



(10) **DE 10 2011 002 769 B4** 2013.03.21

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2011 002 769.6**
(22) Anmeldetag: **17.01.2011**
(43) Offenlegungstag: **19.07.2012**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **21.03.2013**

(51) Int Cl.: **H01L 21/283** (2006.01)
H01L 29/45 (2006.01)
H01L 21/768 (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).

(73) Patentinhaber:
**GLOBALFOUNDRIES Dresden Module One
Limited Liability Company & Co. KG, 01109,
Dresden, DE; GLOBALFOUNDRIES Inc., Grand
Cayman, KY**

(74) Vertreter:
**Grünecker, Kinkeldey, Stockmair &
Schwanhäusser, 80802, München, DE**

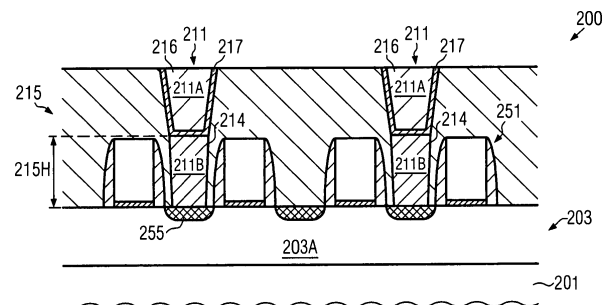
(72) Erfinder:
**Heinrich, Jens, 01454, Wachau, DE; Richter, Ralf,
01156, Dresden, DE; Huisinga, Torsten, 01309,
Dresden, DE; Froberg, Kai, 01689, Niederau, DE**

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

DE	100 55 290	C1
US	7 514 354	B2
US	2006 / 0 046 456	A1
US	2008 / 0 217 775	A1
US	2010 / 0 087 064	A1
US	5 897 369	A

(54) Bezeichnung: **Halbleiterbauelement und Verfahren zur Herstellung einer Hybridkontaktstruktur mit Kontakten mit kleinem Aspektverhältnis in einem Halbleiterbauelement**

(57) Hauptanspruch: Verfahren mit:
Bilden einer dielektrischen Schicht über einem Schaltungselement, das ein in einem Halbleitergebiet ausgebildetes Kontaktgebiet aufweist;
Bilden eines Kontaktelements in der dielektrischen Schicht derart, dass es eine Verbindung zu dem Kontaktgebiet herstellt, wobei das Kontaktelement ein erstes leitendes Material aufweist;
Bilden einer Vertiefung in dem Kontaktelement durch Entfernen eines Teils des ersten leitenden Materials;
Bilden eines Grabens in der dielektrischen Schicht nach dem Bilden der Vertiefung, wobei der Graben mit dem Kontaktelement in Verbindung steht;
Bilden einer Barrierenmaterialschiicht in der Vertiefung; und
Füllen der Vertiefung mit einem zweiten leitenden Material, das sich von dem ersten leitenden Material unterscheidet, nach dem Bilden der Barrierenmaterialschiicht.



Beschreibung

Gebiet der Erfindung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft das Gebiet der Halbleiterherstellung und betrifft insbesondere die Herstellung einer Verbindungsstruktur, die direkt ein Schaltungselement mit der ersten Metallisierungsebene verbindet.

Beschreibung des Stands der Technik

[0002] Halbleiterbauelemente, etwa moderne integrierte Schaltungen, enthalten typischerweise eine sehr große Anzahl an Schaltungselementen, etwa Transistoren, Kondensatoren, Widerstände und dergleichen, die für gewöhnlich in einer im Wesentlichen planaren Konfiguration auf einem geeigneten Substrat angeordnet sind, das darauf ausgebildet eine kristalline Halbleiterschicht aufweist. Auf Grund der großen Anzahl an Schaltungselementen und des erforderlichen komplexen Aufbaus moderner integrierter Schaltungen können die elektrischen Verbindungen der einzelnen Schaltungselemente nicht in der gleichen Ebene hergestellt werden, in der die Schaltungselemente aufgebaut sind, sondern es sind eine oder mehrere zusätzliche „Verdrahtungsschichten“ erforderlich, die auch als Metallisierungsschichten bezeichnet werden. Diese Metallisierungsschichten enthalten allgemein metallenthaltende Leitungen, die die elektrische Verbindung innerhalb der Ebene schaffen, und enthalten auch eine Vielzahl von Zwischenebenenverbindungen, die auch als „Kontaktdurchführungen“ bezeichnet werden, die mit einem geeigneten Metall gefüllt sind und die elektrische Verbindung zwischen zwei benachbarten gestapelten Metallisierungsschichten herstellen.

[0003] Auf Grund der kontinuierlichen Verringerung der Strukturgrößen von Schaltungselementen in modernen integrierten Schaltungen steigt auch die Anzahl der Schaltungselemente pro gegebener Chipfläche, d. h. die Packungsdichte, ebenfalls an, wodurch eine noch größere Anzahl an elektrischen Verbindungen erforderlich ist, um die gewünschte Schaltungsfunktion bereitzustellen, da die Anzahl der gegenseitigen Verbindungen zwischen den Schaltungselementen typischerweise in einer überproportionalen Weise im Vergleich zur Anzahl an Schaltungselementen anwächst. Daher nimmt für gewöhnlich auch die Anzahl der gestapelten Metallisierungsschichten zu, wenn die Anzahl der Schaltungselemente pro Chipfläche größer wird, wobei dennoch die Größe der einzelnen Metallleitungen und Kontaktdurchführungen verringert werden muss. Auf Grund der moderat hohen Stromdichten, die während des Betriebs moderner integrierter Schaltungen auftreten, und auf Grund der geringeren Strukturgröße von Metallleitungen und Kontaktdurchführungen ersetzen die Halbleiterhersteller zunehmend die gut bekannten Me-

tallisierungsmaterialien, etwa Aluminium, durch ein Metall, das höhere Stromdichten ermöglicht, um somit eine Verringerung der Abmessungen der Verbindungsstrukturen zulässt. Folglich sind Kupfer und deren Legierungen Materialien, die zunehmend bei der Herstellung von Metallisierungsschichten auf Grund der guten Eigenschaften im Hinblick auf die Widerstandsfähigkeit gegenüber Elektromigration und auf Grund des deutlich geringeren elektrischen Widerstands im Vergleich zu beispielsweise Aluminium verwendet werden. Trotz dieser Vorteile weist Kupfer auch Nachteile im Hinblick auf die Bearbeitung und die Handhabung des Kupfers in einer Halbleiterfertigungsstätte auf. Beispielsweise diffundiert Kupfer sehr gut in einer Vielzahl gut etablierten dielektrischen Materialien, etwa Siliziumdioxid, wobei sogar geringste Kupfermengen, die sich in empfindlichen Bauteilgebieten ansammeln, etwa Kontaktgebiete von Transistoren, zu einem Ausfall des entsprechenden Bauteils führen können. Aus diesem Grunde werden große Anstrengungen unternommen, um eine Kupferkontamination während der Herstellung der Transistoren zu verringern oder zu vermeiden, wodurch Kupfer ein weniger attraktiver Kandidat für die Herstellung von Kontaktpfropfen ist, die in direktem Kontakt mit entsprechenden Kontaktgebieten der Schaltungselemente sind. Die Kontaktpfropfen stellen die elektrische Verbindung der einzelnen Schaltungselemente mit der ersten Metallisierungsschicht her, die über einem dielektrischen Zwischenschichtmaterial ausgebildet ist, das die Schaltungselemente umschließt und passiviert.

[0004] Daher werden in modernen Halbleiterbauelementen die entsprechenden Kontaktpfropfen typischerweise aus einem Metall auf Wolframbasis in einem dielektrischen Zwischenschichtstapel hergestellt, der typischerweise Siliziumdioxid enthält, das über einer entsprechenden unten liegenden Ätzstoppschicht erzeugt wird, die typischerweise aus Siliziumnitrid aufgebaut ist. Auf Grund der voranschreitenden Verringerung der Strukturgrößen müssen jedoch die entsprechenden Kontaktpfropfen in entsprechenden Kontaktöffnungen mit einem Aspektverhältnis hergestellt werden, das bis zu ungefähr 8:1 oder größer ist, wobei ein Durchmesser der entsprechenden Kontaktöffnungen 0,1 µm oder weniger für Transistorbauelemente der 65 nm-Technologie beträgt. Das Aspektverhältnis derartiger Öffnungen ist generell als das Verhältnis der Tiefe der Öffnung zu der Breite der Öffnung definiert. Folglich kann der Widerstand der entsprechenden Kontaktpfropfen deutlich die gesamte Arbeitsgeschwindigkeit modernster integrierter Schaltungen beeinflussen, obwohl ein gut leitendes Material, etwa Kupfer und Kupferlegierungen in den Metallisierungsschichten verwendet sind. Ferner sind aufwendige Ätz- und Abscheidetechniken für die Herstellung der Kontaktpfropfen erforderlich, wie dies mit Bezug zu den [Fig. 1a](#) bis [Fig. 1c](#) detaillierter erläutert ist.

[0005] **Fig. 1a** zeigt schematisch eine Draufsicht eines Teils eines Halbleiterbauelements **100**. Das Halbleiterbauelement **100** umfasst ein Substrat (in **Fig. 1a** nicht gezeigt), über welchem eine Halbleiterschicht (nicht gezeigt) ausgebildet ist, in und über der Schaltungselemente, etwa ein Transistor und dergleichen, ausgebildet sind. Der Einfachheit halber ist ein Schaltungselement in Form eines Transistors **150** dargestellt. Der Transistor **150** umfasst eine Gateelektrodenstruktur, deren Seitenwände von einem Abstandshalterelement **152** bedeckt sind. Lateral benachbart zu der Gateelektrodenstruktur **151** ist ein aktives Gebiet in Form von Drain- und Sourcegebieten **153** vorgesehen, die zusätzlich zu einem Kanalgebiet (nicht gezeigt) unter der Gateelektrodenstruktur **151** angeordnet sind und ein aktives Gebiet in der entsprechenden Halbleiterschicht repräsentieren. Das aktive Gebiet kann durch eine Isolationsstruktur **102** festgelegt sein, über welcher auch ein Teil der Gateelektrodenstruktur **151** angeordnet sein kann, wodurch ein Kontaktgebiet **154** festgelegt wird, das mit einem Kontaktpfropfen oder einem Kontaktelement **110** in Verbindung steht. In ähnlicher Weise sind eine oder mehrere Kontaktelemente **111** in den Drain- und Sourcegebieten **153** vorgesehen, wobei der Einfachheit halber lediglich ein derartiges Kontaktelement **111** dargestellt ist. Es sollte beachtet werden, dass die Kontaktelemente **110**, **111** typischerweise in einem geeigneten dielektrischen Zwischenschichtmaterial hergestellt sind, das der Einfachheit halber in **Fig. 1a** nicht gezeigt ist.

[0006] **Fig. 1b** zeigt schematisch eine Querschnittsansicht entlang der Linie Ib, die in **Fig. 1a** gezeigt ist, wobei das Halbleiterbauelement **100** in einer weiter fortgeschrittenen Fertigungsphase gezeigt ist. Wie dargestellt, umfasst das Halbleiterbauelement **100** ein Substrat **101**, das ein geeignetes Trägermaterial, etwa ein Siliziumsubstrat, ein SOI-(Silizium-auf-Isolator-)Substrat, und dergleichen darstellt. Eine siliziumbasierte Halbleiterschicht **103** ist über dem Substrat **101** ausgebildet, und die Isolationsstruktur **102**, beispielsweise in Form einer Grabenisolation, definiert ein aktives Gebiet **104**, in der die Drain- und Sourcegebiete **153**, d. h. entsprechende Dotierstoffkonzentrationen, angeordnet sind, um damit entsprechende pn-Übergänge mit dem verbleibenden Teil des aktiven Gebiets **104** zu erzeugen. Des Weiteren können Metallsilizidgebiete **155** in den Drain- und Sourcegebieten **153** hergestellt sein, wodurch ein Kontaktgebiet darin gebildet ist, und auf der Gateelektrodenstruktur **151** mit dem Kontaktbereich **154** kann das Silizid ausgebildet sein, wodurch ebenfalls ein entsprechendes Kontaktgebiet für die Gateelektrodenstruktur **151** festgelegt wird. Ferner umfasst das Halbleiterbauelement ein dielektrisches Zwischenschichtmaterial **115**, das typischerweise zwei oder mehr dielektrische Schichten umfasst, etwa die Schicht **115a**, die eine Kontaktätzstoppschicht aus Siliziumnitrid darstellt, und eine zweite dielektrische Materialschicht

115b, das beispielsweise in Form eines Siliziumdioxidmaterials bereitgestellt wird. Typischerweise liegt eine Dicke **115t** des dielektrischen Zwischenschichtmaterials **115** im Bereich von mehreren 100 nm, um einen ausreichenden Abstand zwischen der Gateelektrodenstruktur **151** und einer ersten Metallisierungsschicht **120** zu schaffen, so dass die parasitäre Kapazität auf einem geringen Niveau bleibt. Folglich besitzt das Kontaktelement **111**, das eine Verbindung zu dem Draingebiet oder Sourcegebiet **153** herstellt, ein moderat hohes Aspektverhältnis, da die laterale Größe im Wesentlichen durch die laterale Abmessung der Drain- und Sourcegebiete **153** begrenzt ist, während die Tiefe des Kontaktelements **111** durch die Dicke **115t** des dielektrischen Zwischenschichtmaterials **115** festliegt. Andererseits erstreckt sich das Kontaktelement **110** lediglich bis hinab zu der oberen Fläche der Gateelektrodenstruktur **151**, d. h. zu den Kontaktbereich **154**, während auch die laterale Abmessung des Kontaktelements **110** unterschiedlich zu dem Element **111** sein kann, wobei dies von der Größe und der Form des Kontaktbereichs **154** abhängt. Die Kontaktelemente **110**, **111** weisen typischerweise ein Barrierenmaterial in Form einer Titanbeschichtung **112** auf, woran sich eine Titannitridbeschichtung **113** anschließt, während das eigentliche Füllmaterial **114** in Form von Wolframmaterial vorgesehen wird.

