruktur **100** herangezogen werden können, zählen nicht zuletzt die Standardverfahren der Halbleiter- und Dünnschichttechnologie. So können die Schichten **130**, **140**, **150** beispielsweise durch ein thermisches Verdampfen, ein Elektronenstrahlverdampfen, einen Sputterprozess oder durch andere physikalische und/oder chemische Abscheidungsverfahren erzeugt werden. Darüber hinaus besteht die Möglichkeit, gegebenenfalls entsprechende Strukturen auch im Rahmen von Aufschleuderprozessen (Spin-Coating) herzustellen. Je nach verwendetem Material und/oder verwendeter Prozesstechnologie können hierbei die betreffenden Schichten konform bzw. topologieerhaltend oder nicht-konform bzw. nicht-topologieerhaltend erfolgen. Darüber hin-

aus sind selbstverständlich auch Mischformen möglich, die zu einer teilweisen Einebnung vorhandener Strukturen führen. Dies kann beispielsweise durch die verwendete Menge des abzuscheidenden Materials, also durch die anvisierte Schichtdicke beeinflusst werden.

**[0055]** Zur Strukturierung können die üblichen Dünnschicht- oder Halbleiterverfahren eingesetzt werden, die beispielsweise eine photolithographische Strukturierung und entsprechende nasschemische, physikalische oder reaktive Ätzverfahren umfassen. Beispiele stellen so das Eintauchen einer entsprechend strukturierten und entwickelten Probe in eine Säure, Base oder andere reaktive Chemikalie dar. Ebenso können physikalische Ätzverfahren (z. B. Ionenstrahlätzen (IBE = ion beam etching)) oder chemisch unterstützte physikalische Ätzverfahren (z. B. reaktives Ionenätzen (RIE = reactive ion etching)) verwendet werden. Darüber hinaus können zur Planarisierung von Schichten beispielsweise entsprechende Rückätzschritte oder auch Polierverfahren bzw. Lap-Verfahren realisiert werden. Ein Beispiel stellt so das chemisch-mechanische Polieren (CMP = chemical-mechanical polishing) dar.

**[0056]** Wie bereits zuvor angedeutet wurde, kann es sich bei der dritten Schicht **150** beispielsweise um eine Metallschicht handeln. Typischerweise werden für solche Metallschichten Gold, Silber, Aluminium, Kupfer, Wolfram, Chrom, Titan, Platin oder Palladium verwendet. Bei den beiden anderen Schichten **130**, **140** kann es sich beispielsweise um isolierende Schichten aus einem Oxid oder Nitrid oder aus (dotierten) Halbleiterschichten, etwa einer Schicht aus Poly-Silizium handeln.

**[0057]** Bevor die ersten Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung näher beschrieben und erläutert werden, sollte darauf hingewiesen werden, dass im Rahmen der vorliegenden Anmeldung Objekte, Strukturen und Komponenten mit den gleichen oder ähnlichen funktionalen und/oder strukturellen Merkmalen mit den gleichen Bezugszeichen bezeichnet werden. Sofern dies nicht explizit anderweitig vermerkt ist, können in diesem Fall Beschreibungspassagen, die sich auf Objekte, Strukturen und Komponenten mit ähnlichen oder gleichen funktionalen Eigenschaften und Merkmalen beziehen, untereinander ausgetauscht werden. Darüber hinaus werden im weiteren Verlauf der vorliegenden Anmeldung zusammenfassende Bezugszeichen für Objekte, Strukturen und Komponenten verwendet, die identisch oder in ähnlicher Art und Weise in einem Ausführungsbeispiel oder in Strukturen in mehr als einer Figur auftreten. So ist bereits in der oben geschilderten Schichtstruktur **100** das zusammenfassende Bezugszeichen **170** für die beiden topologiebildenden Komponenten **170-1** und **170-2** verwendet worden. Ebenso ist für die beiden Topologiekan-

ten **190-1**, **190-2** das zusammenfassende Bezugszeichen **190** verwendet worden. Die Verwendung zusammenfassender Bezugszeichen ermöglicht daher eine kompaktere, flüssigere und klarere Beschreibung der Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung.

**[0058]** **Fig. 2** zeigt ein Vergleichsbeispiel für eine Verankerungsstruktur **200**, die eine Metallstruktur **210** aufweist, die in einer Verankerungsausnehmungsstruktur **220** mit wenigstens einer überhängenden Seitenwand eingreift bzw. eintaucht. Die Verankerungsausnehmungsstruktur **220** kann hierbei beispielsweise in einem Substratmaterial, also beispielsweise Silizium oder einem anderen Halbleitersubstrat, aber auch in einer Schicht oder einer Kombination aus beidem erzeugt werden. Je nach verwendetem Material für die Schicht bzw. die Struktur bzw. das Substrat, in dem die Verankerungsausnehmungsstruktur **220** erzeugt werden soll, können unterschiedliche Herstellungsverfahren, die im Weiteren beleuchtet werden sollen, herangezogen werden. So kommen als mögliche Materialien für entsprechende Schichten halbleitende Schichten, also etwa epitaktische Siliziumschichten oder polymorphe Siliziumschichten (Poly-Si oder Poly-Silizium), Isolatorschichten (Oxidschichten, Nitridschichten) oder andere, beispielsweise organische Schichten (Polyimidschichten, Polyamidschichten, PMMA-Schichten etc.) in Fragen.

**[0059]** Die in **Fig. 2** gezeigte Verankerungsstruktur **200** weist neben der überhängenden Seitenwand **230** an der dieser gegenüberliegenden Seitenwand eine im Wesentlichen senkrecht verlaufende Seitenwand **240** auf. Selbstverständlich kann optional die Seitenwand **240** ebenso gegen eine überhängende Seitenwand **230'** in einem weiteren Vergleichsbeispiel einer Verankerungsstruktur **200** ausgetauscht werden. Unabhängig davon, ob die Verankerungsausnehmungsstruktur **220** eine oder mehr überhängende Seitenwände **230** aufweist, verankern diese Seitenwände **230** die in der Verankerungsausnehmungsstruktur **220** angeordneten Metallstrukturen **210** jedoch derart, dass diese sich kaum bzw. überhaupt nicht aufgrund einer Einflussnahme auf das betreffende Bauelement abheben und/oder verschieben können.

**[0060]** Anders ausgedrückt, kommt es dadurch, dass die Metallstruktur wenigstens teilweise in der Verankerungsausnehmungsstruktur mit ihrer wenigstens einen überhängenden Seitenwand **230** angeordnet ist, dazu, dass die Metallstruktur **210** als ganzes im wahrsten Sinne des Wortes mit der umgebenden Struktur, in der die Verankerungsausnehmungsstruktur **220** erzeugt ist, verankert wird. Belastungs-induzierte bzw. stress-induzierte Tendenzen, die zu einer Verschiebung der Metallstruktur **210** führen könnten, werden daher gezielt unterbunden, so dass den die Qualität beeinträchtigenden Tendenzen, die bei-

spielsweise im Rahmen eines TC-Zyklus (TC = temperature cycling = Temperaturdurchlauf) auftreten, gezielt entgegengewirkt wird.

**[0061]** Somit kann durch eine Implementierung einer Verankerungsstruktur **200** die Betriebssicherheit eines Bauelements signifikant gesteigert werden, ohne dass zusätzliche kostenintensive Maßnahmen ergriffen werden müssen. Verankerungsstrukturen **200** gemäß **Fig. 2** ermöglichen daher eine kostengünstige und im Allgemeinen leicht zu implementierende Möglichkeit, die Betriebssicherheit im Hinblick auf die Zuverlässigkeit der Bauelemente zu steigern.

**[0062]** Anders ausgedrückt, kann durch Einführung von Verankerungsstrukturen **200** **Fig. 2** eine signifikante Verbesserung bezüglich des TC-Verhaltens von Metallgebieten **210** bzw. Metallstrukturen **210** in einer weitgehend kostenneutralen Art und Weise realisiert werden. Verankerungsstrukturen **200** gemäß **Fig. 2** können beispielsweise im Rahmen von Technologien, die ohnehin bereits Trenches bzw. Gräben im Rahmen des Prozessflows (Prozessablauf) verwenden, eingesetzt werden. Handelt es sich beispielsweise um vertikale Transistoren, die ein Zellenfeld mit entsprechenden Gräben aufweisen, können im selben Prozessschritt, in dem die Zellenfeldtrenches bzw. Zellenfeldgräben erzeugt werden, beispielsweise ein oder mehrere sehr breite Gräben unterhalb der zu verankernden Metallstrukturen **210** hergestellte werden. Diese Gräben bzw. Ausnehmungen werden daher auch als Verankerungstrenches bzw. Verankerungsausnehmungsstrukturen **220** bezeichnet.

**[0063]** Entsprechende Maßnahmen können im Höchstmaße kosteneffizient umgesetzt werden, da dazu im Wesentlichen nur das Layout des fertigen Bauelements unterhalb der Metallstrukturen **210** angepasst werden muss. Genauer gesagt ist es möglich, einen Graben (Trench) der als Verankerungsausnehmungsstruktur **220** dienen soll, in der für die jeweilige Technologie passenden Trenchbreite (Grabenbreite) in das Layout unterhalb der betreffenden Metallstrukturen **210** einzuführen. Handelt es sich beispielsweise um vertikale Hochleistungs-Transistoren, kann je nach angestrebter Spannungs-klasse abgesehen von einer Tiefe der Verankerungsausnehmungsstruktur, die in der einfachsten Art und Weise durch die in dem Zellenfeld angestrebte Trenchtiefe bzw. Grabentiefe bestimmt ist, auch die Breite der betreffenden Verankerungstrenches bzw. Verankerungsausnehmungsstrukturen **220** bestimmt werden.

**[0064]** Anders ausgedrückt kann abgesehen von der Zieltiefe, die sich beispielsweise im einfachsten Beispiel durch die Trenchtiefe in dem eigentlichen Zellenfeld des vertikalen Transistors bzw. dessen Bauelement ergibt, noch zusätzlich über die

im Layout des betreffenden Bauelements festgehaltene Breite der Verankerungsausnehmungsstruktur **220** (Trenchbreite) die genaue Geometrie der Verankerungsausnehmungsstruktur **220** modifiziert werden. Bei hier häufig verwendeten, etwa 5 µm dicken Schichtdicken für eine Power-Metallisierung als Metallstruktur **210**, liegt die anvisierte Tiefe der Gräben der Verankerungsstruktur **200** daher etwa im Bereich zwischen 3 µm und 7 µm. Selbstverständlich besteht ebenso die Möglichkeit, dass die Verankerungsausnehmungsstrukturen **220** in getrennten Prozessschritten realisiert bzw. hergestellt werden.

**[0065]** Wie diese Erörterung bereits gezeigt hat, hängen die möglichen verfahrenstechnischen Einzelheiten in höchstem Maße davon ab, in welchen Prozess ein Herstellungsverfahren für eine Verankerungsstruktur **200** implementiert bzw. integriert werden soll. Bevor daher weitere Möglichkeiten zur Erzeugung einer entsprechenden überhängenden Seitenwand **230** einer Verankerungsausnehmungsstruktur **220** erläutert werden soll, werden zunächst anhand der **Fig. 3** und **Fig. 4** zwei weitere Vergleichsbeispiele einer Verankerungsstruktur **200** im Falle eines so genannten Gaterunners als metallische Struktur zur Kontaktierung der Gate-Elektroden von Feldeffekttransistoren erläutert.

**[0066]** **Fig. 3** zeigt so einen Querschnitt durch ein Vergleichsbeispiel einer Verankerungsstruktur **200** im Falle eines vertikalen Feldeffekttransistors, der eine Mehrzahl von Gräben aufweist, von denen im linken Abschnitt von **Fig. 3** der erste Graben **250** gezeigt ist. Das Bauelement in Form des vertikalen Feldeffekttransistors ist hierbei auf Basis eines monokristallinen Silizium-Substrats gefertigt, auf das anschließend ein epitaktisches Siliziumgebiet **260** aufgebracht wurde, in das der Graben **250** strukturiert wurde. Das epitaktische Siliziumgebiet stellt hier für das eigentliche Bauelement und das Vergleichsbeispiel der Verankerungsstruktur **200** eine Trägerschichtstruktur dar. Der Graben **250** ist mit einer Isolationsschicht **270** ausgekleidet, auf die eine untere Elektrode **280** aus Poly-Silizium (Poly-Si) abgeschieden ist. Oberhalb der unteren Elektrode **280** ist eine obere Elektrode **290** innerhalb des Grabens **250** angeordnet, die ebenfalls aus Poly-Silizium gefertigt sein kann und durch eine dünne Isolationsschicht **300** von der unteren Elektrode **280** elektrisch isoliert ist.

**[0067]** Hierbei ist die Isolationsschicht **270** auf Höhe der oberen Elektrode **290** im linken Bereich des ersten Grabens **250** dünner ausgeführt als in dem darunter liegenden Bodenbereich des ersten Grabens **250**. Aufgrund dieser Verjüngung der Isolationsschicht **270** kann über die obere Elektrode **290**, bei der es sich um eine Gate-Elektrode des vertikalen Transistors handelt, durch eine geringere Steuerspannung bzw. Gate-Spannung die charakteristischen Eigenschaften des leitfähigen Kanals, der sich



in diesem Bereich zwischen den Gräben ausgebildet, beeinflusst werden. Da die obere Elektrode **290** somit auch als Gate-Elektrode fungiert, ist sie in [Fig. 3](#) auch mit dem Buchstaben „G“ bezeichnet.

**[0068]** Im Unterschied hierzu wird mit dem in [Fig. 3](#) gezeigten Design eines vertikalen Transistors die untere Elektrode **280** auf das Source-Potential gelegt, weshalb die untere Elektrode **280** in [Fig. 3](#) auch mit „S“ bezeichnet ist. Die untere Elektrode **280** wird auch als Feldplatte bezeichnet, da diese das elektrostatische Feld in dem Bereich zwischen den Gräben beeinflusst.

**[0069]** Neben dem ersten Graben **250**, der den Rand des Zellenfeldes des betreffenden Bauelements darstellt, weist das in [Fig. 3](#) gezeigte Vergleichsbeispiel einer Verankerungsstruktur **200** einen Verankerungsgraben **310** bzw. Graben **310** auf, der ebenfalls in dem epitaktischen Gebiet **260** oberhalb des monokristallinen Silizium-Substrats angeordnet ist. Ebenso wie der erste Graben **250**, ist auch der Verankerungsgraben **310** mit einer Isolierschicht **270** ausgekleidet, die die darüber liegenden Schichten von dem epitaktischen Gebiet **260** elektrisch isoliert. Darüber hinaus sei der Vollständigkeit halber erwähnt, dass die Isolationsschicht **270** sich ebenfalls in dem Bereich zwischen dem Verankerungsgraben **310** und dem ersten Graben **250** sowie auf der dem ersten Graben **250** abgewandten Seite des Verankerungsgrabens **310** erstreckt und ebenso dort eine elektrische Isolation der darüber liegenden Schichten von dem epitaktischen Gebiet **260** sicherstellt.

**[0070]** Innerhalb des Verankerungsgrabens **310** ist oberhalb der Isolationsschicht **270** eine Zuleitungsstruktur **320** angeordnet, die sich auf einem Boden des Verankerungsgrabens **310** über dessen Seitenwände bis hin in den Bereich außerhalb des Verankerungsgrabens **310** erstreckt. Die Zuleitungsstruktur **320** ist typischerweise ebenfalls aus Poly-Silizium ausgeführt und kontaktiert die obere Elektrode **290** in den Gräben (auch in dem ersten Graben **250**) über einen außerhalb der in [Fig. 3](#) gezeigten Schnittebene verlaufende Struktur. Um dies zu kennzeichnen, ist die Zuleitungsstruktur **320** in [Fig. 3](#) auch mit dem Buchstaben „G“ gekennzeichnet und wird häufig auch als „Poly-G“ oder als „Poly-Gate“ bezeichnet. Anders ausgedrückt, kontaktiert das Poly-Gate **320** die obere Elektrode **290** in den Gräben, zu dem auch der erste Graben **250** zählt, über eine meist aus Poly-Silizium gefertigte Struktur, die sich außerhalb der in [Fig. 3](#) gezeigten Schnittebene durch das Bauelement erstreckt.

**[0071]** Innerhalb des Verankerungsgrabens **310** sowie an dessen Seitenwänden ist das Poly-G **320** von einem Zwischenoxid **330** bedeckt, das in [Fig. 3](#) auch als „ZWOX“ bezeichnet ist. Das Zwischenoxid **330** erstreckt sich darüber hinaus ebenfalls in dem Be-

reich, indem sich bezogen auf dem in [Fig. 3](#) gezeigten Querschnitt das Poly-G **320** nicht erstreckt. So bedeckt das Zwischenoxid **330** unter anderem auch die obere Elektrode **290** in dem ersten Graben **250**, die als Gate-Elektrode dient.

**[0072]** Das Zwischenoxid **330** weist nun im Bereich des Bodens des Verankerungsgrabens **310** ein Kontaktloch **340** auf, über das das Poly-G **320** mit der Metallstruktur **210** des Vergleichsbeispiels der Verankerungsstruktur **200** in direktem, elektrisch leitfähigem Kontakt steht. Wie bereits zuvor angedeutet wurde, handelt es sich bei der Metallstruktur **210** hier um einen Teil der so genannten Gaterunner-Struktur, die im äußeren Bereich des Chips entlang läuft und zur Kontaktierung der Zuleitungsstrukturen bzw. des Poly-G **320** dient. Die genaue Struktur, wie ein Gaterunner geführt sein kann, wird im Zusammenhang mit [Fig. 6](#) näher erläutert.

**[0073]** Die Metallstruktur **210** der Verankerungsstruktur **200** ist hierbei im Inneren des Verankerungsgrabens **310** angeordnet. Die Verankerungsausnehmungsstruktur **220** wird in diesem Fall durch eine Ausnehmung in der Zwischenoxidschicht **330** gebildet. So weisen in [Fig. 3](#) die Seitenwände **230** der durch das Zwischenoxid **330** gebildeten Verankerungsausnehmungsstruktur **220** ein überhängendes Profil aus, wie dies durch die in [Fig. 3](#) gestrichelt gezeigten Linien **350** auch verdeutlicht wird.

**[0074]** Darüber hinaus kommt es aufgrund der in [Fig. 3](#) gezeigten Topologie zu einer leicht durchhängenden Oberfläche der Metallstruktur **210**, die die verankernde Wirkung der Verankerungsstruktur **200** darüber hinaus unterstützt.

**[0075]** So wird bei der in [Fig. 3](#) gezeigten Verankerungsstruktur **200** die Metallbahn **210** mit einem wesentlichen Volumenanteil unterhalb der Silizium-Oberfläche (Si-Oberfläche) gebildet, die durch einen Pfeil **360** markiert ist und den Beginn des epitaktischen Gebiets **260** markiert. Mit anderen Worten wird als eine mögliche Ausführung einer Form eines verankernden Querschnitts gemäß [Fig. 3](#) ein wesentlicher Anteil des Metallvolumens der Leiterbahn **210** in die Trenchstruktur bzw. den Verankerungsgraben **310** hineinversenkt und führt dort zu der beabsichtigten Verankerung. Die Metallbahn **210** ist somit nicht abhebbar bzw. abzuheben (lifted metal lines) und durch die sich ergebenden durchhängenden Formen der Metallstruktur **210** an ihrer Oberkante im Bereich oberhalb des Trechens **310** wirken die seitlich angreifenden, verschiebenden Kräfte nur teils verschiebend. Sie bewirken teilweise sogar, dass die Metallbahn **210** eher noch tiefer in den Trench **310** hineingedrückt wird. Hierbei ist für die Ausbildung der Ankerform der Metallstruktur **210** charakteristisch, dass das Zwischenoxid **330** an der Verankerungstrenchseitenwand bildet, so dass sich die überhängenden

Seitenwände **230** der Verankerungsausnehmungsstruktur ergeben.

**[0076]** Im Gegensatz zu Metallbahnen bzw. Metallstrukturen, die sich oberhalb der Silizium-Oberfläche bzw. oberhalb der auch als Erstoxid bezeichneten Isolationsschicht **270** befindet, wodurch diese eine große seitliche Angriffsfläche die Belastungen (Stress) aus der TC-Belastung aufweisen, so dass in diesem Fall die Gefahr von versetzten oder abgehobenen Metallstrukturen (shifted/lifted metal lines) sehr hoch ist, kann diese Gefahr durch eine Verwendung einer Verankerungsstruktur **200** signifikant verringert werden. Vergleichsbeispiele einer entsprechenden Verankerungsstruktur **200** weisen somit eine erheblich bessere Widerstandsfähigkeit gegenüber TC-Belastungen auf, als solche Metallbahnen, die im Wesentlichen oberhalb der Silizium-Oberfläche liegen.

**[0077]** Bevor im Zusammenhang mit **Fig. 4** ein weiteres Vergleichsbeispiel einer Verankerungsstruktur **200** erläutert wird, bietet es sich an anzumerken, dass die durch den Pfeil **360** markierte Oberfläche bzw. Siliziumoberfläche häufig auch als Grenzfläche zwischen Silizium und Erstoxid **270** bezeichnet wird. Darüber hinaus wird die Isolationsschicht **270** abhängig davon, welcher Bereich des Bauelements betrachtet wird, auch als Erstoxid und/oder als Gateoxid bezeichnet. Die untere Elektrode **280** in dem ersten Graben **250** und den weiteren, nicht in **Fig. 3** gezeigten Gräben wird auch als Polysilizium bzw. Poly-S im Trench oder auch als Source-Feldplatte bezeichnet. Das Polysilizium **290** im Trench **250**, das näher an der Oberfläche des Bauelements liegt, bildet, wie zuvor erläutert, die Gate-Elektrode.

**[0078]** **Fig. 4** zeigt ein weiteres Vergleichsbeispiel einer Verankerungsstruktur **200**, die sich sowohl bezüglich der eigentlichen Verankerungsstruktur als auch hinsichtlich der Transistorstruktur von der in **Fig. 3** gezeigten Gesamtstruktur nur geringfügig unterscheidet. Aus diesem Grund wird für die Beschreibung der einzelnen Strukturen, Komponenten und Objekte auf die Beschreibung im Hinblick auf die **Fig. 3** verwiesen.

**[0079]** Das in **Fig. 4** gezeigte Vergleichsbeispiel einer Verankerungsstruktur **200** unterscheidet sich genauer gesagt von dem in **Fig. 3** gezeigten Vergleichsbeispiel im Wesentlichen nur hinsichtlich der Breite des Verankerungsgrabens **310** und der Schichtdicke der Metallstruktur **210**. So ragt die Metallstruktur **210** bzw. die Metallbahn **210** der Gaterunner-Struktur nur geringfügig über die durch die Pfeile **360** markierte Silizium-Oberfläche des Bauelements hinaus. Als Folge ergibt sich bei dem in **Fig. 4** gezeigten Vergleichsbeispiel eine Verankerungsstruktur **200**, dass die Metallbahn **210** mit dem größten Volumenanteil unterhalb der Silizium-Oberfläche liegt. Dadurch, dass die

Metallbahn **210** fast vollständig unter die Silizium-Oberfläche gelegt wurde, unterscheidet sich die Metallstruktur **210** von der in **Fig. 3** gezeigten Metallstruktur **210** ferner darin, dass diese nicht die ausgeprägte Ankerform mit der durchhängenden Oberfläche aufweist, wie dies **Fig. 3** im Falle der Metallstruktur **210** zeigt.

