



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 103 06 314 B3** 2004.10.28

(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **103 06 314.5**  
(22) Anmeldetag: **14.02.2003**  
(43) Offenlegungstag: –  
(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: **28.10.2004**

(51) Int Cl.7: **H01L 21/768**

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden.

(71) Patentinhaber:  
**Infineon Technologies AG, 81669 München, DE**

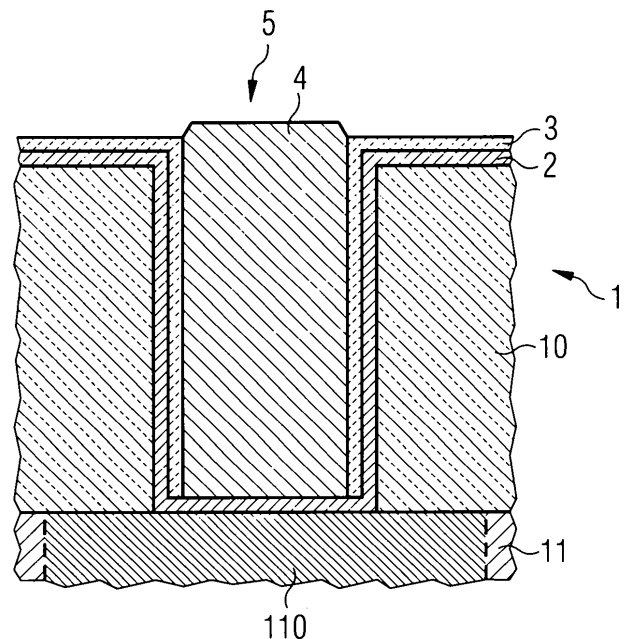
(74) Vertreter:  
**Müller - Hoffmann & Partner Patentanwälte, 81667 München**

(72) Erfinder:  
**Jakschik, Stefan, 01309 Dresden, DE; Hecht, Thomas, Dr., 01099 Dresden, DE; Schröder, Uwe, Dr., 01109 Dresden, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:  
**US2003/01 94 850 A1**  
**US 59 04 565 A**  
**US 64 10 418 B1**  
**US 63 91 785 B1**  
**EP 10 81 753 A2**

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Erzeugung leitfähiger Strukturen mit Submikrometerabmessungen mittels elektrochemischer Abscheidung**

(57) Zusammenfassung: Zur Erzeugung einer leitfähigen Struktur (9) in einem Substrat (1) wird zunächst ein Graben (5) in das Substrat (1) eingebracht und anschließend ganzflächig eine elektrisch leitende Initialschicht (2) als Seed-Layer auf dem Substrat (1) vorgesehen. Vor eine elektrochemischen Abscheidung eines Füllmaterials (4) werden die Substratoberfläche (12) außerhalb des Grabens (5) sowie Seitenwände (52) des Grabens (5) mit einer durch eine nichtkonforme sequentielle Gasphasenabscheidung erzeugten dielektrischen Beschichtung (3) abgedeckt, so dass bei der folgenden elektrochemischen Abscheidung das Füllmaterial (4) ausschließlich von einem Grabenboden (51) her gerichtet und ohne Fehlstellen wie Hohlräume (7) oder Nahtflächen (8) aufwächst und den Graben (5) füllt. Eine solcherart erzeugte leitfähige Struktur (9) weist eine hohe Qualität und einen niedrigen ohmschen Widerstand auf.



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erzeugung einer leitfähigen Struktur in einem Substrat, bei dem von einer Substratoberfläche her ein Graben mit zur Substratoberfläche vertikale und/oder geneigte Abschnitte aufweisenden Seitenwänden und einem einer Grabenöffnung in der Substratoberfläche gegenüberliegenden Grabenboden in das Substrat eingebracht wird, auf dem Substrat eine leitfähigen Initialschicht vorgesehen wird und die leitfähige Struktur durch Füllen des Grabens mittels elektrochemischer Abscheidung eines Füllmaterials auf der leitfähigen Initialschicht erzeugt wird.

**[0002]** In einem Halbleitersubstrat ausgebildete Halbleiterbauelemente weisen in der Regel mehrere Verdrahtungsebenen zur Verbindung funktionaler Strukturen auf. Die Verdrahtungsebenen sind untereinander und/oder mit leitfähigen Halbleiterstrukturen mittels zu den Verdrahtungsebenen vertikalen Kontaktstrukturen (via, plug) aus einem leitfähigen Material verbunden. In den Verdrahtungsebenen selbst sind Leiterbahnen aus einem elektrisch leitfähigen Material ausgebildet.

**[0003]** Ein bevorzugtes Material zur Ausbildung von vertikalen Kontaktstrukturen und Leiterbahnen in Halbleiterbauelementen ist für Strukturgrößen kleiner 180 Nanometer Kupfer, das eine um etwa 40 % höhere Leitfähigkeit aufweist als das für größere Strukturgrößen übliche und relativ einfach zu prozessierende Aluminium. Darüber hinaus weist Kupfer eine um den Faktor 10 geringere Neigung zur Elektromigration auf.

**[0004]** Die Abscheidung von Kupfer mittels chemischer Gasphasenabscheidung (chemical vapour deposition, CVD) erfordert gegenwärtig die Verwendung von teuren, instabilen und relativ aufwändig zu prozessierenden organischen Kupferverbindungen, während mit einer Abscheidung von Kupfer mittels physikalischer Gasphasenabscheidung (physical vapour deposition, PVD) auf reliefartig strukturierten Substraten im Relief ausgebildete Gräben nur unzureichend gefüllt werden können.