[0007] Die Metallisierungsschicht **120** umfasst typischerweise eine Ätzstoppschicht **123**, beispielsweise in Form von Siliziumnitrid, Siliziumkarbid, stickstoffangereichertem Siliziumkarbid und dergleichen, auf der ein geeignetes dielektrisches Material ausgebildet ist, etwa ein dielektrisches Material mit kleinem ϵ mit einer relativen Permittivität von 3,0 oder weniger. Des Weiteren sind entsprechende Metallleitungen **121**, **122** in dem dielektrischen Material **124** ausgebildet und sind mit den Kontaktelementen **110** bzw. **111** verbunden. Die Metallleitungen **121**, **122** weisen ein kupferenthaltendes Metall in Verbindung mit einem geeigneten Barrierenmaterial **125** auf, etwa ein Material mit Tantal, Tantalnitrid und dergleichen. Schließlich ist eine Deckschicht **126** so vorgesehen, dass diese das Kupfermaterial in den Leitungen **121**, **122** einschließt, was auf der Grundlage von dielektrischen Materialien, etwa Siliziumnitrid, Siliziumkarbid, und dergleichen gelingt.

[0008] Ein typischer Prozessablauf zur Herstellung komplexer Halbleiterbauelemente **100**, wie es in **Fig. 1b** gezeigt ist, umfasst die folgenden Prozesse. Nach der Herstellung des Schaltungselement **150** auf der Grundlage gut etablierter Techniken gemäß den Entwurfsregeln für den jeweiligen Technologiestandard, wozu das Ausbilden einer geeigneten Gateisolationsschicht (nicht gezeigt) und das Strukturieren dieser zusammen mit der Gateelektrodenstruktur **151** durch komplexe Lithographie- und Ätztechniken gehört, werden die Drain- und Sourcegebiete

153 durch Ionenimplantation unter Anwendung der Abstandshalterstruktur **152** als geeignete Implantationsmaske hergestellt. Nach Ausheizprozessen werden die Metallsilizidgebiete **155** gebildet und das dielektrische Zwischenschichtmaterial wird beispielsweise durch Herstellen der Kontaktätzstoppschicht **115a** gefolgt von dem Abscheiden der Siliziumdioxidmaterialschicht auf der Grundlage plasmaunterstützter CVD-(chemischer Dampfabseide-)Techniken aufgebracht. Nach dem Einebnen der resultierenden Oberflächentopographie des Siliziumdioxidmaterials wird eine Photolithographiesequenz ausgeführt auf der Grundlage von gut etablierten Rezepten, woran sich anisotrope Ätztechniken anschließen, um Kontaktöffnungen zu bilden, die sich durch das dielektrische Zwischenschichtmaterial **115** so erstrecken, dass eine Verbindung zu der Gateelektrodenstruktur **151** und den Drain- und Sourcegebieten **153** hergestellt wird. Während des entsprechenden Ätzprozesses sind aufwendige Strukturierungsschemata auf Grund des großen Aspektverhältnisses der jeweiligen Kontaktöffnung insbesondere für das Kontaktelement **111** erforderlich. Während der komplexen Ätzsequenz wird die Schicht **115a** als eine Ätzstoppschicht zum Ätzen des Siliziumdioxidmaterials **115b** verwendet, woraufhin ein weiterer Ätzprozess ausgeführt wird, um schließlich die Kontaktgebiete in den Drain- und Sourcegebieten **153** und in der Gateelektrodenstruktur **151**, d. h. die Metallsilizidgebiete **155**, freizulegen. Als nächstes wird die Titanitridschicht **112** auf der Grundlage von beispielsweise physikalischer Dampfabseidung, etwa Sputter-Abscheidung, hergestellt. Der Begriff „Sputtern“ beschreibt einen Mechanismus, in welchem Atome aus einer Oberfläche eines Zielmaterials herausgeschlagen werden, das selbst von ausreichend energetischen Teilchen getroffen wird. Das Sputtern ist eine häufig angewendete Technik zum Aufbringen von Titan, Titanitrid und dergleichen. Auf Grund der guten Eigenschaften im Vergleich zu beispielsweise CVD-Techniken im Hinblick auf das Steuern der Schichtdicke, das Erzeugen von Verbindungen, etwa Titanitrid und dergleichen, können zusätzlich freiliegende Oberflächen gleichzeitig gereinigt werden, indem eine Sputterung ausgeführt wird, ohne dass eine Abscheidesubstanz bereitgestellt wird. Nach dem Erzeugen einer Titanitridschicht **112** wird dann die Titanschicht **113** ebenfalls durch Sputter-Abscheidung hergestellt, wobei jedoch das hohe Aspektverhältnis insbesondere in der Kontaktöffnung, die den Kontaktelementen **111** entspricht, zu einer größeren Schichtdicke an Seitenwandbereichen führt, wenn eine zuverlässige Abdeckung aller freiliegenden Oberflächenbereiche der Kontaktöffnung erreicht werden soll. Daraufhin wird das Wolframmaterial **114** mittels CVD abgeschieden, wobei Wolframhexafluorid (WF_6) in einem ersten thermisch aktivierten Schritt auf der Grundlage von Silan reduziert wird und dann in einem zweiten Schritt auf der Grundlage von Wasserstoff in Wolfram umgewandelt wird. Während der Re-

duzierung des Wolframs auf der Grundlage von Wasserstoff ist ein direkter Kontakt mit Siliziumdioxid der Schicht **115b** im Wesentlichen durch die Titanschicht **113** verhindert, um damit einen unerwünschten Siliziumverbrauch aus dem Siliziumdioxid zu vermeiden. Andererseits kann die Titanitridschicht **112** die Haftung der Titanschicht **113** verbessern, wodurch insgesamt die mechanische Stabilität der Kontaktelemente **110**, **111** verbessert wird. Somit führt das größere Aspektverhältnis des Kontaktelements **111** zu einer sehr komplexen Ätzsequenz und einer nachfolgenden Abscheidung der Beschichtungsmaterialien **112**, **113**, was wiederum zu einer geringeren wirksamen Querschnittsfläche des Kontaktelements **111** führt, wodurch insgesamt der Reihenwiderstand erhöht wird. Andererseits können Ungleichmäßigkeiten während des komplexen Strukturierungsprozesses zu einem Kontaktausfall führen, wobei dies einer der Hauptfaktoren ist, der zu den gesamten Ausbeuteverlusten beiträgt.

[0009] Daraufhin wird die Metallisierungsschicht **120** hergestellt, indem die Ätzstoppschicht **123** abgeschieden wird, woran sich das Abscheiden des dielektrischen Materials **124** anschließt. Als nächstes werden entsprechende Gräben in dem dielektrischen Material **124** gemäß gut etablierter Einzeldamaszenstrategien hergestellt. Daraufhin werden Metallleitungen **121**, **122** gebildet, indem eine Barrierschicht **125** abgeschieden und ein kupferbasiertes Material eingefüllt wird, beispielsweise auf der Grundlage des Elektroplattierens, wobei zuvor eine Kupfersaatschicht aufgebracht werden kann. Schließlich wird überschüssiges Material abgetragen, beispielsweise durch CMP, und die Deckschicht **126** wird abgeschieden.

[0010] Folglich umfasst die Kontaktstruktur des Halbleiterbauelements **100** Kontakte mit großem Aspektverhältnis, etwa das Kontaktelement **111**, das einen erhöhten Kontaktwiderstand in Halbleiterbauelementen mit sehr kleinen Abmessungen aufweist.

[0011] [Fig. 1c](#) zeigt schematisch eine Querschnittsansicht, in der das Halbleiterbauelement **100** mehrere dicht liegende Transistoren **150a**, **150b**, **150c** enthält, wovon jeder eine entsprechende Gateelektrodenstruktur **151** aufweist, wie sie beispielsweise auch zuvor mit Bezug zu den [Fig. 1a](#) und [Fig. 1b](#) beschrieben ist. Die Transistoren **150a**, ..., **150c** sind angeschlossen mittels der Kontaktelemente **111**, wobei in komplexen Anwendungen die laterale Abmessung **111w** dieser Kontaktelemente vergleichbar ist mit dem Zwischenraum zwischen den dicht liegenden Gateelektrodenstrukturen **151**. In diesem Falle wird die Leitfähigkeit der Kontaktelemente **111** möglicherweise weiter verringert, da beispielsweise bei einer vorgegebenen Kontakttechnologie, d. h. das Vorsehen von Wolfram in Verbindung mit geeigneten Barrierenmaterialien, wie dies zuvor beschrieben

ist, die Dicke dieser Barrierenmaterialien nicht beliebig verringert werden kann, ohne dass deutliche Unregelmäßigkeiten während des komplexen Strukturierungsprozesses auftreten, wie dies beispielsweise zuvor mit Bezug zu den [Fig. 1a](#) und [Fig. 1b](#) beschrieben ist. Andererseits kann die Höhe oder die Dicke **115t** des dielektrischen Materials oder Materialsystems **115** nicht verringert werden, ohne dass damit parasitäre Kapazität in Bezug auf die Metallisierungsschicht beeinflusst wird, die über den Kontaktelementen **111** auszubilden ist, wie dies auch zuvor beschrieben ist. Aus diesem Grunde wurde vorgeschlagen, das leitende Material der Kontaktelemente **111** durch ein Metall mit höherer Leitfähigkeit zu ersetzen, etwa durch Kupfer, wie es typischerweise in dem Metallisierungssystem des Bauelements **100** verwendet wird. Da Kupfer zuverlässig mittels einem geeigneten Barrierenmaterial oder Materialsystem einzuschließen ist, wie dies auch zuvor mit Bezug zu den Metallleitungen **121**, **122** beschrieben ist, ist das Anbinden von Kontaktelementen auf Kupferbasis **111** an kritische Kontaktgebiete, etwa die Kontaktgebiete **155** mit einem ausgeprägten Risiko verbunden, dass Kupfer in kritische Bauteilbereiche eingebaut wird. Beispielsweise besitzen insbesondere die Kontaktgebiete **115** in der Halbleiterschicht **103** eine reduzierte Dicke, was wiederum zu einem unerwünschten Freilegen von Halbleiterbereichen, beispielsweise beim Abscheiden von Barrierenmaterialien führen kann, wenn dies auf der Grundlage eines dem Sputterabschleppprozess vorgelagerten Reinigungsprozesses und dergleichen stattfindet. Das Bereitstellen der Kontaktelemente **111** als Kupferkontaktelemente kann somit zu ausgeprägten Ausbeuteverlusten auf Grund des Einbaus von Kupfer in empfindliche Bauteilbereiche führen.

[0012] Die US 2008/0217775 A1 offenbart ein Verfahren zum Vermeiden von Problemen, die durch in Wolframkontaktpfropfen gebildete Hohlräume (Säume) auftreten können. Dazu wird der obere Bereich des Kontaktpfropfens entfernt, um den Hohlraum zu öffnen. Danach wird der Hohlraum vorzugsweise mit einem Wolframdeckpfropfen versiegelt. Erforderliche Barrierenschichten werden vor den Wolframkontaktpfropfen gebildet.

[0013] Die US 2010/0087064 A1 offenbart Halbleiterbauelemente mit einem Dielektrikum mit kleinem ϵ und mit Verbindungsleitungen aus Kupfer oder Silber.

[0014] Die DE 100 55 290 C1 bezieht sich auf DRAM-Schaltungen, die Polysiliziumkontaktelemente und Bitleitungen aus Wolfram aufweisen. Der obere Bereich der Polysiliziumkontaktelemente wird rückgeätzt, sodass eine Vertiefung entsteht. In der Vertiefung werden Abstandshalter-Elemente gebildet. Nach dem Bilden der Abstandshalter-Elemente und dem Füllen der restlichen Vertiefung mit ARC-Material, werden Gräben gebildet, die auch den zu-

rückgeätzten Bereich des Kontaktelements umfassen.