**[0080]** Zusammen mit den überhängenden Seitenwänden **230**, die auch bei diesem Vergleichsbeispiel einer Verankerungsstruktur **200** durch das Zwischenoxid **230** gebildet sind, können die auftretenden Kräfte im Rahmen einer TC-Belastung oder einer anderen betriebsbedingten oder testbedingten Belastung seitlich nicht mehr an die Metallbahn **210** angreifen. Darüber hinaus kann auch aufgrund der im Vergleich zu dem in **Fig. 3** gezeigten Vergleichsbeispiel tiefer gelegten Metallbahn **210** in Kombination mit den seitlich überhängenden Seitenwänden **230** Kräfte, die die Metallbahn **210** tendenziell abheben könnten, diese nicht mehr aus ihrer Grundposition bewegen. Die in der Querschnittsskizze aus **Fig. 4** gezeigte Querschnittsform kombiniert somit die Form der überhängenden Seitenwand der Verankerungsausnehmungsstruktur **220**, die zu dem ankerförmigen Querschnitt der Metallstruktur **210** führt, und die nahezu vollständige Anordnung der Metallstruktur **210** unter der Oberfläche bzw. Silizium-Oberfläche, die durch die Pfeile **360** angezeigt wird, als Kombination dar.

**[0081]** Wie bereits zuvor im Rahmen einer möglichen Prozessintegration zur Herstellung einer entsprechenden Verankerungsstruktur erläutert wurde, kann beispielsweise bei den in den **Fig. 3** und **Fig. 4** gezeigten Vergleichsbeispielen einer Verankerungsstruktur **200** der Verankerungsgraben **310** in dem gleichen Prozessschritt erzeugt werden die wie eigentlichen Gräben des Zellenfeldes, zu denen unter Anderem der erste Graben **250** zählt. In diesem Fall entspricht die Zieltiefe des Verankerungsgrabens **310** etwa der der weiteren Gräben (u. a. Graben **250**). Wie zuvor erwähnt wurde, und wie auch die beiden in den **Fig. 3** und **Fig. 4** gezeigten Vergleichsbeispiele deutlich illustrieren, ergibt sich aber die Möglichkeit, die Verankerungsgräben **310** mit unterschiedlichen Breiten sowohl bezüglich der eigentlichen Zellengräben als auch bezüglich verschiedenen Ausformungen der Verankerungsgräben **310** zu gestalten. So zeigt das in **Fig. 3** gezeigte Vergleichsbeispiel einen Verankerungsgraben **310**, der zwar signifikant breiter als die Zellenfeldgräben (z. B. Graben **250**) ist, jedoch deutlich schmaler ausfällt im Vergleich zu dem Verankerungsgraben **310** aus **Fig. 4**.

**[0082]** Nachdem also im Rahmen der Prozessintegration die Gräben des Zellenfeldes zusammen mit dem Verankerungsgraben **310** präpariert worden, wobei deren Tiefe je nach verwendeter Spannungs-kategorie typischerweise im Bereich zwischen 3 und

7 µm liegen, können im weiteren Prozessflow die Zellenfeldgräben bzw. Zellenfeldtrenches mit Oxiden und Polysiliziumelektroden gefüllt werden, die beispielsweise zu der unteren Elektrode **280** und der oberen Elektrode **290** führen.

**[0083]** Ob Abweichungen von den in den [Fig. 3](#) und [Fig. 4](#) dargestellten Vergleichsbeispielen einer Verankerungsstruktur die Verankerungstrenches bzw. Verankerungsgräben **310** ebenso mit allen Feldplatten **280**, **290** gefüllt werden sollen oder ob nur das jeweilige relevante Polysilizium in Form der Zuleitungsstruktur **320** eingebracht wird, kann individuell über das Layout der betreffenden Polystrukturen kostenneutral eingestellt werden. Bei den in den [Fig. 3](#) und [Fig. 4](#) betrachteten Vergleichsbeispielen, bei denen es sich wie zuvor erläutert um eine Gaterunner-Struktur handelt, kann es ratsam sein, ein dickeres Erstoxid im Bereich des Verankerungsgrabens **310** zu implementieren, um die über die Isolationsschicht **270** bzw. das erste Oxid **270** abfallende Gate-Drain-Spannung über eine größere Distanz abfallen zu lassen, um so letztendlich zu einer verbesserten Gate/Drain-Spannungsfestigkeit zu gelangen. Hierbei wird, wie bei der Mehrzahl der vertikalen Transistoren, das Drain-Potential an die Rückseite des Bauelements angelegt, das sich im Falle von Hochvolt-Bauelement signifikant von der Gate-Spannung und der Source-Spannung unterscheiden kann. Je nach gewählter Spannungsklasse können so zwischen Gate-Spannung und Source-Spannung Spannungen im Bereich von 10 V und darunter herrschen, während zwischen dem Drain-Anschluss auf der Rückseite des Bauelements und den Anschlüssen für das Gate-Potential und das Sourcepotential Spannungen von mehreren 10 V – 100 V herrschen können.

**[0084]** Darüber hinaus kann es im Fall der in den [Fig. 3](#) und [Fig. 4](#) betrachteten Gaterunner-Struktur ferner ebenfalls ratsam sein, nicht nur ein dickeres Erstoxid im Verankerungstrench **310** zu verwenden, sondern weiterhin das Gate-Polysilizium bzw. das Poly-Gate **320** ebenfalls in dem Verankerungstrench **310** zu implementieren, um einerseits die Gate-Drain-Spannungsfestigkeit sicherzustellen und andererseits die Kontaktierung zwischen dem Gate-Polysilizium **290** in den Gräben des Zellenfeldes (Zellenfeldtrenches) und dem metallischen Gaterunner **210** herzustellen.

**[0085]** Bei den in den [Fig. 3](#) und [Fig. 4](#) gezeigten Vergleichsbeispielen wird im Rahmen des Prozessschrittes der Zwischenoxid-Ausbildung, der also zu dem Zwischenoxid **330** führt, dann die charakteristische Verankerungsstruktur bzw. Verankerungsausnehmungsstruktur **220** mit ihrer wenigstens einen überhängenden Seitenwand **230** hergestellt. Im Rahmen des Herstellungsprozesses wird also das Zwischenoxid **330** mit einem leichten bis mittelstarken Überhang der Seitenwände **230** an der Veranke-

rungstrenchseitenwand erzeugt. Dies kann z. B. im Rahmen der TEOS-Abscheidung (Tetra-Ethyl-Ortho-Silikate zur Abscheidung von Siliziumdioxid SiO<sub>2</sub>) erreicht werden. Alternativ oder ergänzend kann dies auch im Rahmen eines Prozessschrittes des Verfließens von BPSG (Bor-Phosphor-Silikat-Glas) bei einem Erhitzen über eine bestimmte, materialabhängige Schwellentemperatur (typischerweise im Bereich zwischen 700°C bis 1200°C) geschehen. Grundsätzlich ist es auch möglich, die entsprechende Zwischenoxid-Ausbildung im Rahmen einer Verwendung eines Stacks bzw. eines Stapels auf beiden Materialien im Rahmen einer Kombination zu verwenden.

**[0086]** Der Überhang kann alternativ oder ergänzend auch durch eine verkippte (tilted) Störstellenimplantation (damage implantation) in das Zwischenoxid **330** erreicht werden, was dazu führt, dass eine Ätzrate eines nachfolgenden Ätzschrittes erhöht oder erniedrigt werden kann, je nach verwendetem Ätzmittel etwa Flusssäure (HF = Flusssäure; HF-Etches) und gegebenenfalls weiteren prozessrelevanten Parametern. Alternativ oder ergänzend kann ein solcher Überhang auch durch eine (Störstellen-)Implantation in eine Seitenwand einer geätzten Silizium-Struktur und einem anschließenden (thermischen) Oxidationsschritt erfolgen. Je nach konkreter Ausgestaltung des Prozesses kann durch eine entsprechende (Störstellen-)Implantation beispielsweise eine Oxidationsgeschwindigkeit der thermischen Oxidation in Abhängigkeit von der (Störstellen-)Implantationsdosis verändert werden, was wiederum zu entsprechenden überhängenden Seitenwänden bzw. Flanken führen kann.

**[0087]** Anschließend kann durch eine Standard-Kontaktloch-Herstellung das Zwischenoxid **330** in einem Teilbereich des Verankerungstrenchbundes als Kontaktloch **340** geöffnet werden, um das Gate-Polysilizium **320** zu kontaktieren. Eine nun nachfolgende Metallisierung oder nun nachfolgende Metallisierungen sind anschließend in der Lage, den Verankerungstrench **310** vollständig zu verschließen, so dass ein Metallanker als Metallstruktur **210** erzeugt wird, der im Trenchbodenbereich breiter als im oberen Trenchbereich ist. Hierbei kann es im Rahmen des Verschließens über nachfolgende Metallisierungsschritte grundsätzlich auch zur Bildung möglicher Lunker, also Hohlräumen bzw. Hohlstellen, kommen, die jedoch häufig bei einem vollständigen Verschluss an der Oberseite der Metallisierung keine weitere Rolle spielen und daher vernachlässigt werden können.

**[0088]** Selbstverständlich kann dieses Verfahren nicht nur zur Kontaktierung einer Zuleitungsstruktur **320** für eine Gate-Elektrode **290** über das Gate-Poly **320** erfolgen, sondern kann selbstverständlich grundsätzlich auch zur Kontaktierung anderer Zuleitungs-

strukturen, also etwa einem Source-Poly verwendet werden.

**[0089]** Je nach konkreter Ausgestaltung des Gesamtprozesses kann die nachfolgende Metallstrukturierung so ausgelegt sein, dass die in der [Fig. 3](#) gezeigte Situation eintritt, bei der die Metallflanken der Metallstruktur **210** oberhalb und außerhalb des Verankerungstrenches **310** liegen. Alternativ kann, wie das die in [Fig. 4](#) gezeigte Vergleichsbeispiel einer Verankerungsstruktur **200** zeigt, die Metallisierung bzw. die Strukturierung der Metallisierung derart ausgeführt werden, dass die Metallflanken im Bereich der Verankerungstrenchseitenwand innerhalb des Verankerungstrenches **310** liegen. In dem Fall, der in [Fig. 4](#) gezeigt ist, ergibt sich so die Situation, dass die Metallbahn **210** vollständig im Verankerungstrench „versunken“ ist und somit dem seitlichen TC-Stress nicht mehr ausgesetzt wird.

**[0090]** So werden signifikante Verbesserungen im Bereich des zyklischen Temperatur-Durchlauf-Verhaltens von Metallgebieten durch eine Einführung so genannter Verankerungsstrukturen ermöglicht, die weitgehend kostenneutral realisierbar sind. Verankerungsstrukturen für Metallgebiete können dabei grundsätzlich für alle Bauelemente gleichmäßig angewendet werden. Besonders kostenneutral lässt sich dies selbstverständlich dann realisieren, wenn bereits entsprechende Gräben oder Grabenstrukturen bzw. andere Ausnehmungen im Rahmen des Prozesses zur Herstellung dieser Bauelemente integriert sind. Somit können Verankerungsstrukturen insbesondere im Falle von Trench-Transistoren sehr vorteilhaft implementiert werden.

**[0091]** Im Allgemeinen kann das Layout des Verankerungsgrabens **310** bzw. – je nach konkreter Implementierung – die Form der Verankerungsausnehmungsstruktur **220**, also des breiten, die Metallbahn **210** zumindest teilweise aufnehmenden Trenches jede beliebige Form annehmen. So kann sie beispielsweise auch nur teilweise unter der Metallbahn **210** ausgebildet sein oder vollständig entlang der gesamten Metallbahn vorliegen. Darüber hinaus kann sie auch am Rand Verkrallungs-/Verzahnungsstrukturen aufweisen, um gegen Längskräfte zusätzlich widerstandsfähig zu sein, wie im weiteren Verlauf der vorliegenden Anmeldung noch näher ausgeführt wird.

**[0092]** Die Breite der Verankerungsausnehmungsstruktur **220** bzw. der Verankerungsgräben **310** (Trench-Strukturen), in denen die Metallbahnen **210** verankert bzw. hineinversenkt werden können, kann beliebig gewählt werden und ist der jeweiligen Technologie bzw. des jeweils nachfolgenden Prozessflows optimal anpassbar. In der Regel entstehen hierbei keine (signifikanten) Zusatzkosten, da die Struktur durch die bei den betreffenden Bauelementen ohnehin schon vorhandene Prozesstechnik implemen-

tiert ist. So kann beispielsweise im Fall von Trench-Transistoren die entsprechende Struktur im Rahmen der ohnehin schon vorhandenen Trench-Phototechnik und -Ätztechnik hergestellt werden. Die Verankerung der Metallstruktur **210** ergibt sich in diesem Fall durch den restlichen Prozessflow der jeweiligen Technologie.

**[0093]** Darüber hinaus können die entsprechenden Metallstrukturen **210** nicht nur unter Metallbahnen, wie etwa einer Gaterunner-Struktur, ausgebildet sein, sondern grundsätzlich ist es ebenfalls möglich, jegliche Art und Weise einer Metallisierung, also etwa Metallpads zum Bonden (Bondpads) oder zu anderen Zwecken, mit Hilfe von Verankerungsstrukturen **200** zu verankern. Somit ist es prinzipiell möglich unter jeder Metallisierung, wie z. B. Metallpads oder Bondpads, als entsprechende Metallstruktur **210** eine entsprechende Verankerungsausnehmungsstruktur **220** vorzusehen, so dass die Metallstruktur **210** eine signifikant verbesserte Resistenz gegenüber beispielsweise TC-induzierten Belastungen aufweist.

**[0094]** Vergleichsbeispiele entsprechender Verankerungsstrukturen umfassen so entsprechende Verankerungsstrukturen, bei denen beispielsweise mehr als 20 des Metallvolumens der zu verankernden Metallstruktur **210** unterhalb der Silizium-Oberfläche bzw. unterhalb des Erstoxids **270** versenkt ist. So kann darüber hinaus beispielsweise das Zwischenoxid **320** im Verankerungstrench **310** einen Überhang bilden. Je nach konkreter Ausgestaltung kann der Verankerungstrench **310** bzw. die Verankerungsausnehmungsstruktur **220** mindestens dreimal breiter sein als ein entsprechender Zellenfeldtrench, der beispielsweise als erster Graben **250** in den [Fig. 3](#) und [Fig. 4](#) gezeigt ist. Wie zuvor erläutert wurde, kann hierbei der Verankerungstrench **310** vorteilhaft bei vielen Herstellungsprozessen im gleichen Prozessschritt wie die entsprechenden Zellenfeldtrenches hergestellt werden.

**[0095]** Querschnitte, wie sie schematisch in den [Fig. 3](#) und [Fig. 4](#) dargestellt sind, können so beispielsweise nach einem Öffnen des Gehäuses und gegebenenfalls einem entsprechenden Lift-Off des Metalls durch eine Mikroskopansicht bzw. gegebenenfalls durch einen REM-Schliff (REM = Rasterelektronenmikroskop; SEM = scanning electron microscope) erhalten werden.

**[0096]** [Fig. 5](#) zeigt ein Vergleichsbeispiel einer Verkrallungsstruktur für ein Bauelement auf einem Substrat. Hierbei zeigt [Fig. 5a](#) eine Aufsicht auf ein entsprechendes Vergleichsbeispiel einer Verkrallungsstruktur **400**, während [Fig. 5b](#) einen schematischen Querschnitt durch das in [Fig. 5a](#) gezeigte Vergleichsbeispiel darstellt. Auf einem Substrat **410**, das in dem Querschnitt in [Fig. 5b](#) dargestellt ist, ist eine strukturierte Bauelementschicht **420** aufgebracht, bei der

es sich beispielsweise um eine Isolatorschicht, eine Halbleiterschicht oder eine andere Schicht handeln kann. Bei dem in [Fig. 5a](#) und [Fig. 5b](#) gezeigten Vergleichsbeispiel handelt es sich bei der strukturierten Bauelementschicht **420** um eine L-förmige Struktur, die über eine Hauptoberfläche des Substrats **410** hervorsteht und so für eine Schicht, die die strukturierte Bauelementschicht **420** zumindest teilweise überdeckt eine Topologiekante **430** bildet. Bei dem in den [Fig. 5a](#) und [Fig. 5b](#) gezeigten Vergleichsbeispiel wird die strukturierte Bauelementschicht **420** genauer gesagt von einer Metallstruktur **440** bedeckt, so dass die Metallstruktur **440** auf der strukturierten Bauelementschicht **430** sich wenigstens über einen Teil der Topologiekante **430** der strukturierten Bauelementschicht **420** erstreckt.

**[0097]** Wie bereits im Zusammenhang mit [Fig. 1](#) erläutert wurde, zeigt hierbei [Fig. 5b](#) einen Querschnitt durch das Bauelement entlang einer Richtung, die durch einen Pfeil **450** in den [Fig. 5a](#) und [Fig. 5b](#) gezeigt ist. So zeigt [Fig. 5b](#) also einen Schnitt entlang der in [Fig. 5a](#) schematisch dargestellten Richtung A-A'.

**[0098]** Aufgrund der Struktur des in [Fig. 5a](#) und [b](#) gezeigten Vergleichsbeispiels stellt die Topologiekante **430** der strukturierten Bauelementschicht **420** hinsichtlich der Metallstruktur **440**, die auch als Metallschicht **440** bezeichnet wird, eine Topologiekante im Sinne der Erläuterungen im Zusammenhang mit [Fig. 1](#) dar. Wird diese Topologiekante **430**, über die sich die Metallstruktur **440** erstreckt, in eine Ebene projiziert, die beispielsweise parallel zu der Hauptoberfläche des Substrats liegen kann, so bildet die Topologiekante **430** in dieser Ebene wenigstens eine zusammenhängende Linie, die aufgrund der Natur der Darstellung in [Fig. 5a](#) der Linie **430** entspricht. In diesem Zusammenhang bietet es sich an, darauf hinzuweisen, dass im Rahmen der vorliegenden Anmeldung eine Linie nicht auf eine Gerade beschränkt ist. Die Linie kann vielmehr Ecken, Kanten, Rundungen oder andere von einer Geraden abweichende Formen aufweisen.

**[0099]** [Fig. 5a](#) zeigt somit gerade eine entsprechende Projektion in eine Ebene parallel zu der Hauptoberfläche des Substrats, die als zusammenhängende Linie **430** die Topologiekante **430** der strukturierten Bauelementschicht **420** zeigt. Hierbei ist die Linie **430** derart zusammenhängend, so dass diese ein Gebiet **460** begrenzt, das nicht konvex bzw. – positiv formuliert – nicht-konvex oder konkav ist. In diesem Zusammenhang wird, wie auch in der Mathematik, unter einem konvexen Gebiet oder Bereich eine solche Menge von Punkten verstanden, so dass für zwei beliebige Punkte des Bereichs oder des Gebiets gilt, dass auch jeder Punkt der direkten Verbindungsgeraden dieser beiden Punkte zu dem Gebiet oder dem Bereich gehören muss. Anders ausge-

drückt, stellt das Gebiet **460** gerade ein nichtkonvexes Gebiet bzw. einen nicht-konvexen Bereich dar, da aufgrund der L-förmigen Struktur beispielsweise bezüglich der beiden durch ein „X“ in [Fig. 5a](#) markierten Punkte **470-1**, **470-2** definierte Verbindungsgerade **480** im Bereich des „Knicks“ der L-förmigen Struktur außerhalb des Gebietes **460** verläuft. Hierbei werden Bereiche, Gebiete und Mengen, die nicht konvex sind, folglich auch als nicht-konvexe Gebiete, Bereiche und Mengen bezeichnet. Eine weitere Bezeichnung für nicht-konvexe Gebiete, Mengen und Bereiche ist auch die der konkaven Gebiete, Mengen und Bereiche.

**[0100]** Darüber hinaus kann das Gebiet **460** bzw. in dem in [Fig. 5a](#) gezeigten Vergleichsbeispiel die vollständige strukturierte Bauelementschicht **420** in einen kleinsten Kreis **490** vollständig umfasst sein, der einen Durchmesser aufweist, der kleiner als oder gleich 50  $\mu\text{m}$ , 20  $\mu\text{m}$  oder 10  $\mu\text{m}$  ist. Somit hat die strukturierte Bauelementschicht **420** einen maximalen Durchmesser von 50  $\mu\text{m}$ , 20  $\mu\text{m}$  oder 10  $\mu\text{m}$ .

**[0101]** Bei dem in den [Fig. 5a](#) und [Fig. 5b](#) gezeigten Vergleichsbeispiel einer Verkrallungsstruktur weist das durch die zusammenhängende Linie **430** begrenzte Gebiet **460** eine typische Strukturbreite im Bereich von etwa 200 nm (0,2  $\mu\text{m}$ ) bis etwa 2000 nm (2  $\mu\text{m}$ ) auf. Hierbei bezieht sich der Begriff der Strukturbreite im Allgemeinen auf eine Richtung in der Ebene des Substrats **410**, die senkrecht zu der Richtung verläuft, in die sich die Struktur in dem betreffenden Punkt erstreckt. Im mathematischen Sinne bezeichnet so etwa die Strukturbreite die Breite der Struktur in einem Punkt des Randes der Struktur, indem die Breite der betreffenden Struktur ausgehend von diesem Punkt senkrecht zum Rand der Struktur ergibt. Häufig sind Strukturbreiten besonders leicht anhand von Querschnitten bestimmbar, wie ein solcher in [Fig. 5b](#) gezeigt ist.

**[0102]** Das in den [Fig. 5a](#) und [Fig. 5b](#) gezeigte Vergleichsbeispiel einer Verkrallungsstruktur **400** für ein Bauelement auf einem Substrat ermöglicht es nun gerade der Metallstruktur **440**, dass diese sich an der Topologiekante **430** der strukturierten Bauelementschicht derart verkrallt, dass lateral auf die Metallstruktur einwirkende Kräfte, wie sie beispielsweise im Rahmen der TC-Belastung auftreten, diese nicht bzw. nicht so leicht lateral auf der Hauptoberfläche des Substrats bewegen können. Mit anderen Worten bietet die Topologiekante bzw. die Topologiekanten **430** der strukturierten Bauelementschicht **420** der Metallstruktur **440** bzw. der Metallbahn **440** der Metallgebiete **440** die Möglichkeit, lateral auf die betreffende Metallstruktur **440** einwirkende Kräfte über die strukturierte Bauelementschicht **420** und deren Topologiekante **430** an das Substrat **410** zu übertragen. Somit ermöglicht ein Vergleichsbeispiel einer Verkrallungsstruktur, wie es beispielsweise in den

**Fig. 5a** und **Fig. 5b** gezeigt ist, eine Verbesserung der Widerstandsfähigkeit einer Metallstruktur **440** im Rahmen größerer Temperaturunterschiede, wie sie beispielsweise im Bereich eines zyklischen Temperatur-Durchlauf-Tests auf die betreffenden Metallbahnen ausgeübt werden.

**[0103]** Wie die folgenden Erörterungen von Ausführungsbeispielen näher illustrieren werden, kann dies durch einfache Layoutmaßnahmen, wie beispielsweise das Einführen einer entsprechend strukturierten Bauelementschicht **420** erreicht werden. Hierbei ist es jedoch nicht notwendig, gezielt eine eigenständige strukturierte Bauelementschicht **420** einzuführen, sondern es kann vielmehr eine bereits existierende Bauelementschicht durch entsprechende Designmaßnahmen zu der strukturierten Bauelementschicht **420** weiterentwickelt bzw. weiter verarbeitet werden.