**[0005]** Nach einem bekannten Verfahren zur Herstellung einer leitfähigen vertikalen Kontaktstruktur insbesondere bei Strukturgrößen unter 200 Nanometern wird Kupfer daher auf elektrochemischen Weg bzw. galvanisch abgeschieden (electro plating). Dabei wird zunächst am Ort der in einem Substrat zu prozessierenden vertikalen Kontaktstruktur ein Graben in das Substrat eingebracht, der mindestens eine unter der Oberfläche des Substrats ausgebildete leitfähige Flächenstruktur schneidet oder berührt. Da die elektrochemische Abscheidung eine leitfähige Oberfläche des Substrats voraussetzt, wird anschließend auf der Oberfläche des Substrats zunächst auf her-

kömmliche Weise eine Initialschicht (seed layer) vorgesehen. Die Beschichtung erfolgt in der Regel unmaskiert. Die Initialschicht bedeckt daher die gesamte Oberfläche des Substrats. Dem Aufbringen der Initialschicht kann das Aufbringen einer Barrierschicht vorausgehen.

**[0006]** Anschließend erfolgt die eigentliche elektrochemische Abscheidung (Galvanisierung), für die das Substrat in einem Elektrolyt als Kathode betrieben wird. Das elektrochemisch abgeschiedene Kupfer ordnet sich ganzflächig auf der Oberfläche des Substrats an.

**[0007]** Im in das Substrat eingebrachten, zur Ausbildung einer vertikalen Kontaktstruktur vorgesehenen Graben wächst dabei das abgeschiedene Kupfer sowohl vom Grabenboden als auch von den Grabenwänden her auf.

**[0008]** Eine lokale Abscheidungsrate des Kupfers hängt z.B. von einer lokalen Feldstärke des zur Galvanisierung erzeugten elektrischen Feldes oder einer lokalen Konzentration von Kupferionen ab. Da die lokale Feldstärke des während der Abscheidung aktivierten elektrischen Feldes im Bereich von Ecken und Kanten eines Reliefs höher ist als etwa in glatten, unstrukturierten Bereichen, kommt es zu einer stärkeren Abscheidung etwa im Bereich einer Grabenöffnung.

**[0009]** Abhängig von einem Querschnitt des Grabens nimmt eine Konzentration der abzuscheidenden Kupferionen im Elektrolyt zum Grabenboden hin ab.

**[0010]** Aus diesen Gründen entstehen daher in durch elektrochemische Abscheidung mit einem Metall gefüllten Gräben oft vorwiegend in einem unteren Grabenbereich zunächst mit dem Elektrolyt gefüllte Hohlräume (voids), die den elektrischen Widerstand der vertikalen Kontaktstruktur deutlich erhöhen. Dies führt in besonders nachteiliger Weise zu einer Signalverzögerung eines über die Kontaktstruktur geführten elektrischen Signals im fertigen Halbleiterbauelement.

**[0011]** In der **Fig. 1** ist eine leitfähige Struktur **9** dargestellt, die aus dem Füllen eines Grabens **5** mit einem Metall als Füllmaterial **4** mittels eines herkömmlichen elektrochemischen Verfahren hervorgegangen ist. Der Graben **5** ist dabei zum Anschluss einer leitfähigen Flächenstruktur **110** in einer Arbeitsschicht **11** des Substrats **1** vorgesehen und in eine Isolatorstruktur **10** eingebracht. Das Aufwachsen des Metalls **4** erfolgte bevorzugt in einem zu einer Grabenöffnung orientierten oberen Grabenbereich von den mit der Initialschicht **2** bedeckten Grabenwänden **52** her, so dass im unteren Grabenbereich ein Hohlraum **7** ausgebildet wurde.

**[0012]** Bei einer gleichmäßigen oder konformen Abscheidung (conformal deposition) des Metalls vom Grabenboden und von den Grabenwänden her bildet sich in der Grabenmitte in nachteiliger Weise eine Nahtfläche (seam) zwischen zwei aufgewachsenen Kupferschichten. Die Nahtfläche bildet eine Störstelle, in deren Bereich Elektrolyt eingeschlossen werden kann. Der elektrische Widerstand der Kontaktstruktur ist in diesem Bereich in nachteiliger Weise erhöht.

**[0013]** In der Fig. 2 ist eine leitfähige Struktur 9 dargestellt, die im Unterschied zur leitfähigen Struktur 9 der Fig. 1 durch eine konforme Abscheidung eines Metalls als Füllmaterial 4 auf der Initialschicht 2 hervorgeht. Da das Metall 4 von einander gegenüberliegenden Grabenwänden 52 des Grabens 5 her in Richtung Grabeninneres aufwächst, ergibt sich im Bereich der Grabenmitte eine von Korngrenzen des Metalls 4 gebildete Nahtfläche 8.

**[0014]** Es ist bekannt, dem Elektrolyt daher Zusätze (Additive) beizugeben bzw. das elektrische Feld während der Abscheidung zu variieren, um ein gerichtetes Anwachsen des abgeschiedenen Materials vom Grabenboden her zu steuern (bottom-up fill). Dabei werden Akzeleratoren und Inhibitoren eingesetzt, wobei die Akzeleratoren bevorzugt im Bereich des Grabenbodens adsorbieren und die elektrochemische Abscheidung lokal beschleunigen und Inhibitoren bevorzugt auf der Substratoberfläche und im oberen Grabenbereich adsorbieren und die Abscheidung dort lokal hemmen oder verlangsamen.