[0015] Die US 7 514 354 B2 bezieht sich auf Dualdamaszenerverfahren zum Bilden von Kontakten und Kupferleitungen, die gemeinsam mit einem oberen Bereich der Kontakte gebildet werden.

[0016] Die US 2006/0046456 A1 und die US 5 897 369 A beziehen sich ebenfalls auf Dualdamaszenerverfahren, wobei die Gräben für die Leitungen vor den Kontakten gebildet werden.

[0017] Im Hinblick auf die zuvor beschriebene Situation ist es die Aufgabe der vorliegenden Erfindung Fertigungstechniken und Halbleiterbauelemente bereitzustellen, in denen die Leitfähigkeit von Kontaktelementen bei einer vorgegebenen Konfiguration verbessert wird, wobei eines oder mehrere der oben erkannten Probleme vermieden oder zumindest in der Auswirkung reduziert wird.

Überblick über die Erfindung

[0018] Im Allgemeinen stellt die vorliegende Erfindung Halbleiterbauelemente und Fertigungstechniken bereit, in denen ein Hybridkontaktelement vorgesehen wird, um die Gesamtleitfähigkeit der Kontaktelemente bei einer vorgegebenen Bauteilgeometrie deutlich zu verbessern, während gleichzeitig ein wesentlicher Teil des Kontaktelements ein leitendes Material mit besserer Leitfähigkeit aufweist, wodurch insgesamt die Leitfähigkeit der Kontaktelemente verbessert wird. Zu diesem Zweck wird ein geeignetes und gut etabliertes Kontaktschema für einen unteren Teil der Kontaktelemente angewendet, um einen soliden und robusten Kontaktbereich zu erzeugen, der dann mittels einem geeigneten Materialsystem, etwa einem kupferenthaltenden Material, einem silberenthaltenden Material und dergleichen kontaktiert wird. In einigen anschaulichen hierin offenbarten Ausführungsformen werden geeignete und robuste Kontaktschemata angewendet, woran sich das Entfernen eines Teils der Kontaktelemente anschließt, der dann durch ein gewünschtes gut leitendes Material ersetzt wird, um damit den gesamten Kontaktwiderstand deutlich zu verringern.

[0019] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung wird durch die Verfahren der Ansprüche 1 oder 9 oder durch die Vorrichtung nach Anspruch 14 gelöst.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0020] Weitere Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung sind in den angefügten Patenansprüchen definiert und gehen deutlicher aus der folgenden detaillierten Beschreibung hervor, wenn diese mit Bezug zu den begleitenden Zeichnungen studiert wird, in denen:

[0021] [Fig. 1a](#) schematisch eine Draufsicht eines Halbleiterbauelements mit Kontaktelementen zeigt, die eine Verbindung zu einer Gateelektrodenstruktur und zu Drain- oder Sourcegebieten gemäß konventioneller Techniken herstellen;

[0022] [Fig. 1b](#) schematisch eine Querschnittsansicht entlang der Linie Ib aus [Fig. 1a](#) in einer weiter fortgeschrittenen Fertigungsphase zeigt;

[0023] [Fig. 1c](#) schematisch mehrere dicht liegende Gateelektrodenstrukturen und Kontaktelemente, die dazwischen auf der Grundlage einer konventionellen Prozessstrategie ausgebildet sind;

[0024] [Fig. 2a](#) bis [Fig. 2e](#) schematisch Querschnittsansichten eines Halbleiterbauelements während diverser Fertigungsphasen bei der Herstellung von komplexen Kontaktelementen zeigen, die eine höhere Leitfähigkeit besitzen, indem eine Hybridkonfiguration im Hinblick auf die leitenden Materialien gemäß anschaulichen Ausführungsformen verwendet wird; und

[0025] [Fig. 3a](#) bis [Fig. 3g](#) schematisch Querschnittsansichten eines Halbleiterbauelements während diverser Fertigungsphasen zeigen, in denen vertikale Kontaktelemente von Metallleitungen in einer ersten Metallisierungsschicht so hergestellt werden, dass diese direkt mit einem Kontaktgebiet eines Halbleiterbauelements in Verbindung stehen, wobei zwei unterschiedliche leitende Materialien in vertikalen Kontaktelement gemäß noch weiterer anschaulicher Ausführungsformen verwendet sind.

Detaillierte Beschreibung

[0026] Die vorliegende Erfindung stellt Halbleiterbauelemente und Fertigungstechniken bereit, in denen eine bessere Leitfähigkeit vertikaler Kontakte, die eine Verbindung zwischen Metallleitungen der ersten Metallisierungsschicht und Kontaktgebieten, etwa Gateelektrodenstrukturen, Drain- und Sourcegebieten und dergleichen, herstellen, erreicht wird, wobei die bessere Leitfähigkeit erhalten wird, indem teilweise ein Material mit besserer Leitfähigkeit in den vertikalen Kontaktelementen vorgesehen wird. In anschaulichen hierin offenbarten Ausführungsformen wird diese „Hybridkontaktkonfiguration“ geschaffen, indem zunächst ein Kontaktelement auf der Grundlage einer geeigneten Kontakttechnologie hergestellt wird, wobei zumindest eine geeignete Kontaktöffnung mit ihrer vollen Höhe ausgebildet wird, woran sich zumindest eine Teilfüllung der Kontaktöffnung mit einem geeigneten Material, etwa Wolfram, – möglicherweise in Verbindung mit erforderlichen Barrierenmaterialien –, Kobalt, und dergleichen anschließt, so dass robuste Grenzflächeneigenschaften im Hinblick auf ein weiteres Kontaktmaterial geschaffen werden, das für die bessere Leitfähigkeit der resultie-

renden Kontaktelemente sorgt, Beispielsweise können selbst sehr kritische Metalle, etwa Kupfer, Kupferlegierungen und dergleichen, Silber und dergleichen, effizient verwendet werden, da eine effiziente Prozessstrategie angewendet wird, um ein gut leitendes Material in dem verbleibenden Teil der Kontaktöffnungen zu erzeugen, da das zuvor bereitgestellte Kontaktmaterial prozessabhängige Unregelmäßigkeiten vermeiden hilft und auch als eine zuverlässige Grenzfläche zwischen der Halbleiterebene und jeglichen Verdrahtungsebenen dient, in denen kritische Metalle, etwa Kupfer, verwendet sind.

[0027] In einigen anschaulichen hierin offenbarten Ausführungsformen werden gut etablierte Kontaktschemata auf der Grundlage von Wolfram angewendet, während in anderen Fällen bessere Abscheidetechniken, beispielsweise auf der Grundlage elektrochemischer Abscheideprozesse, ausgeführt werden, wobei ein geeignetes Metall vorgesehen wird, das auf der Grundlage dieser Techniken abgeschieden wird. In einigen Fällen können sogar Materialien mit geringerer Leitfähigkeit eingesetzt werden, möglicherweise ohne Barrierenmaterialien, etwa in Form von Kobalt und dergleichen, wobei dennoch insgesamt eine höhere Leitfähigkeit erreicht wird, da Barrierenmaterialien mit hohem Widerstand beim Abscheiden eines Kobaltmaterials direkt auf dem Kontaktgebiet weggelassen werden können, während das verbleibende Kontaktelement auf der Grundlage eines sehr gut leitenden Materials, etwa Kupfer, Silber und dergleichen bereitgestellt wird.

[0028] Das erste leitende Material der Kontaktelemente wird in einigen Vorgehensweisen so eingebracht, dass es die Kontaktöffnung vollständig füllt und ein überschüssiger Bereich des Materials wird von der Kontaktöffnung auf der Grundlage gut etablierter Ätztechniken entfernt, während in anderen Fällen beispielsweise unter Anwendung nasschemischer Abscheidetechniken das erste leitende Material in der Öffnung bis zu einer gewünschten Füllhöhe eingebracht wird, woran sich das Abscheiden des gut leitenden Materials anschließt. In einigen anschaulichen hierin offenbarten Ausführungsformen werden die vertikalen Hybridkontaktelemente auf der Grundlage einer Prozessstrategie hergestellt, in der auch die Metallleitungen der ersten Metallisierungsschicht in einer dualen Damaszener-Sequenz bereitgestellt werden, wodurch eine höhere Prozesseffizienz erreicht wird.

[0029] Mit Bezug zu den [Fig. 2a](#) bis [Fig. 2e](#) und [Fig. 3a](#) bis [Fig. 3g](#) werden nunmehr weitere anschauliche Ausführungsformen detaillierter beschrieben, wobei auch bei Bedarf auf die [Fig. 1a](#) bis [Fig. 1c](#) verwiesen wird.

[0030] [Fig. 2a](#) zeigt schematisch eine Querschnittsansicht eines Halbleiterbauelements **200** mit einem

Substrat **201**, über welchem eine Halbleiterschicht **203** ausgebildet ist. Wie zuvor erläutert ist, können die Halbleiterschicht **203** und das Substrat **201** eine SOI-Konfiguration oder eine Vollsubstratkonfiguration darstellen, wobei dies von den gesamten Entwurfserfordernissen abhängt. Des Weiteren umfasst die Schicht **203** mehrere aktive Gebiete (nicht gezeigt), die lateral mittels einer Isolationsstruktur (nicht gezeigt) abgetrennt sind, wie dies auch zuvor mit Bezug zu dem Halbleiterbauelement **100** erläutert ist. In der gezeigten Ausführungsform sind mehrere Schaltungselemente **250a**, ..., **250d** in und über der Halbleiterschicht **203** ausgebildet, d. h. in einem entsprechenden Halbleitergebiet oder aktiven Gebiet **203a**. Zumindest einige dieser Schaltungselemente **250a**, ..., **250d** weisen ein Kontaktgebiet **255** auf, beispielsweise in Form eines Metallsilizidgebiets und dergleichen. Zu beachten ist, dass die Kontaktgebiete **255** einen Teil von Drain- und Sourcegebieten darstellen, wenn die Schaltungselemente **250a**, ..., **250d** Feldeffekttransistoren repräsentieren, wie dies auch beispielsweise zuvor mit Bezug zu dem Transistor **250** erläutert ist. Die Kontaktgebiete **255** sind mittels geeigneter Kontaktelemente zu kontaktieren, die somit eine elektrische Verbindung zwischen dem Kontaktgebiet **255** und einer Metallisierungsschicht herstellen, die noch über den Schaltungselementen **250a**, ..., **250d** zu bilden ist. Wie beispielsweise gezeigt ist, ist eine dielektrische Materialschicht oder ein Schichtsystem **215** über der Halbleiterschicht **203** und somit über den Kontaktgebieten **255** ausgebildet, wobei die Schicht **215** oder das Schichtsystem entsprechende Kontaktöffnungen **211o** aufweist, die geeignete laterale Abmessungen besitzen, um damit den Entwurfserfordernissen des Bauelements **200** zu genügen. In der gezeigten Ausführungsform besitzen die Schaltungselemente **250a**, ..., **250d** Schaltungsstrukturelemente, etwa Gateelektrodenstrukturen **251**, die auf dem Halbleitergebiet **203a** ausgebildet sind und die einen geeigneten Aufbau im Hinblick auf die verwendeten Materialien, die lateralen Abmessungen und dergleichen besitzen. Beispielsweise besitzen die Gateelektrodenstrukturen **251** einen Aufbau, wie dies auch zuvor mit Bezug zu dem Halbleiterbauelement **100** erläutert ist, wenn auf die Gateelektrodenstruktur **151** Bezug genommen wird. Abhängig von den Entwurfserfordernissen besitzen die Gateelektrodenstrukturen **251** eine Gatelänge von 50 nm und deutlich weniger, wobei auch ein Zwischenraum zwischen benachbarten Gateelektrodenstrukturen **251** in der gleichen Größenordnung liegt, wodurch geeignete laterale Abmessungen der Kontaktöffnung **211** erforderlich sind, um damit eine Freilegung leitender Materialien der Gateelektrodenstrukturen **251** zu vermeiden, was ansonsten zu ausgeprägten Leckstrompfaden oder selbst zu Kurzschlüssen führen kann. Ferner besitzen, wie zuvor erläutert ist, die Kontaktöffnungen **211o** eine Tiefe, die im Wesentlichen durch eine Dicke **215t** der dielektrischen Schicht oder des Schichtsystems **215** repräsentiert

ist, wobei diese den Erfordernissen im Hinblick auf die parasitäre Kapazität entspricht, wie dies auch zuvor erläutert ist. Ferner ist ein geeignetes leitendes Material **214** in den Kontaktöffnungen **211o** und über der dielektrischen Schicht **215** ausgebildet. Das leitende Material **214** stellt ein geeignetes Material oder Materialsystem dar, das eine spezielle gewünschte grundlegende Leitfähigkeit bereitstellt und das auch Materialeigenschaften aufweist, die mit der weiteren Bearbeitung kompatibel sind. D. h., das Material **214** stellt Materialeigenschaften bereit, um als eine robuste Grenzfläche zwischen den Kontaktgebieten **255** und einem weiteren gut leitenden Materialsystem zu dienen, das während der weiteren Bearbeitung bei der Bereitstellung von Kontaktelementen mit höherer Leitfähigkeit verwendet wird. Beispielsweise umfasst das leitende Material **214** Wolfram, das ein gut etabliertes Kontaktmetall ist, wie dies zuvor erläutert ist. Es sollte jedoch beachtet werden, dass das Material **214** auch ein oder mehrere Barrierenmaterialien, etwa Titan, Titanitrid und dergleichen aufweisen kann, wie dies auch beispielsweise zuvor mit Bezug zu den Kontaktelementen **111** und **110** des Bauelements **100** beschrieben ist.