**[0104]** Während bei dem in den **Fig. 5a** und **Fig. 5b** gezeigten Vergleichsbeispiel einer erfindungsgemäßen Verkrallungsstruktur die Topologiekanten **430** durch eine über die Hauptoberfläche des Substrats **410** herausstehende strukturierte Bauelementschicht **420** erzeugt wurden, werden im Zusammenhang in den **Fig. 6** und **Fig. 7a** und **Fig. 7b** Vergleichsbeispiele einer Verkrallungsstruktur **400** beschrieben und erläutert, bei denen die topologiebildenden Kanten **430** durch Ausnehmungen in der Bauelementschicht gebildet werden, so dass diese Bauelementschicht die strukturierte Bauelementschicht **420** darstellt.

**[0105]** **Fig. 6** zeigt schematisch eine Layoutansicht eines aktuellen Chips **500** bzw. eines entsprechenden Chiplayouts. Bei dem Chip **500** handelt es sich genauer gesagt um einen Chip, der in einem in **Fig. 6** nicht eingezeichneten Zellenfeld eine Vielzahl von vertikalen Hochleistungstransistorstrukturen umfasst, die aufgrund des Designs des Chips **500** parallel geschaltet sind und somit als ein vertikaler Hochleistungstransistor wirken. **Fig. 6** zeigt hierbei genauer gesagt eine Aufsicht auf den betreffenden Chip **500**, so dass eine auf der Rückseite des Chips **500** befindliche Elektrode bzw. ein auf der Rückseite des Chips **500** befindlicher Anschluss in **Fig. 6** nicht gezeigt ist. Bei diesem Anschluss handelt es sich üblicherweise um den Drain-Anschluss des effektiv gebildeten vertikalen Hochleistungstransistors.

**[0106]** **Fig. 6** zeigt so insbesondere zwei Metallgebiete **510**, **520**, bei denen es sich um ein Source-Metallisierungsfeld und ein Gate-Metallisierungsfeld **520** handelt. Die beiden Metallisierungsfelder **510** und **520** stellen somit für die vertikalen Hochleistungstransistorstrukturen des Chips **500** die betreffenden Anschlüsse dar. Die beiden Metallisierungsgebiete **510**, **520** sind hierbei räumlich durch Abstände zwischen den betreffenden Metallen getrennt.

**[0107]** Während das Source-Metallisierungsgebiet **510** schon aufgrund seiner Größe und der darunter liegenden Topologie als Bondpad bzw. Kontaktierfläche herangezogen werden kann, weist das Gate-Metallisierungsgebiet **520** zusätzlich als Bondpad bzw. Kontaktierfeld ein so genanntes Gate-Pad **530** auf, über das mit Hilfe entsprechender Bonddrähte die Gateelektroden der vertikalen Hochleistungstransistorstrukturen kontaktiert werden können. Das Gate-Metallisierungsgebiet **520** wird aufgrund seiner U-förmigen Ausgestaltung als auch Gaterunner-Struktur bzw. Gaterunner bezeichnet. Typischerweise weist ein solcher Gaterunner **520** eine Strukturbreite auf, die im Bereich zwischen 10 µm und etwa 500 µm liegt, wobei der obere Wert beispielsweise im Bereich des Gatepads **530** erreicht werden kann.

**[0108]** Im Bereich des Gaterunners werden durch entsprechende Kontaktlöcher im Rahmen eines entsprechenden Kontaktloch-Layouts die unterhalb der Oberfläche des Chips **500** liegenden Zuleitungsstrukturen aus Polysilizium elektrisch leitfähig mit dem Gate-Pad **530** kontaktiert. Somit stellt der Gaterunner **520** über ein entsprechendes Kontaktloch-Layout den Gatekontakt zu einer externen Schaltung an die der Chip **500** angeschlossen werden soll, dar.

**[0109]** Darüber hinaus zeigt **Fig. 6** eine Markierung **540** in einem Bereich der Chipecke, wo typischerweise die größten Belastungen während eines zyklischen Temperatur-Durchlauf-Tests (TC = temperature cycling) herrschen. In dem folgenden **Abb. 7a** und **Abb. 7b** sind entsprechende Vergrößerungen (Zoom-in) des durch die Markierung **540** gekennzeichneten Bereichs zur Erläuterung von Details dargestellt.

**[0110]** **Fig. 7a** zeigt eine Aufsicht auf den Chip **500** im Bereich der Markierung **540**, in der, wie zuvor erläutert wurde, typischerweise die größte Belastung im Rahmen eines TC-Tests auftreten. Entsprechend zeigt **Fig. 7a** einen Ausschnitt des Source-Metallisierungsgebietes **510** sowie einen Ausschnitt des Gate-Metallisierungsgebietes **520** (Gaterunner). Beide Metallgebiete sind wiederum durch einen räumlichen Abstand zwischen den Metallen voneinander getrennt um einen elektrischen Kurzschluss zwischen den betreffenden Strukturen zu verhindern.

**[0111]** Darüber hinaus zeigt **Fig. 7a** verschiedene Formen strukturierter Bauelementschichten **420** bzw. die daraus resultierenden Topologiekanten **430** für verschiedene Vergleichsbeispiele von Verkrallungsstrukturen **400**. Genauer gesagt zeigt **Fig. 7a** acht verschiedene Topologiekanten **430-1**, ..., **430-8** von verschiedenen Vergleichsbeispielen von Verkrallungsstrukturen, die hier in der Kontaktlochebene der vertikalen Transistorstruktur im Bereich des Gaterunners **520** verwirklicht sind. Bei den dargestellten Vergleichsbeispielen von Verkrallungsstrukturen ist es

wichtig zu erkennen, dass dabei die Verkrallungsstrukturen auf Verschiebungen in allen Richtungen den darüber liegenden Metallstrukturen Widerstand leisten können, bei denen es sich in dem vorliegenden Vergleichsbeispiel grundsätzlich um Teile des Gate-Metallisierungsgebietes **520** handelt.

[0112] Bevor im Zusammenhang mit [Fig. 7b](#) der in [Fig. 7a](#) gezeigte Schnitt entlang der Richtung **550** (Schnitt A-A') erörtert wird, wird darauf hingewiesen, dass als entsprechende Topologiekanten **430** prinzipiell beliebige Formen möglich sind. Hierzu zählen unter Anderem die eckigen bzw. vieleckigen oder polygonalen Strukturen **430-1**, **430-3**, **430-6**, **430-7** und **430-8**. Ebenso können kreuzförmige Topologiekanten zum Einsatz kommen, wie dies die ebenfalls polygonale Topologiekante **430-5** zeigt. Darüber hinaus sind auch runde, mäanderförmige, spiralförmige oder wellenförmige Formen möglich, wie dies beispielsweise die Topologiekante **430-2** illustriert. Selbstverständlich können auch Mischformen der vor genannten Formen realisiert werden, wie dies beispielsweise die Topologiekante **430-4** zeigt, bei der es sich um eine „Überlagerung“ zweier polygonaler Strukturen mit einer halbkreisförmigen Struktur handelt.

[0113] Wie zuvor erläutert wurde, handelt es sich hierbei also um Vergleichsbeispiele von Verkrallungsstrukturen **400**, die im Rahmen des Kontaktloch-Layouts für Gatekontakte auf dem Gaterunner **520** realisiert sind. Um dies näher zu illustrieren und zu erläutern ist in [Fig. 7b](#) ein Schnitt durch den Chip **500** schematisch gezeigt, der entlang der Richtung A-A' verläuft und in [Fig. 7a](#) durch die Richtung **550** markiert ist. Hierbei ist bei der Darstellung in [Fig. 7b](#) die Strukturvielfalt unterhalb der Oberfläche des Substrats **410** und gegebenenfalls einer Erstoxidschicht (vgl. z. B. Isolationsschicht **270** aus [Fig. 3](#) und [Fig. 4](#)) zur Vereinfachung der Darstellung nicht wiedergegeben. Selbstverständlich können entsprechende Strukturen, die für die Funktionsweise des Bauelements notwendig sein können, in einer realen Implementierung vorhanden sein. [Fig. 7b](#) stellt somit lediglich eine vereinfachte Darstellung eines Querschnitts entlang der Richtung A-A' für eine reale Implementierung eines Chips **500** dar.

[0114] Der genaue Aufbau des in [Fig. 7b](#) gezeigten Querschnitts durch den Chip **500** ist den Querschnitten, die in den [Fig. 3](#) und [Fig. 4](#) gezeigt sind, nicht unähnlich, da es sich in all diesen Fällen jeweils um sehr verwandte Bauelemente handelt. Abgesehen von den bereits zuvor erörterten zur Vereinfachung der Darstellung von [Fig. 7b](#) nicht gezeigten weiteren Schichten und Strukturen im Bereich des Substrats **410**, weist der Chip **500** wiederum eine Zuleitungsstruktur **320** auf, die beispielsweise aus Poly-Silizium gefertigt sein kann und zur Kontaktierung der eigentlichen Gate-Elektroden der vertikalen Transistorstrukturen in dem Zellenfeld des Chips **500** ver-

wendet werden kann. Auf der Zuleitungsstruktur **320** ist wiederum ein Zwischenoxid **330** abgeschieden, in das die auch in [Fig. 7a](#) gezeigten Kontaktlöcher **340** eingebracht sind. Somit stellt das Zwischenoxid **330**, das beispielsweise typische Schichtdicken zwischen 100 nm und 1000 nm aufweisen kann, die bereits in [Fig. 7a](#) gezeigten Topologiekanten **430-7** und wirkt so bei dem in den [Fig. 7a](#) und [Fig. 7b](#) gezeigten Vergleichsbeispiel als strukturierte Bauelementschicht **420**. Auf das Zwischenoxid **330** ist dann das Gate-Metallisierungsgebiet **520** bzw. der Gaterunner **520** abgeschieden, der die Metallstruktur **440** darstellt.

[0115] Somit bilden die in der [Fig. 7a](#) auch gezeigten Kontaktlöcher **340-1** bis **340-8** über ihre Seitenwände die Topologiekanten **430** für die darüber liegende Metallstruktur **440** bzw. für den Gaterunner **520** bei dem in [Fig. 7a](#) und [Fig. 7b](#) gezeigten Vergleichsbeispiel. Durch die Topologiekanten **430** (bzw. die Topologiekante **430-7** in [Fig. 7b](#)) bietet somit die strukturierte Bauelementschicht **420** der darüber liegenden Metallstruktur **440** die Möglichkeit, lateral auftretende Kräfte, die dazu geeignet sind, die Metallstruktur **440** auf der Oberfläche des Substrats **410** zu verschieben, über die strukturierte Bauelementschicht **420** in das Substrat **410** abzuleiten. Somit ermöglichen insbesondere die Topologiekanten **430** der strukturierten Bauelementschicht **420** der darüber liegenden Metallstruktur **440** sich hinsichtlich lateraler Kräfte zu verkrallen, so die die Zuverlässigkeit des Chips **500** signifikante gefährdenden lateralen Kräfte abgebaut werden können, ohne zu einer Verschiebung der Metallstruktur **440** bzw. des Gaterunners **420** in dem in [Fig. 7b](#) gezeigten Vergleichsbeispiel zu führen.

[0116] Hierbei ermöglicht die Verwendung eines Vergleichsbeispiels einer erfindungsgemäßen Verkrallungsstruktur **400** insbesondere eine signifikante Verbesserung der Zuverlässigkeit im Rahmen des TemperatureCycling-Verhaltens von Metallbahnen und/oder Metallgebieten, die völlig kostenneutral durch einfachste Layoutmaßnahmen erzielt werden können. Der Grund hierfür ist, dass im Prinzip für die Funktionsfähigkeit des fertigen Bauelements notwendige Strukturen durch eine definierte Geometrie ersetzt werden können, die diese Verkrallung der Metallstrukturen **440** an dem Substrat **410** über die strukturierte Bauelementschicht **420** ermöglicht.

[0117] Hierbei werden nicht zuletzt zwei Arten von Verkrallungen bzw. Vergleichsbeispielen von Verkrallungsstrukturen dargestellt und erläutert, die einerseits in den [Fig. 5–Fig. 7](#) und andererseits im Rahmen der [Fig. 8–Fig. 11](#) dargestellt und erläutert sind. Die erste Art besteht grundsätzlich darin, eine strukturierte Bauelementschicht **420** vorzusehen, die es einer darüber angebrachten Metallstruktur **440** ermöglicht, Tendenzen einer Metallverschiebung in alle Richtungen in der Ebene des Substrats Widerstand

zu leisten. Hierbei zeigen die in den [Fig. 6](#) und [Fig. 7](#) dargestellten Vergleichsbeispiele der ersten Art eine Möglichkeit, mit Hilfe der Kontaktlochebene (Zwischenoxid [330](#)) Strukturen zu erzeugen, die in jeder Richtung parallel zur Oberfläche des Substrats [410](#) einer möglichen Metallverschiebung Widerstand leisten. Die Ausbildung einer Verkrallung in der Kontaktlochebene ist bei dem in den [Fig. 6](#) und [Fig. 7](#) gezeigten Vergleichsbeispielen im Prinzip „nach Innen gerichtet“. Das heißt, dass das Innere des Gaterunners [520](#) bzw. der Metallleitbahn, Metallfläche oder des Metallgebiets oder der Metallstruktur verkrallt wird.

[0118] Die [Fig. 8a](#) und [Fig. 8b](#) zeigen ein erfindungsgemäßes Ausführungsbeispiel einer Verkrallungsstruktur [600](#) für ein Bauelement auf einem Substrat [410](#). Hierbei zeigt [Fig. 8a](#) eine Draufsicht auf ein entsprechendes Bauelement, während die [Fig. 8b](#) einen schematischen Querschnitt A-A' entlang einer Richtung [610](#) zeigt, die in [Fig. 8a](#) ebenfalls eingezeichnet ist.

[0119] [Fig. 8a](#) zeigt hierbei wiederum eine strukturierte Bauelementschicht [620](#), die auf dem Substrat [410](#) angeordnet ist und wenigstens eine Topologiekante [630](#) aufweist. Die Topologiekante [630](#) ist bei dem in [Fig. 8a](#) gezeigten Ausführungsbeispiel sägezahnförmig ausgeführt. Eine Metallstruktur [640](#) ist auf der strukturierten Bauelementschicht [620](#) aufgebracht, die sich wenigstens über einen Teil der Topologiekante [630](#) erstreckt. Hierbei erstreckt sich bei dem in den [Fig. 8a](#) und [Fig. 8b](#) gezeigten Ausführungsbeispielen einer Verkrallungsstruktur [600](#) die Metallstruktur [640](#) über den gesamten in [Fig. 8a](#) gezeigten Bereich, weshalb dieser zur Vereinfachung der [Fig. 8a](#) dort nicht eingezeichnet ist.

[0120] Wie dies bereits im Zusammenhang mit den in den [Fig. 5a](#) und [b](#) dargestellten Ausführungsbeispielen einer Verkrallungsstruktur [400](#) erläutert wurde, stellt die in [Fig. 8a](#) wiedergegebene Darstellung gleichzeitig eine Projektion der Topologiekante [630](#) in eine Ebene dar, die parallel zu der Hauptoberfläche des Substrats [410](#) verläuft. Hierbei setzt sich, wie dies durch die eine Fortsetzung anzeigenden Punkte in [Fig. 8a](#) angedeutet ist, die Topologiekante [630](#) über den in [Fig. 8a](#) dargestellten Abschnitt deutlich hinaus. Die Topologiekante [630](#) bildet hierbei in der Ebene bzw. Projektionsebene aus [Fig. 8a](#) eine zusammenhängende Linie, wobei in diesem Zusammenhang erneut auf die Erläuterungen im Hinblick auf den Unterschied zwischen einer Geraden und einer Linie weiter oben verwiesen wird.

[0121] Wie [Fig. 8a](#) dies am Beispiel einer Geraden [650](#) illustriert, ist es nun möglich, eine Gerade mit einer Länge zwischen  $19\ \mu\text{m}$  und  $42\ \mu\text{m}$  entlang der zusammenhängenden Linie zu definieren, so dass die Linie bezogen auf einen ersten Punkt [660-1](#) auf der Geraden [650](#) und einen dritten Punkt [660-3](#) auf der

Geraden [650](#) auf einer Seite der Geraden [650](#) und bezogen auf einen zweiten Punkt [660-2](#) und einen vierten Punkt [660-4](#) auf einer der ersten Seite gegenüberliegenden Seite gegenüber der Geraden [650](#) befindet. Hierbei ist der zweite Punkt [660-2](#) zwischen dem ersten Punkt [660-1](#) und dem dritten Punkt [660-3](#) und der dritte Punkt [660-3](#) zwischen dem zweiten Punkt [660-2](#) und dem vierten Punkt [660-4](#) angeordnet. In weiteren Ausführungsbeispielen kann es darüber hinaus möglich und/oder ratsam sein, abhängig von den jeweiligen Gegebenheiten einer konkreten Implementierung eine Gerade mit einer Länge zwischen  $19\ \mu\text{m}$  und  $21\ \mu\text{m}$  (Länge  $20\ \mu\text{m} \pm 5\%$ ), einer Länge zwischen  $23\ \mu\text{m}$  und  $27\ \mu\text{m}$  (Länge  $25\ \mu\text{m} \pm 8\%$ ), einer Länge zwischen  $28\ \mu\text{m}$  und  $32\ \mu\text{m}$ , einer Länge zwischen  $33\ \mu\text{m}$  und  $37\ \mu\text{m}$ , einer Länge zwischen  $38\ \mu\text{m}$  und  $42\ \mu\text{m}$  (Länge  $40\ \mu\text{m} \pm 5\%$ ) oder einer Länge zwischen  $20\ \mu\text{m}$  und  $40\ \mu\text{m}$  (Länge  $30\ \mu\text{m} \pm 33\%$ ) entlang der zusammenhängenden Linie zu definieren, so dass die entsprechenden Punkte definiert werden können, wie dies oben beschrieben ist.

[0122] Mit anderen Worten ist also eine Gerade [650](#) definierbar, die die zusammenhängende Linie [630](#), die in der in [Fig. 8a](#) gewählten Darstellung mit der Topologiekante [630](#) zusammenfällt, derart schneidet, dass bei einem ersten und dritten Punkt [660-1](#), [660-3](#) die zusammenhängende Linie auf der einen Seite der Geraden [650](#) verläuft, während die zusammenhängende Linie [630](#) im Bereich des zweiten und des vierten Punktes [660-2](#) und [660-4](#) auf der anderen Seite der Geraden [650](#) verläuft. Hierbei sind die vier Punkte [660-1](#) bis [660-4](#) entlang der geraden [650](#) in aufsteigender Reihenfolge verteilt. Genauer gesagt schneidet eine zu der Geraden [650](#) senkrechte Gerade die Gerade [650](#) in den vier Punkten [660-1](#), ..., [660-4](#) jeweils auf der einen oder der anderen Seite der Geraden [650](#).

[0123] In diesem Zusammenhang sollte darauf hingewiesen werden, dass eine entsprechende Gerade [650](#) definierbar ist, nicht jedoch eindeutig definierbar, wie dies beispielsweise die ebenfalls in [Fig. 8a](#) eingezeichneten Geraden [650-1](#) und [650-2](#) illustrieren, für die entsprechend Punkte [660-1](#) bis [660-4](#) wählbar sind, so dass auch für diese Punkte die zuvor gemachten Aussagen gelten. Die Geraden [650-1](#) und [650-2](#) unterscheiden sich hierbei von der Geraden [650](#) dadurch, dass im Hinblick auf die Gerade [650-1](#) diese durch eine parallele Verschiebung aus der Geraden [650](#) hervorgegangen ist. Die Gerade [650-2](#) ist hingegen durch eine leichte Verkipfung bzw. Verdrehung aus der Geraden [650](#) hervorgegangen. Unabhängig hiervon können jedoch die zuvor gemachten Bemerkungen hinsichtlich des Verlaufs der zusammenhängenden Linie [630](#) im Hinblick auf die vier Punkte [660](#) von der Geraden [650](#) auf die beiden anderen beispielhaft in [Fig. 8a](#) eingezeichneten Geraden [650-1](#), [650-2](#) übertragen werden. Lediglich der



Übersicht wegen sind in [Fig. 8a](#) die zu den beiden anderen Geraden **650-1**, **650-2** gehörenden Punkte nicht eingetragenen.

**[0124]** Aufgrund der Tatsache, dass einerseits die Linie **630** zusammenhängend ist, also im mathematischen Sinne stetig ist, und andererseits einen Verlauf aufweist, der die im Hinblick auf die Gerade **650** beschriebenen Merkmale aufweist, führt dies zwangsweise dazu, dass die der zusammenhängenden Linie **630** zugrunde liegende Topologiekante **630** bezogen auf die strukturierte Bauelementschicht **620** solche Topologiekanten **630** aufweist, dass die über die strukturierte Bauelementschicht **620** verlaufende Metallstruktur **640** wiederum hinsichtlich zweier senkrecht aufeinander stehender Raumrichtungen in der Ebene des Substrats **410** Kräfte auf die strukturierte Bauelementschicht **620** ausüben kann. Somit kann die Metallstruktur **640** wiederum einen Widerstand lateral wirkenden Kräften über die strukturierte Elementschicht **620** entgegengesetzten, die einer Verschiebung der Metallstruktur **640** bezogen auf die Oberfläche des Substrats **410** entgegenwirkt. In diesem Zusammenhang ist es wichtig zu beachten, dass die Topologiekanten **630**, obwohl sie in der Lage sind, Kraftkomponenten bezogen auf zwei senkrecht aufeinander stehenden Raumrichtungen im Hinblick auf die Oberfläche des Substrats **410** entgegenzuwirken, jedoch nicht notwendigerweise tatsächlich einen Winkel von  $90^\circ$  miteinander einschließen müssen. Vielmehr reicht es bereits aus, dass die Topologiekante **630** Abschnitte aufweist, die in der Ebene des Substrats **410** verlaufen und sich im Wesentlichen nicht parallel erstrecken oder, mathematischer ausgedrückt, nicht kollinear verlaufen. In diesem Fall ergibt sich aufgrund der obigen Erörterung im Hinblick auf die zusammenhängende Linie **630** im Zusammenhang mit den Merkmalen der Geraden **650**, dass entsprechende Kräfte, die auf die Metallstruktur **640** einwirken, über die strukturierte Bauelementschicht **620** an das Substrat **410** abgeführt werden können.

**[0125]** [Fig. 9](#) zeigt eine mit [Fig. 8a](#) vergleichbare Darstellung einer Topologiekante **630** auf einem Substrat, die durch eine strukturierte Bauelementschicht **620** gebildet ist. Allerdings unterscheidet sich die in [Fig. 9](#) gezeigte Topologiekante **630** von der in [Fig. 8a](#) gezeigten Topologiekante **630** dadurch, dass diese einen wesentlich komplexeren und nicht durch eine Aneinanderfolge von Abschnitten gegeben ist, die im Wesentlichen senkrecht aufeinander stehen. So zeigt die Topologiekante **630** aus [Fig. 9](#) sowohl eckige als auch abgerundete Abschnitte, die in unterschiedlichsten Winkeln aufeinander treffen. Darüber hinaus ist in [Fig. 9](#) ein deutlich längeres Teilstück der Topologiekante **630** im Vergleich zu der in [Fig. 8a](#) gewählten Darstellung gezeigt.

