



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2007 035 834 A1** 2009.02.05

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2007 035 834.4**

(22) Anmeldetag: **31.07.2007**

(43) Offenlegungstag: **05.02.2009**

(51) Int Cl.⁸: **H01L 21/768** (2006.01)

H01L 21/3213 (2006.01)

H01L 21/265 (2006.01)

H01L 23/52 (2006.01)

(71) Anmelder:

**Advanced Micro Devices, Inc., Sunnyvale, Calif.,
US; AMD Fab 36 Limited Liability Company & Co.
KG, 01109 Dresden, DE**

(72) Erfinder:

**Feustel, Frank, 01159 Dresden, DE; Letz, Tobias,
01097 Dresden, DE; Werner, Thomas, 01468
Moritzburg, DE**

(74) Vertreter:

**Grünecker, Kinkeldey, Stockmair &
Schwanhäusser, 80802 München**

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

DE10 2005 024914 A1

DE10 2004 003863 A1

US 71 15 502 B2

US 71 15 498 B1

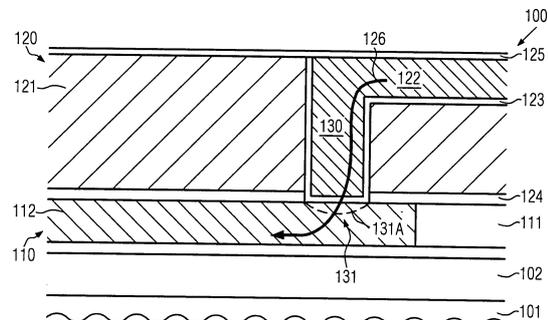
US 64 95 919 B2

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Halbleiterbauelement mit lokal erhöhtem Elektromigrationswiderstand in einer Verbindungsstruktur**

(57) Zusammenfassung: Durch Bilden einer Legierung in einer sehr lokalisierten Weise an einem Übergangsbereich oder Kontaktbereich zwischen einer Kontaktdurchführung und einer Metalleitung kann die Wahrscheinlichkeit des Ausbildens eines durch Elektromigration hervorgerufenen flachen Hohlraumes deutlich verringert werden, ohne dass der gesamte elektrische Widerstand der Metalleitung unnötig beeinflusst wird. In einer anschauliche Ausführungsform wird ein stromloser Abscheideprozess zur Bereitstellung der legierungsbildenden Sorte auf dem freigelegten Metallgebiet auf der Grundlage eines stromlosen Plattierungsprozesses vorgesehen.



Beschreibung

Gebiet der vorliegenden Erfindung

[0001] Im Allgemeinen betrifft die vorliegende Offenbarung die Herstellung von Mikrostrukturen, etwa von modernen integrierten Schaltungen, und betrifft insbesondere die Herstellung von leitenden Strukturen, etwa Metallisierungsschichten auf Kupferbasis und Techniken zur Reduzierung der Elektromigration und anderer belastungsinduzierter Materialtransporteffekte während des Betriebs.

Beschreibung des Stands der Technik

[0002] Auf dem Gebiet der Herstellung moderner Mikrostrukturen, etwa integrierter Schaltungen, gibt es ein ständiges Bestreben, die Strukturgrößen von Mikrostrukturelementen zu verringern, wodurch das Funktionsverhalten dieser Strukturen verbessert wird. Beispielsweise haben in modernen integrierten Schaltungen die minimalen Strukturgrößen, etwa die Kanallänge von Feldeffekttransistoren, den Bereich deutlich unter 1 μm erreicht, wodurch das Leistungsverhalten dieser Schaltungen im Hinblick auf die Geschwindigkeit und/oder die Leistungsaufnahme verbessert wird. Wenn die Größe der einzelnen Schaltungselemente bei jeder neuen Schaltungsgeneration verringert wird, wodurch beispielsweise die Schaltgeschwindigkeit der Transistorelemente verbessert wird, wird auch die verfügbare Fläche für Verbindungsleitungen, die die einzelnen Schaltungselemente elektrisch miteinander verbinden, ebenso verringert. Folglich werden auch die Abmessungen dieser Verbindungsleitungen reduziert, um einem geringeren Anteil an verfügbarer Fläche und der größeren Anzahl an Schaltungselementen Rechnung zu tragen, die pro Chipfläche vorgesehen ist, da typischerweise die Anzahl der erforderlichen Verbindungen überproportional im Vergleich zur Anzahl der Schaltungselemente ansteigt. Somit wird typischerweise eine Vielzahl von gestapelten „Verdrahtungsschichten“ vorgesehen, die auch als Metallisierungsschichten bezeichnet werden, wobei einzelne Metallleitungen einer einzelnen Metallisierungsschicht mit einzelnen Metallleitungen einer darüber liegenden oder darunter liegenden Metallisierungsschicht durch sogenannte Kontaktdurchführungen verbunden sind. Trotz des Vorsehens einer Vielzahl von Metallisierungsschichten sind reduzierte Abmessungen der Verbindungsleitungen notwendig, um der enormen Komplexität von beispielsweise modernen CPU's, Speicherchips, ASIC's (anwendungsspezifische IC's) und dergleichen Rechnung zu tragen. Die geringere Querschnittsfläche der Verbindungsstrukturen möglicherweise in Verbindung mit einem Anstieg der statischen Leistungsaufnahme stark größenreduzierter Transistorelemente führt zu beachtlichen Stromdichten in der Metallleitungen, die bei jeder neuen Bauteilgeneration noch weiter ansteigen können.

[0003] Moderne integrierte Schaltungen mit Transistorelementen mit einer kritischen Abmessung von 0,1 μm und weniger werden daher typischerweise bei deutlich erhöhten Stromdichten bis zu mehreren Kiloampere pro Quadratcentimeter in den einzelnen Verbindungsstrukturen betrieben, trotz des Vorsehens einer relativ großen Anzahl an Metallisierungsschichten, auf Grund der großen Anzahl an Schaltungselementen pro Einheitsfläche. Das Betreiben der Verbindungsstrukturen mit erhöhten Stromdichten kann jedoch eine Reihe von Problemen nach sich ziehen, die mit einer belastungsinduzierten Beeinträchtigung der Leitung verknüpft sind, die schließlich zu einem vorzeitigen Ausfall der integrierten Schaltung führen kann. Ein wichtiges Phänomen in dieser Hinsicht ist der strominduzierte Materialtransport in Metallleitungen und Kontaktdurchführungen, der auch als „Elektromigration“ bezeichnet wird. Die Elektromigration wird durch den Impulsübertrag von Elektronen auf die Rumpffionen in den Leitern hervorgerufen, woraus sich ein Nettoimpuls in Richtung des Elektronenflusses ergibt. Insbesondere bei hohen Stromdichten kann eine signifikante kollektive Bewegung oder gerichtete Diffusion von Atomen auf Grund der Elektromigration in dem Verbindungsmetall hervorgerufen werden, wobei das Vorhandensein entsprechender Diffusionspfade einen wesentlichen Einfluss auf den verschobenen Anteil an Material ausüben kann, der sich aus dem Impulsübertrag ergibt. Somit kann die Elektromigration zur Ausbildung von Hohlräumen innerhalb und von Materialanhäufungen neben der Metallverbindungsstruktur führen, woraus sich ein geringeres Leistungsverhalten und eine geringere Zuverlässigkeit oder ein vollständiger Ausfall des Bauelements ergibt. Beispielsweise werden Aluminiumleitungen, die in Siliziumdioxid und/oder Siliziumnitrid eingebettet sind, häufig als Metall für Metallisierungsschichten verwendet, wobei, wie zuvor erläutert ist, moderne integrierte Schaltungen mit kritischen Abmessungen von 0,1 μm oder weniger deutlich kleinere Querschnittsflächen der Metallleitungen und somit erhöhte Stromdichten erfordern, wodurch Aluminium zu einem wenig attraktiven Metall für die Herstellung von Metallisierungsschichten wird.

[0004] Daher wird Aluminium zunehmend durch Kupfer und Kupferlegierungen ersetzt, d. h. einem Material, das einen deutlich geringeren Widerstand und ein verbessertes Verhalten bei Elektromigration selbst bei deutlich höheren Stromdichten im Vergleich zu Aluminium aufweist. Das Einführen von Kupfer bei der Herstellung von Mikrostrukturen und integrierten Schaltungen ist von einer Reihe von Problemen begleitet, die in der Eigenschaft des Kupfers begründet sind, gut in Siliziumdioxid und einer Vielzahl von dielektrischen Materialien mit kleinem ϵ diffundieren zu können, die typischerweise in Verbindung mit Kupfer eingesetzt werden, um damit die parasitäre Kapazität in komplexen Metallisierungsschichten zu verringern. Um die erforderliche Haf-

tung zu erreichen und um die ungewünschte Diffusion von Kupferatomen in empfindliche Bauteilgebiete zu vermeiden, ist es daher für gewöhnlich notwendig, eine Barrierenschicht zwischen dem Kupfer und dem dielektrischen Material, in das die kupferbasierten Verbindungsstrukturen eingebettet sind, vorzusehen. Obwohl Siliziumnitrid ein dielektrisches Material ist, das in wirksamer Weise die Diffusion von Kupferatomen verhindert, ist die Wahl von Siliziumnitrid als ein dielektrisches Zwischenschichtmaterial wenig wünschenswert, da Siliziumnitrid eine moderat hohe Permittivität aufweist, wodurch die parasitäre Kapazität benachbarter Kupferleitungen erhöht wird, was zu nicht tolerierbaren Signallaufverzögerungen führen kann. Somit wird eine dünne leitende Barrierenschicht, die dem Kupfer auch die erforderliche mechanische Stabilität verleiht, für gewöhnlich ausgebildet, um den Hauptanteil des Kupfers von dem umgebenden dielektrischen Material zu trennen, um damit die Kupferdiffusion in die dielektrischen Materialien zu reduzieren und auch die Diffusion von unerwünschten Sorten, etwa Sauerstoff, Fluor, und dergleichen, in das Kupfer zu verringern. Ferner können die leitenden Barrierenschichten auch eine sehr stabile Grenzfläche mit dem Kupfer bereitstellen, wodurch die Wahrscheinlichkeit für einen merklichen Materialtransport an diesen Grenzflächen verringert wird, die typischerweise ein kritisches Gebiet im Hinblick auf verstärkte Diffusionspfade sein. Gegenwärtig werden Tantal, Titan, Wolfram und deren Verbindungen mit Stickstoff und Silizium und dergleichen als bevorzugte Kandidaten für leitende Barrierenschichten eingesetzt, wobei die Barrierenschicht zwei oder mehr Teilschichten mit unterschiedlicher Zusammensetzung aufweisen kann, um damit den Erfordernissen im Hinblick auf die Diffusionsunterdrückung und die Haftung gerecht zu werden.

[0005] Eine weitere Eigenschaft des Kupfers, die es deutlich von Aluminium unterscheidet, ist die Tatsache, dass Kupfer nicht in effizienter Weise in größeren Mengen durch chemische und physikalische Dampfabscheideverfahren aufgebracht werden können, wozu sich die Tatsache gesellt, dass Kupfer nicht effizient durch anisotrope Trockenätzprozesse strukturiert werden kann, wodurch eine Prozessstrategie erforderlich ist, die üblicherweise als Damaszener- oder Einlegetechnik bezeichnet wird. In einem Damaszener-Prozess wird zunächst eine dielektrische Schicht hergestellt, die dann strukturiert wird, um Gräben und/oder Kontaktdurchführungen zu erhalten, die nachfolgend mit Kupfer gefüllt werden, wobei, wie zuvor erläutert ist, vor dem Einfüllen des Kupfers eine leitende Barrierenschicht an Seitenwänden der Gräben und Kontaktdurchführungen gebildet wird. Das Abscheiden des Kupfervolumenmaterials in die Gräben und Kontaktdurchführungen wird für gewöhnlich durch nasschemische Abscheideprozesse bewerkstelligt, etwa Elektroplattieren und stromloses Plattieren, wobei das zuverlässige Auffüllen von

Kontaktdurchführungen mit einem Aspektverhältnis von 5 oder größer bei einem Durchmesser von 0,3 μm und kleiner in Kombination mit Gräben erforderlich ist, die eine Breite von 0,1 μm bis mehrere Mikrometer aufweisen können. Elektrochemische Abscheideprozesse für Kupfer sind auf dem Gebiet der Herstellung elektronischer Leiterplatten gut etabliert. Jedoch ist das Auffüllen von Kontaktdurchführungen mit hohem Aspektverhältnis ohne Erzeugung von Hohlräumen eine äußerst komplexe und herausfordernde Aufgabe, wobei die Eigenschaften der schließlich erhaltenen Verbindungsstruktur auf Kupferbasis deutlich von Prozessparametern, Materialien und der Geometrie der interessierenden Struktur abhängen können. Da die Geometrie der Verbindungsstrukturen im Wesentlichen durch die Entwurfserfordernisse bestimmt ist und daher nicht wesentlich für eine gegebene Mikrostruktur geändert werden kann, ist es von großer Bedeutung, den Einfluss von Materialien, etwa leitende und nicht leitende Barrierenschichten, der Kupfermikrostruktur und ihre wechselseitige Beeinflussung im Hinblick auf die Eigenschaften der Verbindungsstruktur abzuschätzen und zu steuern, um damit sowohl eine hohe Ausbeute als auch die erforderliche Produktzuverlässigkeit sicherzustellen. Insbesondere ist es wichtig, Mechanismen für die Beeinträchtigung und den Ausfall in Verbindungsstrukturen für diverse Konfigurationen zu erkennen, zu überwachen und zu reduzieren, um damit die Bauteilzuverlässigkeit für jede neue Bauteilgeneration oder jeden neuen Technologiestandard beizubehalten.