[0031] Das Halbleiterbauelement **200**, wie es in **Fig. 2a** gezeigt ist, kann auf der Grundlage ähnlicher Prozesstechniken hergestellt werden, wie sie zuvor mit Bezug zu dem Halbleiterbauelement **100** beschrieben sind. Beispielsweise wird nach dem Fertigstellen der grundlegenden Struktur der Schaltungselemente **250a**, ..., **250d** mit den Elektrodenstrukturen **251** das dielektrische Materialsystem oder die Schicht **215** hergestellt, beispielsweise durch Abscheiden einer oder mehrerer dielektrischer Materialien auf der Grundlage einer geeigneten Abscheidetechnik. Beispielsweise umfasst die Materialschicht **215** zwei oder mehr Teilschichten, etwa eine Siliziumnitridschicht in Verbindung mit einer Siliziumdioxidschicht und dergleichen, wie dies auch zuvor erläutert ist. In anderen Fällen werden komplexere Materialsysteme angewendet, beispielsweise im Hinblick auf das Bereitstellen stark verspannter dielektrischer Materialien und dergleichen, wobei dies von den Leistungsanforderungen der Schaltungselemente **250a**, ..., **250d** abhängt. Nach dem Abscheiden und dem Einebnen des Materials oder des Materialsystems **215** wird eine geeignete Strukturierungsstrategie angewendet, um die vertikalen Öffnungen oder Kontaktöffnungen **211o** mit der erforderlichen lateralen Abmessung herzustellen, um damit den Entwurfserfordernissen zu genügen, beispielsweise in dicht gepackten Bauteilbereichen, die die Schaltungselemente **250a**, ..., **250d** aufweisen. Es sollte beachtet werden, dass andere Kontaktöffnungen hergestellt werden können, derart, dass diese eine Verbindung zu den Strukturen **251** in gewissen Bauteilbereichen herstellen, wie dies beispielsweise mit Bezug zu dem Halbleiterbauelement **100** beschrieben ist. Als nächstes wird ein geeigneter Abscheidungsprozess an-

gewendet, um das leitende Material oder das Materialsystem **214** abzuscheiden, wobei in einigen anschaulichen Ausführungsformen gut etablierte CVD-gestützte Abscheideschemata angewendet werden, um Wolfram in Verbindung mit einem geeigneten Barrierenmaterialsystem bereitzustellen, wie dies zuvor beschrieben ist. In anderen anschaulichen Ausführungsformen wird das Material oder das Materialsystem **214** zumindest teilweise auf der Grundlage anderer Abscheidetechniken aufgebracht, etwa durch elektrochemische Abscheideprozesse, wobei bei Bedarf eine Stromverteilungsschicht oder eine Katalysatorschicht abgeschieden wird, woran sich der elektrochemische Abscheideprozess des eigentlichen Kontaktmetalls anschließt. In noch anderen anschaulichen Ausführungsformen wird ein selektiver elektrochemischer Abscheideprozess durchgeführt, in welchem die Kontaktgebiete **255** möglicherweise in Verbindung mit einem zusätzlichen Katalysatormaterial als Katalysator für das in Gang setzen eines elektrochemischen Abscheideprozesses verwendet werden, wobei sich ein geeignetes Material bis zu einer speziellen Höhe ausbildet, die kleiner ist als die Höhe **215t**, um einen Teil der vertikalen Öffnungen **211o** zu bewahren, der nachfolgend mit einem leitenden Material mit besserer Leitfähigkeit aufgefüllt wird. Beispielsweise kann in derartigen Ausführungsformen ein geeignetes Metallmaterial abgeschieden werden, wobei sogar Materialien mit geringerer Leitfähigkeit eingesetzt werden können, etwa Kobalt, das aufgebracht werden kann, ohne dass zusätzliche Barrierenmaterialien erforderlich sind, wobei insgesamt eine höhere Leitfähigkeit in komplexen Anwendungen erreicht wird, in denen eine laterale Abmessung von ungefähr 50 nm und weniger für die Kontaktöffnungen **211o** erforderlich ist. Zu diesem Zweck können gut etablierte nasschemische Abscheiderezepte angewendet werden.

[0032] [Fig. 2b](#) zeigt schematisch das Halbleiterbauelement **200** in einer weiter fortgeschrittenen Fertigungsphase, wenn von der Bauteilstruktur aus [Fig. 2a](#) ausgegangen wird. In dieser Ausführungsform ist ein überschüssiger Bereich des Materials oder des Materialsystems **214** entfernt, beispielsweise mittels CMP, mittels Ätzprozessen und dergleichen, wodurch Kontaktelemente **211** geschaffen werden, die das leitende Material **214** aufweisen. In der gezeigten Ausführungsform erstreckt sich das leitende Material **214** zumindest bis zu der Oberfläche der dielektrischen Schicht **215** mit Ausnahme von kleinen Vertiefungen (nicht gezeigt), die sich während des Abtragens von überschüssigen Bereichen des Materials **214** gebildet haben können. In anderen anschaulichen Ausführungsformen (nicht gezeigt) enthalten die Kontaktelemente **211** das leitende Material **214** derart, dass es sich bis zu einer gewissen Höhe erstreckt.

[0033] [Fig. 2c](#) zeigt schematisch das Halbleiterbauelement **200** gemäß anschaulicher Ausführungsformen, in denen beginnend von der Bauteilkonfiguration, wie sie in [Fig. 2b](#) gezeigt ist, ein Teil des leitenden Materials **214** von den Kontaktelementen **211** entfernt wird, was auf der Grundlage eines Ätzprozesses **205** bewerkstelligt wird, der ein nasschemischer Ätzprozess und dergleichen sein kann. Es sollte beachtet werden, dass eine Vielzahl an Ätzchemien gut bekannt ist, um beispielsweise Material auf Wolframbasis selektiv in Bezug auf ein Barrierenmaterialsystem, etwa Titan, Titanitrid, und auch selektiv in Bezug auf eine Vielzahl dielektrischer Materialien, etwa Siliziumdioxid und dergleichen, zu entfernen. Folglich erstreckt sich das leitende Material **214** von dem Kontaktgebiet **255** bis zu einer gewünschten Höhe **215h** innerhalb der vertikalen Öffnung **211o**, wobei die Höhe **215h** geeignet so festgelegt ist, dass diese mit der weiteren Bearbeitung des Bauelements **200** verträglich ist und auch den Erfordernissen für die Herstellung anderer Kontaktelemente entspricht, beispielsweise Kontaktelementen, die eine Verbindung zu den Gateelektrodenstrukturen **251** herstellen. Beispielsweise ist die Höhe **215h** gleich oder höher als eine Höhe, die durch die Gateelektrodenstrukturen **251** festgelegt ist.

[0034] In anderen anschaulichen Ausführungsformen wird das leitende Material **214**, wie dies auch zuvor beschrieben ist, in den Öffnungen **211o** auf der Grundlage eines selektiven elektrochemischen Abscheideprozesses ausgebildet, so dass diese sich zu der gewünschten Höhe **215h** erstreckt, wobei eine ausgeprägte Materialabscheidung auf dem dielektrischen Material **215** vermieden wird.

[0035] [Fig. 2d](#) zeigt schematisch das Halbleiterbauelement **200** in einer weiter fortgeschrittenen Fertigungsphase, in der ein oder mehrere weitere leitende Materialien in der Kontaktöffnung **211** vorgesehen sind. In der gezeigten Ausführungsform wird ein leitendes Material **216** bereitgestellt, in Verbindung mit einem Barrierenmaterial oder Materialsystem **217**, wobei zumindest das leitende Material **216** eine höhere Leitfähigkeit im Vergleich zu dem Material **214** besitzt. Beispielsweise umfasst das Material **216** Kupfer, Silber und dergleichen, während das Barrierensystem **217** Tantal, Tantalnitrid, Titan, Titanitrid und dergleichen, abhängig von den gesamten Erfordernissen, umfassen kann. Die Materialien **216**, **217** können auf der Grundlage einer geeigneten Prozesstechnik hergestellt werden. Beispielsweise werden das eine oder die mehreren Barrierenmaterialien **217** auf der Grundlage von Sputter-Abscheidetechniken aufgebracht, wobei eine der Abscheidung vorgelagerte Sputter-Ätzphase angewendet werden kann, da das Material **214** ein robustes Puffermaterial im Hinblick auf die Kontaktgebiete **255** ergibt. Zu beachten ist, dass die Höhe **215h** so gewählt werden kann, dass auch ein Teil des Materials **214** wei-

terhin über den Gateelektrodenstrukturen **251** ausgebildet ist, wodurch eine unerwünschte Schädigung tiefer liegender Bereiche der Gateelektrodenstrukturen **251** vermieden wird. Es sollte jedoch beachtet werden, dass generell die Gateelektrodenstrukturen **251** weniger kritisch sind, da typischerweise eine größere Dicke eines Metallsilizids bereitgestellt ist, während auch ein Freilegen von Halbleitermaterial in den Strukturen **251** weniger kritisch ist. Daraufhin werden das eine oder die mehreren Materialien **217** abgetrennt, woran sich das Abscheiden eines Saatmaterials (nicht gezeigt) bei Bedarf anschließen kann, das dann verwendet wird, um das Material **216** zu erzeugen, beispielsweise auf der Grundlage gut etablierter elektrochemischer Abscheidetechniken.

[0036] **Fig. 2e** zeigt schematisch das Bauelement **200** in einer weiter fortgeschrittenen Fertigungsphase. Wie gezeigt, enthalten die Kontaktelemente **211** einen oberen Bereich **211a**, der sich im Wesentlichen von der Höhe **215h** zu der Oberfläche der dielektrischen Schicht **215** erstreckt, während ein zweiter Teil **211b** sich von dem Kontaktgebiet **255** zu der Höhe **215h** erstreckt. Der Bereich **211a** enthält somit das gut leitende Material **216** in Verbindung mit dem Barrierenmaterialsystem **217**, wodurch dem Kontaktelement **211** im Vergleich zu einem konventionellen Kontaktelement für ansonsten eine gleiche Gesamtbau- teilgeometrie eine höhere Leitfähigkeit verliehen wird.

[0037] Das in **Fig. 2e** gezeigte Halbleiterbauelement **200** kann auf der Grundlage einer beliebigen geeigneten Prozesstechnik erhalten werden, wobei überschüssige Bereiche der Materialien **216**, **217** beispielsweise durch CMP (chemisch-mechanisches Polieren) und dergleichen entfernt werden. Bei Bedarf kann das Material **216** passiviert werden, indem eine geeignete dielektrische Deckschicht oder eine geeignete leitende Deckschicht hergestellt wird, beispielsweise durch nasschemische Abscheidetechniken und dergleichen. Folglich kann die weitere Bearbeitung fortgesetzt werden, indem die erste Metallisierungsschicht über dem dielektrischen Material **215** und den Kontaktelementen **211** so hergestellt wird, dass eine Verbindung zu den Kontaktelementen **211** entsteht, die dann als Hybridkontaktelemente für das Verbinden der Kontaktgebiete **255** mit der entsprechenden ersten Metallisierungsschicht dienen, wie dies auch beispielsweise zuvor mit Bezug zu dem Bauelement **100** beschrieben ist.

[0038] Mit Bezug zu den **Fig. 3a** bis **Fig. 3g** werden nunmehr weitere anschauliche Ausführungsformen beschrieben, in denen kritische Kontaktöffnungen so hergestellt werden, dass diese sich durch ein dielektrisches Material oder Materialsystem erstrecken, in welchem die erste Metallisierungsebene einzurichten ist.