**[0126]** Wie zuvor erläutert wurde, entspricht die Topologiekante **630** ebenfalls einer zusammenhängenden Linie **630**, die sich auf Basis der Topologiekante ergibt, wenn diese in eine entsprechende Ebene, die beispielsweise parallel zu der Oberfläche des Substrats verläuft, abgebildet bzw. projiziert wird. Die in [Fig. 9](#) dargestellte Topologiekante bzw. die zusammenhängende Linie **630** nach der Projektion weist eine Länge auf, die signifikant größer ist als die zuvor im Zusammenhang mit der Geraden **650** erläuterte Länge von  $19\ \mu\text{m}$  bis  $42\ \mu\text{m}$  bzw. als die im Zusammenhang mit weiteren Ausführungsbeispielen erläuterte Länge der Geraden. Aus diesem Grund ist es möglich, die zusammenhängende Linie **630** durch ein Polygon zu approximieren, das eine Mehrzahl von entsprechenden Geraden **650-1**, **650-2**, **650-3** umfasst. Jede der Geraden **650** weist hierbei eine Länge auf, die im Bereich zwischen  $19\ \mu\text{m}$  und  $42\ \mu\text{m}$  oder im Bereich der weiteren erläuterten Längen liegt. Da die Gerade **650** das betreffende Polygon definieren, fallen jeweils ein Endpunkt und ein Anfangspunkt zweier benachbarter Geraden **650** zusammen, wie dies beispielsweise der durch den Pfeil markierte Endpunkt der Geraden **650-1** und der durch den senkrechten Strich markierte Anfangspunkt der Geraden **650-2** in [Fig. 9](#) illustriert. Dies gilt selbstverständlich im Falle eines nicht geschlossenen Polygons nicht für die erste Gerade **650** und die letzte Gerade **650**.

**[0127]** Am Beispiel der Geraden **650-1** in [Fig. 9](#) sind wiederum die vier Punkte **660-1** bis **660-4** eingezeichnet, bezüglich derer die zusammenhängende Linie **630** den bereits oben erläuterten Verlauf aufweisen. So verläuft die zusammenhängende Linie **630** bezogen auf den ersten Punkt **660-1** und den dritten Punkt **660-3** auf der einen Seite der Geraden **650-1** während bezogen auf den zweiten Punkt **660-2** den vierten Punkt **660-4** die zusammenhängenden Linien **630** auf der der ersten Seite gegenüber liegenden Seite der Geraden **650** verläuft. Hierbei sind wiederum der zweite Punkt **660-2** zwischen dem ersten Punkt **660-1** und dem dritten Punkt **660-3** und der dritte Punkt **660-3** zwischen dem zweiten Punkt **660-2** und dem vierten Punkt **660-4** auf der Geraden **650-1** angeordnet.

**[0128]** Wie zuvor erläutert wurde, weist hierbei jede Gerade **650** eine Länge im Bereich zwischen  $19\ \mu\text{m}$  und  $42\ \mu\text{m}$  auf. Wie zuvor erläutert wurde, kann alternativ auch jede Gerade **650** eine der anderen Längen aufweisen, also beispielsweise eine Länge zwischen  $19\ \mu\text{m}$  und  $21\ \mu\text{m}$ , was einer Länge der Geraden **650** von  $20\ \mu\text{m} \pm 5$  entspricht.

**[0129]** Der Verlauf eines solchen Polygons mit den Geraden **650** kann beispielsweise dadurch definiert werden, dass eine entsprechende Minimierung des Quadrates des Abstands der zusammenhängenden Linie **630** von der betreffenden Geraden **650** bezogen

auf die Länge der Geraden **650** ermittelt wird. Alternativ oder ergänzend kann der genaue Verlauf einer solchen Geraden **650** auch dadurch bestimmt werden, dass unter Berücksichtigung des Vorzeichens des Abstandes, je nach dem auf welcher der beiden Seiten der Geraden **650** die zusammenhängende Linie **630** verläuft, die Summe der Abstände verschwindet bzw. gleich Null gesetzt wird. Selbstverständlich können auch andere Minimierungsverfahren oder Optimierungsverfahren zur Bestimmung des Verlaufs des Polygons bzw. zur Bestimmung des Verlaufs der Geraden **650** herangezogen werden.

**[0130]** Handelt es sich beispielsweise um eine zusammenhängende Linie **630**, die ein Gebiet in der Projektionsebene begrenzt, also vollständig umschließt, ist es möglich, als Kriterium für den Verlauf der einzelnen Geraden **650** unter Berücksichtigung der vorgegebenen und oben erwähnten Länge der einzelnen geraden Stücke **650** die Fläche des durch die zusammenhängende Linie **630** abgeschlossenen Gebiete durch das Polygon zu approximieren. Hierbei kann dann beispielsweise als Abbruchkriterium bzw. als Zielkriterium für eine entsprechende Optimierung gewählt werden, dass die Fläche des resultierenden Polygons im Bereich zwischen 90% und 110% oder im Bereich zwischen 95% und 105% der Fläche des durch die zusammenhängende Linie **630** abgeschlossenen Gebietes liegt.

**[0131]** Grundsätzlich können im Rahmen der oben beschriebenen Ausführungsbeispiele auch abweichende Längen der Geraden **650** zugelassen werden. So ist es beispielsweise möglich, zu definieren, dass die einzelnen Geraden **650** eine Länge zwischen 9 µm und 11 µm aufweisen, was also einer Länge der Geraden **650** von 10 µm +/- 10% entspricht. Darüber hinaus ist gerade im Zusammenhang mit den in **Fig. 9** gezeigten Ausführungsbeispiel einer Verkrallungsstruktur **600** es wichtig zu erwähnen, dass typischerweise nicht jede Gerade **650** die entsprechenden Merkmale hinsichtlich der Punkte **660-1** bis **660-4** erfüllen muss. Grundsätzlich reicht es, dass eine einzelne Gerade **650** des betreffenden Polygons die oben beschriebenen Merkmale hinsichtlich des Verlaufs der zusammenhängenden Linie **630** erfüllt. Bei dem in **Fig. 9** dargestellten Ausführungsbeispiel erfüllen vielmehr die drei vollständig dargestellten Geraden **650-1**, **650-2** und **650-3** bezogen auf jeweils die vier eingezeichneten Punkte **660** die betreffenden Merkmale. Zur Vereinfachung der Darstellung ist jedoch lediglich im Zusammenhang mit der Geraden **650-1** eine Beschriftung der betreffenden Punkte mit den Bezugszeichen **660-1** bis **660-4** erfolgt. Allerdings zeigen die in **Fig. 9** eingezeichneten Punkte („X“) der beiden Geraden **650-2** und **650-3**, dass diese ebenfalls die oben gesteckten Bedingungen erfüllen.

**[0132]** Die **Fig. 10** und **Fig. 11** illustrieren zwei Ausführungsbeispiele für entsprechende Verkrallungsstrukturen **600-1**, **600-2**, die wiederum im Zusammenhang mit einem Halbleiterbauelement in Form eines vertikalen Hochleistungstransistors erläutert werden. Wie zuvor im Zusammenhang mit **Fig. 6** und **Fig. 7a** dargestellt wurde, zeigt **Fig. 10** eine Draufsicht auf einen Chip **500**, der wiederum ein Source-Metallisierungsgebiet **510** und ein Gate-Metallisierungsgebiet **520** bzw. einen Gaterunner **520** umfasst. Bei dem in **Fig. 10** gezeigten Chip **500** ist wiederum der Gaterunner **520** durch zwei verschiedene Ausführungsbeispiele von Verkrallungsstrukturen **600** gegen eine Verschiebung entlang der Oberfläche des Substrats **410**, das in **Fig. 10** nicht eingezeichnet ist, geschützt. Wie bereits zuvor im Zusammenhang mit **Fig. 6** erläutert wurde, weist auch hier der Gaterunner eine typische Strukturbreite von 10 µm bis 500 µm auf.

**[0133]** Das erste Ausführungsbeispiel einer Verkrallungsstruktur **600** ist hierbei im oberen Bereich der **Fig. 10**, genauer gesagt im oberen Bereich des Gaterunners **520** gezeigt. Unterhalb des Gaterunners **520** verläuft eine Zuleitungsstruktur **320**, die beispielsweise aus Poly-Silizium gefertigt sein kann, und über Kontaktlöcher **340** in dem in **Fig. 10** nicht gezeigten Zwischenoxid **330** einen elektrisch leitfähigen Kontakt zwischen dem Gaterunner **520** und der Zuleitungsstruktur **320**, die auch als Poly-Gate oder Poly-G bezeichnet wird, ermöglicht. Die Zuleitungsstruktur **320** weist hierbei eine sägezahnförmige Form auf, wie sie beispielsweise im Zusammenhang mit **Fig. 8a** bereits gezeigt wurde. Hierbei ist zu beachten, dass die Zuleitungsstruktur **320** diese zu beiden Seiten der auf einer Geraden angeordneten Kontaktlöcher **340** aufweist.

**[0134]** Das Poly-Gate **320** stellt somit für den Gaterunner **520**, der bei dem in **Fig. 10** oben gezeigten Ausführungsbeispiel einer Verkrallungsstruktur **600** die Metallstruktur **640** darstellt, die strukturierte Bauelementschicht **620** dar, so dass die äußere Form der Zuleitungsstruktur **320** die Topologiekante **630** bildet. Um dies genauer zu erläutern, ist in **Fig. 11a** ein Querschnitt A-A' entlang der in **Fig. 10** eingezeichneten Richtung **610** dargestellt, mit dem wiederum Strukturen und Schichten im Bereich des Substrats **410** und ein gegebenenfalls vorhandenes erstes Oxid zur Vereinfachung der Darstellung in **Fig. 11** nicht wiedergegeben sind.

**[0135]** **Fig. 11a** zeigt auf dem Substrat **410** die in diesem Fall als strukturierte Bauelementschicht **620** wirkende Zuleitungsstruktur **320** (Poly-Gate), die beispielsweise aus Poly-Silizium gefertigt sein kann. Wie bereits im Zusammenhang mit **Fig. 3** und **Fig. 4** erläutert wurde, ist auf der Zuleitungsstruktur **320** eine Isolationsschicht als Zwischenoxid **330** abgeschieden, auf der wiederum der Gaterunner bzw.

das Gate-Metallisierungsgebiet **520** abgeschieden ist. Der Gaterunner **520** stellt hierbei die Metallstruktur **640** des Ausführungsbeispiels der Verkrallungsstruktur **600** dar. Das Zwischenoxid **330** weist als Ausnehmung das Kontaktloch **340** auf, das einen elektrisch leitfähigen Kontakt zwischen dem Gaterunner **520** und dem Poly-Gate **320** ermöglicht.

[0136] Wie zuvor bereits angedeutet wurde, stellt bei dem in [Fig. 11a](#) im Querschnitt gezeigten Ausführungsbeispiel einer Verkrallungsstruktur **600-1** das Poly-Gate **320** näherungsweise die strukturierte Bauelementschicht **620** dar, so dass durch die Topologie bzw. durch die Struktur des Poly-Gates die Topologiekanten **630** des Zwischenoxids **330** durch die topologiebildenden Kanten des Poly-Gates **320** definiert werden. Die Metallstruktur **640** (Gaterunner **520**) ist nun aufgrund der in [Fig. 10](#) im oberen Bereich gezeigten Struktur der Topologiekante **630** in der Lage, Kräfte und Kraftkomponenten, die in der Ebene des Substrats bzw. in einer parallelen Ebene an die Metallstruktur **640** angreifend über die Topologiekanten **630** in allen Raumrichtungen in der Ebene an das Substrat **410** abzugeben und so eine Verkrallung zu erzielen. Genauer gesagt bildet das Poly-Gate **320** die topologiebildende Kanten für die Topologiekante **630** des Zwischenoxids **330** (ZWOX).

[0137] Die äußere Form bzw. die Struktur des Poly-Gates **320** stellt, wie auch die in [Fig. 11a](#) dargestellte Querschnittszeichnung näher illustriert wird, die topologiebildenden Kanten, die über das Zwischenoxid **330** auf dem Poly-Gate **320** zu den Topologiekanten **630** werden. Im Hinblick auf die typischen lateralen Abmessungen im Vergleich zu den typischen Schichtdicken des Zwischenoxids, können jedoch die topologiebildenden Kanten näherungsweise mit den Topologiekanten **630**, die durch das Zwischenoxid gebildet werden gleich gesetzt werden.

[0138] Da die Topologiekante **630**, wie sie in [Fig. 10](#) oben im Zusammenhang mit dem Poly-Gate **320** als strukturierte Bauelemente **620** gezeigt ist, bereits im Zusammenhang mit [Fig. 8a](#) erläutert wurde, kann im Zusammenhang mit dieser Figur die Erörterung der Geraden **650** und der zusammenhängenden Linie **630**, die sich bei einer Projektion in einer Ebene parallel zu der Oberfläche des Substrats **410** ergibt, entfallen. In diesem Zusammenhang wird vielmehr auf die betreffenden Beschreibungspassagen im Zusammenhang mit [Fig. 8a](#) verwiesen. In einem solchen Fall ergeben sich typischerweise Strukturbreiten eines Bereichs oder Gebiets, das von der zusammenhängenden Linie (zumindest teilweise) so begrenzt wird, dass eine Strukturbreite definierbar ist, die im Bereich zwischen 10 µm und 500 µm liegen.

[0139] Darüber hinaus zeigt [Fig. 10](#) im linken Teilbereich der Figur ein zweites Ausführungsbeispiel einer Verkrallungsstruktur **600-2**, das im Bereich des

Gaterunners **520** angeordnet ist. In diesem Bereich weist die weitere erfindungsgemäße Ausführungsform einer Verkrallungsstruktur **600-2** neben dem Gaterunner **520** (Gate-Metallisierungsgebiet **520**), die Zuleitungsstruktur **320** (Poly-Gate), die Kontaktlöcher **340** in dem Zwischenoxid (nicht gezeigt in [Fig. 10](#)) sowie eine weitere Zuleitungsstruktur **320'**, die ebenfalls häufig aus Poly-Silizium gefertigt ist und aufgrund ihrer funktionellen Eigenschaft auch als Poly-Source oder Poly-S bezeichnet wird.

[0140] Bevor jedoch die genaue Funktionsweise des Ausführungsbeispiels der Verkrallungsstruktur **600-2** erörtert wird, wird zunächst anhand eines in [Fig. 11b](#) dargestellten Querschnitts B-B' die Struktur des Bauelements in diesem Bereich näher erläutert, wobei der in [Fig. 11b](#) gezeigte Schnitt der in [Fig. 10](#) als Richtung **670** eingezeichneten Linie, die sich über das Metallgebiet des Gaterunners **520** weg in den Abstand zwischen den mit beiden Metallgebieten **510**, **520** erstreckt. Der in [Fig. 11b](#) gezeigte Querschnitt B-B' zeigt auf einem Substrat **410**, bei dem wiederum zur Vereinfachung der Darstellung unterhalb der Substratoberfläche liegende Strukturen, Dotierungsprofile oder ähnliche Objekte und Strukturen ebenso wenig eingezeichnet sind, wie etwa ein Erstoxid (vgl. Isolationsschicht **270** aus [Fig. 3](#) und [Fig. 4](#)). Auf dem Substrat **410** ist zunächst die Zuleitungsstruktur **320'** aufgebracht und strukturiert, wobei die Zuleitungsstruktur **320'** gerade im Bereich vertikaler Hochleistungstransistoren häufig auch als Poly-Source oder Poly-S bezeichnet wird, da über die Zuleitungsstruktur **320'** häufig Elektroden kontaktiert werden, die während des Betriebs des betreffenden Bauelements auf Sourcepotential gelegt werden. Beispiele für diese Elektrode stellen die unteren Elektroden **280** aus den [Fig. 3](#) und [Fig. 4](#) dar.

[0141] Zur elektrischen Isolation der Zuleitungsstruktur **320'** von weiteren elektrisch leitfähigen Strukturen ist diese mit einer Isolationsschicht **680** zumindest in dem in [Fig. 11b](#) gezeigten Querschnitt B-B' bedeckt. Auf der Isolationsschicht **680** ist wiederum die Zuleitungsstruktur **320** (Poly-Gate) aufgebracht, die von dem Zwischenoxid **330** außer in dem Bereich des Kontaktlochs **340** bedeckt wird. Das Kontaktloch **340** ist über bekannte Methoden der Dünnschichttechnik und der Halbleitertechnik in die Zwischenoxidschicht strukturiert. Das Zwischenoxid **330** bedeckt darüber hinaus nicht nur im Bereich des Querschnitts in [Fig. 11b](#) das Poly-Gate **320**, sondern vielmehr auch die Isolationsschicht **680** in dem Bereich, indem das darunter liegende Poly-Source **320'** sich über den Bereich des Poly-Gate **320** erstreckt. Ferner erstreckt sich das Zwischenoxid **330** über den gesamten in [Fig. 11b](#) gezeigten Querschnitt und stellt so eine (zusätzliche) Isolation der darüber liegenden Strukturen zu dem darunter liegenden Substrat **410** dar. Ferner zeigt [Fig. 11B](#), dass der Gaterunner **520**, der typischerweise aus Metall gefertigt ist, den voll-

ständigen Bereich der darunter liegenden Poly-Gate-Struktur **320** und der Poly-Source-Struktur **320'** abdeckt.

**[0142]** Wie bereits zuvor im Zusammenhang mit **Fig. 11a** und dem dort gezeigten Ausführungsbeispiel einer Verkrallungsstruktur **600-1** erörtert wurde, stellt auch bei diesem Ausführungsbeispiel das Zwischenoxid **330** die eigentliche strukturierte Bauelementschicht **620** dar. So bildet das Zwischenoxid **330** bzw. die strukturierte Bauelementschicht **620** für den darüber liegenden Gaterunner **520**, der bei dem in **Fig. 11b** gezeigten Ausführungsbeispiel die Metallstruktur **640** darstellt, zwei getrennte Topologiekanten **630**, **630'**.

**[0143]** Hierbei wird die Topologiekante **630** im Wesentlichen durch die Form der Zuleitungsstruktur **320** (Poly-Gate) mit ihren als Topologie bildende Kanten wirkenden Randstrukturen gebildet. Im Unterschied hierzu gehen letztendlich die Topologiekanten **630'** auf die Form und Struktur der Zuleitungsstruktur **320'** (Poly-Source) mit ihren topologiebildenden Kanten zurück. Hierbei ist allerdings zu beachten, dass die topologiebildenden Kanten der Poly-Source-Struktur **320'** wiederum durch die topologiebildenden Kanten der diese umgebenden Isolationsschicht **680** an das Zwischenoxid **330** vermittelt bzw. übertragen werden.

**[0144]** Somit bilden die Topologiekanten **630**, **630'** bei dem Ausführungsbeispiel einer Verkrallungsstruktur **600-2**, wie es im Querschnitt in **Fig. 11b** gezeigt ist, im Prinzip bei einer Projektion in einer Ebene parallel zu der Oberfläche des Substrats **410** zwei zusammenhängende Linien, für die die bereits im Zusammenhang mit den **Fig. 8a** und **Fig. 9** erläuterten Merkmale hinsichtlich definierbarer Geraden gelten. Näherungsweise kann wiederum in **Fig. 10** die äußere Struktur der beiden Zuleitungsstrukturen **320**, **320'** aufgrund der typischerweise geringen Dicke der Oxidschichten bzw. Isolationsschichten **330**, **680** mit den Topologiekanten **630**, **630'** identifiziert werden, wie dies in **Fig. 10** auch approximativ dargestellt ist. Beispielhaft sind in **Fig. 10** basierend auf dieser Näherung jeweils eine Gerade **650** für die (genäherte) Topologiekante **630** und eine Gerade **650'** für die genäherte Topologiekante **630'** eingezeichnet und entsprechend markiert.

**[0145]** Aufgrund der in diesem Bereich jeweils sehr ähnlichen Struktur der Topologiekanten **630**, **630'** mit denen, die in **Fig. 8a** gezeigt sind, kann unter Verweis auf die entsprechende Beschreibung der **Fig. 8a** eine nähere Erörterung der betreffenden Merkmale und Eigenschaften der beiden Geraden **650**, **650'** entfallen. Es wird vielmehr auf die betreffenden Beschreibungsabschnitte und die **Fig. 8a** und **Fig. 9** verwiesen. Auch für die beiden Geraden **650**, **650'** gelten die oben gemachten Angaben hinsichtlich der Länge.

**[0146]** Die beiden in den **Fig. 10**, **Fig. 11a** und **Fig. 11b** dargestellten Ausführungsbeispiele für Verkrallungsstrukturen **600-1**, **600-2** basieren also im Unterschied zu den zwei diskutierten Ausführungsbeispielen für Verkrallungsstrukturen nicht auf dem Kontaktloch-Layout (Kontaktlöcher) für die Gatekontakte auf dem Gaterunner **520**, sondern vielmehr auf der Ausgestaltung des Gate-Polysilizium-Layouts und des Source-Polysilizium-Layouts **320**, **320'**. Dargestellt sind hier also weitere Verkrallungsstrukturen **600-1**, **600-2**, die jedoch auf einem anderen Prinzip beruhen. Es wird die Metallfläche in Form des Gaterunners **520** so breit ausgelegt, dass sie seitlich zumindest über eine Topologiestufe hinaus reicht. Dies ist hier im Falle des ersten Ausführungsbeispiels **600-1** an dem oberen Gaterunner-Bereich gezeigt. Das Gate-Polysilizium **320** erzeugt eine zusätzliche Topologiestufe in Form der Topologiekanten **630**, deren seitliche Berandung nun zusätzlich mit Verkrallungsstrukturen versehen wird, wie sie über die Projektion im Zusammenhang mit den Geraden **650** definiert werden kann.

**[0147]** Im Bereich des zweiten Ausführungsbeispiels **600-2**, also am linken Gaterunner **520** ist hier beispielhaft eine doppelte Topologiestufe dargestellt, wobei die Schichtenfolge hier ausgehend von dem Substrat **410** in dem in **Fig. 11b** gezeigten Querschnitt dargestellt ist. Genauer gesagt ist hier die Schichtenfolge unter Vernachlässigung zusätzlicher Isolationsschichten (Isolationsschicht **680**) gegeben durch die Reihenfolge Source-Poly **320'** – Gate-Poly **320** – Zwischenoxid **330** (ZWOX) – Metallisierung **520** (Gaterunner). Die Verkrallungsstruktur in Form der Topologiekanten **630**, **630'** werden hier durch die Kanten des Source-Polys **320'** und des Gate-Polys **320** (näherungsweise gegeben) kombiniert.

**[0148]** Die zweite Art von Ausführungsbeispielen von Verkrallungsstrukturen **600-1**, **600-2**, die zusammenfassend auch als Verkrallungsstrukturen **600** bezeichnet werden, wird mit Hilfe von vorhandener Topologiestufen erzeugt. Dazu muss zunächst von einem praktischen Standpunkt aus das Metalllayout der betreffenden Metallstrukturen (z. B. Gaterunner **520**) so weit über die Topologiestufen durch die Zuleitungsstrukturen **320**, **320'** gegeben hinweg gezogen werden, dass ein Metallvolumen bereit liegt, das in der Lage ist verkrallt zu werden. Anschließend wird die Topologiestufenkante (Topologiekanten **630**, **630'**) nicht geradlinig ausgelegt bzw. gezeichnet, sondern es können wiederum beliebigere Verkrallungsformen ausgebildet werden, wie sie in den **Fig. 8–Fig. 11** beispielhaft unter Anderem als eine Art Sägezahn dargestellt sind. Liegen mehrere Topologiestufen in Nachbarschaft der betreffenden Metallbahn, wie dies im Zusammenhang mit dem Querschnitt in **Fig. 11b** und dem Ausführungsbeispiel **600-2** gezeigt wurde, so können auch Kombinationen aus Verkrallungen beider bzw. mehrerer Topolo-

gestufen ausgebildet werden. So ist selbstverständlich gerade das im Zusammenhang mit [Fig. 10](#) und [Fig. 11b](#) gezeigte zweite Ausführungsbeispiel der Verkrallungsstruktur **600-2** nicht auf zwei Topologiestufen bzw. Topologiekanten **630**, **630'** beschränkt, sondern kann grundsätzlich auf beliebig viele Topologiekanten bzw. Topologiestufen erweitert werden.