**[0015]** Es ist auch bekannt, das elektrische Feld während der Galvanisierung veränderlich zu halten, um etwa die Abscheidungsrate im Bereich von Ecken und Kanten selektiv zu flachen Abschnitten des Reliefs zu verändern.

**[0016]** Nachteilig an den bekannten Verfahren ist insbesondere, dass die chemische Zusammensetzung des Elektrolyts von der jeweiligen Anwendung abhängig ist. Für das Elektrolyt ist abhängig sowohl von den absoluten Abmessungen als auch insbesondere von einem Aspektverhältnis von in das Substrat eingebrachten Gräben jeweils eine neue Zusammensetzung der Zusätze erforderlich.

**[0017]** Darüber hinaus sind die eingesetzten Zusätze kostenintensiv in der Anschaffung und der Entsorgung. Da sich die Additive verbrauchen, ist oft auch eine relativ komplexe Überwachung und Steuerung der Zusammensetzung des Elektrolyts während der elektrochemischen Abscheidung erforderlich.

**[0018]** Ferner wächst das abgeschiedene Material auch auf der Substratoberfläche selbst auf, von wo es anschließend in einem aufwändigen Ätz- oder Polierschritt, etwa mittels eines chemisch mechani-

schen Polierprozesses (chemical mechanical polishing, CMP), wieder zu entfernen ist.

#### Stand der Technik

**[0019]** In der US 6,391,785 wird ein Kontaktloch zu einer unterliegenden Metallstruktur durch elektrochemische Abscheidung gefüllt. Die unterliegende Metallstruktur ist durch ein dielektrisches Material abgedeckt, in das ein Kontaktgraben eingebracht wird. Auf den durch das dielektrische Material gebildeten Seitenwänden des Kontaktlochs wird eine Barrierschicht aufgebracht. Ist die Barrierschicht aus einem dielektrischen Material vorgesehen, so wird das Kontaktloch in der anschließenden elektrochemischen Abscheidung gerichtet vom Grabenboden her gefüllt. Das beschriebene Verfahren setzt eine bereits vorhandene unterliegende Metallstruktur voraus.

**[0020]** Ist keine unterliegende metallische oder leitfähige Struktur vorgesehen, etwa bei in eine dielektrische Schicht eingebetteten Leiterbahnen, so setzt die elektrochemische Abscheidung das Abscheiden einer Initialschicht bzw. eines Seed-Layers voraus.

**[0021]** Ein solches Verfahren ist in der US 6,410,418 B1 angegeben. Um ein gerichtetes Aufwachsen vom Boden her sicher zu stellen, wird dort vorgeschlagen, den Seed-Layer mittels eines gerichteten Teilchenstrahls an der Substratoberfläche und in einem Mündungsbereich der zu füllenden Gräben mindestens oberflächlich abschnittsweise zu oxidieren. Alternativ wird eine dielektrische oxidische Schicht abschnittsweise auf den Seed-Layer aufgebracht.

#### Aufgabenstellung

**[0022]** Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, ein Verfahren zur Erzeugung leitfähiger Strukturen mit Submikrometerabmessungen mittels elektrochemischer Abscheidung in einem Substrat zur Verfügung zu stellen, mit dem auf einfache Weise und ohne die Zugabe von Additiven zum Elektrolyt Fehlstellen in den leitfähigen Strukturen vermieden werden können.

**[0023]** Diese Aufgabe wird bei einem Verfahren der eingangs genannten Art durch die im Patentanspruch 1 genannten Merkmale gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen des erfindungsgemäßen Verfahrens ergeben sich aus den Unteransprüchen.

**[0024]** Zur Erzeugung einer leitfähigen Struktur in einem Substrat wird also zunächst in bekannter Art von einer Substratoberfläche her ein Graben in das Substrat eingebracht. Der Graben weist Seitenwände mit zur Substratoberfläche vertikalen und/oder geneigten Abschnitten sowie einen Grabenboden auf,

der einer Grabenöffnung in der Substratoberfläche gegenüberliegt. Auf dem Substrat wird die für eine elektrochemische Abscheidung notwendige leitfähige Initialschicht vorgesehen. Die Initialschicht ist Voraussetzung für die Verwendung des Substrats als Kathode während der folgenden galvanischen Abscheidung eines Füllmaterials. Die leitfähige Struktur geht aus dem Füllen des Grabens mit dem Füllmaterial mittels der elektrochemischer Abscheidung hervor, während der das Füllmaterial auf leitfähige Abschnitte des Substrats abgeschieden wird.

**[0025]** Vor der elektrochemischen Abscheidung des Füllmaterials wird mindestens auf Abschnitten der Seitenwände des Grabens eine dielektrische Beschichtung vorgesehen. Ein Füllen des Grabens erfolgt dann im Wesentlichen in einer gerichteten Weise vom Grabenboden her (bottom-up fill).