[0006] Folglich werden große Anstrengungen unternommen, um die Beeinträchtigung von Kupferverbindungen insbesondere in Verbindung mit dielektrischen Materialien mit kleinem ϵ mit einer relativen Permittivität von 3,1 oder weniger zu untersuchen, um neue Materialien und Prozessstrategien aufzufinden, um kupferbasierte Leitungen und Kontaktdurchführungen mit einer geringen Gesamtpermittivität herzustellen. Obwohl der genaue Mechanismus für die Elektromigration in Kupferleitungen noch nicht vollständig verstanden ist, zeigt sich dennoch, dass Hohlräume, die in und an Seitenwänden und insbesondere an Grenzflächen zu benachbarten Materialien angeordnet sind, einen wesentlichen Einfluss auf das schließlich erreichte Leistungsverhalten und die Zuverlässigkeit der Verbindungsstrukturen ausüben können.

[0007] Ein wichtiger Ausfallmechanismus, von dem angenommen wird, dass er wesentlich zu einem vorzeitigen Bauteilausfall beiträgt, ist der durch Elektromigration hervorgerufene Materialtransport insbesondere an Übergangsbereichen zwischen einer Kontaktdurchführung und einem Metallgebiet, wobei für gewöhnlich eine gewisse Menge an leitendem Barrierenmaterial an der Unterseite der Kontaktdurchführung vorgesehen wird, wodurch sich eine Barriere für das Materialgebiet ergibt, wie dies detail-

liert mit Bezug zu [Fig. 1a](#) erläutert ist.

[0008] [Fig. 1a](#) zeigt schematisch eine Querschnittsansicht eines Halbleiterbauelements **100** mit einem Substrat **101**, das ein beliebiges geeignetes Trägermaterial repräsentiert, um darauf und darin Schaltungselemente, etwa Transistoren und dergleichen herzustellen. Beispielsweise repräsentiert das Substrat **101** ein Siliziumvollsubstrat, ein SOI-(Silizium-auf-Isolator)Substrat und dergleichen. Eine Bauteilschicht **102** ist über dem Substrat **101** ausgebildet und enthält mehrere Halbleiterbauelemente, wobei der Einfachheit halber derartige Schaltungselemente in [Fig. 1a](#) nicht gezeigt sind. Des Weiteren umfasst das Halbleiterbauelement **100** eine erste Metallisierungsschicht **110**, die ein dielektrisches Material **111** und eine Metalleitung **112** aufweist, die typischerweise in anspruchsvollen Anwendungen aus einem gut leitenden Metall, etwa Kupfer, aufgebaut sind. Des Weiteren kann die Metalleitung **112** eine leitende Barrierenschicht **113** besitzen, die aus Tantal, Tantalnitrid, und dergleichen aufgebaut ist, um die erforderliche Haftung und die diffusionsblockierenden Eigenschaften bereitzustellen, wie dies zuvor erläutert ist. Eine zweite Metallisierungsschicht **120** ist über der ersten Metallisierungsschicht **110** ausgebildet und enthält ebenfalls ein dielektrisches Material **121** und eine Metalleitung **122**, die darin gebildet ist, wobei das dielektrische Material **121** und das leitende Material der Leitung **122** aus im Wesentlichen den gleichen Materialien aufgebaut sein können, wie sie in der ersten Metallisierungsschicht **110** verwendet sind. Somit kann ein wesentlicher Teil des leitenden Materials in der Metalleitung **122** Kupfer sein, während typischerweise dielektrische Materialien mit kleinem ϵ für die dielektrischen Materialien **121** und **111** verwendet werden. Ferner sind die Metalleitungen **112** und **122** elektrisch mittels einer Kontaktdurchführung **130** verbunden, die einen Durchmesser oder eine laterale Abmessung in den unteren Metallisierungsebenen des Bauelements **100** im Bereich von 100 nm oder weniger aufweisen kann. Ferner kann eine leitende Barrierenschicht **123** die Seitenwände und die unteren Bereiche der Metalleitung **122** und der Kontaktdurchführung **130** bedecken.

[0009] Das in [Fig. 1a](#) gezeigte Halbleiterbauelement **100** kann gemäß gut etablierter konventioneller Prozessstrategien auf der Grundlage der folgenden Prozesse hergestellt werden. Nach der Herstellung entsprechender Schaltungselemente in der Bauteilschicht **102** wird die Metallisierungsschicht **110** durch Abscheiden des dielektrischen Materials **111** und Strukturieren geeigneter Gräben und anderer Öffnungen auf der Grundlage moderner Lithographie- und Ätztechniken gebildet. Anschließend wird die Barrierenschicht **113** beispielsweise auf der Grundlage von Sputter-Abscheidung, CVD-(chemische Dampfabcheidung) und dergleichen hergestellt. Als nächstes kann eine Saatschicht, beispielsweise aus

Kupfer, bei Bedarf abgeschieden werden, woran sich ein elektrochemischer Abscheideprozess, etwa Elektrolattieren, anschließt, um die zuvor strukturierten Öffnungen zu füllen, wobei überschüssiges Material, das während des elektrochemischen Abscheideprozesses gebildet wird, danach z. B. durch CMP (chemisch-mechanisches Polieren) und/oder Ätzen entfernt wird. Anschließend wird abhängig von der Prozessstrategie eine Ätzstoppschicht **124** abgeschieden, die auch als eine Deckschicht für die Metalleitung **112** dienen kann, wodurch das Kupfermaterial eingeschlossen wird und das gewünschte inerte Verhalten der Metalleitung **112** geschaffen wird. Wie zuvor erläutert ist, kann die Materialzusammensetzung der Ätzstoppschicht **124** auch im Hinblick auf das Elektromigrationsverhalten ausgewählt werden, um Diffusionspfade innerhalb der Metalleitung **112** zu reduzieren.

[0010] Als nächstes wird das dielektrische Material **121** auf der Grundlage eines geeigneten Prozesses hergestellt und danach werden entsprechende Öffnungen für die Kontaktdurchführung und die Metalleitung **122** strukturiert. In gut etablierten Techniken, sogenannte duale Damaszener-Verfahren, wird die Öffnung für die Kontaktdurchführung **130** zunächst auf der Grundlage eines anisotropen Ätzprozesses hergestellt, der zuverlässig auf Basis der Ätzstoppschicht **124** gesteuert werden kann. Danach wird die Grabenöffnung strukturiert, wobei in einigen Vorgehensweisen die entsprechende Kontaktdurchführungsöffnung vollständig geöffnet wird, um eine Verbindung zu der Metalleitung **111** herzustellen. Anschließend wird ein geeigneter Reinigungsprozess bei Bedarf ausgeführt und danach wird die Barrierenschicht **123** auf der Grundlage einer geeigneten Abscheidetechnik hergestellt. Als nächstes wird das leitende Material, d. h. das Kupfer, auf Grundlage eines elektrochemischen Abscheideprozesses eingefüllt, wobei das Abscheiden einer Saatschicht vorausgehen kann. Danach wird die resultierende Oberfläche eingeebnet, wobei auch überschüssiges Material entfernt wird, und es kann eine weitere Ätzstoppschicht oder Deckschicht **125** auf der Grundlage von CVD und dergleichen hergestellt werden.

[0011] Während des Betriebs des Halbleiterbauelements **100** findet ein Elektronenfluss statt, beispielsweise wie er durch den Pfeil **126** angegeben ist, der zu einem Materialstrom auf Grund der erhöhten Stromdichten führen kann, die typischerweise in modernen Halbleiterbauelementen angetroffen werden, wie dies zuvor erläutert ist. Wie gezeigt, kann eine gewisse Menge an Barrierenmaterial an der Unterseite der Kontaktdurchführung **130** vorhanden sein, das einen hohen Widerstand gegenüber Elektromigration im Vergleich zu im Wesentlichen reinen Kupfer bietet, wodurch ein Materialstrom von der Kontaktdurchführung **130** in die Metalleitung **112** unterdrückt

wird. Es zeigt sich jedoch, dass der Übergangsbereich **131** zwischen der Metalleitung **112** und der Kontaktdurchführung **130** eine erhöhte Materialverarmung erleidet, da neues Material nicht über die Kontaktdurchführung **130** „nachgeliefert“ wird. Folglich kann sich eine flache Hohlstelle **131a** in dem Übergangsbereich **131** ausbilden, was schließlich zu einem Kontaktausfall führt, woraus sich ein Gesamtausfall des Bauelements **100** ergeben kann.

[0012] Um die Wirkung des oben beschriebenen Ausfallmechanismus zu verringern, wurde vorgeschlagen, den oberen Bereich der Metalleitung **112** zu verstärken, indem beispielsweise ein geeignetes Metall, etwa eine Verbindung mit Kobalt/Wolfram/Phosphor vorgesehen wird, oder indem eine Legierung in dem oberen Teil der Metalleitung **112** gebildet wird, da viele Legierungen einen höheren Widerstand gegenüber Elektromigration im Vergleich zu relativ reinem Kupfer aufweisen.

[0013] [Fig. 1b](#) zeigt schematisch das Halbleiterbauelement **100**, wenn es eine leitende Deckschicht **112a** aufweist, die aus einer Legierung, etwa einer Zinn/Kupfer-Legierung, einer Aluminium/Kupfer-Legierung und dergleichen gebildet ist. In anderen Fällen wird ein leitendes Material, etwa eine zuvor genannte Verbindung für die Schicht **122a** eingesetzt. Die Schicht **122a** wird typischerweise nach der elektrochemischen Abscheidung des Volumenmaterials der Metalleitung **112** und nach einer entsprechenden Einebnung und einem Entfernen von überschüssigem Material gebildet. Es zeigt sich, dass obwohl eine deutliche Verbesserung in der Zuverlässigkeit des Halbleiterbauelements **100** auf Grund des erhöhten Widerstandes gegenüber Elektromigrationswirkungen in dem Übergangsbereich **131** erreicht werden kann, dennoch eine Gesamtbeeinträchtigung des elektrischen Leistungsverhaltens beobachtet werden kann, was einem erhöhten Reihenwiderstand der Metalleitung **112** auf Grund der Anwesenheit der Schicht **112** zugeschrieben wird, die typischerweise einen deutlich höheren elektrischen Widerstand im Vergleich zu dem Volumenmaterial der Metalleitung **112** aufweist.

[0014] Angesichts der zuvor beschriebenen Situation richtet sich die vorliegende Offenbarung an diverse Verfahren und Bauelemente, in denen die Auswirkungen eines oder mehrerer der oben genannten Probleme vermieden oder zumindest reduziert werden.

Überblick über die Erfindung

[0015] Im Allgemeinen betrifft der hierin offenbarte Gegenstand Halbleiterbauelemente und entsprechende Fertigungsverfahren, wobei ein verbessertes elektrisches Verhalten der Metallisierungsstrukturen erreicht werden kann, wobei dennoch ein erhöhter

Widerstand gegen Elektromigration erreicht wird, insbesondere an Übergangsbereichen, die eine Kontaktdurchführung und eine tieferliegende Metalleitung verbinden. Ein verbessertes Elektromigrationsverhalten kann erreicht werden, indem lokal eine Legierung in einem Bereich des Metallgebiets gebildet wird, in welchem die Kontaktdurchführung mündet. Folglich dient der Übergangsbereich nicht mehr als eine Materialquelle während des Betriebs des Bauelements, wodurch die Wahrscheinlichkeit des Erzeugens von Hohlräumen darin deutlich verringert wird. Da die Legierung, die das verbesserte Elektromigrationsverhalten ergibt, lediglich lokal in dem Übergangsbereich vorgesehen ist, wird der Gesamtwiderstand des entsprechenden Metallgebiets in nur sehr lokaler Weise beeinflusst, wobei der Hauptanteil des Metallgebiets weiterhin einen moderat gewünschten kleinen Reihenwiderstand aufweist. In einigen anschaulichen Aspekten wird die Legierung in einer gut selbstjustierten Weise vorgesehen, wodurch ein hohes Maß an Elektromigrationszuverlässigkeit gesichert wird, ohne dass unnötige Materialbereiche des gut leitenden Materials der betrachteten Metalleitung verbraucht werden.

[0016] Ein anschauliches hierin offenbartes Verfahren umfasst das Bilden einer Öffnung in einer dielektrischen Schicht, die über einem metallenthaltenden Gebiet einer Metallisierungsstruktur eines Halbleiterbauelements gebildet ist. Das Verfahren umfasst das Zuführen einer legierungsbildenden Sorte durch die Öffnung hindurch, um die legierungsbildende Sorte mit dem Material des metallenthaltenden Gebiets in Kontakt zu bringen. Danach wird eine Legierung in dem metallenthaltenden Gebiet so gebildet, dass eine Verbindung zu der Öffnung entsteht und zusätzlich wird die Öffnung mit einem metallenthaltenden Material gefüllt.

[0017] Ein weiteres hierin offenbartes anschauliches Verfahren betrifft das Herstellen einer Verbindungsstruktur eines Halbleiterbauelements, wobei das Verfahren das Bereitstellen einer Justieröffnung in einem Schichtstapel beinhaltet, der über einer Metalleitung ausgebildet ist, wobei die Justieröffnung verwendet wird, um eine Kontaktdurchführung, die zu der Metalleitung verbunden ist, herzustellen. Des weiteren umfasst das Verfahren das lokale Bilden einer Legierung in einem Teil der Metalleitung unter Anwendung der Justieröffnung, um damit den Bereich zu der Kontaktdurchführung auszurichten.