**[0149]** Prinzipiell können die Verkrallungsstrukturen insbesondere auch mittels (numerischer) Simulationen an den jeweiligen Stress bzw. die jeweils herrschenden Belastungen und die jeweiligen Zugrichtungen der Belastungen optimal angepasst werden. So herrschen beispielsweise in den Chipecken häufig völlig andere Stresseigenschaften bzw. Belastungsrichtungen vor, wie an einer Längsseite des Chips **500**. Somit ergibt sich eine optimale Verkrallungsstrukturform für jede Position auf dem Chip **500** in Abhängigkeit von der jeweiligen Position (X-Koordinate, Y-Koordinate), in Abhängigkeit benachbarter Metallflächen, in Abhängigkeit benachbarter Topologiestufen und anderen von dem Design des betreffenden Bauelements und seiner Herstellung abhängender Parameter. Im idealen Ziel-design können also so eine Vielfalt von Verkrallungsformen und Kombinationen aus den verschiedenen Beispielen, die beispielsweise in den [Fig. 7](#) und [Fig. 10](#) gezeigt sind, ergeben, um eine möglichst effiziente Entlastung der betreffenden Metallstrukturen gegenüber lateralen Kräften, die entlang der Oberfläche des Substrats wirken zu erzielen.

**[0150]** Abschließend bietet es sich an, anzumerken, dass auch beliebige bzw. komplette Kombinationen von Verkrallungen gemäß den Vergleichsbeispielen von Verkrallungsstrukturen **400** (vgl. [Fig. 7](#)) und Ausführungsbeispielen von Verkrallungsstrukturen **600** (vgl. [Fig. 10](#)) möglich sind. Grundsätzlich besteht darüber hinaus die Möglichkeit, jede topologiebildende Kante bzw. die daraus resultierende Topologiekante, die dann vollständig mit Metall bedeckt werden kann, zur Verkrallung durch Applikation entsprechender Strukturen einzusetzen. Anwendbar sind solche Verkrallungsstrukturen **400**, **600** beispielsweise für Gaterunner-Strukturen im Bereich jeglicher Transistoren, also nicht nur vertikaler Hochleistungstransistoren, die lediglich zu beispielhaften Zwecken in den Vordergrund gestellt wurden, um diese Metallstrukturen gegen Verschiebungen (Drifted Metal Lines) zu schützen. Typischerweise können nach einem Öffnen des Gehäuses und einem gegebenenfalls eingesetzt Metall-Lift-Off die Strukturen mit Hilfe einer Mikroskopansicht bestimmt und optimiert werden.

**[0151]** Ferner ist darauf hinzuweisen, dass auch beliebige Kombinationen von Ausführungsbeispielen mit den anderen gezeigten Verkrallungsstrukturen und Verankerungsstrukturen zusammen implementiert werden können. Um nur ein Beispiel zu nennen, können so die in den [Fig. 10](#) und [Fig. 11](#) gezeig-

ten Ausführungsbeispiele von Verkrallungsstrukturen so mit den Vergleichsbeispielen von Verankerungsstrukturen kombiniert werden, wie sie beispielsweise in [Fig. 2](#) gezeigt sind. Je nach konkreter Implementierung kann so eine einseitige oder eine zwei- oder mehrseitige Verankerung herangezogen werden.

**[0152]** [Fig. 12](#) zeigt ein weiteres Vergleichsbeispiel einer Verankerungsstruktur **700-1** für ein Bauelement auf einem Substrat **410**. Hierbei ist bei der in [Fig. 12](#) gezeigten Querschnittsdarstellung durch ein entsprechendes Bauelement wiederum zur Vereinfachung im Bereich des Substrats **410** gegebenenfalls vorhandene strukturelle Details, wie etwa Dotierungsprofil, zusätzliche Isolationsschichten (z. B. erste Isolationsschicht) oder andere Details nicht eingezeichnet.

**[0153]** Das Substrat **410** weist eine Hauptoberfläche **710** auf, auf der eine strukturierte Bauelementschicht **720** mit wenigstens einer Topologiestruktur und einer dem Substrat **410** abgewandten Hauptoberfläche **740** aufgebracht ist. Bei dem in [Fig. 12](#) gezeigten Vergleichsbeispiel einer Verankerungsstruktur **700-1** handelt es sich bei der Topologiestruktur **730** um eine Ausnehmung in der Bauelementschichtstruktur **720**, die eine Tiefe aufweist, die geringer als die Dicke der Bauelementschichtstruktur **720** ist, so dass sich unterhalb der Ausnehmung als Topologiestruktur **730** ein Bereich mit einer endlichen Dicke der Bauelementschichtstruktur **720** erstreckt.

**[0154]** Je nach konkreter Ausgestaltung des betreffenden Vergleichsbeispiels einer Verankerungsstruktur **700-1** kann es sich bei der Bauelementschichtstruktur **720** um eine solche handeln, die eine oder mehrere elektrisch isolierende Schichten umfasst, oder nur eine halbleitende Schicht umfasst mit einer einzigen oder keinen besonderen Dotierung.

**[0155]** Darüber hinaus weist das Vergleichsbeispiel einer Verankerungsstruktur **700-1**, wie es in [Fig. 12](#) gezeigt ist, eine Metallstruktur **750** auf, die auf der strukturierten Bauelementschichtstruktur **720** aufgebracht bzw. angeordnet ist. Genauer gesagt ist die Metallstruktur **750** auf der dem Substrat **410** abgewandten Hauptoberfläche der strukturierten Bauelementschichtstruktur **720** angeordnet.

**[0156]** Aufgrund der Topologiestruktur **730** in der strukturierten Bauelementschichtstruktur **720** ist es nun wiederum für die Metallstruktur **750** möglich, laterale Kräfte entlang der Oberfläche des Substrats **410** über die strukturierte Bauelementschichtstruktur **720** an das Substrat **410** abzugeben und so einen entsprechenden beispielsweise thermisch induzierten Stress an das Substrat **410** abzugeben, ohne das es zu einer Verschiebung der Metallstruktur **750** auf der Oberfläche des Substrats bzw. parallel zu der Oberfläche des Substrats kommt.

[0157] **Fig. 13** zeigt ein weiteres Vergleichsbeispiel einer Verankerungsstruktur **700-2**, das dem Vergleichsbeispiel **700-1** aus **Fig. 12** sehr ähnlich ist. Auch bei dem in **Fig. 13** gezeigten Vergleichsbeispiel **700-2** ist auf einem (in **Fig. 12** vereinfacht gezeigten) Substrat **410** zunächst auf einer Hauptoberfläche **710** des Substrats eine strukturierte Bauelementschichtstruktur **720** aufgebracht, die eine Topologiestruktur **730** an einer dem Substrat **410** abgewandeten Hauptoberfläche **740** aufweist. Auf der strukturierten Bauelementschichtstruktur **720** ist anschließend eine Metallstruktur **750** aufgebracht, die sich wenigstens über einen Teil der Topologiestruktur **730** der strukturierten Bauelementschichtstruktur **720** erstreckt.

[0158] Im Unterschied zu dem in **Fig. 12** gezeigten Vergleichsbeispiel einer Verankerungsstruktur **700-1**, bei dem die Topologiestruktur **730** sich unterhalb der Hauptoberfläche **740** der strukturierten Bauelementschichtstruktur **720** in Form einer Ausnehmung erstreckt hat, ist die Topologiestruktur **730** bei dem in **Fig. 13** gezeigten Vergleichsbeispiel **700-2** eine über die Hauptoberfläche **740** der Bauelementschichtstruktur **720** herausragende Struktur. Auch bei dem in **Fig. 13** gezeigten Vergleichsbeispiel ermöglicht die Topologiestruktur **730** es der Metallstruktur **750** lateral auf diese einwirkende Kräfte über die strukturierte Bauelementschichtstruktur **720** an das Substrat **410** abzugeben. Somit ermöglicht auch die in **Fig. 13** gezeigte Verankerungsstruktur **700-2** lateral wirkende Kräfte, wie sie beispielsweise im Rahmen des Temperature-Cycling auftreten, an das Substrat **410** abzugeben und so einer Verschiebung der Metallstruktur **750** vorzubeugen bzw. dieser entgegen zu wirken.

[0159] Die **Fig. 12** und **Fig. 13** zeigen Querschnittsdarstellungen von Vergleichsbeispielen von Verankerungsstrukturen **700**. In ihrer lateralen Ausdehnung können die Topologiestrukturen **730** grundsätzlich jede beliebige Form annehmen. Beispiele stellen so zylinderförmige Ausnehmungen bzw. über die Hauptoberfläche der Bauelementschichtstruktur **720** hinausgehenden Zylinder dar, ebenso wie entsprechende quaderförmige, würfelförmige, polygonale oder anders geformte Topologiestrukturen **730**. Ebenso können entsprechende Topologiestrukturen grundsätzlich auch als längliche Strukturen ausgeführt werden, die beispielsweise entlang einer Geraden verlaufen, einen einem polygonalen Linienzug nachempfundene Ausrichtung aufweisen oder etwa spiralförmig, mäanderförmig, wellenförmig oder eine entsprechend gebogene Form aufweisen. Selbstverständlich sind ebenso L-förmige, U-förmige, V-förmige oder kreuzförmige Strukturen denkbar und möglich.

[0160] Je nach konkreter Ausgestaltung von Implementierungen entsprechender Vergleichsbeispiele von Verankerungsstrukturen **700** können vorteilhaft beispielsweise nicht einzeln, sondern als Mehr-

zahl von entsprechenden Topologiestrukturen ausgeführt werden. In diesem Fall ermöglichen die Topologiestrukturen **730** in ihrer Gesamtheit eine verbesserte Aufnahmemöglichkeit von lateralen Kräften und ermöglichen so einen verbesserten Schutz gegen Verschiebungen der Metallstruktur **750** im Vergleich zu einer einzelnen Topologiestruktur **730**. So können diese beispielsweise in zweidimensionalen, regelmäßigen Anordnungen implementiert werden.

[0161] Gerade im Bereich zweidimensional regelmäßig angeordneter Topologiestrukturen **730** kann es ratsam sein, vergleichsweise kleine Topologiestrukturen **730** zu implementieren. So kann es in diesem Fall beispielsweise ratsam sein, die Topologiestrukturen **730** so auszuführen, dass diese im Falle einer Projektion in einer Ebene parallel zu der Hauptoberfläche des Substrats **710** einen Bereich begrenzen, wobei ein Durchmesser eines kleinsten Kreises, der dem betreffenden Bereich vollständig umfasst, kleiner als oder gleich  $100\ \mu\text{m}$ ,  $50\ \mu\text{m}$  oder  $20\ \mu\text{m}$  ist. Eine entsprechende Konstruktion ist bereits im Zusammenhang mit **Fig. 5a** erläutert worden, weshalb an dieser Stelle eine entsprechende Erläuterung zusammen mit einer weiteren Abbildung entfallen kann. Aus diesem Grund wird explizit an dieser Stelle auf die betreffenden Beschreibungspassagen im Zusammenhang mit **Fig. 5a** (und gegebenenfalls **Fig. 5B**) verwiesen.

[0162] Ebenso kann es in diesem Fall ratsam sein, die Topologiestrukturen **730** derart auszuführen, dass diese nach der Projektion in die betreffende Projektionsebene einen nichtkonvexen Bereich begrenzen. Hierdurch kann, wie im Zusammenhang mit den Vergleichsbeispielen von Verankerungsstrukturen **400** erläutert wurde, eine verbesserte Resistenz gegenüber lateralen Verschiebungen bzw. lateralen Kräften erreicht werden.

[0163] Im Falle der in **Fig. 12** gezeigten Vergleichsbeispiele von Verankerungsstrukturen **700-1** kann es sich bei den Bauelementschichtstrukturen **720** beispielsweise um eine einzelne Isolationsschicht oder eine Mehrzahl von Isolationsschichten handeln, die durchaus zu anderen Zwecken in das betreffende Halbleiterbauelement oder Bauelement eingeführt wurden. Beispiele für solche eingebrachten Isolationsschichten stellen Schichten dar, die zur elektrischen Isolierung, zur chemischen Passivierung oder zum mechanischen Schutz implementiert sind. Ebenso können im Prinzip auch funktionalen Schichten, etwa Membranschichten in diesem Zusammenhang verwendet werden, wie sie beispielsweise bei Drucksensoren oder anderen mikromechanischen Bauelementen zum Einsatz kommen. Typische Materialkombinationen oder Materialien, die im Bereich der strukturierten Bauelementschichtstrukturen **720** zum Einsatz kommen sind Oxidschichten, Nitridschichten

oder andere (organische) Isolationsschichten, wie etwa BPSG, PMMA oder andere Polymere.

**[0164]** Handelt es sich bei dem in [Fig. 12](#) gezeigten Vergleichsbeispiel **700-1** bei der Bauelementschichtstruktur **720** hingegen um eine halbleitende Schicht mit einer einzelnen oder ohne eine spezielle Dotierung, so kann es sich hierbei beispielsweise um Poly-Silizium handeln, das gegebenenfalls mit einer einzigen Dotierung versehen werden kann. Beispiele stellen so insbesondere Poly-Siliziumschichten und Poly-Siliziumstrukturen dar, wie sie beispielsweise im Rahmen vertikaler Hochleistungs-Transistoren zum Einsatz kommen können. So ist es beispielsweise denkbar, die in den [Fig. 3](#), [Fig. 4](#), [Fig. 7](#), [Fig. 10](#) gezeigten Zuleitungsstrukturen **320** mit einer entsprechenden Topologiestruktur **730** zu versehen, um auch im Fall größerer Kontaktlöcher mit Abmessungen von mehreren 10 µm oder mehreren 100 µm einen zusätzlichen Schutz vor lateralen Bewegungen der darauf abgeschiedenen Metallstrukturen zu erzielen. In diesem Fall bietet es sich beispielsweise an, die Topologiestrukturen **730** auf den Bereich der Kontaktlöcher **340** zu beschränken.

**[0165]** Auch im Falle der in [Fig. 13](#) dargestellten Vergleichsbeispiele von Verankerungsstrukturen **700-2**, bei denen die Topologiestruktur **730** über die Hauptoberfläche **740** der Bauelementschichtstruktur **720** hinausgeht, können im Prinzip die zuvor genannten Materialien und Materialkombinationen eingesetzt werden. Darüber hinaus können jedoch bei diesen Vergleichsbeispielen auch komplexere Bauelementschichtstrukturen **720** zum Einsatz kommen, die beispielsweise mehr als eine Dotierung umfassen oder auch eine Kombination metallischer, isolierender und/oder halbleitender Schichten umfassen. Auch bei diesen Vergleichsbeispielen können mehrere, gegebenenfalls zweidimensional regelmäßig angeordnete Topologiestrukturen **730** zum Einsatz kommen. Auch in diese Fall kann es je nach konkreter Implementierung ratsam sein, vergleichsweise kleine Topologiestrukturen **730** einzusetzen, die die oben gemachten Angaben hinsichtlich des Durchmessers eines kleinsten Kreises bei der Projektion in einer Ebene parallel zu der Hauptoberfläche **710** des Substrats **410** ihre Gültigkeit haben.

**[0166]** Unabhängig davon kann es auch bei dieser Verankerungsstrukturen **700-2** ratsam sein, diese im Fall einer Implementierung im Inneren eines Kontaktloches **340** auf den Bereich des Kontaktloches **340** zu beschränken, um nicht unnötig starke, gegebenenfalls sogar störende Topologiekanten bzw. topologiebildende Kanten in eine Bauelement einzuführen. Darüber hinaus ist anzumerken, dass alle Formen von Verankerungsstrukturen **700**, wie sie im Zusammenhang mit den [Fig. 12](#) und [Fig. 13](#) gezeigt sind, mit jedem der zuvor genannten Ausführungsbei-

spielen von Verankerungsstrukturen kombiniert eingesetzt werden können.

**[0167]** [Fig. 14](#) zeigt ein weiteres Vergleichsbeispiel einer Verankerungsstruktur **800** für eine Leiterschichtstruktur **810** in einem Bauelement **820** mit einer Hauptoberfläche **830**. Bei dem Bauelement **820** kann es sich prinzipiell um ein beliebiges Bauelement, also etwa ein Halbleiterbauelement oder ein anderes Dünnschichtbauelement handeln. Zur Vereinfachung der Darstellung in [Fig. 14](#) sind bei dem dort gezeigten Bauelement **820** keine Details hinsichtlich der funktionalen Ausgestaltung oder der Schichtstruktur oder anderer funktionaler Merkmale gezeigt. Bei dem Bauelement **820** kann es sich folglich beispielsweise um einfachere Halbleiterbauelementstrukturen handeln, also etwa eine Diodenstruktur oder ein Transistorstruktur. Darüber hinaus ist es aber selbstverständlich auch möglich, dass es sich bei dem Bauelement um komplexere integrierte Schaltungen, anwendungsspezifische integrierte Schaltungen (ASIC = application specific integrated circuits), Logikschaltkreise, Sensoren, die in Dünnschichttechnologie hergestellt werden, oder kompliziertere integrierte Schaltungen, wie etwa Prozessoren jeglicher Art handeln.

**[0168]** Das Bauelement **820** weist darüber hinaus eine Hauptoberfläche auf, die sich beispielsweise im Rahmen der abschließenden Fertigungsprozessschritte ergeben. So kann beispielsweise zumindest in Teilen bzw. in Bereichen des fertigen Bauelements **820** dieses mit Schutzschichten bedeckt sein, wie beispielsweise Oxidschichten oder Nitridschichten.

**[0169]** Das Bauelement **820** weist ferner eine Ausnehmung **840** auf, die sich ausgehend von der Hauptoberfläche **830** des Bauelements **820** in dieses hinein erstreckt. Bei in [Fig. 14](#) gezeigten Bauelement **820** weist die Ausnehmung im Wesentlichen senkrecht verlaufende Seitenwände auf, so dass abgesehen von Fertigungstoleranzschwankungen, die beispielsweise im Bodenbereich der Ausnehmung **840** in Form von Verrundungen auftreten können, eine im Wesentlichen konstante breite  $W$  auf, wie sie auch in [Fig. 14](#) eingezeichnet ist.

**[0170]** Das in [Fig. 14](#) gezeigte Vergleichsbeispiel einer Verankerungsstruktur **800** umfasst ferner die Leiterschichtstruktur **810**, die wenigstens über eine bestimmte bzw. vorbestimmte Länge der Leiterschichtstruktur **810** vollständig in der Ausnehmung **840** unterhalb der Hauptoberfläche **830** des Bauelements **820** verläuft. Hierbei erstreckt sich typischerweise die Ausnehmung **840** entlang einer in Bezug auf die in [Fig. 14](#) gezeigte Querschnittsebene senkrechten Richtung über einen bestimmten Längenabschnitt, erstreckt sich also über eine (gewisse) Länge. Daher handelt es sich bei der Ausnehmung **840** typischerweise auch um eine Grabenstruktur, die in einer in [Fig. 14](#) nicht gezeigten Aufsicht

auf das Bauelement **820** beispielsweise entlang einer Geraden, entlang eines polygonalen Linienzuges oder entlang einer gekrümmten Linie, also etwa einer spiralförmigen, kreisförmigen oder mäanderförmigen Linie verläuft. Bezogen auf eine Gesamtlänge der Leiterschichtstruktur **810** verläuft diese typischerweise über eine Länge von 90 oder mehr der Gesamtlänge der Leiterstruktur **810** vollständig in der Ausnehmung unterhalb der Hauptoberfläche **830** des Bauelements **820**. Je nach konkreter Ausgestaltung eines entsprechenden Bauelements **820** kann die Leiterschichtstruktur **810** auch auf einer Länge von mehr als 95 bezüglich der Gesamtlänge der Leiterschichtstruktur **810** bzw. sogar vollständig in der Ausnehmung **840** unterhalb der Hauptoberfläche **830** des Bauelements **820** verlaufen.

**[0171]** Die Leiterschichtstruktur **810** weist typischerweise daher eine Breite auf, die kleiner oder gleich der Breite  $W$  der Ausnehmung **840** ist. Die Breiten der Leiterschichtstruktur **810** und der Ausnehmung **840** können hierbei je nach anvisierter Einsatzmöglichkeit des Vergleichsbeispiels einer Verankerungsstruktur **800** Breiten von typischerweise weniger als  $5\ \mu\text{m}$  im Falle schmaler Zuleitungen haben. Darüber hinaus können je nach konkreter Implementierung die Breiten der Ausnehmung **840** und der Leiterschichtstruktur **810** jedoch auch Breiten von typischerweise kleiner oder gleich  $50\ \mu\text{m}$ , kleiner oder gleich  $100\ \mu\text{m}$  oder im Falle von Kontaktstrukturen bzw. Bondpads auch Breiten aufweisen, die sich im Bereich zwischen  $100\ \mu\text{m}$  und  $500\ \mu\text{m}$  bewegen. Grundsätzlich stellt hier die Möglichkeit, auch Leiterschichtstruktur **810** zu verwenden, die deutlich schmaler oder weniger breit sind als die Breite der betreffenden Ausnehmung **840**, eine durchaus relevante Möglichkeit dar.

**[0172]** Wie zuvor bei der Erörterung der Länge der Leiterschichtstruktur **810**, die sich vollständig in der Ausnehmung **840** erstreckt, diskutiert wurde, kann je nach konkreter Implementierung die Leiterschichtstruktur **810** vollständig, also bezogen auf ihre Gesamtlänge mit einem Anteil von 100 innerhalb der Ausnehmung **840** verlaufen. In diesem Fall sind beispielsweise gegebenenfalls zugehörige Kontaktflächen bzw. Bondpads, die ebenfalls in der Leiterschichtstruktur **810** umfasst sein können, ebenfalls in der Ausnehmung **840** angeordnet, so dass diese vollständig unterhalb der Hauptoberfläche **830** des Bauelements **820** angeordnet sind. Die Leiterschichtstruktur liegt daher, um eine entsprechende Kontaktierung beispielsweise einer solchen Kontaktfläche zu ermöglichen, bezogen auf eine Hauptoberfläche **850** der Leiterschichtstruktur, die einem Boden der Ausnehmung **840** folglich bezogen auf die Leiterschichtstruktur **810** abgewandt ist, freiliegend. Dies bedeutet insbesondere, dass zumindest bezogen auf einen Teil der Länge der Leiterschichtstruktur **810** diese bezogen auf ihre Hauptoberfläche **850** derart

zugänglich ist, dass diese beispielsweise durch einen Kontaktdraht bzw. einen Bonddraht erreichbar ist.

**[0173]** Selbstverständlich wird in diesem Zusammenhang unter einer freiliegenden Oberfläche nur eine solche Oberfläche verstanden, die beispielsweise vor einem Vergießen im Rahmen eines Package-Prozesses bzw. eines Verpackungsprozesses freiliegt. Mit anderen Worten werden Abdeckungen der Leiterschichtstruktur **810**, die beispielsweise durch Vergussmasse und/oder weitere, meist organische Passivierungsschichten oder Schutzschichten realisiert sind, bei der Frage, ob die Leiterschichtstruktur frei liegt oder nicht, nicht mit berücksichtigt. Der Begriff der freiliegenden Leiterschichtstruktur **810** bezieht sich in diesem Zusammenhang darauf, ob diese im Rahmen der elektrischen Kontaktierung, also beispielsweise mittels Bonden oder Presskontakten oder federbeaufschlagten Kontakten, direkt bezogen auf die Hauptoberfläche **850** der Leiterschichtstruktur **810** erfolgen kann.