**[0026]** Durch das gerichtete Aufwachsen des Füllmaterials vom Grabenboden her wird eine Ausbildung sowohl von Hohlräumen wie auch von Nahtflächen in der leitfähigen Struktur vermieden. Dabei bedarf das Elektrolyt keiner Zusätze, die ein Aufwachsen des Füllmaterials lokal hemmen oder fördern. Eine aufwändige Kontrolle bzw. Nachregelung der Zusammensetzung des Elektrolyts während der Abscheidung erübrigt sich. Die Zusammensetzung des Elektrolyts ist weitgehend unabhängig von den absoluten Abmessungen der leitfähigen Struktur und von einem Aspektverhältnis des Grabens.

**[0027]** Bevorzugt wird die dielektrische Beschichtung so vorgesehen, dass sie sich auch über die Substratoberfläche außerhalb des Grabens erstreckt. In diesem Fall wächst das Füllmaterial nur in den Gräben, nicht aber auf der Substratoberfläche auf. Da die Abscheidung des Füllmaterials erst beendet wird, wenn der Graben sicher gefüllt ist, wächst das Füllmaterial etwa bei einer konform gesteuerten elektrochemischen Abscheidung auf der Substratoberfläche mit einer Schichtdicke von mindestens der halben Weite der Öffnung des Grabens auf. Da das Füllmaterial ein Metall oder eine Metalllegierung, in der Regel aber Kupfer ist, erfordert ein Abtrag des auf der Substratoberfläche abgeschiedenen Füllmaterials einen aufwändigen Rückbildungsschritt, etwa einen chemisch-mechanischen Polierprozess (chemical mechanical polishing, CMP). Dieser Rückbildungsschritt entfällt bei dieser Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens. Abhängig vom Anwendungsfall kann auch auf die Entfernung der dielektrischen Beschichtung nach der elektrochemischen Abscheidung in vorteilhafter Weise verzichtet werden, wenn die dielektrische Beschichtung auf Isolatorabschnitten einer Verdrahtungsebene des Substrats ausgebildet ist.

**[0028]** Bevorzugt wird die dielektrische Beschichtung in Zuge eines gemeinsamen Prozessschritts

gleichzeitig auf der Substratoberfläche und den Seitenwänden des Grabens angeordnet.

**[0029]** Eine solche gleichzeitige Ausbildung der dielektrischen Beschichtung auf der Substratoberfläche und den Seitenwänden des Grabens ergibt sich etwa bei einer nicht konformen sequentiellen Gasphasenabscheidung (non-conformal atomic layer deposition, non-conformal ALD) der dielektrischen Beschichtung. Gegenüber einer herkömmlichen sequentiellen Gasphasenabscheidung wird eine nicht konforme sequentielle Gasphasenabscheidung in einer Weise gesteuert, dass die jeweils zyklusweise abgeschiedenen Teillagen gerichtet von der Substratoberfläche her in Richtung des Grabenbodens aufwachsen und die Zyklen der sequentiellen Gasphasenabscheidung dabei so gesteuert werden, dass die Abscheidung innerhalb jedes Zyklus jeweils vor dem Beginn einer Bedeckung des Grabenbodens abgebrochen wird.

**[0030]** Das Erzeugen der dielektrischen Beschichtung mittels einer in dieser Weise gesteuerten nicht konformen sequentiellen Gasphasenabscheidung ist besonders vorteilhaft, weil sowohl die Substratoberfläche als auch die vertikalen Grabenwände in einem Zug auf einfache Weise, unaufwändig und schnell dielektrisch zu beschichten sind und die so erzeugte dielektrische Beschichtung eine gute Uniformität und Geschlossenheit aufweist sowie mit einer sehr geringen Schichtdicke vorgesehen werden kann.

**[0031]** Bevorzugt wird als Material der dielektrischen Beschichtung  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{ZrO}_2$ ,  $\text{HfO}_2$ ,  $\text{SiO}_2$  oder  $\text{Si}_3\text{N}_4$  vorgesehen.

**[0032]** Die dielektrische Beschichtung kann mit Hilfe der nicht konformen sequentiellen Gasphasenabscheidung mit einer Schichtdicke zwischen 2 und 100 Nanometern, besonders bevorzugt mit einer Schichtdicke zwischen 5 und 12 Nanometern, vorgesehen werden.

**[0033]** Das erfindungsgemäße Verfahren eignet sich prinzipiell zur Erzeugung beliebiger leitfähigen Strukturen aus einem auf elektrochemischem Wege abscheidbaren Füllmaterial.

**[0034]** Nach einer ersten bevorzugten Ausführungsform wird die leitfähige Struktur als vertikale Kontaktstruktur zwischen einer in einer Arbeitsschicht des Substrats angeordneten leitfähigen Flächenstruktur etwa einer Gateelektrode eines Transistors aus dotiertem Polysilizium, einem Source/Drain-Bereich eines Transistors oder einer Leiterbahn aus einem Metall oder einer Metalllegierung einerseits und einer in einer Verdrahtungsebene des Substrats vorgesehenen Leiterbahn andererseits ausgebildet.

**[0035]** Nach einer zweiten bevorzugten Ausführungsform wird die leitfähige Struktur als Leiterbahn

innerhalb einer Verdrahtungsebene des Substrats ausgebildet.

**[0036]** Auch eine gleichzeitige Ausbildung von Leiterbahnen und zugeordneten vertikalen Kontaktstrukturen nach einem so genannten Dual-Damascene-Prozessschema ist möglich, wobei die Grabenwände auch horizontale Abschnitte aufweisen.