[0039] **Fig. 3a** zeigt schematisch eine Querschnittsansicht eines Halbleiterbauelements **300**, das ein Substrat **301**, eine Halbleiterschicht **303** und mehrere Kontaktgebiete **355** aufweist, die so gebildet sind, dass diese mit einem Halbleitermaterial der Halbleiterschicht **303** in Verbindung stehen. Ferner sind mehrere Schaltungselemente vorgesehen, etwa Gateelektrodenstrukturen **351**, die laterale Abmessungen gemäß den übergeordneten Entwurfsregeln besitzen. Zu beachten ist, dass für jegliche Komponente des Bauelements **300**, die bislang beschrieben ist, auch die gleichen Kriterien gelten, wie sie zuvor mit Bezug zu den Halbleiterbauelementen **100** und **200** erläutert sind. In der gezeigten Ausführungsform ist eine dielektrische Materialschicht, die auch ein mehr oder minder komplexes Schichtsystem bei Bedarf repräsentieren kann, über der Halbleiterschicht **303** ausgebildet und umgibt somit die Gateelektrodenstrukturen **351**. Es sollte beachtet werden, dass die dielektrische Schicht oder das Schichtsystem **320** geeignet so gestaltet ist, dass dieses den Erfordernissen zur Herstellung eines geeigneten Kontaktelements in Verbindung mit einer Metallisierungsschicht des Bauelements **300** entspricht. Beispielsweise enthält die dielektrische Schicht **320** ein dielektrisches Material mit kleinem ϵ , das als ein dielektrisches Material zu verstehen ist, das eine Dielektrizitätskonstante von 3,0 oder weniger aufweist, wie dies auch zuvor erläutert ist. In dieser Fertigungsphase sind ferner vertikale Öffnungen **311o** in der dielektrischen Schicht **320** so gebildet, dass diese zumindest einige der Kontaktgebiete **355** freilegen.

[0040] Das Halbleiterbauelement **300** kann auf der Grundlage einer beliebigen geeigneten Prozesstechnik hergestellt werden, in der nach dem Fertigstellen der Kontaktgebiete **355** und der Gateelektrodenstrukturen **351**, ein oder mehrere geeignete Materialien zur Herstellung der Schicht **320** aufgebracht werden, indem eine geeignete Prozessstrategie angewendet wird. Nach dem Einebnen der Schicht **320** werden komplexe Lithografiertechniken angewendet, beispielsweise unter Anwendung von Hartmaskenmaterialien und dergleichen, in Verbindung mit geeigneten Lithographiestrategien, um die laterale Größe und Position der Öffnungen **311o** mittels einer geeigneten Ätzmaske zu definieren. Daraufhin wird ein Ätzprozess ausgeführt, um die Öffnungen **311o** zu erzeugen, wobei abhängig von der Zusammensetzung der Schicht oder des Schichtsystems **320** mehrere unterschiedliche Ätzchemien angewendet werden können, um schließlich das Kontaktgebiet **355** freizulegen. Daraufhin können Opfermaterialien, etwa Hartmasken und dergleichen, unter Anwendung geeigneter Prozessstrategien entfernt werden.

[0041] **Fig. 3b** zeigt schematisch das Halbleiterbauelement **300** mit einem leitenden Material **314**, das zumindest in vertikalen Öffnungen **311o** ausgebildet ist. Dazu wird eine geeignete Abscheidestrategie

gie angewendet, beispielsweise CVD-artige Techniken werden angewendet, um Wolfram und dergleichen bereitzustellen, wobei, wie zuvor erläutert ist, auch geeignete Barrierenmaterialien (nicht gezeigt) aufgebracht werden können.

[0042] **Fig. 3c** zeigt schematisch das Bauelement **300** in einer weiter fortgeschrittenen Fertigungsphase, in der Kontaktelemente **311** in der Schicht **320** ausgebildet sind und das leitende Material **314** aufweisen, was sich somit im Wesentlichen vollständig durch die gesamte Schicht **320** erstreckt.

[0043] **Fig. 3d** zeigt schematisch das Halbleiterbauelement **300** in einer weiter fortgeschrittenen Fertigungsphase oder gemäß anderer anschaulicher Ausführungsformen. Wie gezeigt, erstreckt sich das leitende Material **314** in den vertikalen Öffnungen **311o** von dem Kontaktgebiet **355** zu einer gewünschten Höhe **315h** gemäß den allgemeinen Anforderungen, wie sie auch zuvor mit Bezug zu dem Halbleiterbauelement **200** beschrieben sind. In einigen anschaulichen Ausführungsformen wird die Höhe **315h** des leitenden Materials **314** auf der Grundlage eines Materialabtragungsprozesses eingestellt, wobei von der Bauteilkonfiguration, wie sie in **Fig. 3c** gezeigt ist, ausgegangen wird. Dazu wird ein geeignetes Ätzrezept angewendet, beispielsweise in Form von nasschemischen Ätzprozessen, in denen das Material **314** oder zumindest ein leitendes Kernmetall in sehr selektiver Weise in Bezug auf ein Barrierenmaterial oder Materialsystem (nicht gezeigt), oder selektiv in Bezug auf die dielektrische Schicht **320** entfernt wird. Dazu sind, wie zuvor erläutert ist, mehrere gut etablierte Ätzrezepte verfügbar. In anderen anschaulichen Ausführungsformen wird das leitende Material **314** beginnend von der in **Fig. 3a** gezeigten Bauteilkonfiguration hergestellt, indem ein nasschemischer Abscheideprozess unter Anwendung des Kontaktgebiets **355** als ein Katalysatormaterial ausgeführt. Beispielsweise können mehrere geeignete Metalle auf der Grundlage nasschemischer Abscheiderezepte generell abgeschieden werden, wobei in einigen anschaulichen Ausführungsformen selbst spezielle Barrierenmaterialsysteme weggelassen werden, wenn beispielsweise Kobalt auf dem Kontaktgebiet **355** ohne dass Bereitstellen des Barrierematerialsystems aufgebracht wird.

[0044] **Fig. 3e** zeigt schematisch das Halbleiterbauelement **300** in einer weiter fortgeschrittenen Fertigungsphase. Wie gezeigt, sind Gräben **321t** in einem oberen Bereich der dielektrischen Schicht **320** so ausgebildet, dass sie mit den vertikalen Öffnungen **311o** in Verbindung stehen. Dazu werden geeignete Strukturierungsstrategien angewendet, wie sie auch typischerweise zur Herstellung von Gräben für Metallleitungen für Metallisierungsschichten angewendet werden. Beispielsweise wird eine Lithographiemaske aufgebracht, die die laterale Größe und Po-

sition von Metallleitungen der ersten Metallisierungsschicht des Bauelements **300** festlegt. Daraufhin wird die Lithographiemaske verwendet, um ein Lackmaterial zu strukturieren, das wiederum zum Bereitstellen einer Hartmaske verwendet wird, die ihrerseits für die Strukturierung des dielektrischen Materials **320** auf der Grundlage gut etablierter Ätztechniken angewendet wird. Daraufhin werden Hartmaskenmaterialien und weitere Opfermaterialien, etwa Einebnungsmaterialien und dergleichen, effizient unter Anwendung gut etablierter Ätzprozesse entfernt.

[0045] **Fig. 3f** zeigt schematisch das Bauelement **300** in einer weiter fortgeschrittenen Fertigungsphase, in der ein Barrierenmaterialsystem **325**, etwa Tantal, Tantalnitrid und dergleichen, auf freiliegenden Oberflächenbereichen des Materials **320** und auf dem leitenden Material **314** hergestellt wird. Ferner wird ein gut leitendes Kernmetall **327**, etwa Kupfer, Kupferlegierungen, Silber und dergleichen, über dem Material **320** und in den Gräben **321t** und in dem verbleibenden Teil der vertikalen Öffnungen **311o** (siehe **Fig. 3e**) aufgebracht, wodurch ein Kontaktelement **311** hergestellt wird, das eine Kombination der Materialien **314** und des Materials **327** in Verbindung mit dem Barrierenmaterialsystem **325** ist.

[0046] Das Bauelement **300** kann auf der Grundlage gut etablierter Prozesstechniken hergestellt werden, wie sie beispielsweise in komplexen Metallisierungssystemen angewendet werden, wenn beispielsweise eine duale Damaszener-Strategie angewendet wird. D. h., die Materialien **325** und **327** können gemäß einer gewünschten Prozesssequenz hergestellt werden, wobei der Graben **321t** und der verbleibende Teil des Kontaktelements **311** in einer gemeinsamen Prozesssequenz gefüllt werden. Die Materialien **325** erstrecken sich somit kontinuierlich von einem oberen Bereich **311a** des Kontaktelements **311** in den Graben **321t** und auch das gut leitende Kernmetall **327** erstreckt sich kontinuierlich von dem oberen Bereich **311a** in den Graben **321t**.

[0047] **Fig. 3g** zeigt schematisch das Halbleiterbauelement **300** nach dem Entfernen von überschüssigem Material der dielektrischen Schicht **320**. Wie gezeigt, sind Metallleitungen **321** so hergestellt, dass diese mit den Kontaktelementen **311** in Verbindung stehen, wodurch ein geringerer Gesamtkontaktwiderstand zum Anschließen der Metallleitungen **321** mit den jeweiligen Kontaktgebieten **355** erreicht wird. D. h., auf Grund der Hybridnatur der Kontaktelemente **311** wird eine höhere Leitfähigkeit zum Verbinden der Metallleitungen **321** mit den Kontaktgebieten **355** bei einer vorgegebenen gewünschten Höhe der Kontaktelemente **311** in Bezug auf die parasitäre Kapazität erreicht, wie dies auch zuvor erläutert ist. Es sollte beachtet werden, dass die dielektrische Schicht oder das Schichtsystem **320** somit mit einer Höhe bereitgestellt wird, die geeignet ist, die Dicke

der Metallleitungen **321** bereitzustellen und auch einen gewünschten vertikalen Abstand zu den Gateelektrodenstrukturen **351** zu schaffen. Beispielsweise beinhaltet das dielektrische Schichtsystem oder die dielektrische Schicht **320** ein dielektrisches Material mit kleinem ϵ **324**, wodurch die parasitäre Kapazität zwischen den dicht liegenden Metallleitungen **321** verringert wird. Das Schichtsystem **320** umfasst ferner ggf. eine oder mehrere dielektrische Schichten, etwa Schichten **315**, die speziell ausgebildet sind, eine bessere Passivierung der Kontaktgebiete **355** und der Gateelektrodenstrukturen **351** zu ermöglichen. Beispielsweise besitzen die Schichten **315** einen ähnlichen Aufbau, wie dies zuvor mit Bezug zu den Halbleiterbauelementen **100** und **200** beschrieben ist. Ferner wird eine gewisse Höhe **315h** für das Auffüllen der Kontaktelemente **311** mit dem leitenden Material **314** mit geringerer Leitfähigkeit ausgewählt, wobei jedoch bessere Grenzflächeneigenschaften im Hinblick auf den Kupfereinschluss, die Sputter-Ätzbustheit und dergleichen, erreicht werden.

[0048] Es gilt also: Die vorliegende Erfindung stellt Halbleiterbauelemente und Fertigungstechniken bereit, in denen ein vertikales Hybridkontaktelement so vorgesehen wird, dass die Integrität empfindlicher halbleiterbasierter Bauteilbereiche bewahrt wird, beispielsweise im Hinblick auf den Kupfereinbau und dergleichen, während gleichzeitig eine bessere Gesamtleitfähigkeit bei einer vorgegebenen Höhe der Kontaktelemente erreicht wird, indem ein Material mit höherer Leitfähigkeit, etwa Kupfer, Silber und dergleichen vorgesehen wird. Auf diese Weise können geringere Kontaktwiderstandswerte erhalten werden, ohne dass die lateralen Abmessungen der Kontaktelemente zu erhöhen sind, wobei dennoch ein gewünschter vertikaler Abstand der Metallisierungsschicht zu kritischen Bauteilbereichen beibehalten wird, um die parasitäre Kapazität zu verringern.

Patentansprüche

1. Verfahren mit:

Bilden einer dielektrischen Schicht über einem Schaltungselement, das ein in einem Halbleitergebiet ausgebildetes Kontaktgebiet aufweist;
 Bilden eines Kontaktelements in der dielektrischen Schicht derart, dass es eine Verbindung zu dem Kontaktgebiet herstellt, wobei das Kontaktelement ein erstes leitendes Material aufweist;
 Bilden einer Vertiefung in dem Kontaktelement durch Entfernen eines Teils des ersten leitenden Materials;
 Bilden eines Grabens in der dielektrischen Schicht nach dem Bilden der Vertiefung, wobei der Graben mit dem Kontaktelement in Verbindung steht;
 Bilden einer Barrierenmaterialschiicht in der Vertiefung; und
 Füllen der Vertiefung mit einem zweiten leitenden Material, das sich von dem ersten leitenden Material

unterscheidet, nach dem Bilden der Barrierenmaterialschiicht.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei Füllen der Vertiefung in dem Kontaktelement umfasst: Abscheiden eines kupferenthaltenden Materials und/oder eines silberenthaltenden Materials.

3. Verfahren nach Anspruch 1, wobei Bilden des Kontaktelements umfasst: Strukturieren der dielektrischen Schicht derart, dass eine Kontaktöffnung zum Freilegen des Kontaktgebiets geschaffen wird, und Füllen der Kontaktöffnung mit dem ersten leitenden Material.