**[0174]** Je nach konkreter Implementierung kann jedoch auch die Leiterschichtstruktur **810** aus der Ausnehmung **840** herausgeführt sein, um diese beispielsweise bezogen auf die Hauptoberfläche **830** des Bauelements **820** diese von dort zu kontaktieren. In diesem Fall beträgt typischerweise der Anteil der Länge der Leiterschichtstruktur **810**, der bezogen auf die Länge der Leiterschichtstruktur **810** und die Ausnehmung **840** nicht vollständig innerhalb der Ausnehmung **840**, also unterhalb der Hauptoberfläche **830** des Bauelements **820** verläuft, weniger als 10 bzw. weniger als 5%. Häufig werden in diesem Zusammenhang auch die Flächen der betreffenden Bereich miteinander in Beziehung gesetzt, so dass beispielsweise typischerweise maximal 10 oder maximal 5 Fläche der Leiterschichtstruktur **810** bezogen auf die Fläche der Ausnehmung nicht vollständig unterhalb der Hauptoberfläche **830** verlaufen.

**[0175]** Hierbei wird jedoch ausschließlich der Bereich der Länge oder der Fläche der Leiterschichtstruktur **810** berücksichtigt, der in dem Bereich der geometrischen Anordnung der aus Ausnehmung **840** verläuft. Es ist daher durchaus möglich, dass beispielsweise durch einen Knick der Leiterschichtstruktur **810** diese aus der Ausnehmung **840** herausgeführt wird, um gegebenenfalls verbreitert auf der Hauptoberfläche **830** des Bauelements **820** weiter fortgeführt wird. In diesem Fall bleibt der Anteil der Länge der Leiterschichtstruktur **810**, der sich nicht in dem geometrischen Bereich der Ausnehmung **840** erstreckt, bezogen auf die Gesamtlänge der Leiterschichtstruktur **810** (stets) unberücksichtigt.

**[0176]** Darüber hinaus sollte der Vollständigkeit halber erwähnt werden, dass durchaus mehr als eine Ausnehmung auf dem Bauelement **820** integriert sein können, die sich beispielsweise auch begegnen bzw.



kreuzen oder ineinander einmünden. Je nach konkreter Ausgestaltung kann entsprechend auch mehr als eine Leiterschichtstruktur **810** auf dem Bauelement **820** implementiert sein, die durchaus miteinander in elektrischen Kontakt stehen können.

[0177] Die Leiterschichtstruktur **810** ist darüber hinaus typischerweise eine Leiterschichtstruktur zum Transport von elektrischen Signalen bzw. zum Zuführen, Abführen oder Kontaktieren von elektrischen (Versorgungs-)Spannungen und/oder elektrischen (Versorgungs-)Strömen. Insbesondere stellen die Leiterschichtstrukturen **810** also keine Wellenleiter für optische bzw. elektromagnetische Wellen oder akustische Wellen dar. Folglich umfasst die Leiterschichtstruktur **810** wenigstens eine Teilschicht, beispielsweise Kupfer, Gold, Silber, Wolfram, Platin oder Palladium oder Aluminium. In vielen Vergleichsbeispielen einer Verankerungsstruktur **800** umfasst die Leiterschichtstruktur **810** darüber hinaus genau eine Metallschicht, ist also mit dieser zumindest in diesen Vergleichsbeispielen identisch.

[0178] Wie jedoch im Zusammenhang mit den Leiterschichtstrukturen, die in Fig. 16 dargestellt sind, noch erläutert werden wird, kann eine Leiterschichtstruktur **810**, wie sie im Rahmen von Vergleichsbeispielen einer Verankerungsstruktur **800** verwendet werden, durchaus weitere Schichten bzw. eine weitere Schicht umfassen. So kann, je nach konkreter Implementierung, es vorteilhaft sein, neben einer Metallschicht auch eine optional dotierte bzw. optional hochdotierte Halbleiterschicht zu integrieren. Eine solche Halbleiterschicht kann beispielsweise aus Poly-Silizium gefertigt sein.

[0179] Fig. 15 zeigt ein weiteres Vergleichsbeispiel einer erfindungsgemäßen Verankerungsstruktur **800**, die sich hinsichtlich des in Fig. 14 gezeigten Vergleichsbeispiels einer Verankerungsstruktur **800** lediglich hinsichtlich zweier Details unterscheidet. Aus diesem Grund wird hinsichtlich der Beschreibung des in Fig. 15 gezeigten Vergleichsbeispiels einer Verankerungsstruktur **800** auf die Beschreibungspassage im Zusammenhang mit Fig. 14 und dem dort gezeigten Vergleichsbeispiel explizit verwiesen.

[0180] Das in Fig. 15 gezeigte Vergleichsbeispiel **800** unterscheidet sich einerseits hinsichtlich der Form der Ausnehmung **840** und andererseits hinsichtlich der Auskleidung der Ausnehmung **840** von dem in Fig. 14 gezeigten Vergleichsbeispiel. So weist die Ausnehmung **840** im Unterschied zu der Ausnehmung **840** aus Fig. 14 eine optionale Isolationsschicht **860** auf, mit der die betreffende Ausnehmung im Bereich ihrer Seitenwände und im Bereich ihres Bodens ausgekleidet ist. Die Dicke dieser Isolationsschicht **860** ist typischerweise signifikant dünner als die Dicke der Leiterschichtstruktur **810** und liegt typi-

scherweise im Bereich von deutlich 200 nm bzw. sogar unter 100 nm.

[0181] Die in Fig. 15 explizit gezeigte Isolationsschicht **860** dient im Wesentlichen lediglich der Illustration, dass auch die Ausnehmung zusätzliche strukturelle Merkmale umfassen kann, so dass die Ausnehmung **840** nicht notwendigerweise in dem Substrat bzw. Substratmaterial, welches dem Bauelement **820** zugrunde liegt (meist Silizium), ausgeführt sein muss, sondern dass vielmehr die Ausnehmung selber optionale Merkmale bzw. funktionale Schichten aufweisen kann. Diese können jedoch bei dem in Fig. 14 gezeigten Vergleichsbeispiel auch im Bauelement **820** zugeschlagen werden. So kann beispielsweise die in Fig. 15 explizit gezeigte Isolationsschicht **860** als funktionale Struktur in dem Bauelement **820** zugerechnet werden, um Strukturen innerhalb der Ausnehmung **840** von den weiteren Strukturen des Bauelements **820** elektrisch zu isolieren. Mit anderen Worten ist bei dem in Fig. 15 gezeigten Vergleichsbeispiel definiert, dass die Isolationsschicht **860** bzw. ihre der Ausnehmung **840** zugewandeten Seitenflächen die Topologie bzw. Geometrie der Ausnehmung **840** bestimmt.

[0182] Der zweite Unterschied des Vergleichsbeispiels einer Verankerungsstruktur **800** in Fig. 15 im Vergleich zu der in Fig. 14 ist der, dass die Seitenwände der Ausnehmung **840** nicht mehr im Wesentlichen senkrecht verlaufen, sondern mit der Normalen der Hauptoberfläche **830** des Bauelements **820** einen deutlich von 0° verschiedenen Winkel einschließen. Typische Werte, die die Seitenwände der Ausnehmung mit der Normalen der Hauptoberfläche **830** des Bauelements **820** einschließen liegen im Bereich zwischen einschließlich 5° und 75°. Da im Rahmen der vorliegenden Anmeldung unter im Wesentlichen senkrecht verlaufenden Seitenwänden, Flanken und anderen Kanten solche verstanden werden, die bezüglich einer Normalen einen Winkel von typischerweise 5° oder weniger einschließen, weisen so typischerweise die Seitenwände der Ausnehmung **840** bei Vergleichsbeispielen einer Verankerungsstruktur **800** Winkel mit der Normalen der Hauptoberfläche **830** des Bauelements **820** Winkel zwischen +75° und -75° ein.

[0183] Da gerade bei besonders flach verlaufenden Seitenwänden der Ausnehmung **840** ein „Verlust der Chipfläche“ für weitere strukturelle Merkmale in Kauf genommen werden muss, der über die üblichen trigonometrischen Beziehungen mit der Tiefe der Ausnehmung **840** sich als Projektionsfläche der Grabenseitenwand sofort ergibt, wird bei vielen Vergleichsbeispielen einer Verankerungsstruktur **800** tendenziell eher ein kleinerer (absoluter) Winkel, typischerweise von 30° und weniger, angestrebt und implementiert.

[0184] Aufgrund der schräg verlaufenden Seitenwände der Ausnehmung **840** ergeben sich so unterschiedliche Breiten bezogen auf die in [Fig. 15](#) dargestellten Querschnitte der Ausnehmung. Während aufgrund der Neigung der Seitenwände bei der Ausnehmung **840** im unteren Bereich der Ausnehmung **840** die kleinste Breite  $W$  der Ausnehmung vorliegt, vergrößert sich die Breite mit geringer werdendem Abstand zur Hauptoberfläche **830** des Bauelements zunehmend, bis diese an der Oberfläche bzw. im Bereich der Oberfläche ihre maximale Breite  $W_1$  erreicht. Aus diesem Grund gilt also typischerweise, dass die minimale Breite  $W$  kleiner oder gleich der maximalen Breite  $W_1$  ist, die häufig im Bereich der Hauptoberfläche **830** des Bauelements **820** auftritt. Dagegen tritt die minimale Breite  $W$  der Ausnehmung **840** typischerweise im Bereich des Bodens der Ausnehmung **840** auf.

[0185] Die Breite der Leiterschichtstruktur **810** orientiert sich daher typischerweise an der minimalen Breite  $W$  der Ausnehmung **840**. Genauer gesagt ist typischerweise die Breite der Leiterschichtstruktur **810** kleiner als oder gleich der minimalen Breite  $W$  der Ausnehmung **840**.

[0186] Aufgrund der Verankerung bzw. Versenkung der Leiterschichtstruktur **810** in die unter der Hauptoberfläche **830** des Bauelements **820** liegende Ausnehmung **840** ist die Leiterschichtstruktur **810** wiederum durch die Seitenwände der Ausnehmung **840** als Topologiekanten gegen lateral angreifende Kräfte hervorragend geschützt. Solche Kräfte, die beispielsweise im Rahmen eines zyklischen Temperatur-Durchlauf-Tests auftreten, aber auch während des normalen Betriebs eines Bauelements je nach Typ des Bauelements unvermeidbar sind, können so über die Seitenwände der Ausnehmung **840** an das Bauelement **820** bzw. dessen Substrat abgegeben werden. Hierdurch ermöglicht ein Vergleichsbeispiel einer Verankerungsstruktur **800** ebenso wie die anderen bereits geschilderten Vergleichsbeispiele von Verankerungsstrukturen und Verkrallungsstrukturen eine sehr viel bessere Resistenz gegenüber entsprechenden Belastungen im Vergleich zu Bauelementen, die über keine Vergleichsbeispiele erfindungsgemäßer Verankerungsstrukturen und/oder Verkrallungsstrukturen verfügen.

[0187] Die [Fig. 16a](#) und die [Fig. 16B](#) illustrieren neben den bereits geschilderten Leiterschichtstrukturen **810**, die ausschließlich eine einzige Metallschicht umfassen, solche Leiterschichtstrukturen **810**, die wenigstens eine weitere Schicht umfassen. So zeigt die [Fig. 16a](#) eine Leiterschichtstruktur **810**, bei der unterhalb einer Metallschicht **870** eine weitere Schicht **880** angeordnet ist. Während, wie zuvor erläutert wurde, es sich bei den Metallschichten **870** beispielsweise um eine Metallschicht aus Gold, Kupfer, Silber, Platin, Palladium oder Alumi-

nium handeln kann, kann die weitere Schicht **880** beispielsweise ebenfalls aus einem Metall oder einer Legierung gefertigt sein oder aber beispielsweise aus einem optional dotierten bzw. optional hochdotierten Halbleitermaterial, wie etwa Poly-Silizium. Darüber hinaus sollte erwähnt werden, dass die in [Fig. 16a](#) gezeigte Schichtabfolge der Metallschicht **870** und der weiteren Schicht **880** nicht zwingend ist. So kann beispielsweise auch die Metallschicht **870** unterhalb der weiteren Schicht **880** angeordnet sein. Je nach konkreter Implementierung kann so beispielsweise es vorteilhaft sein, als weitere Schicht **880** unterhalb der Metallschicht **870** eine hochdotierte Poly-Siliziumschicht anzusetzen, die beispielsweise zur Kontaktierung von Elektroden in Gräben von Transistor-Strukturen oder anderen Graben-Strukturen entsprechender Bauelemente verwendet werden kann. Hierdurch ergibt sich beispielsweise die Möglichkeit, dass aufgrund der vergleichsweise langen Berührfläche zwischen der Metallschicht **870** und der weiteren Schicht **880**, die sich als Folge der parallelen Führung der beiden Schichten im Rahmen der Leiterschichtstruktur ergibt, ein gerade für Hochleistungs-Anwendungen bzw. Hochstrom-Anwendungen kritischer Parameter reduziert werden kann. So kann durch eine Implementierung einer Leiterschichtstruktur **810** beispielsweise der elektrische Widerstandswert innerhalb des Bauelements **820** reduziert werden, was die Lebenserwartung und die Einsatzmöglichkeiten des Bauelements **820** positiv beeinflussen kann.

[0188] Darüber hinaus ist es möglich, mehr als eine Abfolge einer Metallschicht **870** und einer weiteren Schicht **880** zu verwenden. Neben einer abwechselnden Reihenfolge jeweils einer Metallschicht **870** und einer jeweils darunter angeordneten weiteren Schichten **880**, wie dies in [Fig. 16B](#) im Falle jeweils dreier Metallschichten **870-1**, **870-2**, **870-3** und dreier weiterer Schichten **880-1**, **880-2**, **880-3** zeigt, kann jede beliebige weitere Kombination, Permutation einer oder mehrerer Metallschichten **870** mit einer oder mehreren weiteren Schichten **880** erfolgen. So kann beispielsweise durchaus eine Leiterschichtstruktur **810**, die auch als Stack **810** bezeichnet wird, mit mehreren unterschiedlichen metallischen Schichten **870** und/oder mehreren unterschiedlichen weiteren Schichten, die beispielsweise hinsichtlich ihrer Dotierung unterscheiden können, im Rahmen einer solchen Leiterschichtstruktur **810** implementiert werden.

[0189] Auch die Zahl und die Verteilung der unterschiedlichen Schichten zueinander kann beliebig variiert werden. So sind die in den [Fig. 16a](#) und [Fig. 16B](#) gezeigten Formen einer Leiterschichtstruktur **810** lediglich als beispielhaft zu verstehen. So können durchaus mehr als zwei bzw. mehr als sechs individuelle Schichten **870**, **880** zum Einsatz kommen. Genau so gut könnten jedoch auch weniger als die

betreffende Zahl von Schichten implementiert werden.

[0190] Auch hinsichtlich der Anordnung der verschiedenen Schichten zueinander sind in [Fig. 16a](#) und [Fig. 16B](#) ausschließlich zwei nicht als einschränkend zu verstehende Beispiele dargestellt. Wesentlich ist in diesem Zusammenhang lediglich, dass die Leiterschichtstruktur **810** bzw. der Stack **810** eine Metallschicht umfasst, die beispielsweise aus einem einzigen Metall oder einer Legierung gefertigt sein kann.

[0191] Auch hinsichtlich der relativen Dicken können die verschiedenen Schichten des Stacks **810** unterschiedlich ausgelegt sein. So können beispielsweise die Dicken der Metallschichten und der Poly-Siliziumschichten im Verhältnis von etwa 1:2 stehen (Metallschicht : Poly-Silizium = 1/3:2/3).

[0192] [Fig. 17](#) zeigt ein Vergleichsbeispiel einer Verankerungsstruktur **900** mit einem Substrat **910** mit einer Hauptoberfläche **920**, die in [Fig. 17](#) auch durch den Pfeil **930** markiert ist. Neben der Hauptoberfläche **920** ist in [Fig. 17](#) auch eine der Hauptoberfläche **920** abgewandte Rückseite **940** des Substrats **910** gezeigt. Bei dem Substrat **910** handelt es sich um ein im Wesentlichen monokristallines Substrat, das beispielsweise Silizium umfasst. In diesem Fall kann es sich beispielsweise um einen gegebenenfalls aus einem Siliziumwafer gewonnenes Substrat **910** handeln, bei dem ein monokristalliner Bereich oder ein epitaktischer Bereich **950** sich bis zu der Hauptoberfläche **920** des Substrats **910** erstreckt. Handelt es sich bei dem Bereich **950** um einen epitaktischen Bereich, der typischerweise auf einen monokristallinen Bereich abgeschieden wird, existiert zwischen dem monokristallinen Bereich des Substrats **910** und dem epitaktischen Bereich **950** eine Grenzfläche **960**, auf die im Rahmen der Herstellung des Substrats **910** der betreffende epitaktische Bereich **950** abgeschieden wurde.

[0193] Handelt es sich, wie zuvor erläutert wurde, um ein Silizium-Substrat **910** und bei dem Bereich **950** um einen epitaktischen Bereich **950**, ist dieser im Falle von Silizium häufig mittels einer CVD-Abscheidung (CVD = chemical vapor deposition = chemische Dampfphasenabscheidung) erzeugt worden. Der dem Substrat **910** zugrundeliegende Wafer ist dabei meistens aus einem Silizium-Einkristall gewonnen worden, der häufig gemäß der Czochralski-Methode gewonnen wurde.

[0194] Unabhängig davon, ob es sich bei dem Bereich **950** nun um einen monokristallinen Bereich, beispielsweise eines Wafers auf Basis eines Einkristalls, oder um einen epitaktischen Bereich handelt, erstreckt sich dieser jedoch bis zur Hauptoberfläche **920** des Substrats **910**. Das Vergleichsbeispiel einer Verankerungsstruktur **900** umfasst darüber hinaus ei-

ne Ausnehmung **970** in dem monokristallinen oder epitaktischen Bereich **950** an der Hauptoberfläche **920** des Substrats **910**. Darüber hinaus umfasst das Vergleichsbeispiel aus [Fig. 17](#) einer Verankerungsstruktur eine Leiterschichtstruktur **810** auf der Hauptoberfläche **920** des Substrats, die sich in die Ausnehmung **970** bis zu einem Boden **980** der Ausnehmung erstreckt.

[0195] Bei der Leiterschichtstruktur **810** handelt es sich wiederum um eine laterale Schichtstruktur, wie sie im Zusammenhang mit den Vergleichsbeispielen einer Verankerungsstruktur **800** in den [Fig. 14](#) und [Fig. 15](#) und im Zusammenhang mit [Fig. 16](#) beschrieben und erläutert wurde. Mit anderen Worten umfasst die Leiterschichtstruktur **810** typischerweise wenigstens eine Metallschicht, bei der es sich beispielsweise um eine Metallschicht aus Gold, Silber, Kupfer, Platin, Palladium oder Aluminium handelt. Ferner kann die Leiterschichtstruktur **810** jedoch weitere Schichten umfassen, die beispielsweise ebenfalls aus Metall gefertigt sein können oder gegebenenfalls ein optional dotiertes bzw. optional hochdotiertes Halbleitermaterial, etwa Poly-Silizium umfassen können.

[0196] Die Leiterschichtstruktur **810** mit wenigstens einer Metallschicht auf der Hauptoberfläche **920** des Substrats erstreckt sich, wie dies [Fig. 17](#) auch zeigt hierbei wenigstens bis zu dem Boden **980** der Ausnehmung **970**. Außerhalb der Ausnehmung **970** kann sie, wie dies im linken Teil von [Fig. 17](#) angedeutet ist, über einen weiteren Bereich sich erstrecken oder, wie dies im rechten Bereich von [Fig. 17](#) dargestellt ist, nur einen geringfügigen Überlapp mit der Hauptoberfläche **920** des Substrats bzw. des an sie angrenzenden Bereich **950** aufweisen. Je nach konkreter Implementierung eines Vergleichsbeispiels einer Verankerungsstruktur **900** steht die Leiterschichtstruktur **810** wenigstens im Bereich des Bodens **980** der Ausnehmung **970** mit dem monokristallinen oder epitaktischen Bereich **950** in einem elektrisch leitfähigen Kontakt, dass der Bereich **950** über die am Boden **980** der Ausnehmung **970** verlaufende Leiterschichtstruktur **810** elektrisch kontaktiert werden kann.

[0197] Vergleichsbeispiele einer Verankerungsstruktur **900** ermöglichen es so wiederum aufgrund der Ausnehmung **970** in dem monokristallinen oder epitaktischen Bereich **950** des Substrats **910** eine gesteigerte und signifikant verbesserte Resistenz gegenüber Belastungen der Leiterschichtstrukturen **810** zu realisieren, die dazu geeignet sind, die Leiterschichtstrukturen **810** typischerweise von der Hauptoberfläche des Substrats **920** abzuheben bzw. entlang der Hauptoberfläche **920** des Substrats **910** zu verschieben. Somit schaffen auch Vergleichsbeispiele von Verankerungsstrukturen **900** eine signifikante Verbesserung der Resistenz von Belastungen, gegenüber, wie beispielsweise während des Tempera-

tureCycling oder auch während des normalen Betriebs der späteren Bauelemente auftreten können.

**[0198]** Neben den im Rahmen der vorliegenden Anmeldung beschriebenen Ausführungsbeispielen der verschiedenen Verkrallungsstrukturen und Vergleichsbeispiele von Verankerungsstrukturen und Verkrallungsstrukturen sind diese selbstverständlich vielfältig miteinander kombinierbar. So können beispielsweise die im Rahmen der **Fig. 8** bis **Fig. 11** beschriebenen Ausführungsbeispiele von Verkrallungsstrukturen sowohl beliebig miteinander als auch mit Vergleichsbeispielen von Verankerungsstrukturen gemäß **Fig. 5** bis **Fig. 7** und Verankerungsstrukturen, wie sie beispielsweise in den **Fig. 2** bis **Fig. 4** und **Fig. 12** bis **Fig. 17** beschrieben sind, kombiniert zum Einsatz gebracht werden. Selbstverständlich können darüber hinaus die Ausnehmungen der betreffenden Vergleichsbeispiele der Verankerungsstrukturen Topologiekanten aufweisen, wie sie zusätzlich auch im Sinne der Ausführungsbeispiele von Verkrallungsstrukturen beschrieben sind.

**[0199]** Durch diese Kombinationen kann eine signifikant verbesserte Belastbarkeit gegenüber Stress und anderen Belastungen, die dazu neigen, Leiterschichtstrukturen, Metallflächen, Metallgebiete, Metallbahnen oder andere Metallflächen durch laterale Kräfte entlang der Oberfläche eines Bauelements oder eines Substrats zu verschieben, unterbinden. Ebenso kann durch eine entsprechende Kombination oder auch einzelne Implementierungen von verschiedenen Verankerungsstrukturen und/oder Verkrallungsstrukturen eine gesteigerte Resistenz gegenüber vertikalen bzw. normal zur Oberfläche der betreffenden Bauelemente und Substrate wirkenden Kräfte geschaffen werden, so dass auch eine signifikant verbesserte Belastbarkeit und Resistenz gegenüber abgehobenen Metalllinien, Metallflächen, Metallgebieten und anderen Leiterschichtstrukturen realisiert werden kann.