[0018] Ein hierin offenbartes anschauliches Halbleiterbauelement umfasst eine erste Metallisierungsschicht mit einem ersten Metallgebiet, wobei das erste Metallgebiet eine Legierung aufweist, die lateral im Wesentlichen auf ein Kontaktgebiet beschränkt ist. Das Halbleiterbauelement umfasst ferner eine zweite Metallisierungsschicht, die über der ersten Metallisierungsschicht ausgebildet ist und ein zweites Metall-

gebiet aufweist. Des weiteren wird eine Verbindungsstruktur, die das erste und das zweite Metallgebiet verbindet, vorgesehen, wobei ein Ende der Verbindungsstruktur in den Kontaktgebiet mündet.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0019] Weitere Ausführungsformen des hierin offenbarten Gegenstands sind in den angefügten Patentansprüchen definiert und gehen deutlicher aus der folgenden detaillierten Beschreibung hervor, wenn diese mit Bezug zu den begleitenden Zeichnungen studiert wird, in denen:

[0020] [Fig. 1a](#) und [Fig. 1b](#) schematisch Querschnittsansichten eines konventionellen Halbleiterbauelements mit einer Metallisierungsstruktur mit einem schlechteren Elektromigrationsverhalten im Hinblick auf ein Kontaktgebiet oder Übergangsbereich zeigen, das unter einer Kontaktdurchführung angeordnet ist, die eine Verbindung zu einer Metalleitung ([Fig. 1a](#)) herstellt, und mit einem beeinträchtigten elektrischen Leistungsverhalten auf Grund des erhöhten Reihenwiderstands einer Metalleitung ([Fig. 1b](#));

[0021] [Fig. 2a](#) bis [Fig. 2f](#) schematisch Querschnittsansichten eines Halbleiterbauelements während diverser Fertigungsphasen bei der Herstellung einer Verbindungsstruktur zum Verbinden zweier benachbarter Metallisierungsebenen auf der Grundlage einer lokalen Legierung, die in einem Kontaktbereich oder Übergangsbereich gebildet ist, zeigen, wobei eine legierungsbildende Sorte auf der Grundlage sehr selektiver Abscheidetechniken gemäß anschaulicher Ausführungsformen aufgebracht wird;

[0022] [Fig. 3a](#) und [Fig. 3b](#) schematisch Querschnittsansichten eines Halbleiterbauelements während relevanter Fertigungsphasen zur Herstellung einer lokal beschränkten Materialzusammensetzung zur Verbesserung des Elektromigrationsverhaltens auf der Grundlage eines Teilchenbeschusses gemäß weiterer anschaulicher Ausführungsformen zeigen; und

[0023] [Fig. 3c](#) und [Fig. 3d](#) schematisch Querschnittsansichten eines Halbleiterbauelements während relevanter Fertigungsphasen zur Bildung einer Legierung in einer sehr lokalisierten Weise auf Grundlage eines Implantationsprozesses gemäß noch weiterer anschaulicher Ausführungsformen zeigen.

Detaillierte Beschreibung

[0024] Obwohl der hierin offenbarte Gegenstand mit Bezug zu den Ausführungsformen beschrieben ist, wie sie in der folgenden detaillierten Beschreibung sowie in den Zeichnungen gezeigt sind, sollte beach-

tet werden, dass die folgende detaillierte Beschreibung sowie die Zeichnungen nicht beabsichtigen, die vorliegende Erfindung auf die speziellen offenbarten anschaulichen Ausführungsformen einzuschränken, sondern die beschriebenen anschaulichen Ausführungsformen stellen lediglich beispielhaft die diversen Aspekte der vorliegenden Erfindung dar, deren Schutzbereich durch die angefügten Patentansprüche definiert ist.

[0025] Der Gegenstand der vorliegenden Offenbarung richtet sich an Halbleiterbauelemente und zugehörige Fertigungsverfahren, in denen ein Material in ein Metallgebiet in lateral gut beschränkter Weise eingeführt wird, um damit das Elektromigrationsverhalten des lateral beschränkten Bereichs zu verbessern. Zu diesem Zweck wird eine legierungsbildende Sorte mit dem Volumenmaterial des Metallgebiets so in Kontakt gebracht, dass ein selbstjustiertes Verhalten im Hinblick auf eine entsprechende Kontaktdurchführung erreicht wird. In diesem Zusammenhang ist eine Legierung als eine Materialmischung zu verstehen, die eine metallische Eigenschaft aufweist, und die aus zwei oder mehr Komponenten, wovon mindestens eine ein Metall ist, aufgebaut ist. Ein lateral beschränktes Gebiet einer Metalllegierung kann ferner als ein Gebiet verstanden werden, das mindestens in einer lateralen Abmessung, beispielsweise entlang einer Längsrichtung einer Metalleitung, eine deutlich reduzierte Größe im Vergleich zu der Metalleitung aufweist, wobei zu beachten ist, dass die Legierung nicht notwendigerweise von einer scharfen Grenze zwischen dem nicht legierten Bereich und dem legierten Bereich in dem Metallgebiet getrennt ist. Dennoch kann ein nicht legiertes Gebiet im Hinblick auf eine spezielle legierungsbildende Sorte von einem Legierungsgebiet unterschieden werden, beispielsweise auf der Grundlage der Konzentration der legierungsbildenden Sorte, indem ein geeigneter Schwellwert definiert wird. Beispielsweise kann ein Punkt der maximalen Konzentration der betrachteten legierungsbildenden Sorte festgelegt werden und eine Nachbarschaft dieses Punktes kann als ein legiertes Gebiet bezeichnet werden, wenn die Konzentration der betrachteten legierungsbildenden Sorte höher als ein spezifizierter Prozentsatz der maximalen Konzentration ist.

[0026] Wie zuvor erläutert ist, können Kupferlegierungen an sich eine höhere Elektromigrationsleistungsfähigkeit im Vergleich zu moderat reinem Kupfer jedoch zu Lasten eines erhöhten elektrischen Widerstands aufweisen. Somit kann durch Vorsehen der Legierung in einer lateral gut beschränkter Weise auf der Grundlage eines geeigneten Justiermechanismus diese Legierung in jenen Bereichen bereitgestellt werden, in denen ein deutlicher Widerstand gegen Elektromigration erforderlich ist, während das elektrische Leistungsverhalten des restlichen Bereichs der betrachteten Metalleitung nicht unnötig

negativ beeinflusst wird. Es wird eine im Wesentlichen selbstjustierte Fertigungstechnik bereitgestellt, indem in geeigneter Weise Fertigungsprozesse „gekoppelt“ werden, die zur Herstellung einer Kontakt-durchführungsöffnung angewendet werden mit geeigneten Prozessverfahren zum Einbauen des gewünschten Legierungsbildenden Materials in einen Bereich der darunter liegenden Metalleitung. In einigen anschaulichen hierin offenbaren Aspekten kann eine sehr selektive Abscheidetechnik auf der Grundlage elektrochemischer Prozesse während einer geeigneten Fertigungsphase eingesetzt werden, wenn die Kontaktdurchführungsöffnung die darunter liegende Metalleitung freilegt. Folglich kann ein gewünschtes Material effizient auf der freigelegten Oberfläche abgeschieden werden und kann nachfolgend thermisch in den Materialbereich getrieben werden, wodurch die gewünschte Legierung gebildet wird. In anderen Fällen werden sehr stark nicht-konforme Abscheidetechniken eingesetzt, um damit in geeigneter Weise ein gewünschtes legierungsbildendes Material auf der freigelegten Oberfläche der Metalleitung zu bilden. In noch anderen anschaulichen Ausführungsformen, die hierin offenbart sind, werden andere Prozessverfahren einschließlich eines stark richtungsgebundenen Teilchenbeschusses eingesetzt, um eine gewünschte legierungsbildende Sorte in selbstjustierter Weise einzubauen.

[0027] Mit Bezug zu den [Fig. 2a](#) bis [Fig. 2e](#) und den [Fig. 3a](#) bis [Fig. 3d](#) werden nun weitere anschauliche Ausführungsformen detaillierter beschrieben.

[0028] [Fig. 2a](#) zeigt schematisch eine Querschnittsansicht eines Halbleiterbauelements **200** in einem fortgeschrittenen Herstellungsstadium, in welchem eine Metallisierungsstruktur zu bilden ist. Das Halbleiterbauelement umfasst ein Substrat **201**, das ein beliebiges geeignetes Trägermaterial repräsentiert, etwa halbleitende Materialien, isolierende Materialien, und dergleichen. Beispielsweise kann das Substrat **201** ein im Wesentlichen kristallines Halbleitermaterial, etwa Silizium, Germanium, eine Halbleiterverbindung, und dergleichen repräsentieren. In anderen Fällen umfasst das Substrat **201** zumindest teilweise eine isolierende Schicht, über welcher ein geeignetes Material in Form einer Bauteilschicht **202** vorgesehen ist, die zur Herstellung von Mikrostrukturbauelementen darin und darauf geeignet ist, die zumindest einige Schaltungselemente enthalten, die eine elektrische Verbindung auf der Grundlage einer entsprechenden Metallisierungsstruktur erfordern. Daher sollte, sofern dies nicht in der Beschreibung und/oder den angefügten Patentansprüchen anders beschrieben ist, der hierin offenbarte Gegenstand nicht als auf ein spezielles Halbleitermaterial und Trägermaterial für das Substrat **201** und die Bauteilschicht **202** eingeschränkt erachtet werden.

[0029] Des weiteren ist eine erste Metallisierungs-

schicht **210** vorgesehen, die nicht notwendigerweise die unterste Metallisierungsschicht repräsentiert, die über der Bauteilschicht **202** ausgebildet ist, die somit eine beliebige Zwischenschicht repräsentieren kann, abhängig von den Bauteilerfordernissen. Beispielsweise zeigen gewisse Metallisierungsebenen ein weniger ausgeprägtes schlechtes Leistungsverhalten im Hinblick auf die Elektromigration, während andere Metallisierungsebenen ein eingeschränkteres Elektromigrationsverhalten oder elektrisches Verhalten aufweisen, wie dies zuvor mit Bezug zu den [Fig. 1a](#) und [Fig. 1b](#) erläutert ist. Die Metallisierungsschicht **210** umfasst ein dielektrisches Material **211**, das aus einem beliebigen geeigneten Material oder Materialzusammensetzungen nach Bedarf aufgebaut ist. Beispielsweise enthält das dielektrische Material **211** ein dielektrisches Material mit kleinem ϵ , d. h. ein Material mit einer relativen Permittivität von 3,0 oder weniger, um parasitäre Kapazitäten zu reduzieren, wie dies zuvor erläutert ist. Ferner ist ein Metallgebiet **212** in dem dielektrischen Material vorgesehen, wobei das Metallgebiet **212** im Wesentlichen aus einem gut leitenden Metall, etwa Kupfer, Silber, Legierungen davon, und dergleichen aufgebaut ist. Es sollte beachtet werden, dass das Metallgebiet **212** auch ein leitendes Material mit geringerer Leitfähigkeit an Grenzflächen zu dem umgebenden dielektrischen Material **211** aufweisen kann. Ein entsprechend weniger leitfähiges Material kann auch als eine Barrierschicht bezeichnet werden, wie dies zuvor unter Bezugnahme auf das Bauelement **100** beschrieben ist, wobei ein entsprechendes Barrierenmaterial typischerweise moderat scharfe Grenzen in Bezug auf das gut leitende Material aufweist, so dass selbst eine entsprechende Grenzfläche zwischen dem Barrierenmaterial und dem gut leitenden Material nicht als ein Legierungsgebiet betrachtet wird. Wie zuvor erläutert ist, sind geeignete Barrierenmaterialien in Metallisierungsschemata auf Kupferbasis Tantal, Tantalnitrid, Titan, Titannitrid, mehrere Verbindungen, etwa mit Kobalt, Wolfram, Phosphor, oder eine Verbindung mit Kobalt, Wolfram, Bor, Verbindungen mit Nickel, Molybdän, Bor und dergleichen.

[0030] Des weiteren umfasst die Metallisierungsschicht **210** eine Deckschicht **213**, die in zuverlässiger Weise das Material des Metallgebiets **212** in Bezug auf die Diffusion in ein darüber liegendes dielektrisches Material **211** einschließt, das vorgesehen sein kann, um eine weitere Metallisierungsebene und eine geeignete Verbindungsstruktur von Kontaktdurchführungen zur Bereitstellung einer Zwischenebenenverbindung zu bilden. Wie zuvor erläutert ist, kann die Schicht **213** auch als eine Ätzstoppschicht während des Strukturierens des dielektrischen Materials **221** dienen. Beispielsweise können Siliziumnitrid, Siliziumkarbid, stickstoffangereichtes Siliziumkarbid oder Zusammensetzungen davon und dergleichen effizient als die Schicht **213** eingesetzt werden. Die dielektrische Schicht **221**, die über der Metallisie-

rungsschicht **210** ausgebildet ist, kann in dieser Fertigungsphase eine Kontaktdurchführungsöffnung **230** aufweisen, die sich durch das dielektrische Material **211** erstreckt und auf und in der Schicht **213** mündet.