4. Verfahren nach Anspruch 3, wobei das erste leitende Material Wolfram umfasst.

5. Verfahren nach Anspruch 3, wobei das erste leitende Material Kobalt umfasst.

6. Verfahren nach Anspruch 3, wobei Füllen der Kontaktöffnung mit dem ersten leitenden Material das Ausführen eines elektrochemischen Abscheideprozesses umfasst.

7. Verfahren nach Anspruch 1, wobei Füllen der Vertiefung mit dem zweiten leitenden Material umfasst: Abscheiden des zweiten leitenden Materials in der Vertiefung und dem Graben während eines gemeinsamen Abscheideprozesses.

8. Verfahren nach Anspruch 1, wobei Bilden der dielektrischen Schicht umfasst: Bilden zumindest eines Teils der dielektrischen Schicht durch Bereitstellen eines dielektrischen Materials mit kleinem ϵ .

9. Verfahren zur Herstellung eines Halbleiterbauelements, wobei das Verfahren umfasst:
 Bilden einer dielektrischen Schicht über einem Schaltungselement, das ein Kontaktgebiet aufweist;
 Bilden einer vertikalen Öffnung in der dielektrischen Schicht derart, dass das Kontaktgebiet freigelegt wird;
 Bilden eines ersten leitenden Materials in der vertikalen Öffnung derart, dass es sich zu einer ersten Höhe erstreckt, die kleiner ist als eine Höhe einer Oberfläche der dielektrischen Schicht;
 Bilden einer Barrierenmaterialschiicht in der vertikalen Öffnung nach dem Bilden des ersten leitenden Materials;
 Füllen eines zweiten leitenden Materials in die vertikale Öffnung nach dem Bilden der Barrierenmaterialschiicht, so dass ein Kontaktelement gebildet wird, wobei die Leitfähigkeit des zweiten leitenden Materials höher ist als eine Leitfähigkeit des ersten leitenden Materials; und
 Bilden einer Metallisierungsschiicht mit einem dielektrischen Material und einer Metallleitung, die direkt

mit dem Kontaktelement in Verbindung steht, nach dem Bilden des Kontaktelements.

10. Verfahren nach Anspruch 9, wobei Bilden des ersten leitenden Materials umfasst:

Füllen der vertikalen Öffnung mit dem ersten leitenden Material und Entfernen eines Teils des ersten leitenden Materials.

11. Verfahren nach Anspruch 9, wobei das erste leitende Material Wolfram und/oder Kobalt umfasst.

12. Verfahren nach Anspruch 9, wobei das zweite leitende Material Kupfer und/oder Silber umfasst.

13. Verfahren nach Anspruch 9, wobei Bilden der dielektrischen Schicht umfasst: Bilden der dielektrischen Schicht derart, dass diese ein dielektrisches Material mit kleinem ϵ aufweist.

14. Halbleiterbauelement mit:

einem ersten Kontaktgebiet, das so ausgebildet ist, dass es direkt mit einem Halbleitergebiet in Verbindung steht;

einer Gateelektrode, die über dem Halbleitergebiet ausgebildet ist;

einer dielektrischen Materialschicht, die über dem Halbleitergebiet und über der Gateelektrode ausgebildet ist und sich davon bis zu einer Höhe einer Oberfläche erstreckt; und

einem vertikalen Kontaktelement, das in der dielektrischen Materialschicht so ausgebildet ist, dass es direkt mit dem ersten Kontaktgebiet in Verbindung steht, wobei das vertikale Kontaktelement einen ersten Bereich mit einem ersten leitenden Material aufweist, der sich von dem Kontaktgebiet zu einer ersten Höhe erstreckt, die gleich einer Höhe ist, die durch die Höhe der Gateelektrode festgelegt ist, wobei das vertikale Kontaktelement einen zweiten Bereich mit einem zweiten leitenden Material und mit einem Barrierenmaterial aufweist, der sich von der ersten Höhe zumindest zu der Höhe der Oberfläche erstreckt, wobei das erste leitende Material eine Leitfähigkeit besitzt, die kleiner ist als eine Leitfähigkeit des zweiten leitenden Materials, wobei der erste Bereich das Barrierenmaterial des zweiten Bereiches nicht aufweist.

15. Halbleiterbauelement nach Anspruch 14, wobei das erste leitende Material Wolfram und/oder Kobalt und wobei das zweite leitende Material Kupfer und/oder Silber aufweist.

16. Halbleiterbauelement nach Anspruch 15, das ferner eine Metallleitung aufweist, die in einer ersten Metallisierungsschicht des Halbleiterbauelements ausgebildet ist, wobei die Metallleitung direkt mit dem zweiten Bereich ohne eine dazwischen liegende Grenzfläche in Verbindung steht.

Es folgen 8 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

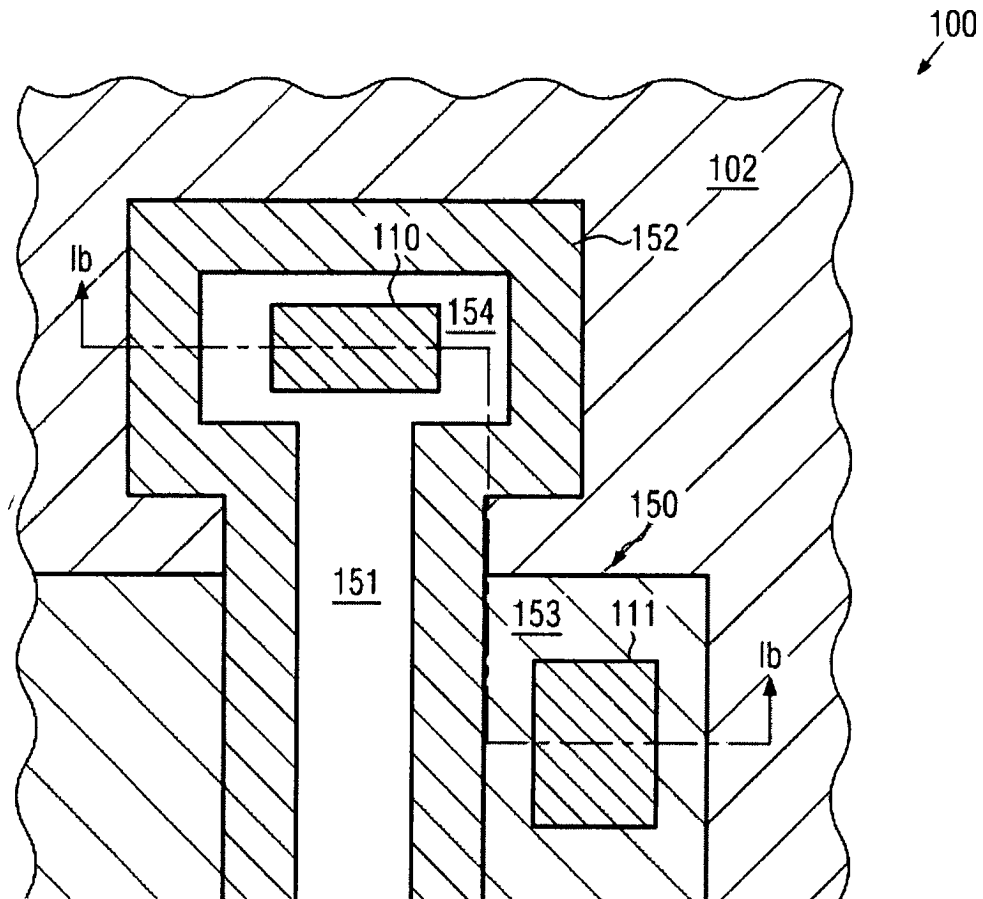


FIG. 1a
(Stand der Technik)

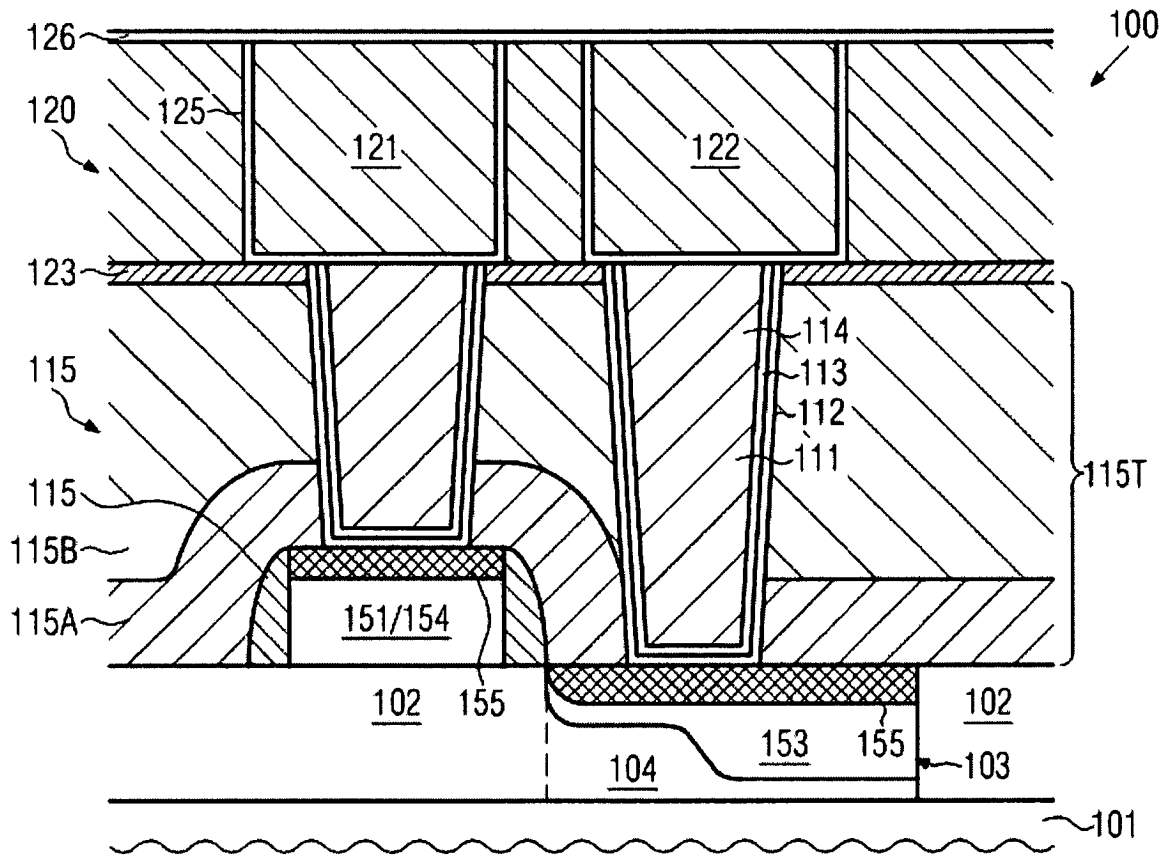


FIG. 1b
(Stand der Technik)

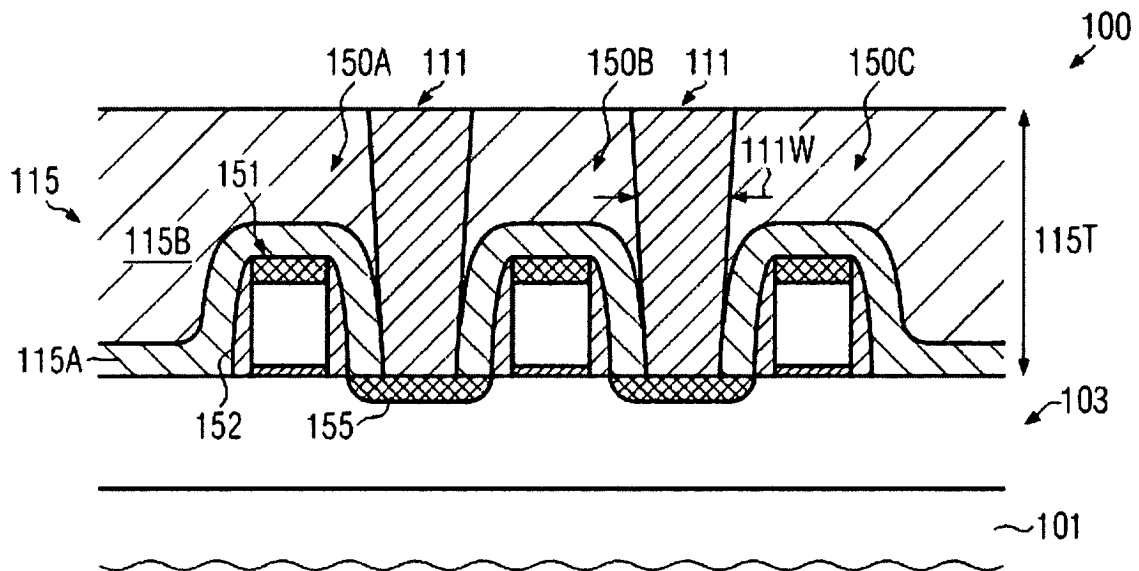


FIG. 1c
(Stand der Technik)