**[0200]** Darüber hinaus sollte an dieser Stelle angemerkt werden, dass bei allen Vergleichs- und Ausführungsbeispielen von Verankerungsstrukturen und/oder Verkrallungsstrukturen, sowie deren Kombinationen, also insbesondere bei allen Bauelementen, Chips und Substraten Metallschichten, Metallgebiete, Metallstrukturen und Leiterschichtstrukturen typischerweise freiliegen, so dass diese mit Hilfe von Bonddrähten bzw. anderen Kontaktdrähten von der dem Substrat bzw. Bauelement abgewandeten Seite aus kontaktierbar sind. Neben Bonddrähten, die beispielsweise durch ein thermisches Bonden oder ein ultraschall-unterstütztes Bonden aufgebracht werden können, können die betreffenden Metallgebiete oder Leiterschichtstrukturen auch durch Presskontakte oder federbeaufschlagte Kontakte elektrisch kontaktiert werden. Hierbei kann gegebenenfalls optional zumindest ein Teil der betreffenden Metall-

strukturen und/oder Leiterschichtstrukturen durch eine (organische) Schutzschicht, wie etwa PMMA, BPSG oder einer anderen organischen Verbindung abgedeckt sein. Insbesondere werden jedoch im Allgemeinen die betreffenden Metallgebiete oder Leiterschichtstrukturen kaum bzw. überhaupt nicht durch Oxidschichten und/oder Nitridschichten abgedeckt, wie dies beispielsweise im Rahmen von CMOS-Bauelementen (CMOS = complementary metal Oxide semiconductor = komplementärer Metalloxid-Halbleiter) der Fall ist.

**[0201]** Wie bereits zuvor erläutert wurde, werden im Folgenden zusammenfassend Bezugszeichen verwendet, um die nachfolgenden Beschreibungen zu vereinfachen.

### Patentansprüche

1. Verkrallungsstruktur (**600**),  
wobei die Verkrallungsstruktur eine strukturierte Bauelementschicht (**620**) auf einem Substrat (**410**) mit einer Zuleitungsstruktur (**320**) aufweist, die mit einer Isolationsschicht bedeckt ist, so dass sich die Zuleitungsstruktur zwischen der Isolationsschicht und dem Substrat befindet, wobei die Zuleitungsstruktur so strukturiert ist, dass eine topologiebildende Kante der Zuleitungsstruktur (**320**) eine Topologiekante (**630**) der Isolationsschicht bildet, wobei die Isolationsschicht (**330**) Kontaktlöcher (**340**) umfasst, über die eine Metallstruktur (**640**) in direktem Kontakt zu der Zuleitungsstruktur (**320**) steht, wobei die Metallstruktur (**640**) auf der strukturierten Bauelementschicht (**620**) gebildet ist, und sich dabei wenigstens über einen sägezahnförmigen Teil der topologiebildenden Kante der Zuleitungsstruktur (**320**) und einen gleichermaßen sägezahnförmigen Teil der Topologiekante (**630**) der Isolationsschicht, erstreckt, und einen Gaterunner eines Transistors bildet, wobei der sägezahnförmige Teil der Topologiekante (**630**) bei einer Projektion in eine Ebene wenigstens eine zusammenhängende Linie (**630**) bildet, wobei die zusammenhängende Linie (**630**) durch ein Polygon mit Geraden (**650**) definierbar ist, von denen jede eine Länge zwischen 19 µm und 42 µm aufweist, und sich die zusammenhängende Linie (**630**) bezogen auf einen ersten Punkt (**660-1**) und einen dritten Punkt (**660-3**) auf der jeweiligen Geraden auf einer ersten Seite der Geraden (**650**) und bezogen auf einen zweiten Punkt (**660-2**) und einen vierten Punkt (**660-4**) auf der Geraden auf einer der ersten Seite gegenüber liegenden Seite der Geraden (**650**) befindet, und wobei der zweite Punkt (**660-2**) zwischen dem ersten Punkt (**660-1**) und dem dritten Punkt (**660-3**) und der dritte Punkt (**660-3**) zwischen dem zweiten Punkt (**660-2**) und dem vierten Punkt (**660-4**) liegt.

2. Verkrallungsstruktur (**600**) nach Anspruch 1, bei der die Geraden (**650**) Längen zwischen 19  $\mu\text{m}$  und 21  $\mu\text{m}$  aufweisen.

3. Verkrallungsstruktur (**600**) nach einem der Ansprüche 1 oder 2, bei der die zusammenhängende Linie (**630**) wenigstens einen ersten geraden Abschnitt und einen zweiten geraden Abschnitt umfasst, die aneinander anschließen, wobei eine Richtung des ersten geraden Abschnitts und eine Richtung des zweiten geraden Abschnitts einen Winkel zwischen  $70^\circ$  und  $110^\circ$  miteinander einschließen.

4. Verkrallungsstruktur (**600**) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei der die zusammenhängende Linie (**630**) einen Bereich begrenzt, der eine typische Strukturbreite zwischen 10  $\mu\text{m}$  und 500  $\mu\text{m}$  aufweist.

5. Verkrallungsstruktur (**600**) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, bei der die Metallstruktur (**640**) eine wenigstens teilweise freiliegende Hauptoberfläche aufweist.