**[0037]** Sofern die dielektrische Beschichtung nach der elektrochemischen Abscheidung zu entfernen ist, wird die dielektrische Beschichtung nach der elektrochemischen Abscheidung des Füllmaterials bevorzugt nasschemisch entfernt.

#### Ausführungsbeispiel

**[0038]** Nachfolgend wird die Erfindung anhand der Figuren näher erläutert, wobei für einander entsprechende Komponenten gleiche Bezugszeichen verwendet werden. Es zeigen:

**[0039]** **Fig. 1** einen schematischen Querschnitt durch eine erste fehlerhafte vertikale Kontaktstruktur,

**[0040]** **Fig. 2** einen schematischen Querschnitt durch eine zweite fehlerhafte vertikale Kontaktstruktur und

**[0041]** **Fig. 3 bis Fig. 6** schematische Querschnitte durch eine gemäß einem Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens prozessierte vertikale Kontaktstruktur in verschiedenen Phasen.

**[0042]** Die **Fig. 1** und **Fig. 2** wurden bereits eingangs erläutert.

**[0043]** Das in den **Fig. 3 bis Fig. 6** dargestellte Ausführungsbeispiel bezieht sich auf eine als vertikale Kontaktstruktur ausgebildete leitfähige Struktur **9**, die einen elektrischen Anschluss einer in einem Substrat **1** ausgebildeten leitfähigen Flächenstruktur **110** zu einer über der Oberfläche des Substrats **1** vorzusehenden Leiterbahn vermittelt.

**[0044]** Dabei ist in einem Substrat **1** eine Arbeitsschicht **11** angeordnet, in der abschnittsweise eine leitfähige Flächenstruktur **110** ausgebildet ist. Auf der Arbeitsschicht **11** ist im Substrat **1** eine Isolatorstruktur **10** vorgesehen, die etwa weitere in der Arbeitsschicht **11** angeordnete leitfähige Flächenstrukturen **110** von einer auf der Isolatorstruktur **10** vorzusehenden Verdrahtungsebene trennt. Die vertikale Kontaktstruktur **9** ist in der Folge von der Verdrahtungsebene zur leitfähigen Flächenstruktur **110** auszubilden.

**[0045]** Dazu wird zunächst in die Isolatorstruktur **10** des Substrats **1** von einer Substratoberfläche **12** her ein Graben **5** eingebracht, der die leitfähige Flächenstruktur **110** mindestens erreicht oder sich bis in die

leitfähige Flächenstruktur **110** fortsetzt. Der Graben **5** weist in diesem Ausführungsbeispiel zur Substratoberfläche **12** vertikale Grabenwände **52** und einen einen Grabenöffnung in der Substratoberfläche **12** gegenüberliegenden Grabenboden **51** auf. Danach wird nach bekannter Art eine Initialschicht **2** auf der Oberfläche des Substrats **1** abgeschieden.

**[0046]** In der **Fig. 3** ist die auf dem Substrat **1** abgeschiedene Initialschicht **2** dargestellt, die die Oberfläche des Substrats **1** innerhalb und außerhalb des Grabens **5** bedeckt.

**[0047]** Danach wird auf Abschnitten der Initialschicht **2** eine nicht konforme dielektrische Beschichtung **3** vorgesehen. Dazu wird eine sequentielle Gasphasenabscheidung etwa von  $Al_2O_3$  in einer Weise gesteuert, dass die Abscheidung für jede im Verlauf der Gasphasenabscheidung erzeugte Teillage gerichtet von der Substratoberfläche **12** des Substrats **1** her in die Tiefe des im Substrat **1** ausgebildeten Reliefs erfolgt, und die Erzeugung der Teillagen jeweils abgebrochen wird, sobald die gerichtet aufgewachsene Teillage die Grabenwände **52** nahezu vollständig, den Grabenboden **51** aber noch nicht bedeckt. Die Gesamtdicke der dielektrischen Beschichtung beträgt zwischen 2 und 100 Nanometer und ist abhängig von einer Strukturgröße des Grabens **5**.

**[0048]** In der **Fig. 4** ist der mit der nicht konformen dielektrischen Beschichtung **3** an den vertikalen Grabenwänden **52** ausgekleidete Graben **5** dargestellt. Am Grabenboden **51** liegt die Initialschicht **2** frei. Die dielektrische Beschichtung **3** bedeckt die Initialschicht **2** auch auf der Substratoberfläche **12**.

**[0049]** Nachfolgende erfolgt die elektrochemische Abscheidung eines Metalls als Füllmaterial **4** der vertikalen Kontaktstruktur **9**, zu der das Substrat **1** in ein Elektrolyt verbracht und als Kathode angesteuert wird. Das Metall **4** wird lediglich auf leitfähigen Abschnitten des Substrats **1**, also auf den nicht abgedeckten Abschnitten der Initialschicht **2** am Grabenboden **51** abgeschieden. Der Graben **5** wird daher in vorteilhafter Weise ausschließlich vom Grabenboden **51** her gefüllt. Auf der Substratoberfläche **12** oberhalb der Grabenöffnung wachsen abgesehen von einer Überfüllung **6** des Grabens **5** in vorteilhafter Weise keine Anteile von Metall **4** auf, die in der Folge in aufwändiger Weise wieder entfernt werden müssten.