[0031] Das Halbleiterbauelement **200**, wie es in [Fig. 2a](#) gezeigt ist, kann auf der Grundlage gut etablierter Prozessverfahren hergestellt werden, wie sie auch in ähnlicher Weise zu den zuvor beschriebenen Prozessen im Hinblick auf das Halbleiterbauelement **100** ausgeführt werden. D. h., Schaltungselemente, möglicherweise in Verbindung mit anderen Mikrostrukturelementen, können in der Bauteilschicht **202** hergestellt werden, wobei Transistorelemente gebildet werden können mit kritischen Abmessungen in der Größenordnung von 50 nm oder kleiner, wie sie typischerweise in modernsten integrierten Schaltungen, etwa CPU's und dergleichen verwendet werden. Danach wird eine geeignete Kontaktstruktur gebildet, um eine elektrische Verbindung zu entsprechenden leitenden Halbleiterbereichen der Schaltungselemente in der Bauteilschicht **202** herzustellen. Als nächstes werden ein oder mehrere Metallisierungsebenen vorgesehen, wenn die Metallisierungsschicht **210** nicht die unterste Metallisierungsebene repräsentiert. Anschließend wird das dielektrische Material **211** auf der Grundlage einer geeigneten Abscheidetechnik gebildet, wobei zu beachten ist, dass gut etablierte Materialzusammensetzungen, beispielsweise mit Ätzstoppschichten und dergleichen, in dem Material **211** eingebaut sein können. Nachfolgend werden gut etablierte Strukturierungsschemata eingesetzt, um Öffnungen entsprechend dem Metallgebiet **212** zu bilden, das typischerweise in Form einer Metallleitung vorgesehen wird, die eine laterale Abmessung in einer Dimension aufweist, die als Längenrichtung *L* in [Fig. 2a](#) bezeichnet ist, die deutlich größer ist als eine laterale Breitenrichtung, die als eine Richtung senkrecht zur Zeichenebene der [Fig. 2a](#) zu verstehen ist. Beispielsweise kann eine entsprechende Leitungsbreite ungefähr 100 nm oder weniger für schmale Metallleitungen betragen und kann bis zu mehreren Mikrometern für breite Metallleitungen aufweisen, wohingegen die Abmessung in der Längsrichtung einige Mikrometer bis zu mehreren 10 µm betragen kann.

[0032] Wie zuvor erläutert ist, wird ein gut leitendes Material, etwa Kupfer, zur Herstellung des Metallgebiets **212** eingesetzt, wobei typischerweise ein geeignetes Barrierenmaterial vorgesehen werden kann, wie zuvor erläutert ist. Nach dem Herstellen des Metallgebiets **212** wird die Deckschicht **213** auf der Grundlage von Prozesstechniken abgeschieden, wie sie ebenfalls mit Bezug zu dem Halbleiterbauelement **100** erläutert sind. Es sollte beachtet werden, dass das Metallgebiet **212** und die Deckschicht **213** auf Grundlage von Prozess- und Bauteilerfordernissen gebildet werden kann, die so ausgewählt sind, dass ein gewünschtes elektrisches, mechanisches und

thermisches Verhalten erreicht wird. D. h., im Gegensatz zu konventionellen Vorgehensweisen kann eine globale Behandlung des Metallgebiets **212** im Hinblick auf das Verbessern des Elektromigrationsverhaltens in Bezug auf das Erzeugen flacher Hohlräume an einem Kontaktbereich oder Übergangsbereich weggelassen werden, auf und in welchem eine entsprechende Kontaktdurchführung aufzunehmen ist, da der hierin offenbarte Gegenstand für eine sehr lokale Verbesserung des Elektromigrationsverhaltens in dem Kontaktgebiet **213** sorgt. Insbesondere sind widerstandserhöhende Maßnahmen für das globale Verbessern des Elektromigrationsverhaltens des oberen Bereichs des Metallgebiets **212** nicht erforderlich.

[0033] Das dielektrische Material **221** kann auf der Grundlage einer geeigneten Abscheidetechnik gebildet werden und kann danach durch gut etablierte Strukturierungsschemata strukturiert werden, wozu ein Photolithographieprozess und eine nachfolgende anisotrope Ätzsequenz auf der Grundlage gut etablierter Rezepte gehören. In einer anschaulichen Ausführungsform repräsentiert das dielektrische Material **221** das dielektrische Material einer weiteren Metallisierungsschicht mit einer Zwischenschicht zur Bereitstellung einer entsprechenden Kontaktdurchführung auf der Grundlage der Öffnung **230**, so dass die anfängliche Höhe des dielektrischen Materials **221** die Tiefe einer entsprechenden Metallleitung, die noch herzustellen ist, plus der Tiefe einer entsprechenden Kontaktdurchführung repräsentiert. Es sollte jedoch beachtet werden, dass die hierin offenbarten Prinzipien auch in effizienter Weise auf andere Strategien angewendet werden können, beispielsweise auf Techniken, in denen jeweilige Kontaktdurchführungen unabhängig von jeweiligen Metallleitungen einer nachfolgenden Metallisierungsschicht hergestellt werden. In anderen Fällen kann eine Grabenöffnung zuerst hergestellt werden und danach wird die Kontaktdurchführungsöffnung **230a** in der Grabenöffnung gebildet, was auch als Vorgehensweise mit „Gaben zuerst, Kontaktdurchführung zuletzt“ bezeichnet wird. Während der entsprechenden anisotropen Ätzsequenz zur Herstellung der Kontaktdurchführungsöffnung **230a**, kann die Schicht **213** effizient als ein Ätzstopp verwendet werden, wodurch ein unerwünschtes Freilegen des Materials des Gebiets **212** vermieden wird, wenn ein nachfolgender Grabenstrukturierungsprozess auszuführen ist. In anderen Fällen wird die Ätzstoppschicht **213** während einer Ätzsequenz zur Herstellung der Öffnung **230a** gemäß einem Einzel-Damaszener-Verfahren oder gemäß den oben spezifizierten Verfahren „Gaben zuerst, Kontaktdurchführung zuletzt“ geöffnet.

[0034] [Fig. 2b](#) zeigt schematisch das Halbleiterbauelement **200** in einem weiter fortgeschrittenen Herstellungsstadium, wobei eine Grabenöffnung **222a** in dem dielektrische Material **221** gebildet ist, wodurch

eine zweite Metallisierungsschicht **220** definiert wird, die elektrisch mit der Metallisierungsschicht **210** mittels einer Kontaktdurchführung verbunden ist, die auf der Grundlage der Kontaktdurchführungsöffnung **230a** zu bilden ist. Die Grabenöffnung **222a** kann auf der Grundlage gut etablierter Rezepte hergestellt werden, wobei in einigen anschaulichen Ausführungsformen der entsprechende Ätzprozess zu einem im Wesentlichen vollständigen Entfernen des freiliegenden Bereichs der Ätzstoppschicht **213** führt.

[0035] In einigen anschaulichen Aspekten wird das Bauelement **200** einem geeignet gestalteten Reinigungsprozess unterzogen, um Materialreste zu entfernen oder zu verringern, oder um Kontaminationsstoffe von der freigelegten Oberfläche des Metallgebiets **212** zu entfernen. Zu diesem Zweck können gut etablierte chemische Rezepte eingesetzt werden.

[0036] [Fig. 2c](#) zeigt schematisch das Halbleiterbauelement **200** in einer weiter fortgeschrittenen Herstellungsphase, in der das Bauelement **200** einer Abscheideumgebung **240** ausgesetzt ist, die so gestaltet ist, dass eine sehr selektive Abscheidung einer legierungsbildenden Sorte **241** an der Unterseite der Kontaktdurchführungsöffnung **230a** erreicht wird. Die legierungsbildende Sorte **241** kann ein beliebiges geeignetes Material repräsentieren, das in Verbindung mit dem vorherrschenden Material des Metallgebiets **212** eine Legierung mit einem verbesserten Elektromigrationsverhalten bildet. Wenn beispielsweise Kupfer als das vorherrschende Material in dem Metallgebiet **212** verwendet ist, sind geeignete legierungsbildende Komponenten u. a. Zinn (Sn), Aluminium (Al), und dergleichen. Die legierungsbildende Sorte **241** kann auf Grund der hohen Selektivität des Abscheideprozesses **240** über den kritischen Bereich **231** vorgesehen werden, in welchem eine deutlich erhöhte Widerstandsfähigkeit gegen Elektromigration gewünscht ist, wie dies zuvor erläutert ist. In einer anschaulichen Ausführungsform umfasst der sehr selektive Abscheideprozess **240** einen elektrochemischen Abscheideprozess, etwa einen stromlosen Plattierungsprozess. Ein stromloser Abscheideprozess erfordert typischerweise eine aktive Initiierung der chemischen Reaktion der Mittel, die in der entsprechenden Plattierungslösung enthalten sind, um die entsprechende Komponente oder Komponenten zu reduzieren und damit abzuschneiden, etwa Zinn, um damit eine gleichmäßige Schicht zu bilden. Typischerweise kann das Initiieren der chemischen Reaktion durch ein katalytisches Material oder auf der Grundlage entsprechender Nukleationszentren kleiner Größe erreicht werden, um damit nicht in unerwünschter Weise die Kristallstruktur des abgeschiedenen Materials zu beeinträchtigen. Beispielsweise sind Materialien, etwa Platin (Pt), Palladium (Pd), Kupfer (Cu), Silber (Ag), Kobalt (Co), und dergleichen als sehr effiziente Katalysatormaterialien zum Aktivieren der chemischen Reaktion zwischen einem

Metallsalz und einem reduzierendem Mittel, das in einer entsprechenden Elektrolytlösung enthalten ist, bekannt. Folglich kann in vielen Fällen die freigelegte Oberfläche des Metallgebiets **212** selbst als ein Katalysator dienen, wodurch der gewünschte Abscheideprozess initiiert wird. Somit kann die legierungsbildende Sorte **241** mit hoher Zuverlässigkeit und Gleichmäßigkeit in Bezug auf substratüberspannende Schwankungen von Substrat zu Substrat vorgesehen werden.

[0037] In anderen anschaulichen Ausführungsformen umfasst der gut selektive Abscheideprozess **240** sehr richtungsgebundene Verfahren, etwa die physikalische Dampfabscheidung auf der Grundlage geeignet ausgewählter Parameter, wodurch eine erhöhte Abscheiderate an horizontalen Bereichen erreicht wird, während die Abscheiderate an im Wesentlichen vertikalen Rändern auf einem moderat geringen Wert gehalten wird. Entsprechende richtungsabhängige Techniken werden beispielsweise eingesetzt, wenn die Grabenöffnung **222** in dieser Fertigungsphase noch nicht hergestellt ist, der nicht gewünschte Materialreste an Seitenwandbereichen der Kontaktdurchführungsöffnungen **230a** durch einen isotropen Ätzprozess entfernt werden können, wobei ausreichende Material an der Unterseite der Kontaktdurchführung verbleibt, um damit die Sorte **241** in einer gewünschten Menge bereitzustellen. Die Sorte **241** kann von anderen horizontalen Bereichen außerhalb der Kontaktdurchführungsöffnung **230a** während der weiteren Bearbeitung in Abhängigkeit von der Prozessstrategie entfernt werden.

[0038] [Fig. 2d](#) zeigt schematisch das Halbleiterbauelement **200**, wenn es einer Behandlung **250** unterzogen wird, um einen legierungsbildenden Prozess in Gang zu setzen, wodurch die Sorte **241** in das Material des Metallgebiets **212** diffundiert, was in einer sehr gut gesteuerten Weise bewerkstelligt werden kann, um damit die resultierende Legierung, die nunmehr als Legierung **241** bezeichnet wird, auf den Bereich **231** im Wesentlichen zu beschränken, der eine ähnliche laterale Abmessung im Vergleich zu der Kontaktdurchführungsöffnung **230a** aufweist. Die Behandlung **250** kann eine Wärmebehandlung bei erhöhten Temperaturen im Bereich von 180 bis 300 Grad C beinhalten, um damit die gewünschte Diffusionsaktivität zu erreichen, ohne im Wesentlichen andere Bauteilkomponenten zu beeinträchtigen. Während der Wärmebehandlung **250** werden die Temperatur und/oder die Dauer in geeigneter Weise so gesteuert, dass die gewünschte laterale und vertikale Ausdehnung der Legierung **241** erreicht wird, wodurch ein geeigneter Kontaktbereich gebildet wird, der auch als Kontaktbereich oder Übergangsbereich **231** bezeichnet wird, in welchem eine Kontaktdurchführung in einer späteren Fertigungsphase aufgenommen wird.

[0039] Wie zuvor erläutert ist, kann die laterale Abmessung des Gebiets **231** auf der Grundlage der Konzentration der legierungsbildenden Spezies **241** definiert werden. D. h., Bereiche des Metallgebiets **212** mit einer Konzentration der Sorte **241**, die über einer vordefinierten Schwelle liegt, kann als zu dem Kontaktgebiet **231** gehörig betrachtet werden, während Bereiche mit einer Konzentration unterhalb der Schwelle als außerhalb des Bereichs **231** liegend erachtet werden, wodurch ein „nicht legierter“ Bereich des Metallgebiets **212** repräsentiert ist. In anderen Fällen kann eine maximale Konzentration der Sorte **241** als eine Referenz verwendet werden, wobei ein vorbestimmter Schwellwert, d. h. ein Prozentsatz der maximalen Konzentration, zum Unterscheiden von Bereichen innerhalb des Bereichs **231** und außerhalb des Bereichs **231** verwendet werden kann. Beispielsweise können in diesem Sinne die lateralen Abmessungen des Bereichs **231** durch eine Position definiert werden, an der die Konzentration der Sorte **241** auf ein Zentel der maximalen Konzentration abgefallen ist. In diesem Sinne ist die laterale Abmessung des Bereichs **231** in einigen anschaulichen Ausführungsformen kleiner als das zweifache der lateralen Abmessung der Kontaktdurchführungsöffnung **230** an deren unteren Bereich. Somit kann die laterale Ausdehnung des Bereichs **231** deutlich kleiner sein im Vergleich zur Länge des Metallgebiets **212**, wodurch der globale Widerstand des Metallgebiets **212** im Wesentlichen beibehalten wird, während dennoch lokal für ein deutlich verbessertes Elektromigrationsverhalten gesorgt wird.