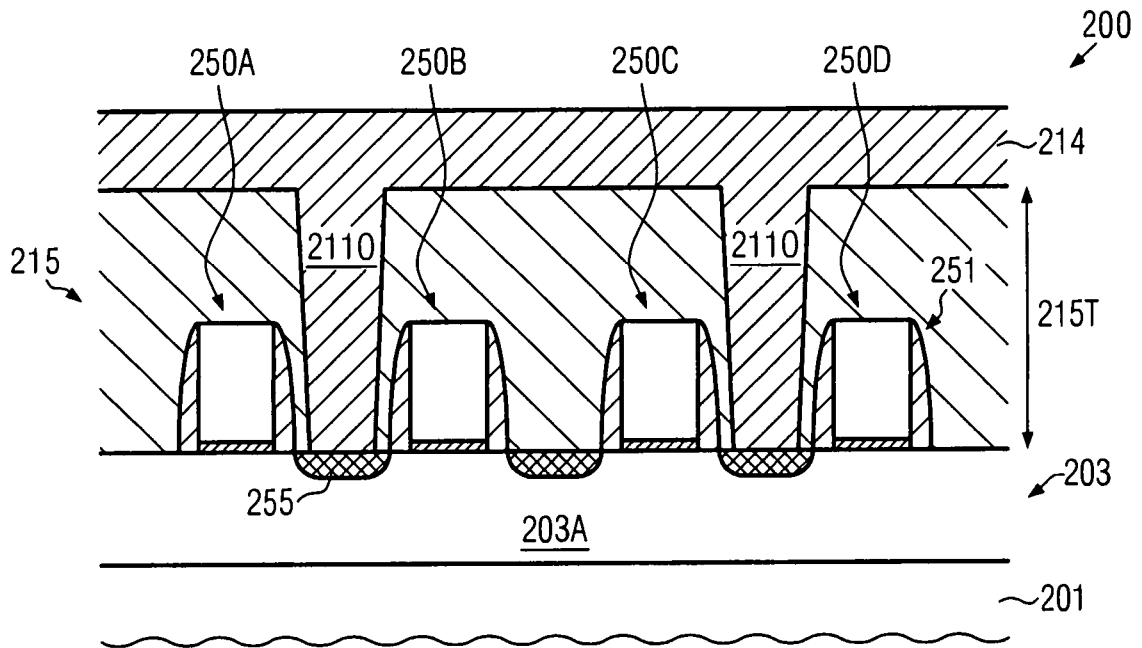


FIG. 2a

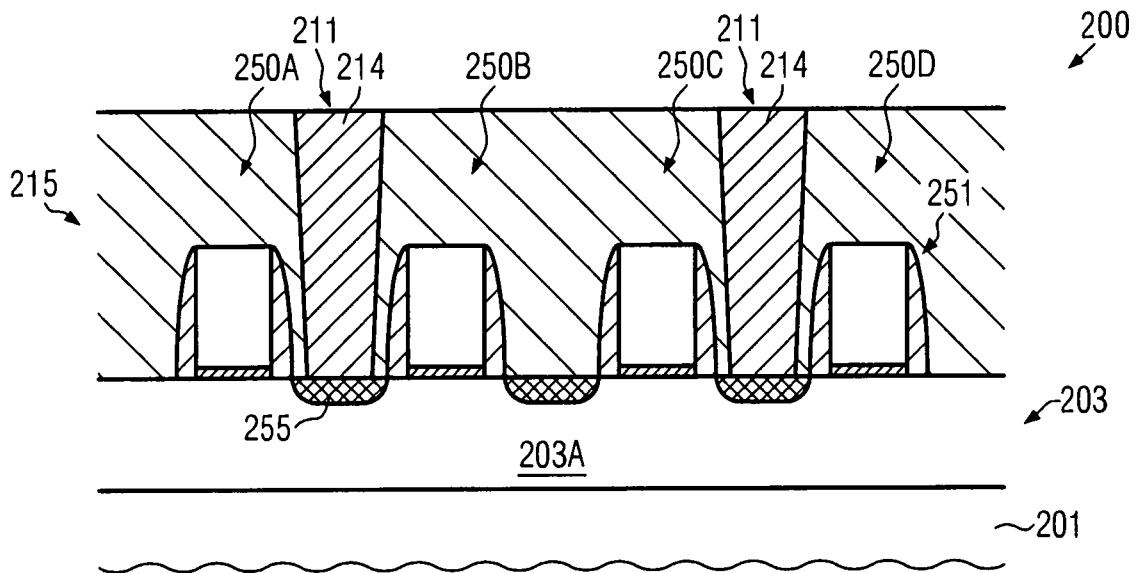


FIG. 2b

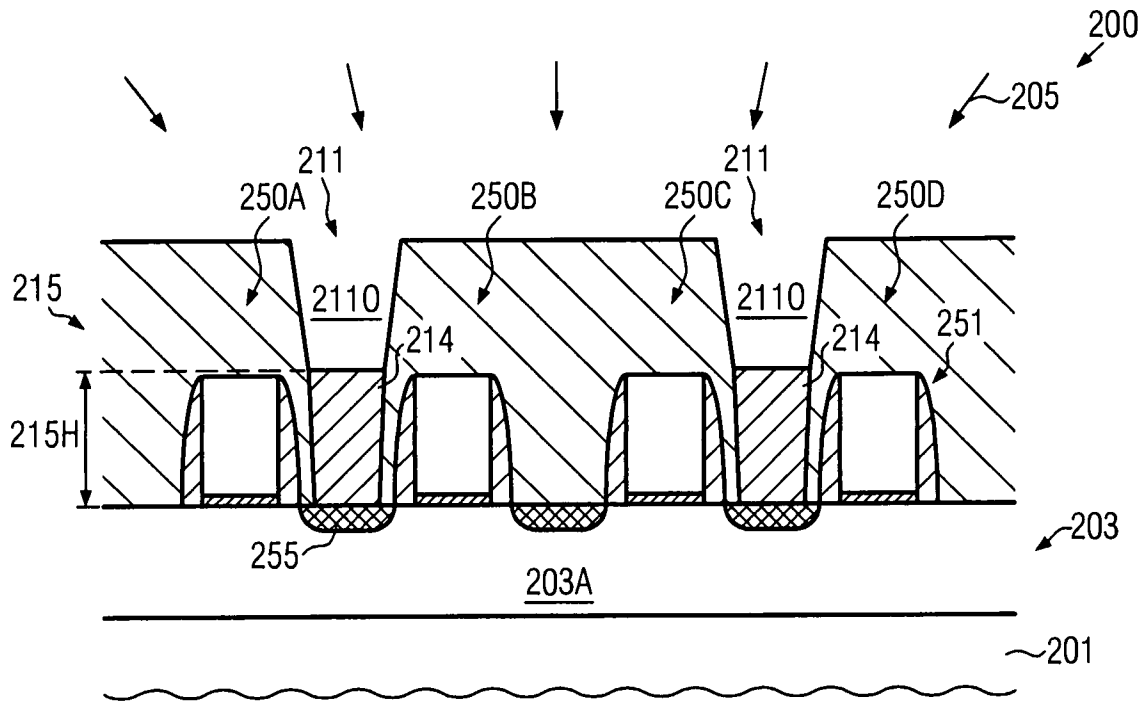


FIG. 2c

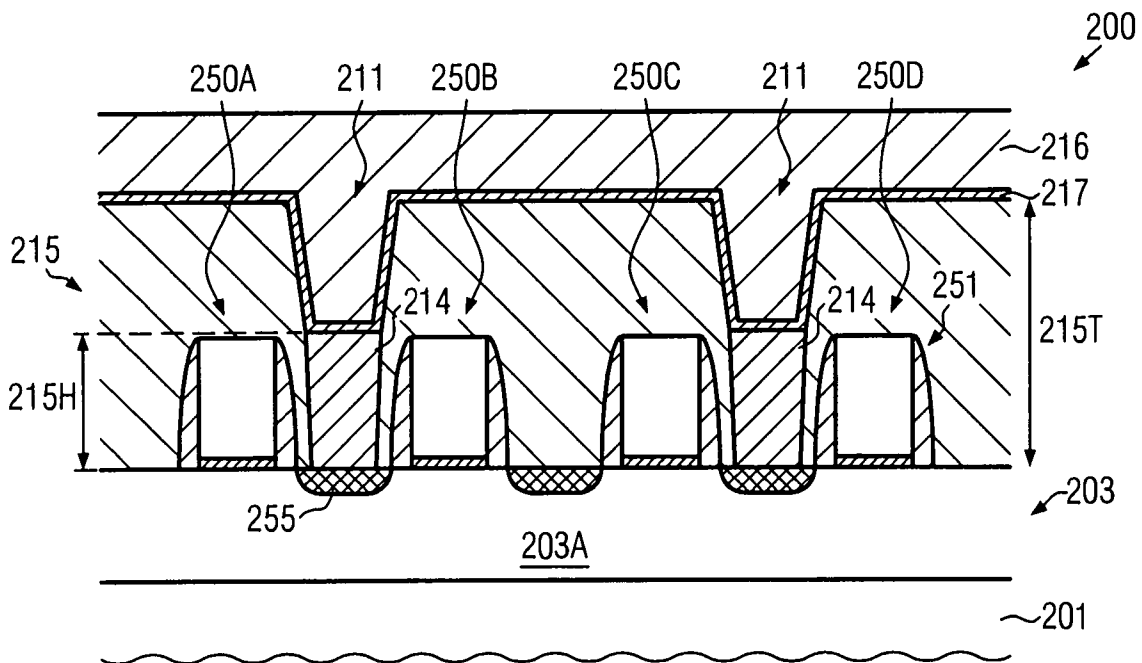
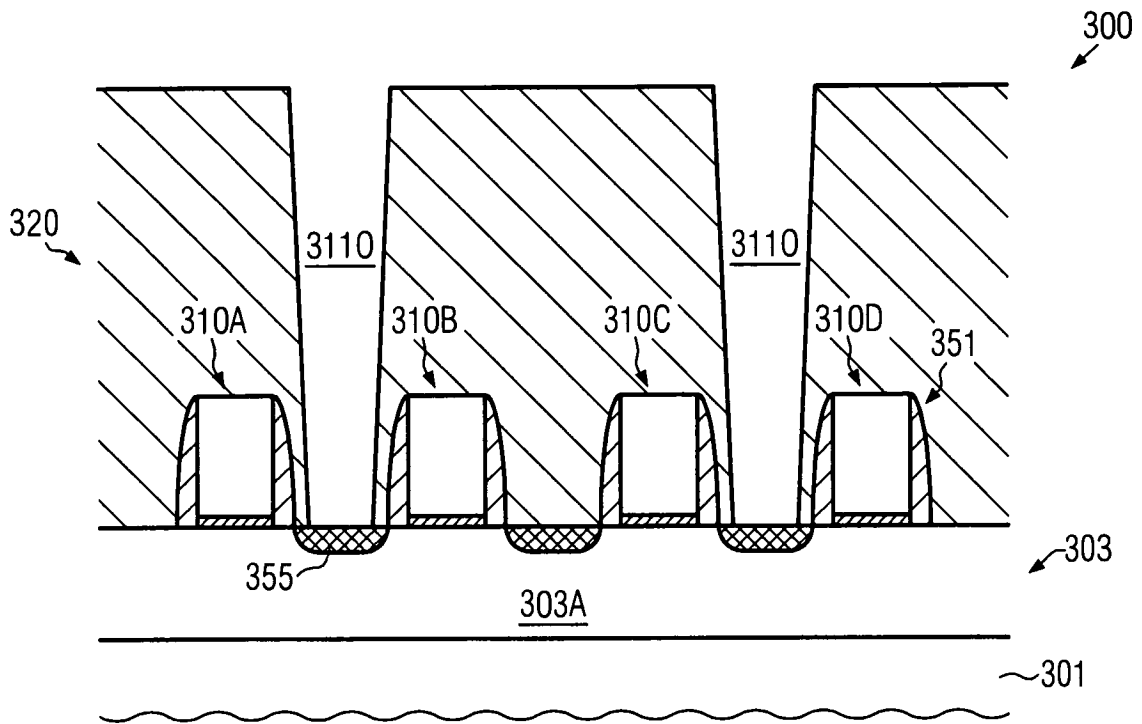
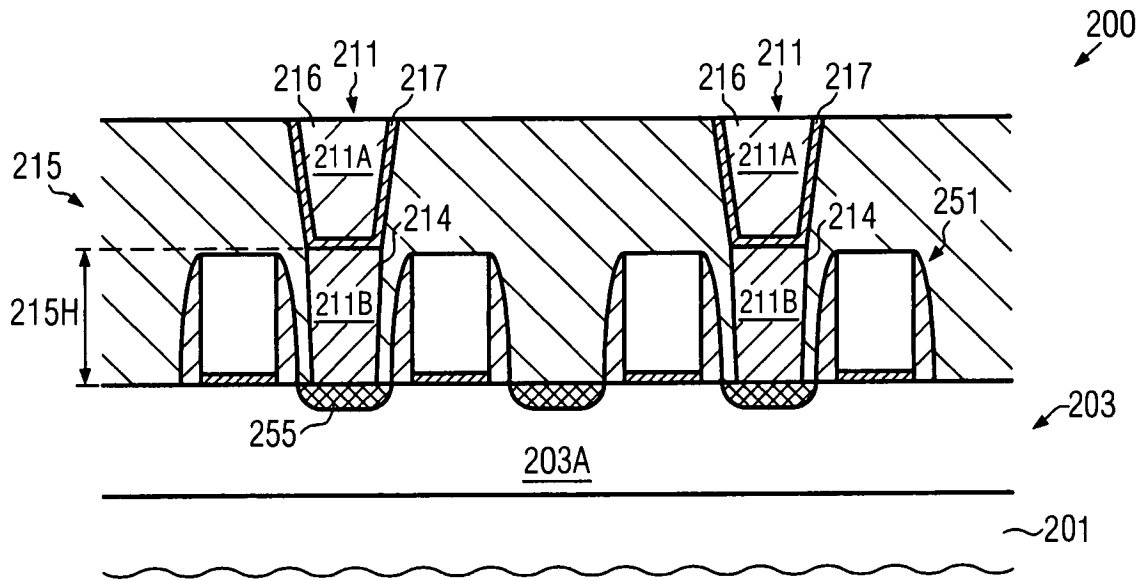