**[0050]** In der **Fig. 5** ist der mit dem Metall **4** gefüllte Graben **5** nach der Abscheidung des Metalls **4** dargestellt.

**[0051]** Anschließend werden, wie in der **Fig. 6** gezeigt, in diesem Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens die auf der Substratoberfläche **12** abgeschiedenen Abschnitte der Initialschicht **2** sowie der dielektrischen Beschichtung **3** durch einen

Ätzschrift oder einen chemisch-mechanischen Polierprozess entfernt. Im Innern des Grabens **5** wird durch das Füllmaterial **4** die vertikale Kontaktstruktur **9** ausgebildet. Danach wird über der Substratoberfläche **12** eine Verdrahtungsebene vorgesehen.

**[0052]** Die Erfindung wurde im Vorausgegangenen am Beispiel einer vertikalen Kontaktstruktur erläutert, jedoch ist das erfindungsgemäße Verfahren nicht auf die Herstellung solcher Kontaktstrukturen beschränkt. Insbesondere ermöglicht das erfindungsgemäße Verfahren auch die Ausbildung von Leiterbahnen einer Verdrahtungsebene und die gleichzeitige Ausbildung von Leiterbahnen und vertikalen Kontaktstrukturen gemäß dem bekannten Dual-Damascene-Prozessschema.

#### Bezugszeichenliste

<b>1</b>	Substrat
<b>10</b>	Isolatorstruktur
<b>11</b>	Arbeitsschicht
<b>110</b>	leitfähige Flächenstruktur
<b>12</b>	Substratoberfläche
<b>2</b>	Initialschicht (seed layer)
<b>3</b>	dielektrische Beschichtung
<b>4</b>	Füllmaterial
<b>5</b>	Graben
<b>51</b>	Grabenboden
<b>52</b>	Grabenwand
<b>6</b>	Überfüllung (overfill)
<b>7</b>	Hohlraum (void)
<b>8</b>	Nahtfläche (seam)
<b>9</b>	leitfähige Struktur

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Erzeugung einer leitfähigen Struktur (**9**) in einem Substrat (**1**), bei dem

- von einer Substratoberfläche (**12**) her ein Graben (**5**) mit zur Substratoberfläche (**12**) vertikale und/oder geneigte Abschnitte aufweisenden Seitenwänden (**52**) und einem einer Grabenöffnung (**50**) in der Substratoberfläche (**12**) gegenüberliegenden Grabenboden (**51**) in das Substrat (**1**) eingebracht wird,
- auf dem Substrat (**1**) eine leitfähigen Initialschicht (**2**) vorgesehen wird, die den Grabenboden (**51**) und die Seitenwände (**52**) bedeckt, und
- die leitfähige Struktur (**9**) durch Füllen des Grabens (**5**) mittels elektrochemischer Abscheidung eines Füllmaterials (**4**) auf der leitfähigen Initialschicht (**2**) erzeugt wird, wobei
- vor dem Füllen des Grabens (**5**) eine dielektrische Beschichtung (**3**) auf der Initialschicht (**2**) mindestens auf Abschnitten der Seitenwände (**51**) vorgesehen wird und während der elektrochemischen Abscheidung der Graben (**5**) im Wesentlichen gerichtet vom Grabenboden (**51**) her mit dem Füllmaterial (**4**) gefüllt wird, und wobei
- die dielektrische Beschichtung (**3**) mittels einer se-

quentiellen Gasphasenabscheidung vorgesehen wird, bei der zyklusweise abgeschiedene Teillagen jeweils gerichtet von der Substratoberfläche (**12**) her in Richtung des Grabenbodens (**51**) aufwachsen und die Zyklen der sequentiellen Gasphasenabscheidung so gesteuert werden, dass die Abscheidung von Teillagen jeweils vor einem Bedecken des Grabenbodens (**51**) abgebrochen wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die dielektrische Beschichtung (**3**) sich über die Substratoberfläche (**12**) außerhalb des Grabens (**5**) erstreckend vorgesehen wird.

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die dielektrische Beschichtung (**3**) gleichzeitig auf der Substratoberfläche (**12**) und den Seitenwänden (**51**) des Grabens (**5**) angeordnet wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die dielektrische Beschichtung (**3**) aus  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{ZrO}_2$ ,  $\text{HfO}_2$ ,  $\text{SiO}_2$  oder  $\text{Si}_3\text{N}_4$  vorgesehen wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die dielektrische Beschichtung (**3**) mit einer Schichtdicke zwischen 2 und 100 Nanometern vorgesehen wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die leitfähige Struktur (**9**) als vertikale Kontaktstruktur zwischen einer in einer Arbeitsschicht (**11**) eines Substrats (**1**) angeordneten leitfähigen Flächenstruktur (**110**) und einer in einer Verdrahtungsebene des Substrats (**1**) vorgesehenen Leiterbahn ausgebildet wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die leitfähige Struktur (**9**) als Leiterbahn innerhalb einer Verdrahtungsebene des Substrats (**1**) ausgebildet wird.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die dielektrische Beschichtung (**3**) nach der elektrochemischen Abscheidung des Füllmaterials (**4**) nasschemisch entfernt wird.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