Es folgen 15 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG 1a

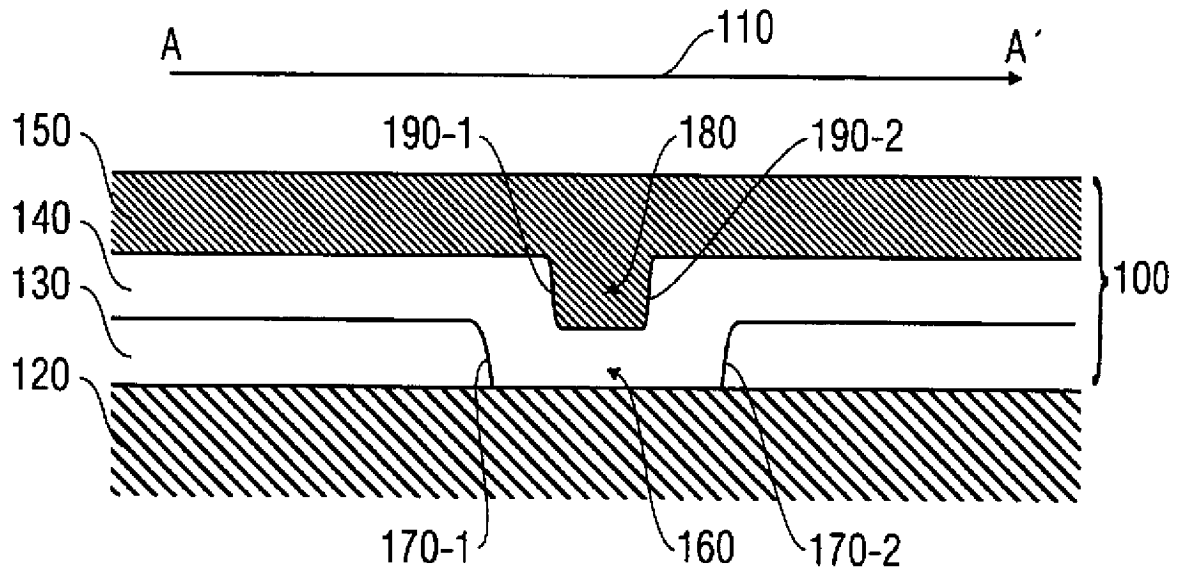


FIG 1b

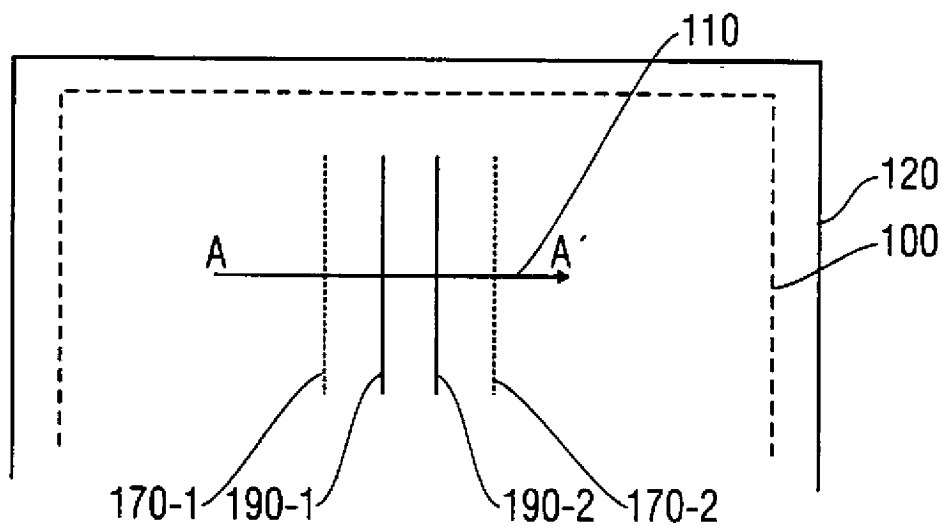


FIG 2

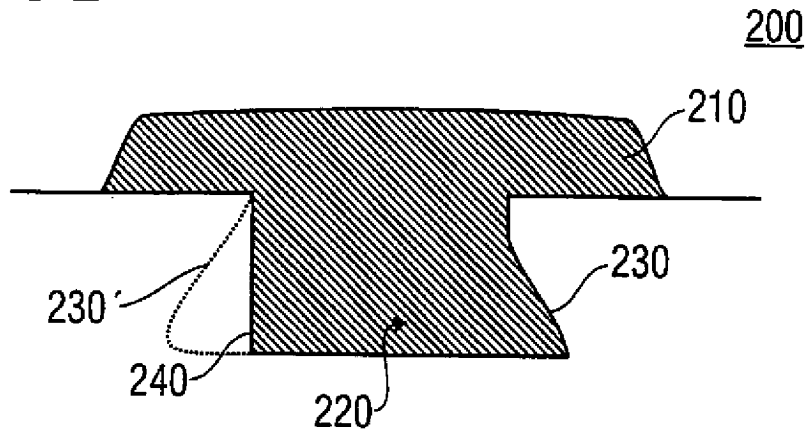


FIG 3

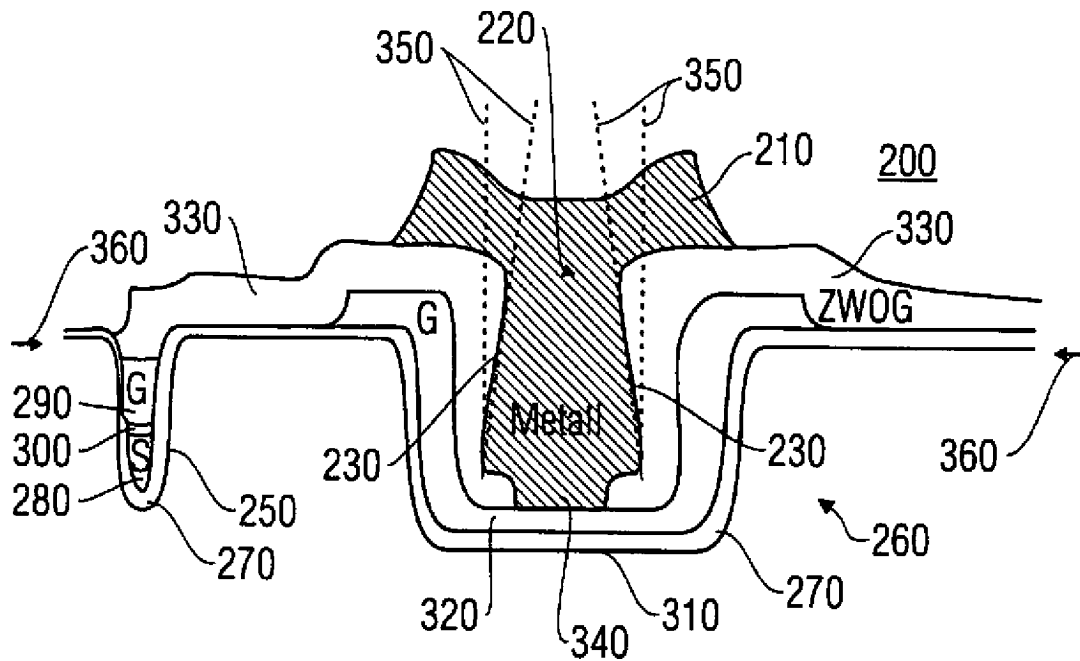


FIG 4

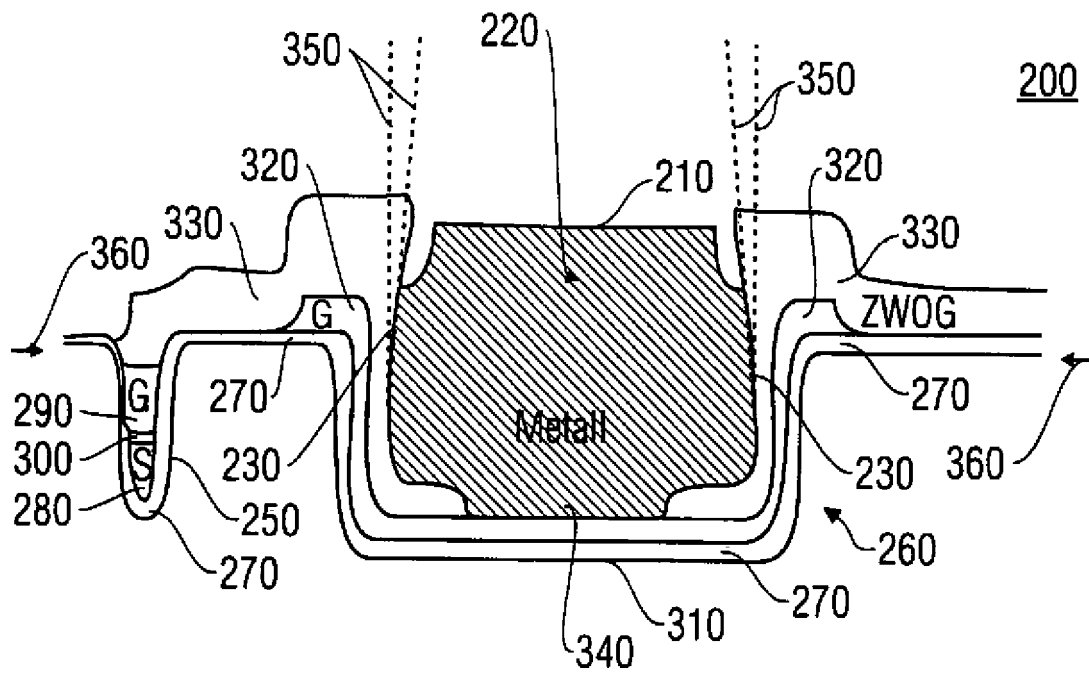




FIG 5a

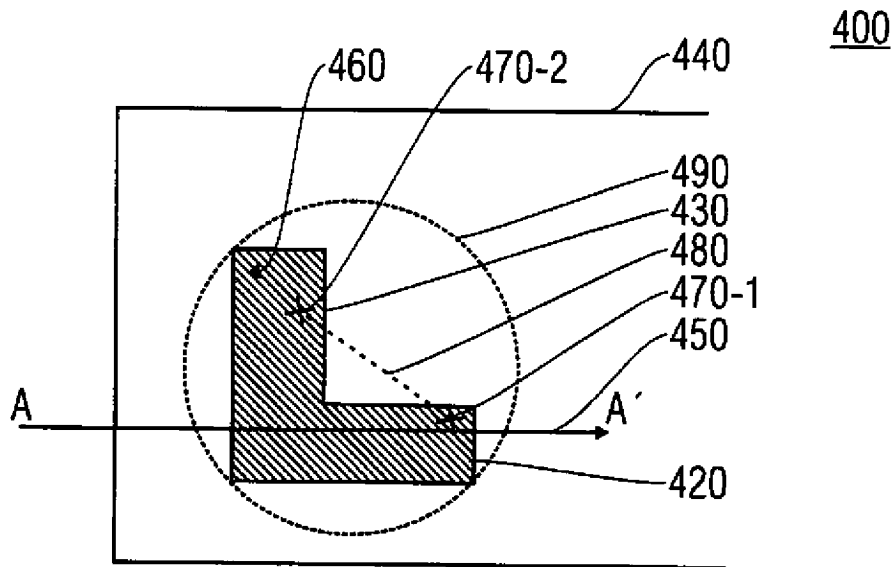


FIG 5b

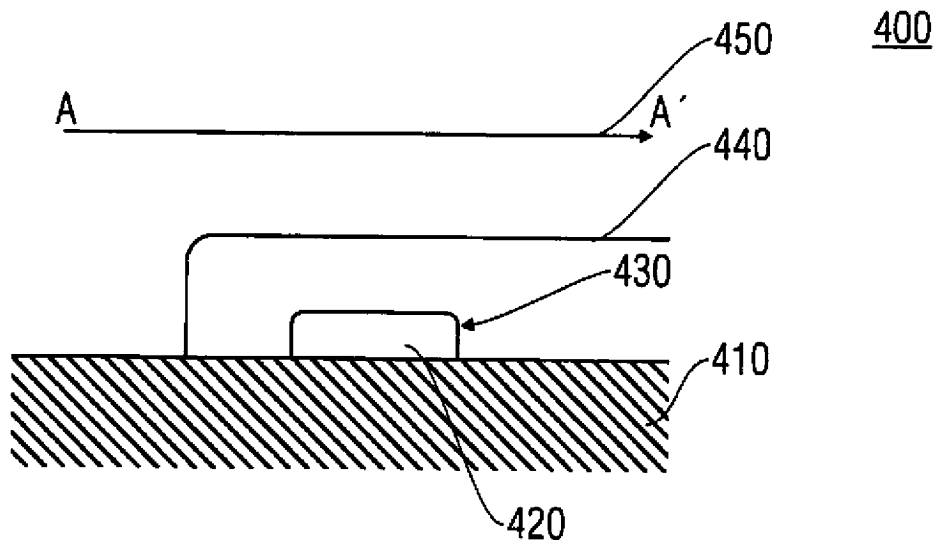


FIG 6

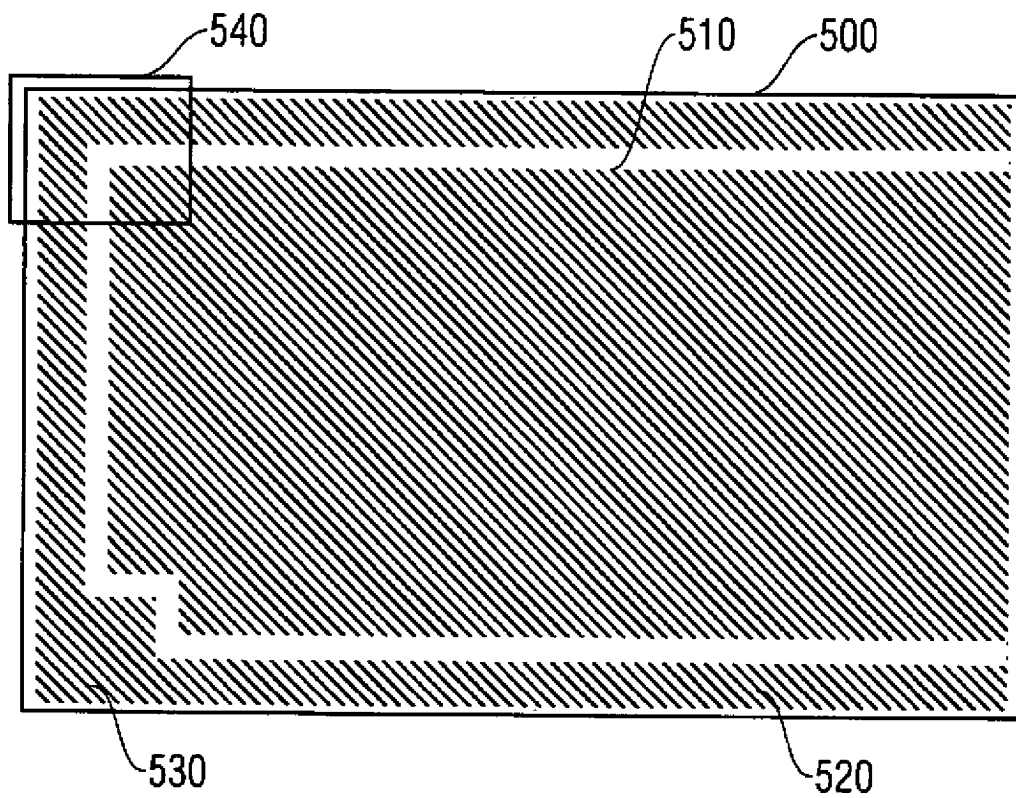


FIG 7a

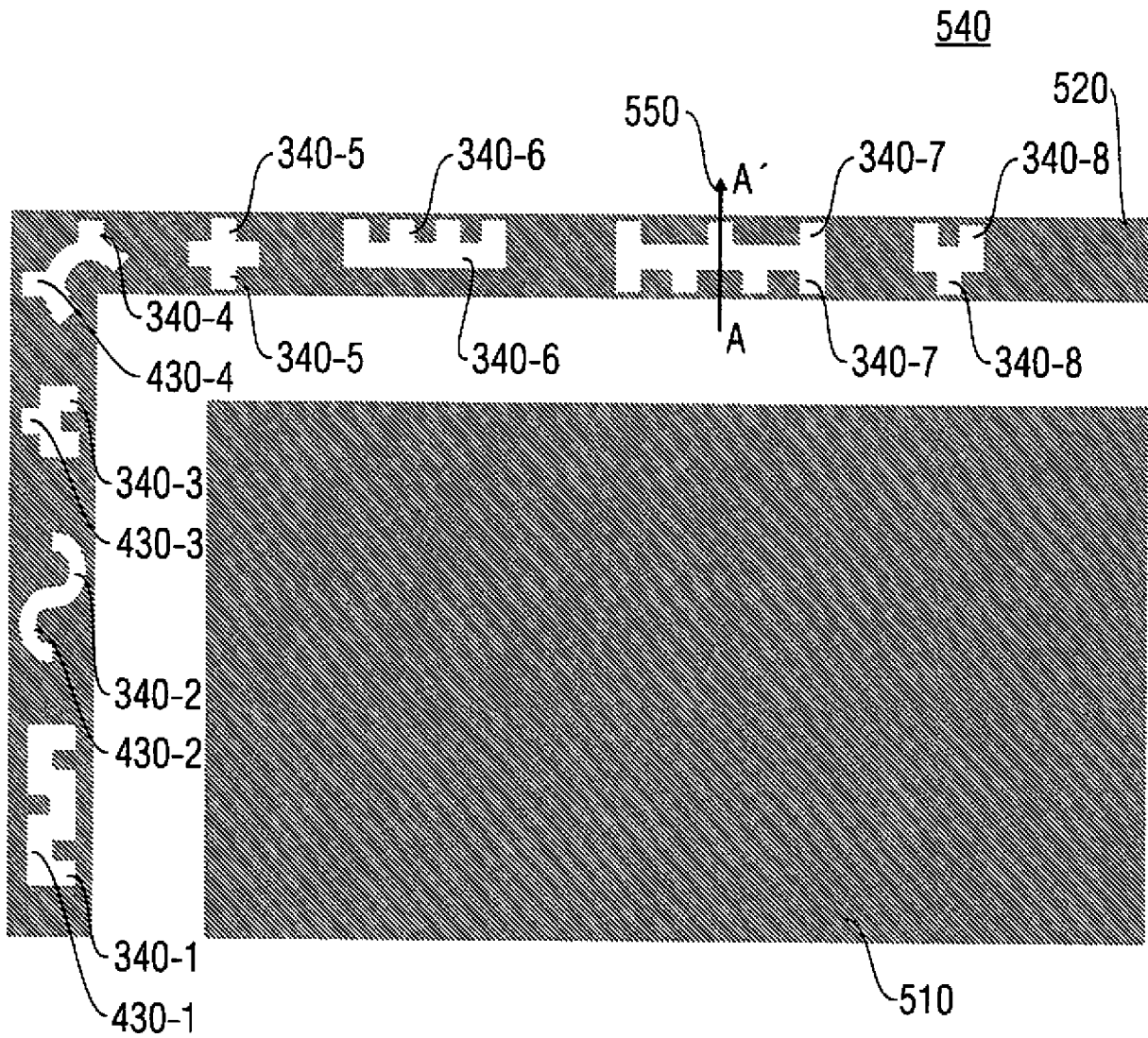


FIG 7b

400

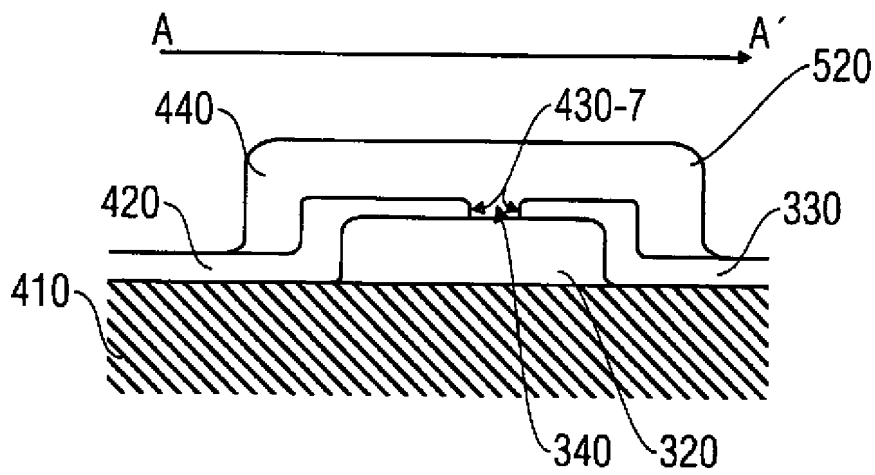


FIG 8a

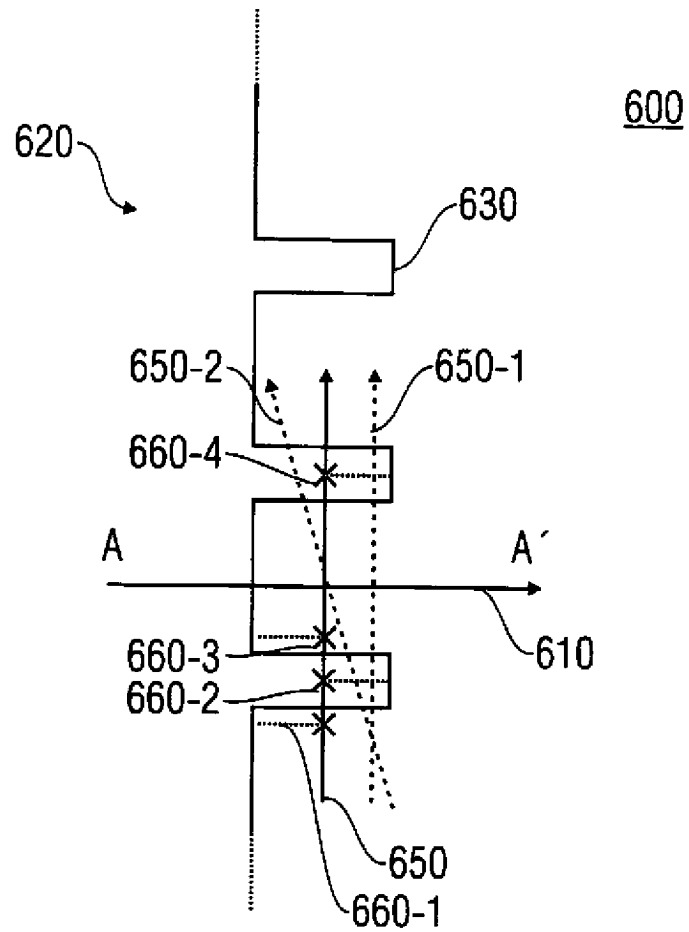
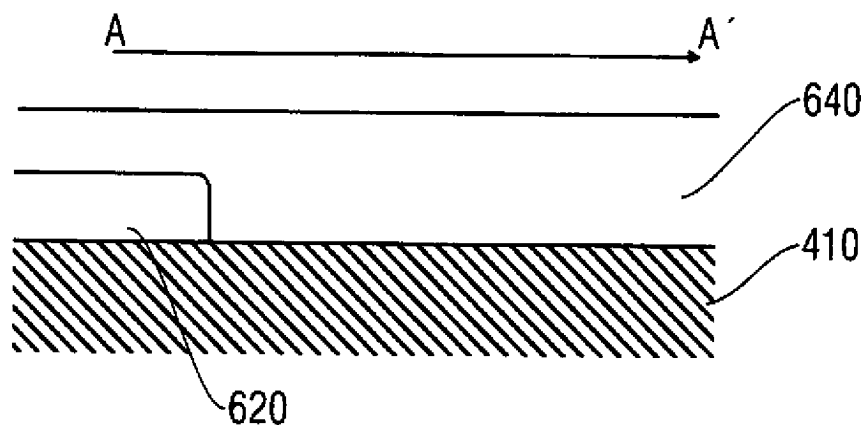


FIG 8b



**FIG 9**

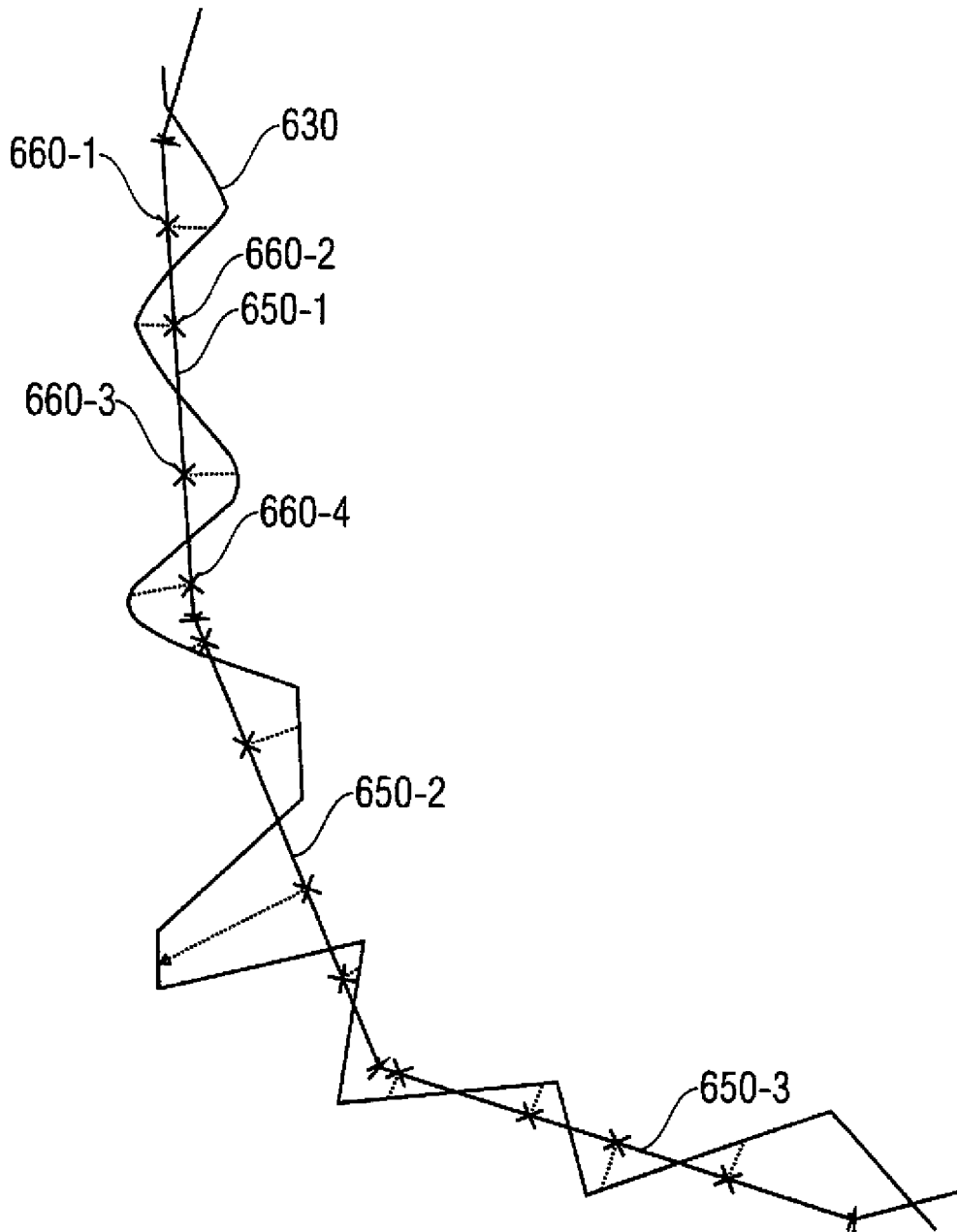


FIG 10

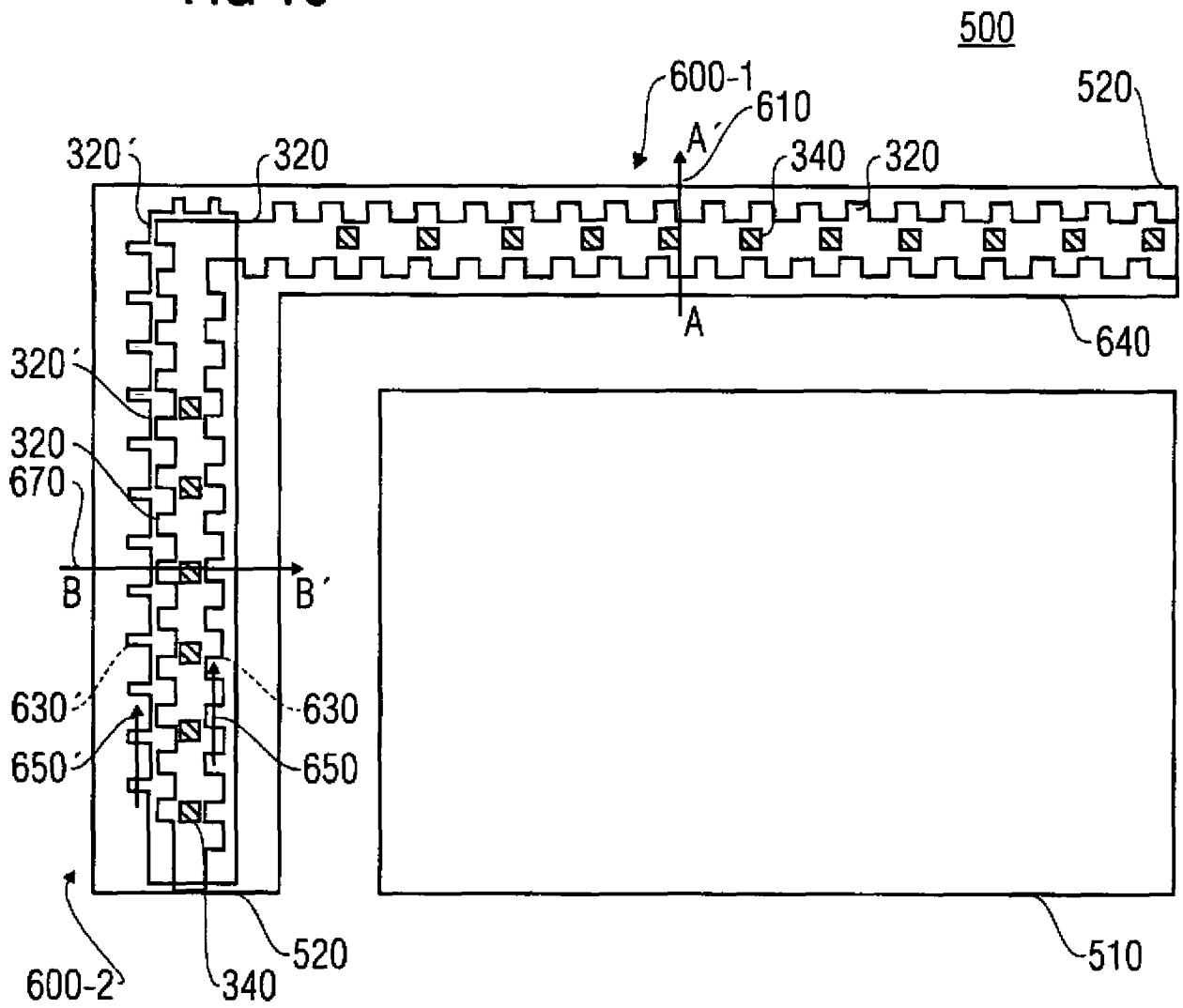


FIG 11a

600-1

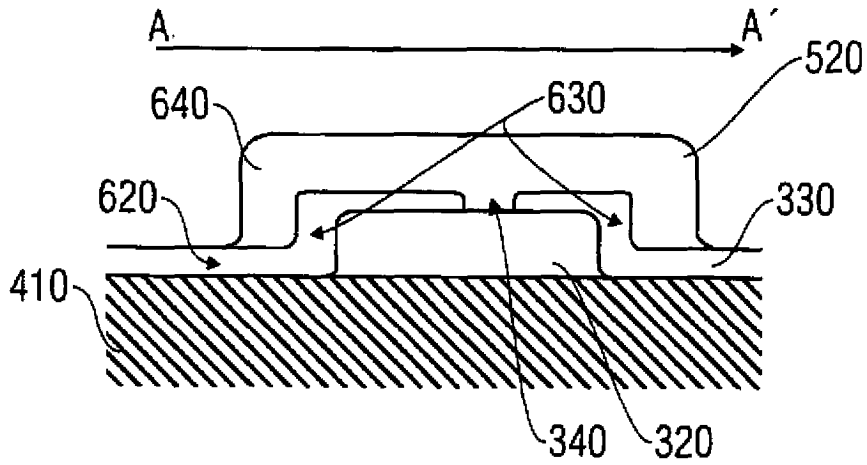
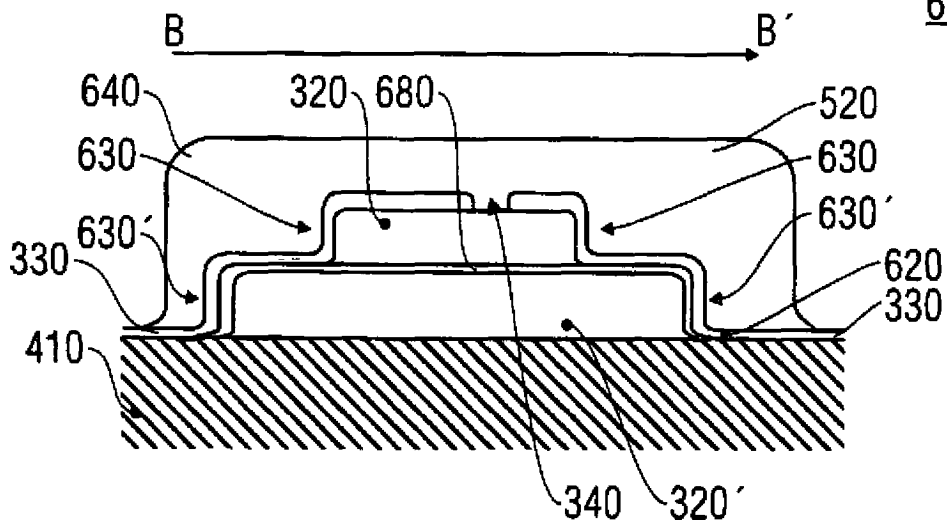


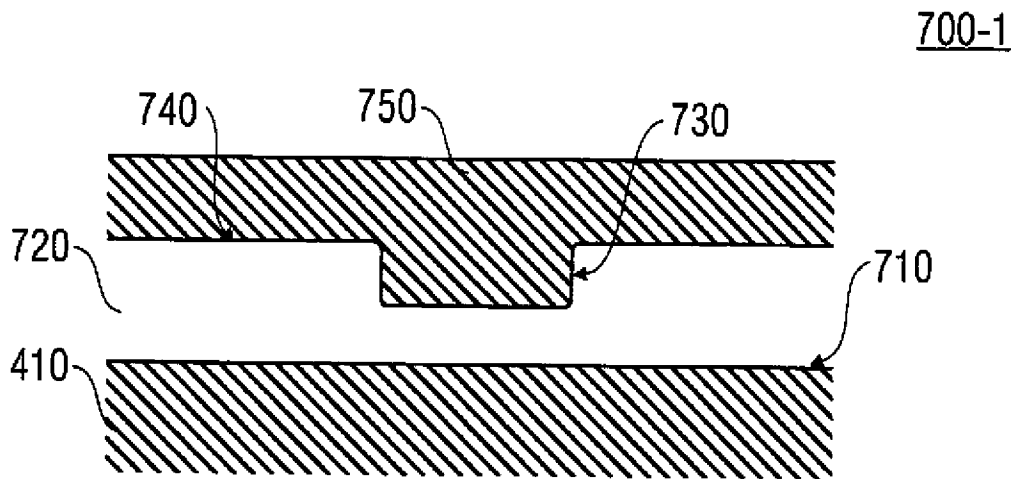
FIG 11b

600-2





**FIG 12**



**FIG 13**

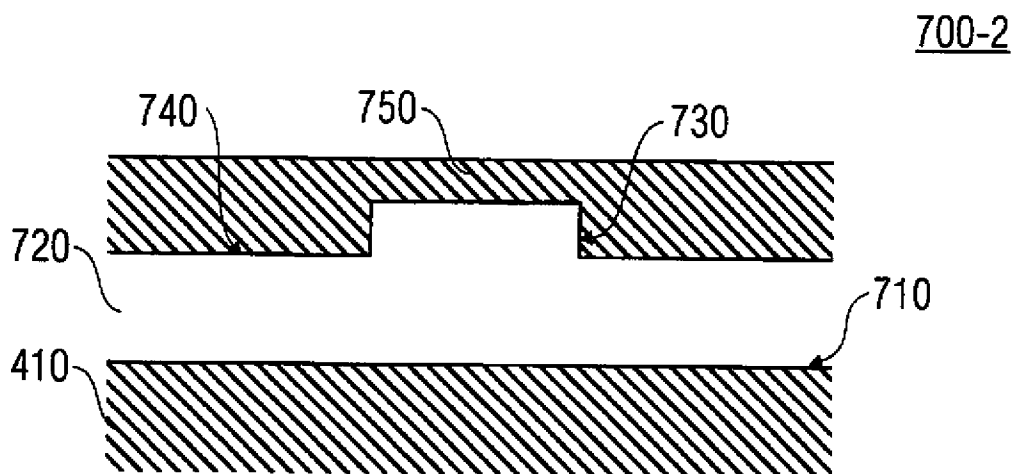


FIG 14

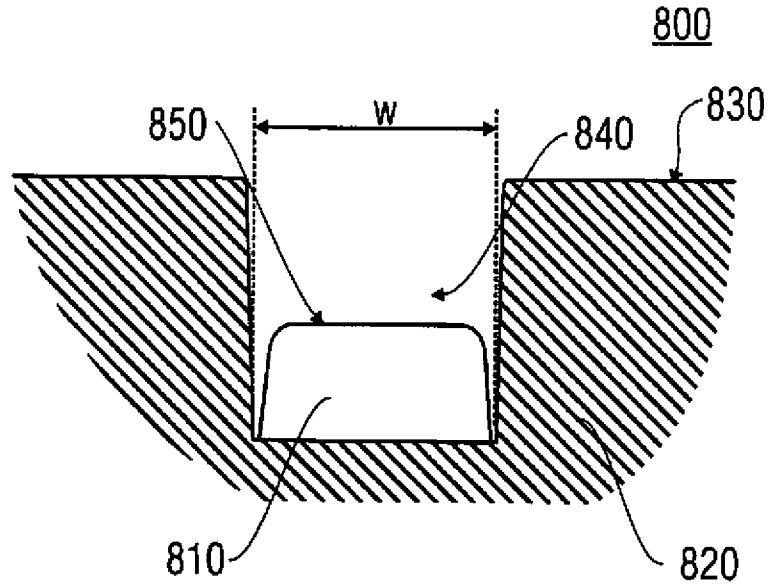


FIG 15

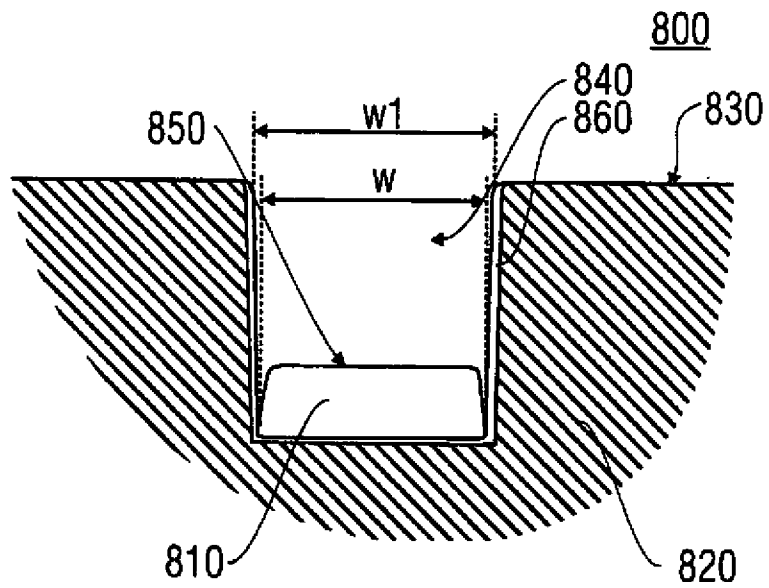


FIG 16a

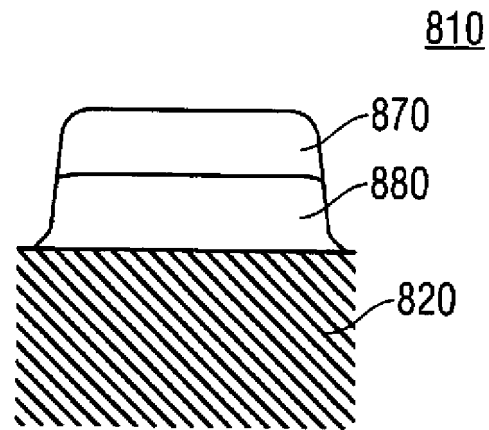


FIG 16b

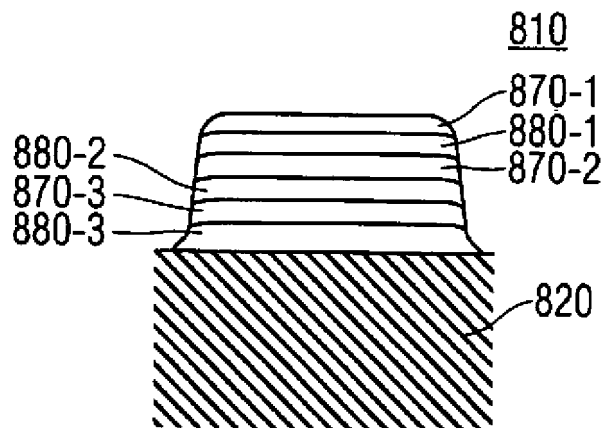


FIG 17