[0040] In einer anschaulichen Ausführungsform wird die Behandlung **250** auf der Grundlage von Prozessparametern ausgeführt, die auch ein effizientes Ausgasen von Gaskomponenten ermöglichen, die in dem dielektrischen Material **221** oder in anderen freiliegenden Bereichen des Bauelements **200** enthalten sind, wodurch bessere Bedingungen für ein nachfolgendes Abscheiden eines Barrierenmaterials geschaffen werden. Beispielsweise kann der Prozess **250** in einer Sputter-Abscheidekammer ausgeführt werden, die nachfolgend zur Herstellung einer geeigneten Barrierenschicht verwendet wird, etwa einer Tantalnitridschicht, einer Tantalschicht, und dergleichen. In einer Ausführungsform kann in der Fertiigungsphase, wie sie in [Fig. 2b](#) gezeigt ist, das Metallgebiet **212** effizient freigelegt werden, woran sich ein effizienter Reinigungsprozess anschließt, um Kontaminationsstoffe von der freigelegten Oberfläche des Metallgebiets **212** zu entfernen, wobei der nachfolgende selektive Abscheideprozess **240** eine effiziente Deckschicht für die weitere Bearbeitung des Bauelements **200** bereitstellt. Somit kann die Prozesssequenz robuster im Hinblick auf eventuelle Wartezeiten in dem Prozessablauf vor dem Abscheiden eines Barrierenmaterials gemacht werden, da die legierungsbildende Sorte **241** typischerweise weniger reaktiv im Vergleich zu freiliegenden empfindli-

chen Metallen ist, etwa Kupfer und dergleichen.

[0041] [Fig. 2e](#) zeigt schematisch das Halbleiterbauelement **200** während einer Prozesssequenz **260** zur Herstellung einer Barrierenschicht **223** auf freiliegenden Bereichen des Bauelements **200**. Beispielsweise umfasst die Prozesssequenz **260** einen oder mehrere Abscheideschritte, wobei abhängig von der Prozessstrategie dazwischenliegende Rücksputter-Prozesse und dergleichen ausgeführt werden können, um damit die gewünschte Dicke und Materialzusammensetzung der Schicht **223** zu erreichen. In anderen anschaulichen Ausführungsformen umfasst die Prozesssequenz **260** zusätzlich zu einem Sputter-Ätz-Prozess oder alternativ dazu andere Abscheideverfahren, etwa CVD, selbstbegrenzende CVD-Verfahren, die auch als ALD (Atomlagenabscheidung) bezeichnet werden, stromlose Abscheideprozesse, und dergleichen. In einer anschaulichen Ausführungsform, wie in [Fig. 2e](#) gezeigt ist, umfasst die Prozesssequenz **260** einen Ätzprozess, etwa einen Sputter-Ätzprozess, um einen Teil des Bereichs **231** zu entfernen, so dass eine Vertiefung **232** gebildet wird. Das Ätzen in das Gebiet **231** kann vorteilhaft sein im Hinblick auf die Gesamtprozessgleichmäßigkeit, die Prozesssteuerung und dergleichen. D. h., durch das Ätzen in das Material des Bereichs **231** auf der Grundlage eines gut steuerbaren Ätzprozesses können Prozessschwankungen von vorhergehenden Strukturierungssequenzen zur Herstellung der Kontaktdurchführungsöffnungen **230a** bis zu einem gewissen Grade verringert werden. Somit kann der Kontaktwiderstand zwischen der ersten und der zweiten Metallisierungsschicht **210**, **220** gleichmäßiger gestaltet werden, wozu ebenfalls zu einem verbesserten elektrischen Leistungsverhalten und verbesserter Zuverlässigkeit beigetragen wird. Da ferner der Bereich **231** mit der legierungsbildenden Sorte **241** in einer sehr lokalisierten Weise vorgesehen wird, kann dessen entsprechende vertikale Ausdehnung größer gewählt werden im Vergleich zu konventionellen Strategien für die Verbesserung des Elektromigrationsverhaltens auf der Grundlage der Schicht **112a**, wie dies zuvor mit Bezug zu [Fig. 1b](#) erläutert ist, da eine deutliche Ausdehnung in der vertikalen Richtung ansonsten in nicht akzeptabler Weise den Gesamtwiderstand der betrachteten Metallleitung erhöhten würde. Gemäß der hierin offenbarten Lehre kann die Vertiefung **232** in sehr zuverlässiger und gleichmäßiger Weise hergestellt werden, wobei selbst bei entsprechenden Prozessschwankungen die Vertiefung **232** von einem Material umgeben ist, das das verbesserte Elektromigrationsverhalten aufweist. Folglich kann die Vertiefung **232** auf der Grundlage weniger kritischer Prozessparameter im Vergleich zu konventionellen Strategien gebildet werden.

[0042] [Fig. 2d](#) zeigt schematisch das Halbleiterbauelement **200** in einem weiter fortgeschrittenen Her-

stellungsstadium, in welchem die Gabenöffnung **222a** und die Kontaktdurchführungsöffnung **230a** mit einem gut leitenden Metall gefüllt sind, etwa Kupfer und dergleichen, woran sich eine geeignete Deckschicht **225** anschließt, die auf der Grundlage ähnlicher Kriterien gebildet werden kann, wie sie zuvor mit Bezug zu der Schicht **213** erläutert sind. D. h., im Hinblick auf das Bereitstellen einer geeigneten Deckschicht für die Metalleitung **222** können konventionelle Maßnahmen im Hinblick auf das Verringern der Gefahr einer Hohlraumbildung an einem Übergangsbereich zu einer darüber liegenden Metallisierungsschicht weggelassen werden, da die gleichen Prinzipien angewendet werden können, wenn eine entsprechende Kontaktdurchführung gebildet wird, die eine Verbindung zu der Metalleitung **222** herstellt.

[0043] Folglich findet während des Betriebs des Halbleiterbauelements **200** ein Elektronenfluss, wie dies durch den Pfeil **226** angegeben ist, das Gebiet **231** mit einem erhöhten Elektromigrationswiderstand vor, wodurch sich die Wahrscheinlichkeit zum Erzeugen einer flachen Hohlstelle auf Grund des durch Strom hervorgerufenen Materialfluss deutlich verringert, während der globale elektrische Widerstand des Metallgebiets **212** nicht unnötig negativ beeinflusst ist.

[0044] Mit Bezug zu den [Fig. 3a](#) bis [Fig. 3d](#) werden nunmehr weitere anschauliche Ausführungsformen detaillierter beschrieben, in denen ein stark richtungsgebundener Teilchenbeschuss angewendet wird, um eine geeignete legierungsbildende Sorte in einem Metallgebiet einzubauen.

[0045] [Fig. 3a](#) zeigt schematisch ein Halbleiterbauelement **300** in Querschnittsansicht, das ein Substrat **301**, eine Bauteilschicht **302**, eine erste Metallisierungsschicht **310** und ein dielektrisches Material **321** aufweist, das das dielektrische Material für eine Kontaktdurchführungsschicht und eine weitere Metallisierungsschicht repräsentiert, wie dies zuvor erläutert ist, oder das das dielektrische Material einer Kontaktdurchführungsschicht repräsentiert, wenn ein Einzel-Damaszener-Prozessverfahren betrachtet wird, wie zuvor erläutert ist. Das dielektrische Material **321** enthält eine Kontaktdurchführungsöffnung **330a**, die über einer Metalleitung **312** angeordnet ist, die sich in ihre Längsrichtung senkrecht zur Zeichenebene der [Fig. 3a](#) erstreckt. Im Hinblick auf die Komponenten des Bauelements **300**, die bislang beschrieben sind, gelten die gleichen Kriterien, wie sie zuvor mit Bezug zu dem Bauelement **200** erläutert sind. In der in [Fig. 3a](#) gezeigten Fertigungsphase kann eine Ätzstoppschicht **313**, die auch als eine effiziente Deckschicht für die Metalleitung **312** dienen kann, wie dies zuvor erläutert ist, das Material der Metalleitung **312** abdecken, wodurch eine unerwünschte Reaktion des Metallmaterials mit der Umgebung im Wesentlichen vermieden wird. Ferner ist eine Ätzmaske **304**,

etwa eine Lackmaske, möglicherweise in Verbindung mit einem geeigneten ARC-(antireflektierenden Beschichtungs-)Material über dem dielektrischen Material **321** gebildet.

[0046] Das in [Fig. 3a](#) gezeigte Halbleiterbauelement **300** kann auf der Grundlage der Prozesstechnik hergestellt werden, wie sie zuvor mit Bezug zu den Bauelementen **100** und **200** beschrieben sind. Insbesondere wird die Ätzmaske **304** auf der Grundlage gut etablierter Prozesstechniken hergestellt. Nach dem Strukturieren der Ätzmaske **304** werden gut etablierte anisotrope Ätzverfahren eingesetzt, um die Kontaktdurchführungsöffnung **330a** in dem dielektrischen Material **321** zu bilden, wobei der entsprechende Ätzprozess auf oder in der Ätzstoppschicht **313** stoppt, wie dies zuvor erläutert ist.

[0047] [Fig. 3b](#) zeigt schematisch das Halbleiterbauelement **300** während eines stark richtungsverbundenen Teilchenbeschusses **340**, der einen Ionenimplantationsprozess enthalten kann, um eine geeignete legierungsbildende Sorte **341** in die Metalleitung **312** einzubauen. Beispielsweise kann der Ionenimplantationsprozess **340** auf der Grundlage von Aluminium ausgeführt werden, wobei Prozessparameter, etwa die Implantationsenergie und die Dosis so gewählt sind, dass eine gewünschte Konzentration und Eindringtiefe der Sorte **341** erreicht wird. Geeignete Prozessparameter können effizient auf der Grundlage von Experimenten, Simulationen und dergleichen ermittelt werden. Auf Grund der stark gerichteten Natur des Prozesses **340** kann eine Kontamination von Seitenwänden der Kontaktdurchführungsöffnung **330** auf einem sehr geringen Niveau gehalten werden, wobei auch eine entsprechende Eindringtiefe nur sehr gering wäre, da entsprechende „Kontaminationsstoffe“ effizient in ein entsprechendes Barrierenmaterial während der nachfolgenden Bearbeitung eingebaut wurden. Nach dem Einbau der Sorte **341** kann die weitere Bearbeitung fortgesetzt werden, indem beispielsweise eine Grabenöffnung gebildet wird, wie dies zuvor mit Bezug zu dem Bauelement **200** erläutert ist, wodurch auch die Metalleitung **312** in der Kontaktdurchführungsöffnung **330a** freigelegt wird, wie zuvor beschrieben ist. Danach wird eine geeignete Behandlung ausgeführt, um den legierungsbildenden Prozess zu initiieren, wie dies zuvor beschrieben ist. In anderen Fällen wird eine Kontaktdurchführung gebildet, indem der freigelegte Bereich der Ätzstoppschicht **313** in der Öffnung **330a** entfernt wird, eine Legierung in der Metalleitung **312** gebildet wird und die Kontaktdurchführungsöffnung **330a** mit einem leitenden Barrierenmaterial und einem gut leitenden Metall gefüllt wird.

[0048] [Fig. 3c](#) zeigt schematisch das Halbleiterbauelement **300** gemäß weiterer anschaulicher Ausführungsformen, wobei der Implantationsprozess **340** in einem früheren Stadium ausgeführt wird. D. h., die

Ätzmaske **304** wird über der dielektrischen Schicht **321** vorgesehen und enthält eine entsprechende Öffnung **304a**, die im Wesentlichen der Kontaktdurchführungsöffnung entspricht, die noch in dem Material **321** zu bilden ist. Somit kann die Öffnung **304a** als eine Justieröffnung betrachtet werden, um die Sorte **341**, die durch den Implantationsprozess **340** eingeführt wird, in Bezug auf das Metallgebiet **312** auszurichten. Folglich können die Prozessparameter, d. h. die Implantationsenergie des Prozesses **340**, in geeigneter Weise auf der Grundlage von Simulation, Experimenten, und dergleichen ausgewählt werden, um eine gewünschte Konzentration der Sorte **341** in dem Metallgebiet **312** zu erhalten, wobei auch eine spezifizierte Eindringtiefe auf der Grundlage der Implantationsparameter eingestellt wird. Während des durch den Prozess **340** hervorgerufenen Teilchenbeschusses kann die Struktur des Materials **321** in dem Bereich der Justieröffnung **304a** geschädigt werden, für eine erhöhte Ätzrate während des nachfolgenden Strukturierens des dielektrischen Materials **321** gesorgt wird.

[0049] Fig. 3d zeigt schematisch das Halbleiterbauelement **300** in einer weiter fortgeschrittenen Herstellungsphase, wobei die Kontaktdurchführungsöffnung **330a** und eine Grabenöffnung **322a** in dem dielektrischen Material **321** gebildet sind. Dies wird auf der Grundlage von Prozessverfahren erreicht, wie sie zuvor beschrieben sind, wobei die Prozesssequenz zur Strukturierung der Kontaktdurchführungsöffnung **330a** auf Grundlage weniger strikter Prozessbedingungen auf Grund der erhöhten Ätzrate ausgeführt werden kann, woraus sich eine erhöhte Ätzselektivität zwischen der Ätzstoppschicht **313** und dem Material **321** ergibt. Während des entsprechenden anisotropen Ätzprozesses kann der wesentliche Anteil der Sorte **341**, die in dem Material **321** während des vorhergehenden Implantationsprozesses **340** abgeschieden wurde, entfernt werden, da die Sorte **341** im Wesentlichen auf einen Bereich lateral beschränkt ist, der der Justieröffnung **304a** entspricht. Danach kann die weitere Bearbeitung fortgesetzt werden, indem eine Diffusion und somit ein legierungsbildender Prozess in Gang gesetzt wird, wie dies zuvor mit Bezug zu dem Bauelement **200** beschrieben ist.

[0050] Es gilt also: Die vorliegende Erfindung stellt Halbleiterbauelemente und entsprechende Fertigungsverfahren bereit, in denen das Elektromigrationsverhalten in der Nähe der Unterseiten von Kontaktdurchführungen lokal erhöht wird, ohne dass im Wesentlichen der gesamte elektrische Widerstand der Metallleitung beeinflusst wird. Des Weiteren kann der Prozess als eine selbstjustierte Sequenz ausgeführt werden, wodurch eine hohe Prozesszuverlässigkeit und Robustheit sichergestellt werden, während auch ein hohes Maß an Bauteilgleichmäßigkeit erreicht wird. Die lokale Ausbildung einer geeigneten Legierung ist kompatibel mit modernen Barrierenver-

fahren, in denen eine Vertiefung in dem darunter liegenden Metallgebiet vor dem Abscheiden des Barrierenmaterials vorzusehen ist, wobei die selbstjustierten Techniken, die hierin offenbart sind, ein zuverlässiges „Einschließen“ des Endbereichs der Kontaktdurchführung innerhalb des Materialbereichs mit dem verbesserten Elektromigrationsverhalten bieten. Der selbstjustierte Prozess zur Herstellung der Legierung kann einen stromlosen Abscheideprozess beinhalten und kann effizient mit konventionellen Techniken kombiniert werden, beispielsweise unter Anwendung einer thermischen Behandlung zum Ausgasen von Kontaminationsstoffen vor dem Abscheiden eines Barrierenmaterials, um den legierungsbildenden Prozess in Gang zu setzen.

[0051] Weitere Modifizierungen und Variationen der vorliegenden Offenbarung werden für den Fachmann angesichts dieser Beschreibung offenkundig. Daher ist diese Beschreibung als lediglich anschaulich und für die Zwecke gedacht, dem Fachmann die allgemeine Art und Weise des Ausführens der vorliegenden Offenbarung zu vermitteln. Selbstverständlich sind die hierin gezeigten und beschriebenen Formen als die gegenwärtig bevorzugten Ausführungsformen zu betrachten.

Patentansprüche

1. Verfahren mit:
 - Bilden einer Öffnung in einer dielektrischen Schicht, die über einem metallenthaltenden Gebiet einer Metallisierungsstruktur eines Halbleiterbauelements gebildet ist;
 - Zuführen einer legierungsbildenden Sorte durch die Öffnung, um die legierungsbildende Sorte mit Material des metallenthaltenden Gebiets in Kontakt zu bringen;
 - lokales Bilden einer Legierung in dem metallenthaltenden Gebiet, das mit der Öffnung in Verbindung steht; und
 - Füllen der Öffnung mit einem metallenthaltendem Material.
2. Verfahren nach Anspruch 1, das ferner umfasst: Bilden einer Barrierenschicht nach dem Einführen der legierungsbildenden Sorte und vor dem Füllen der Öffnung mit dem metallenthaltendem Material.
3. Verfahren nach Anspruch 1, wobei Einführen der legierungsbildenden Sorte umfasst: Freilegen eines Bereichs des metallenthaltenden Gebiets und Ausführen eines selektiven elektrochemischen Abscheideprozesses.
4. Verfahren nach Anspruch 1, wobei Einführen der legierungsbildenden Sorte Ausführen eines Implantationsprozesses umfasst.

5. Verfahren nach Anspruch 4, wobei Bilden der Öffnung umfasst: Ätzen der dielektrischen Schicht auf der Grundlage einer Ätzmaske und wobei die Ätzmaske als eine Maske für den Implantationsprozess verwendet wird.

6. Verfahren nach Anspruch 1, wobei lokales Bilden der Legierung Ausführen einer Wärmebehandlung umfasst.

7. Verfahren nach Anspruch 1, das ferner umfasst: Bilden eines Grabens, der zu der Öffnung in Verbindung steht, und Füllen der Öffnung und des Grabens in einem gemeinsamen Prozess.

8. Verfahren nach Anspruch 7, wobei der Graben vor dem Zuführen der legierungsbildenden Sorte gebildet wird.

9. Verfahren nach Anspruch 2, das ferner Bilden einer Vertiefung in der Legierung vor dem Bilden der Barrierenschicht umfasst.

10. Verfahren zur Herstellung einer Verbindungsstruktur eines Halbleiterbauelements, wobei das Verfahren umfasst:
Bereitstellen einer Justieröffnung in einem Schichtstapel, der über einer Metalleitung gebildet ist, wobei die Justieröffnung zur Herstellung einer Kontaktöffnung verwendet wird, die mit der Metalleitung in Verbindung steht; und
lokales Bilden einer Legierung in einem Bereich der Metalleitung unter Anwendung der Justieröffnung, um den Bereich zu der Kontaktdurchführung auszurichten.

11. Verfahren nach Anspruch 10, wobei die Justieröffnung eine Öffnung in einer Ätzmaske repräsentiert, die über einer dielektrischen Schicht gebildet ist, die über der Metalleitung angeordnet ist.

12. Verfahren nach Anspruch 11, wobei lokales Bilden der Legierung umfasst: Ausführen eines Implantationsprozesses, um eine legierungsbildende Sorte in dem Bereich einzuführen.

13. Verfahren nach Anspruch 12, das ferner umfasst: Bilden einer Kontaktdurchführungsöffnung in der dielektrischen Schicht nach dem Ausführen des Implantationsprozesses.

14. Verfahren nach Anspruch 12, das ferner umfasst: Bilden einer Kontaktdurchführungsöffnung in der dielektrischen Schicht vor dem Ausführen des Implantationsprozesses.

15. Verfahren nach Anspruch 10, wobei die Justieröffnung eine Kontaktdurchführungsöffnung repräsentiert, die in der dielektrischen Schicht gebildet ist, wobei die Kontaktdurchführungsöffnung Material der

Metalleitung freilegt.

16. Verfahren nach Anspruch 15, wobei lokales Bilden der Legierung umfasst: selektives Bilden einer legierungsbildenden Sorte auf dem freigelegten Material der Metalleitung.

17. Verfahren nach Anspruch 16, wobei selektives Bilden der legierungsbildenden Sorte umfasst: Ausführen eines elektrochemischen Abscheidungsprozesses.

18. Halbleiterbauelement mit:
einer ersten Metallisierungsschicht mit einem ersten Metallgebiet, wobei das erste Metallgebiet eine Legierung aufweist, die lateral im Wesentlichen auf ein Kontaktgebiet beschränkt ist;
einer zweiten Metallisierungsschicht, die über der ersten Metallisierungsschicht gebildet ist und ein zweites Metallgebiet aufweist; und
einer Verbindungsstruktur, die das erste und das zweite Metallgebiet verbindet, wobei ein Endbereich der Verbindungsstruktur in dem Kontaktgebiet mündet.

19. Halbleiterbauelement nach Anspruch 18, wobei eine laterale Ausdehnung des Kontaktgebiets kleiner als das Zweifache einer lateralen Abmessung des Endbereichs der Verbindungsstruktur ist.

20. Halbleiterbauelement nach Anspruch 19, wobei die Verbindungsstruktur mindestens an Seitenwänden davon eine leitende Barrierenschicht aufweist.