FIG 1 Stand der Technik

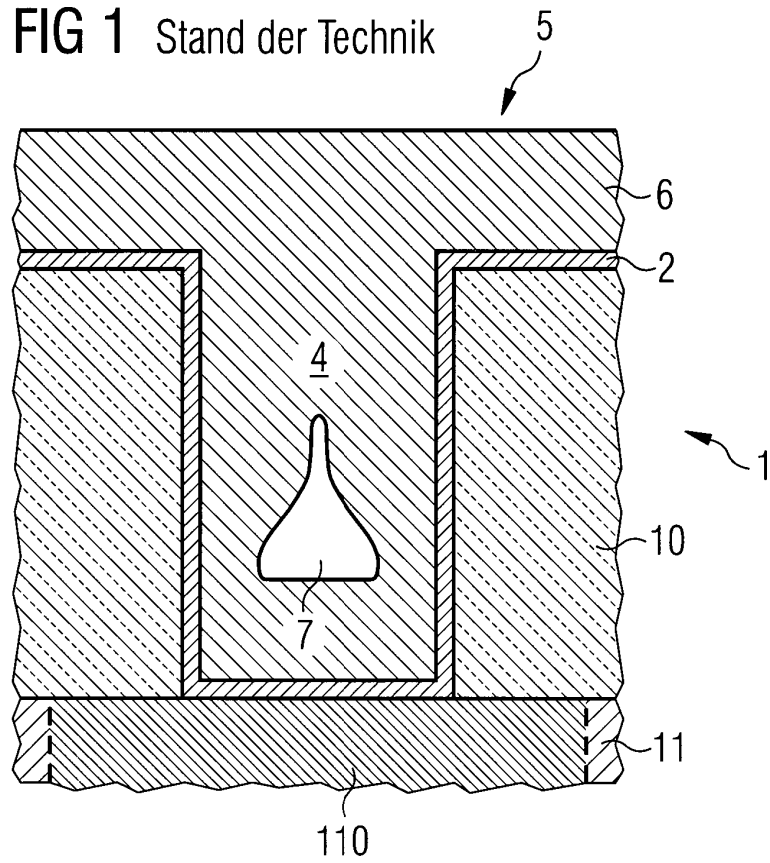


FIG 2 Stand der Technik

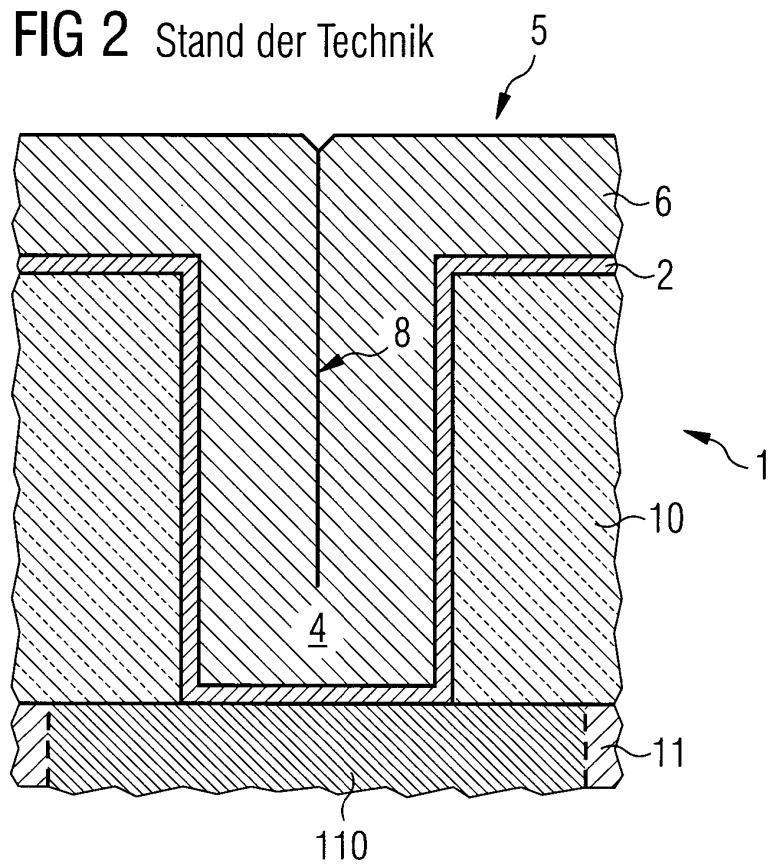


FIG 3