FIG. 2d



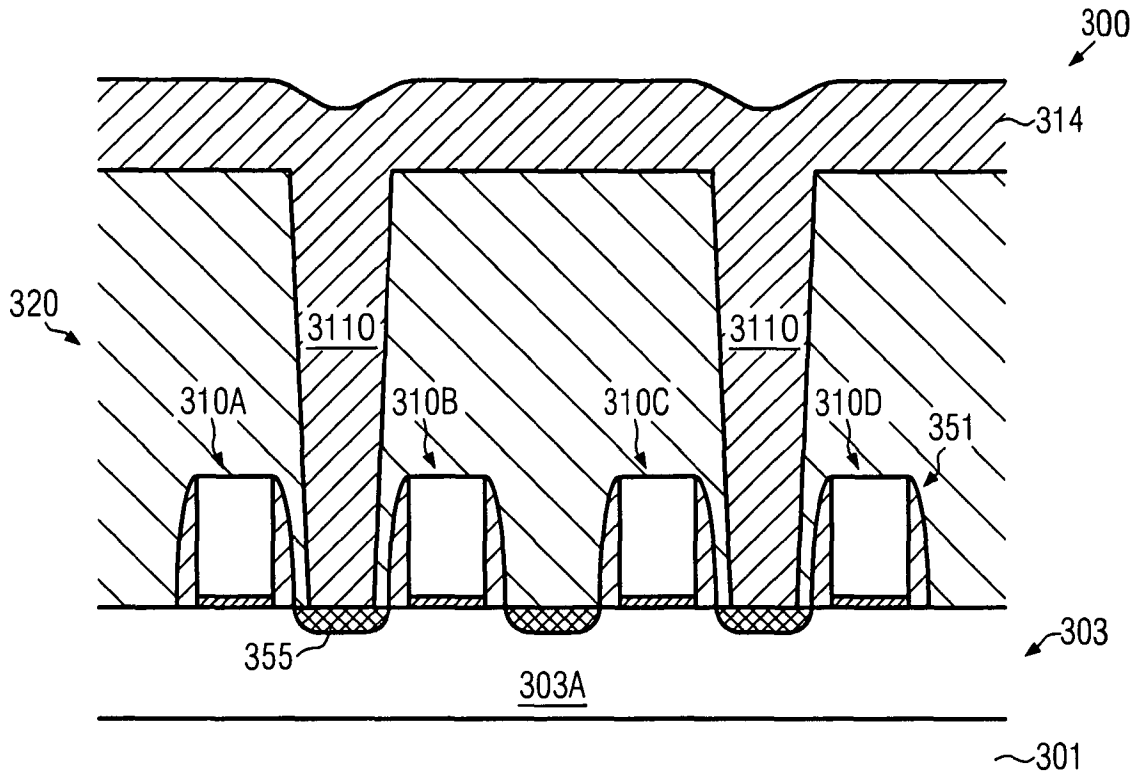


FIG. 3b

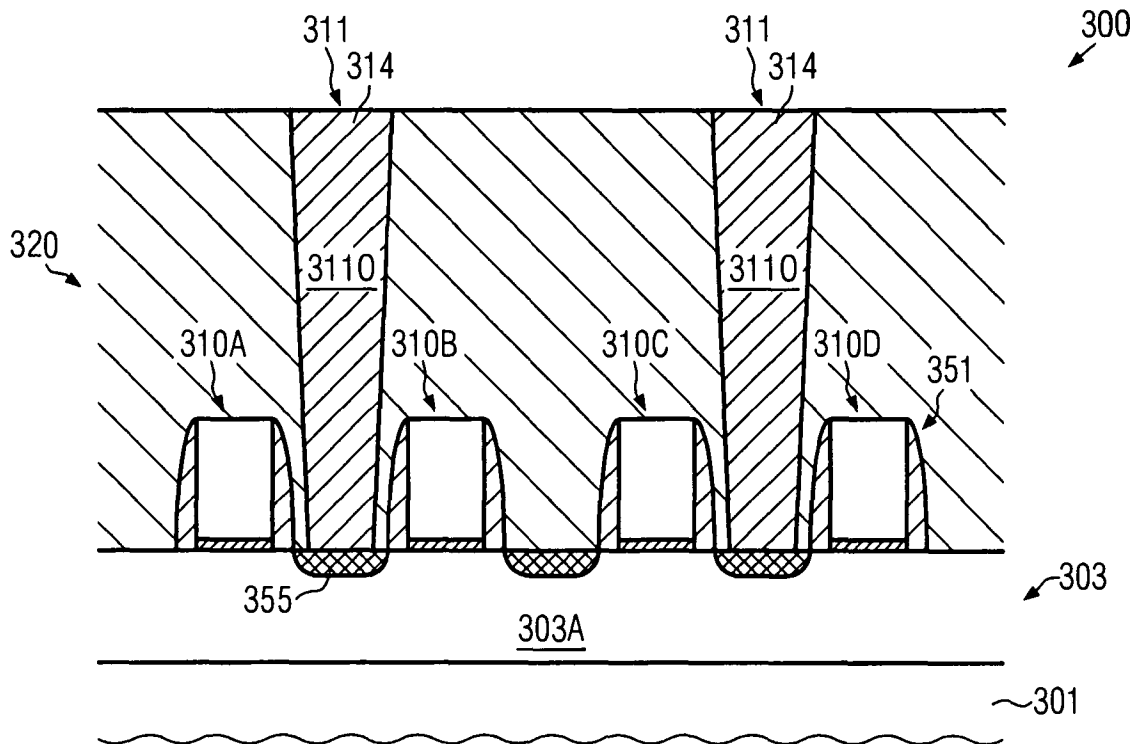


FIG. 3c

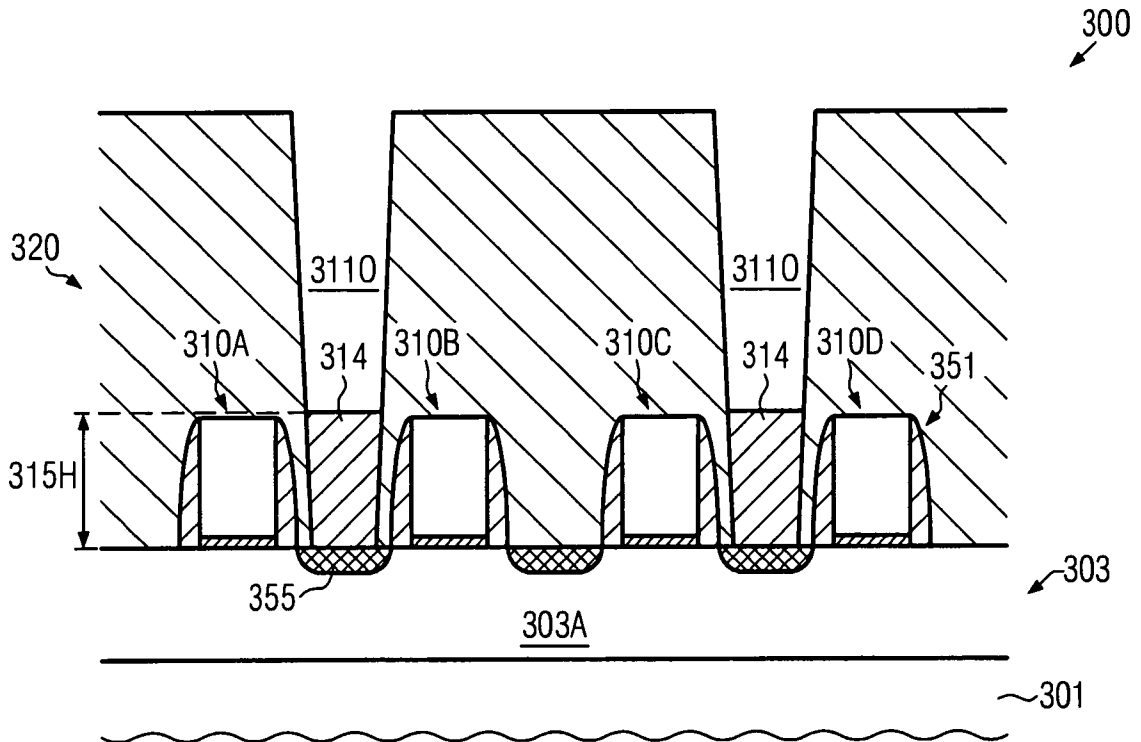


FIG. 3d

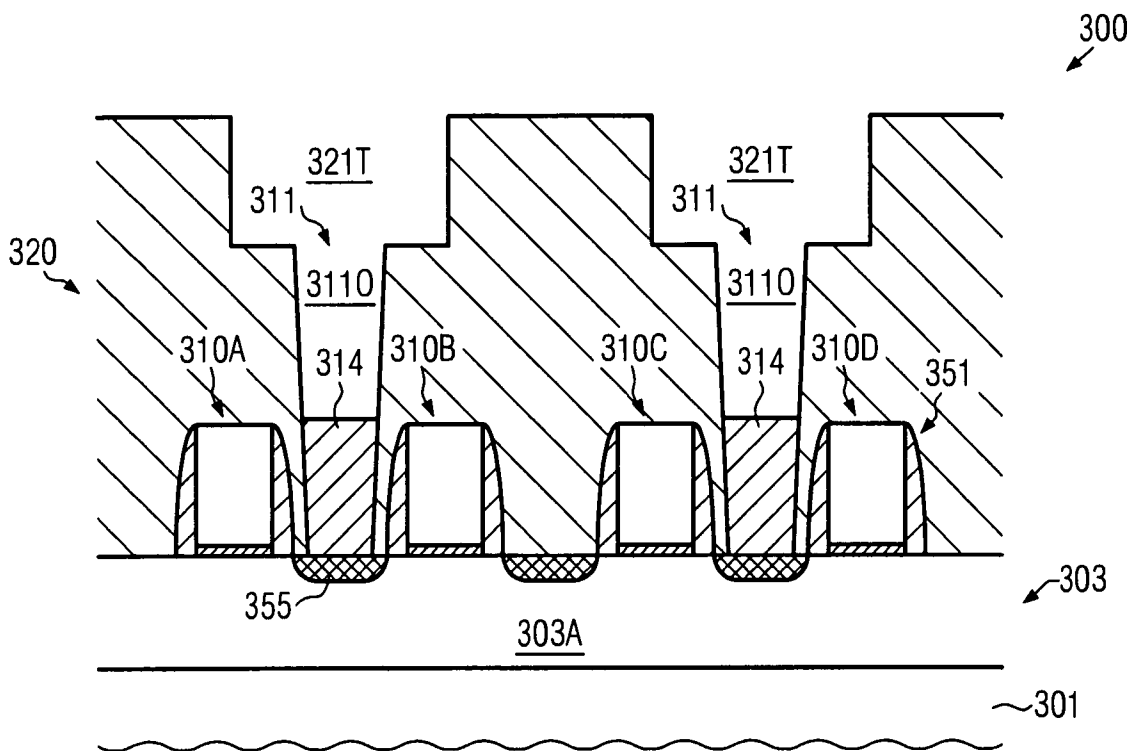


FIG. 3e