Es folgen 6 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

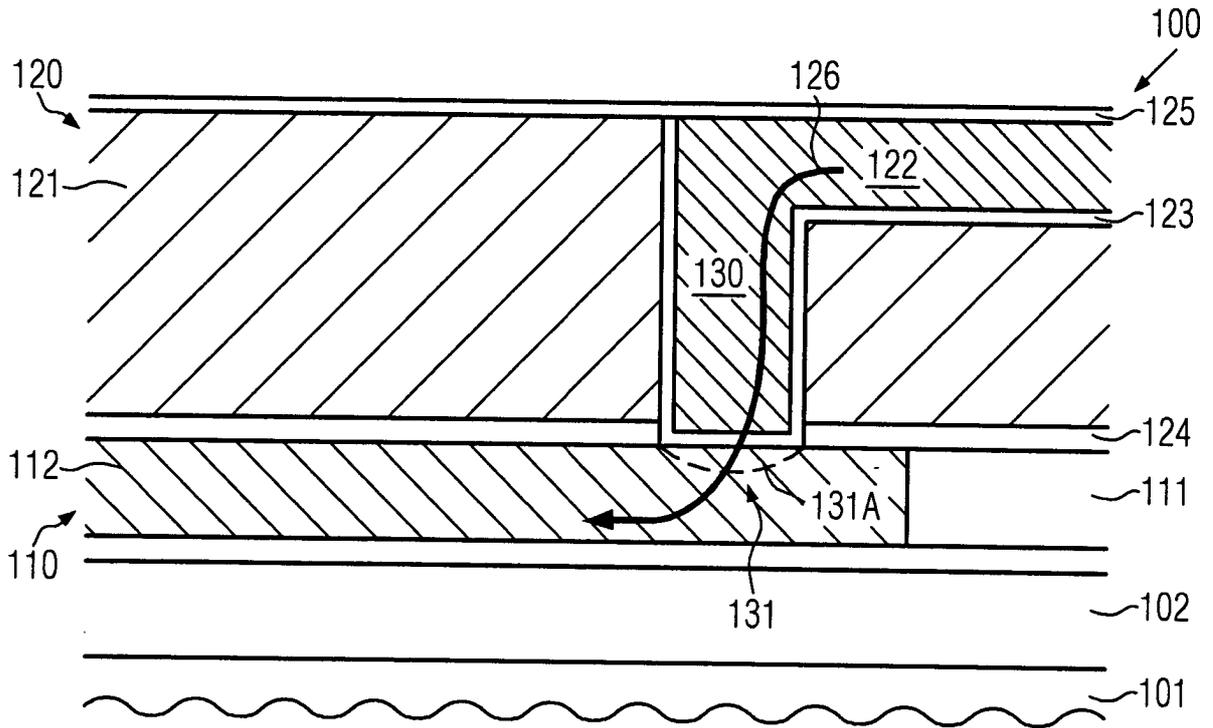


FIG. 1a
Stand der Technik

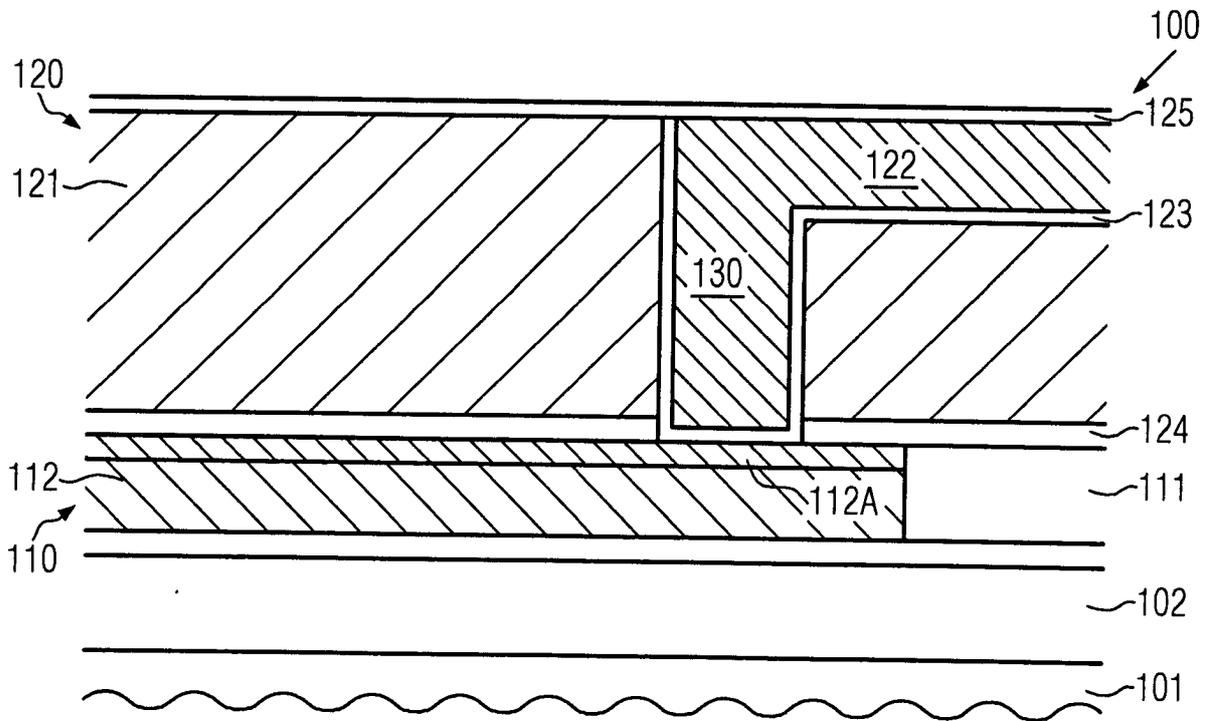


FIG. 1b
Stand der Technik

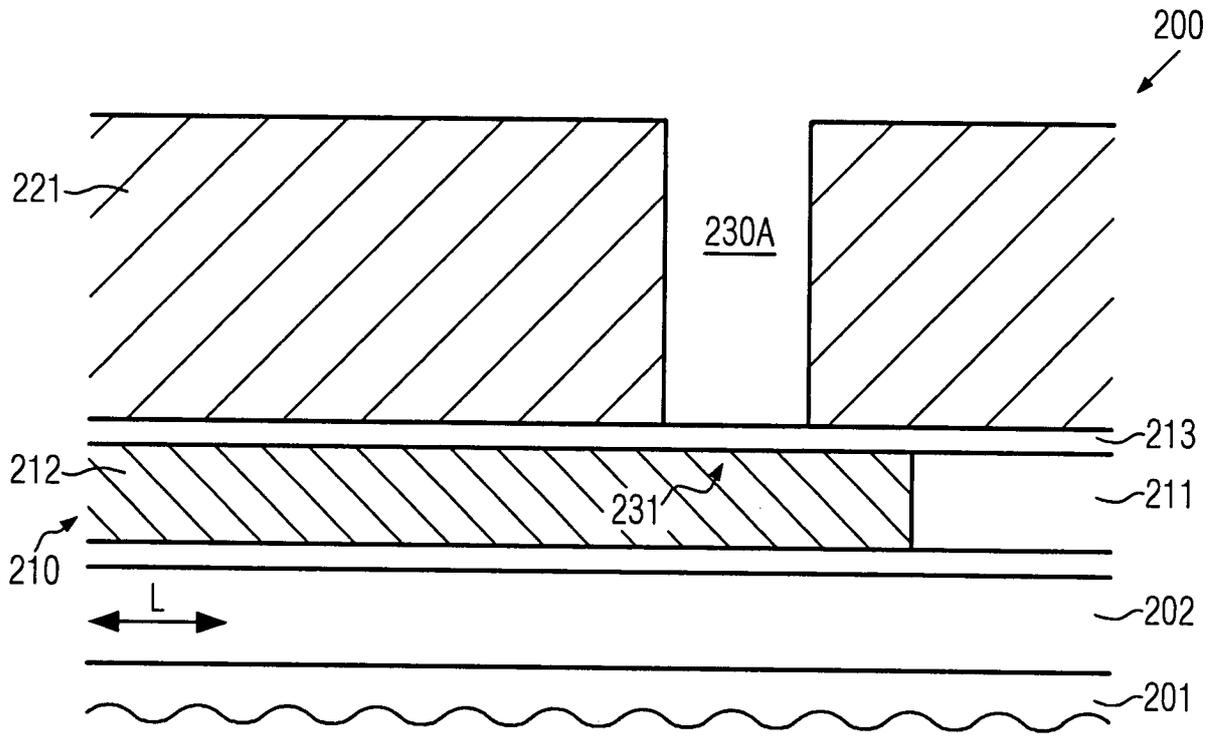


FIG. 2a

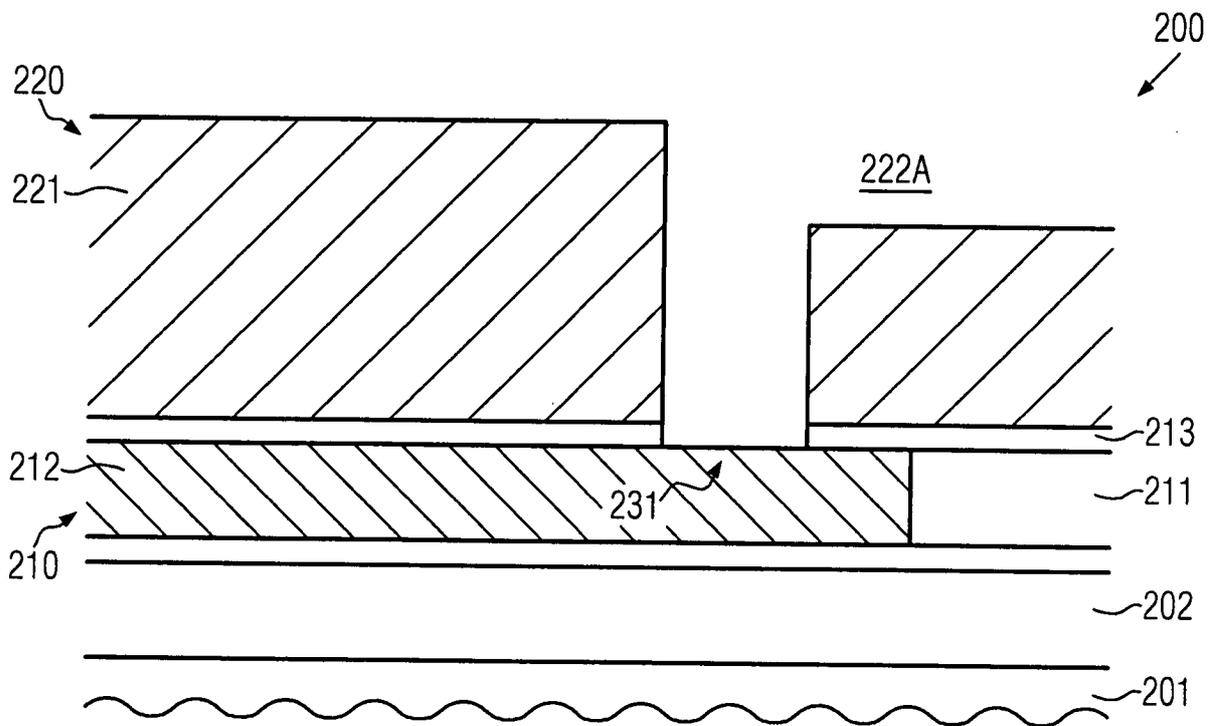


FIG. 2b

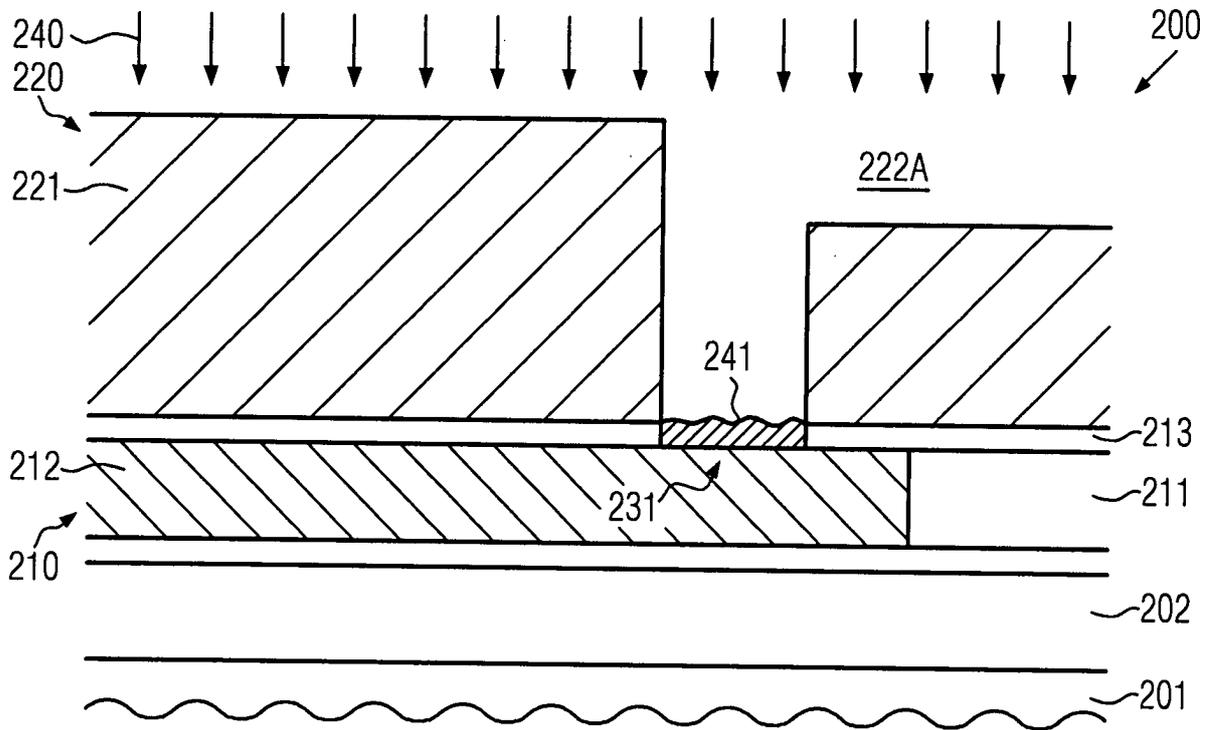


FIG. 2c

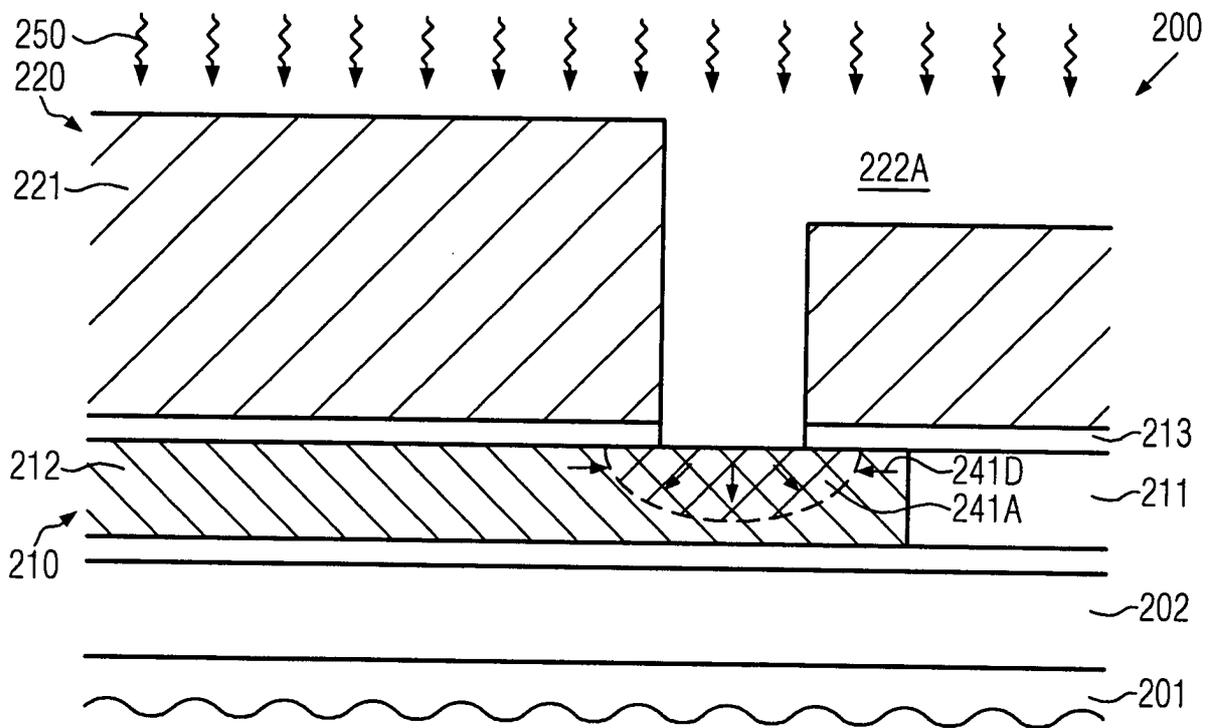


FIG. 2d

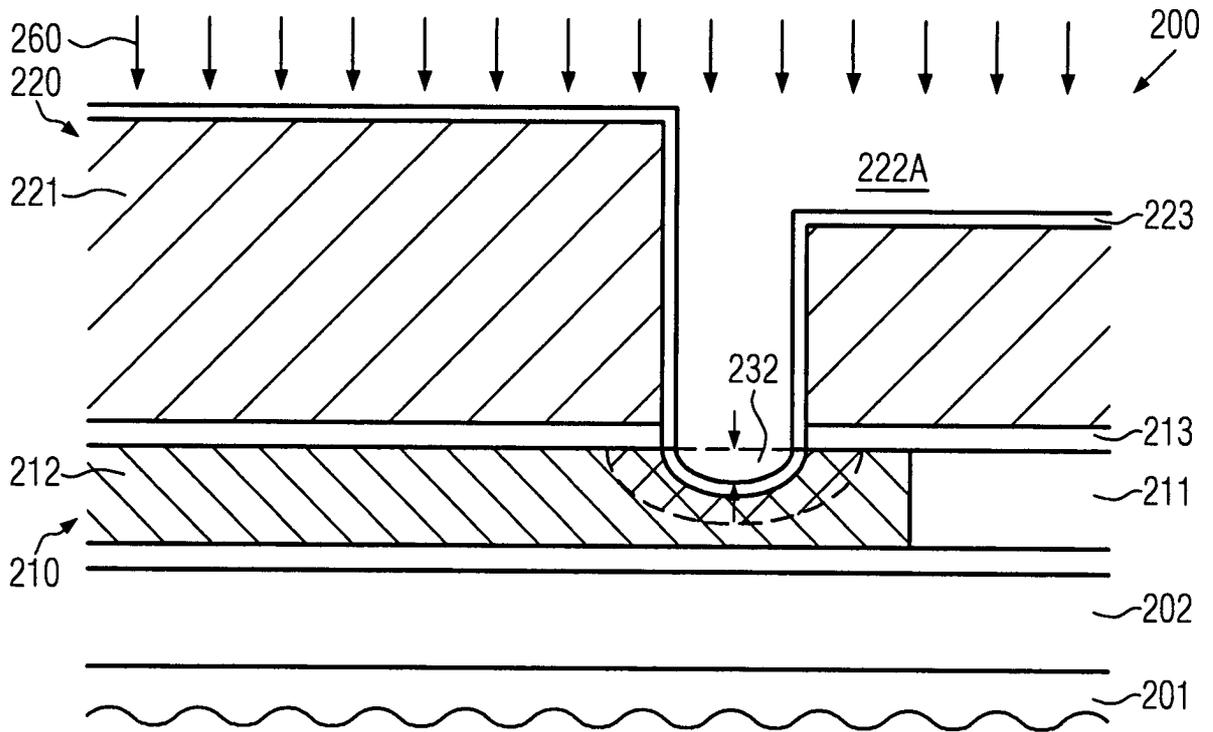


FIG. 2e

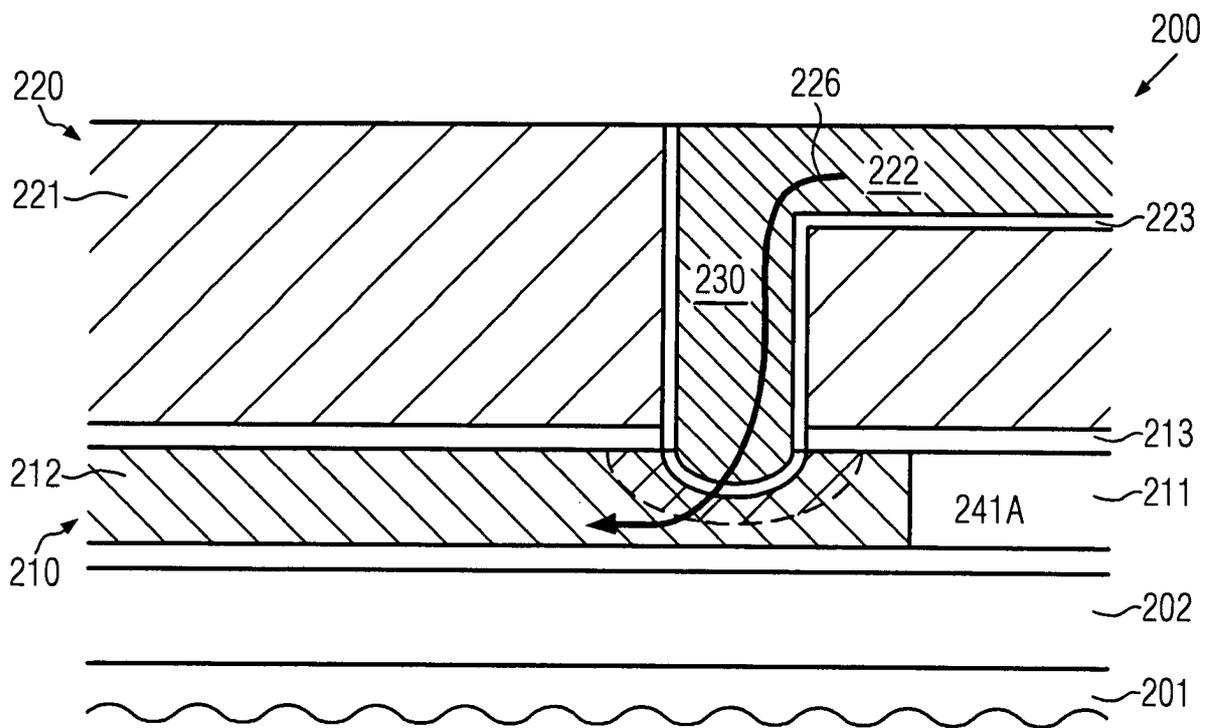


FIG. 2f

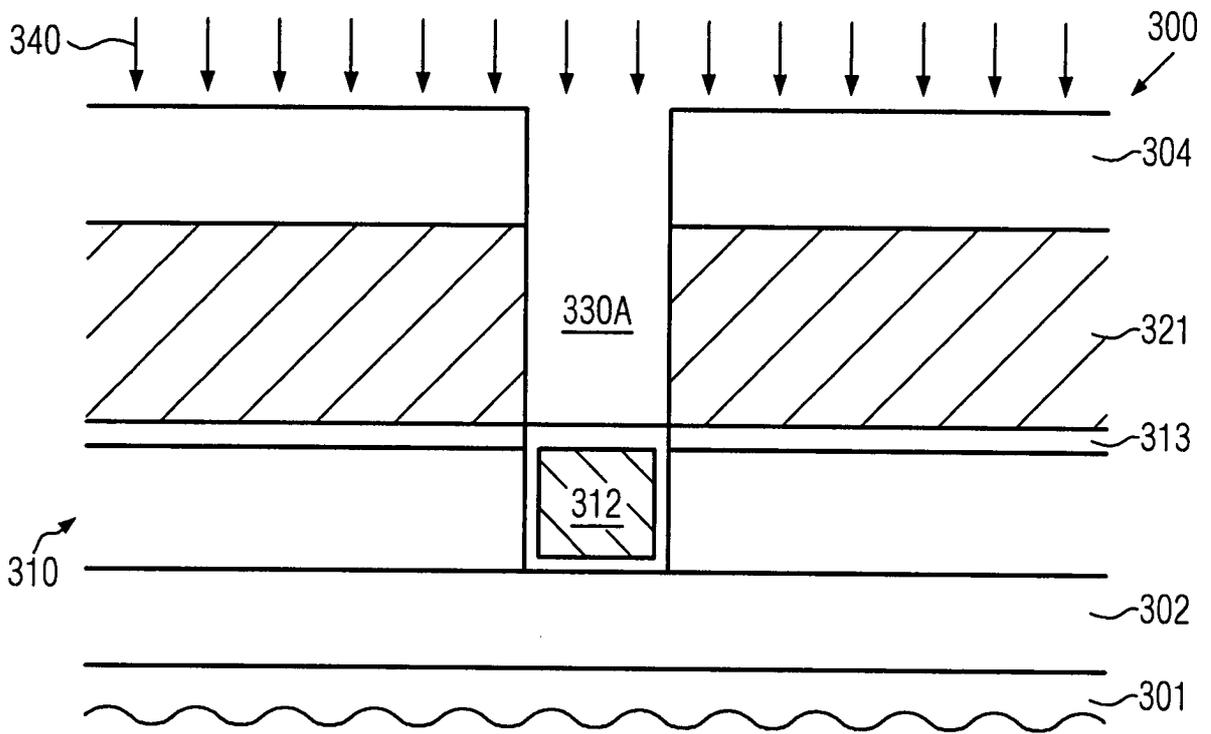


FIG. 3a

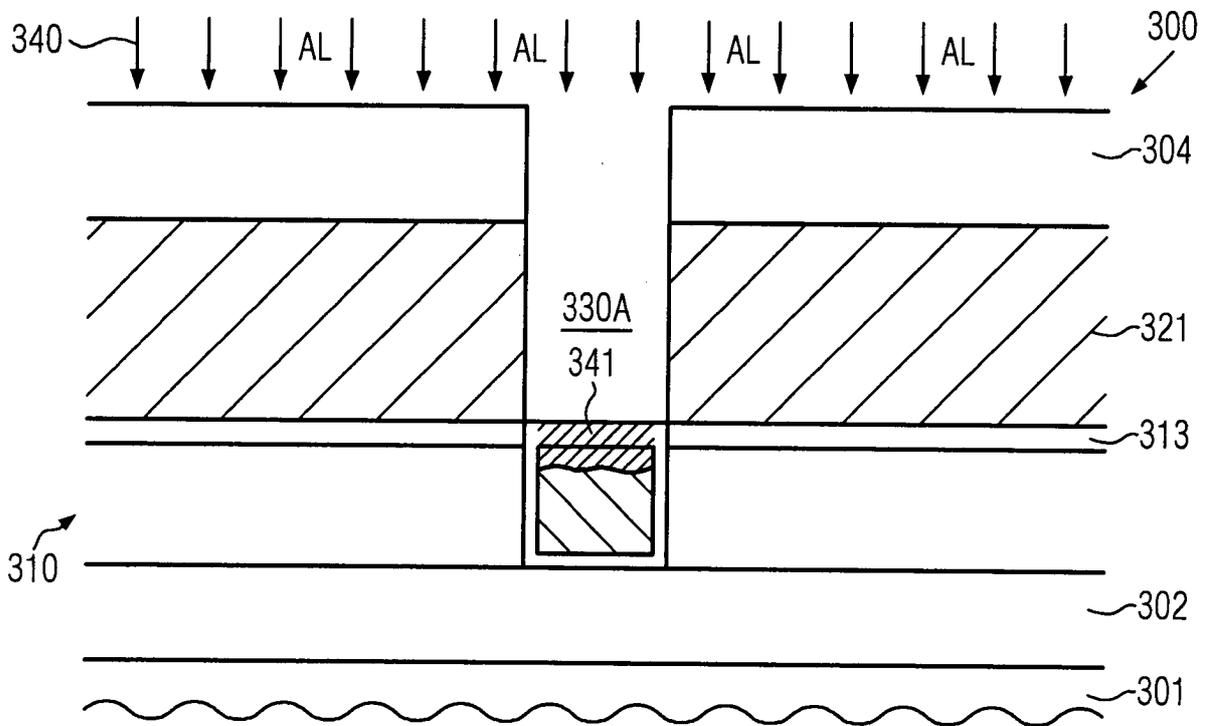


FIG. 3b

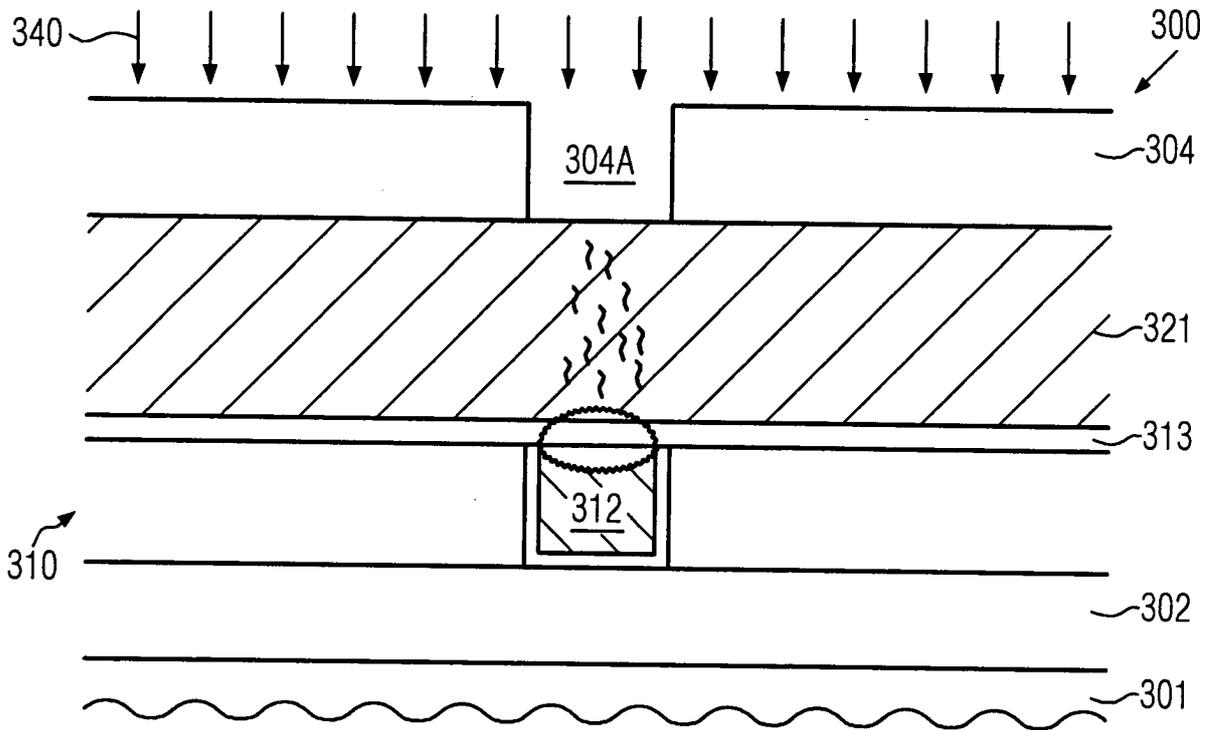


FIG. 3c

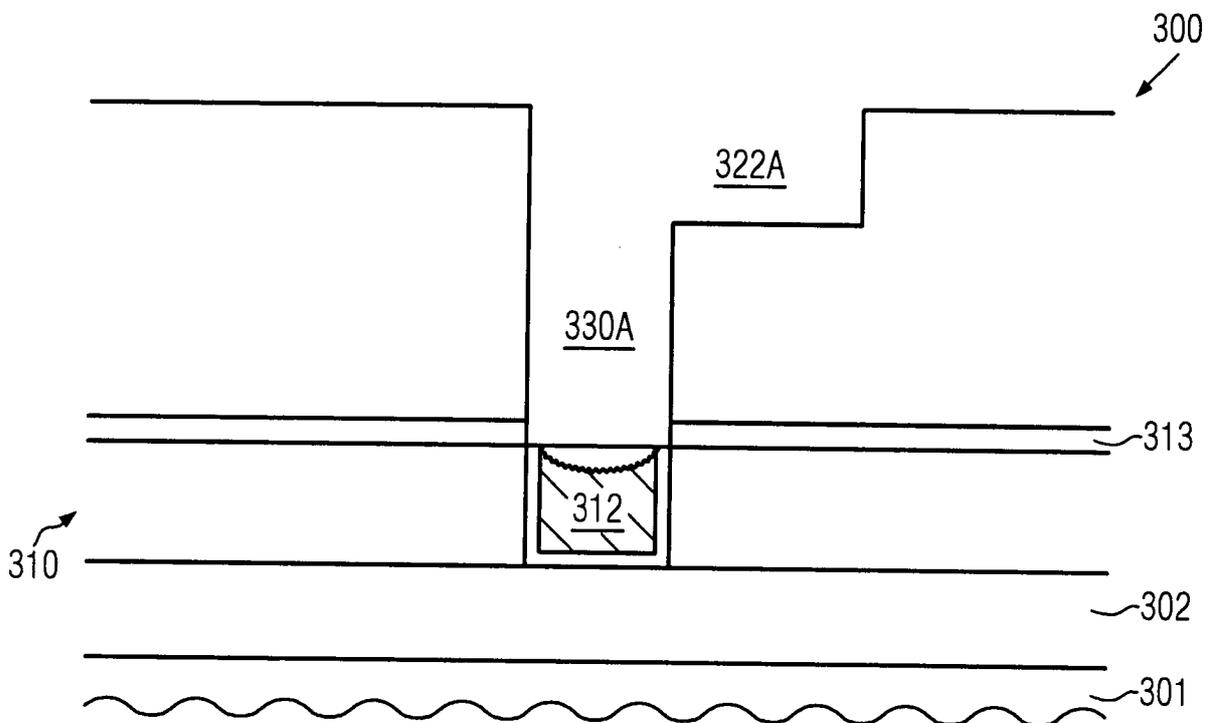


FIG. 3d