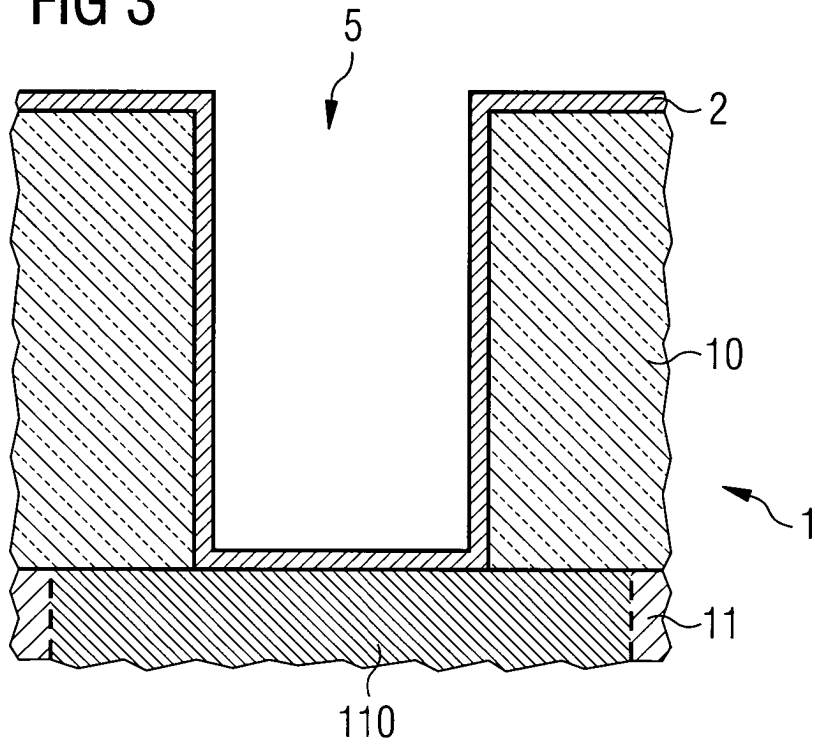


FIG 4

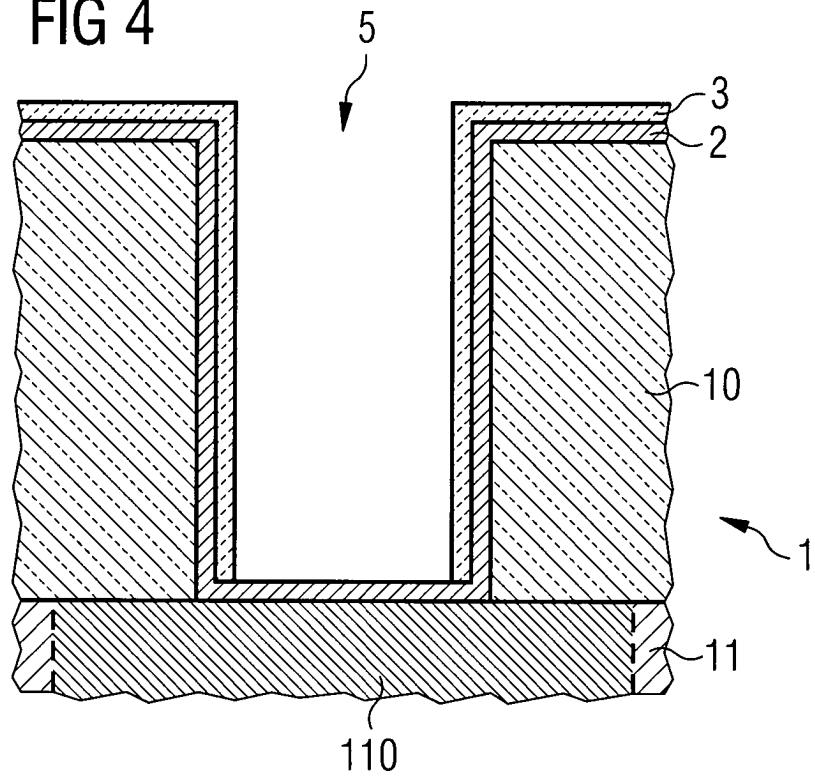




FIG 5

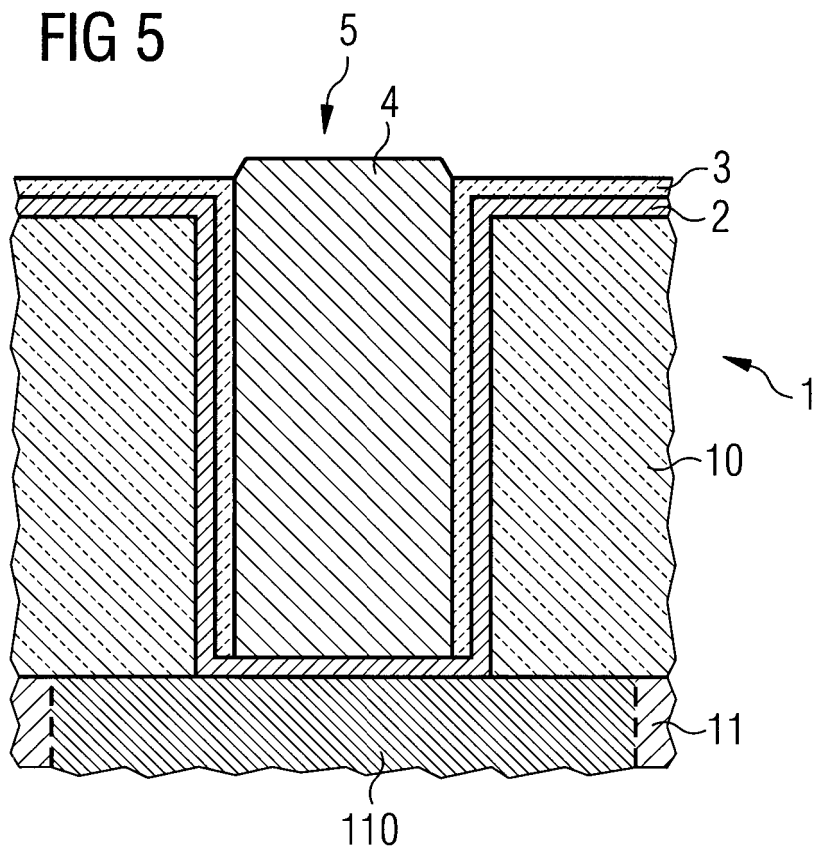


FIG 6

