



(19)  
 Bundesrepublik Deutschland  
 Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2007 002 962 B3** 2008.07.31

(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2007 002 962.6**

(22) Anmeldetag: **19.01.2007**

(43) Offenlegungstag: –

(45) Veröffentlichungstag  
 der Patenterteilung: **31.07.2008**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **H01L 21/316** (2006.01)  
**H01L 21/8242** (2006.01)

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:

**Qimonda AG, 81739 München, DE**

(74) Vertreter:

**PAe Reinhard, Skuhra, Weise & Partner GbR,  
 80801 München**

(72) Erfinder:

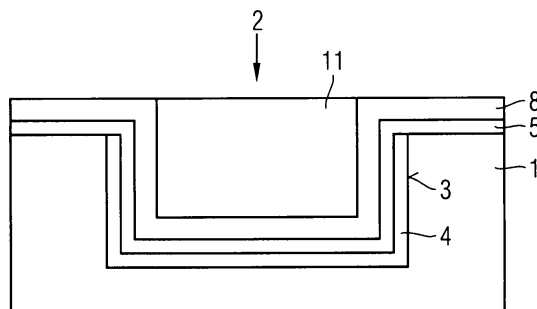
**Sundqvist, Jonas, 01326 Dresden, DE; Erben,  
 Elke, 01109 Dresden, DE; Patz, Matthias, 01099  
 Dresden, DE; Kudelka, Stephan, 01109 Dresden,  
 DE; Kersch, Alfred, 85640 Putzbrunn, DE; Link,  
 Angela, 80337 München, DE**

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

**DE10 2005 049998 A1  
 DE10 2005 031678 A1  
 DE10 2004 040943 A1  
 DE10 2004 020157 A1  
 US2007/00 04 224 A1  
 US2006/00 14 384 A1  
 WO 07/0 01 832 A1  
 WO 06/1 31 751 A1  
 WO 05/0 34 195 A2**

(54) Bezeichnung: **Verfahren zum Herstellen einer dielektrischen Schicht und zum Herstellen eines Kondensators**

(57) Zusammenfassung: Vorliegende Erfindung betrifft eine Abscheidung einer dielektrischen Schicht. Auf einem Substrat mit strukturiertem Bereich wird eine Kristallisationskeimschicht auf eine dielektrische Schicht mittels eines Atomlageabschideverfahrens abgeschieden, das einen ersten und zweiten Prekursor verwendet. Der erste Prekursor ist eine Verbindung, die die Strukturformel  $M^1(R^1Cp)_x(R^2)_{4-x}$  aufweist, wobei  $M^1$  Hafnium oder Zirkonium ist, Cp Cyclopentadienyl ist,  $R^1$  unabhängig aus Wasserstoff, Methyl, Ethyl und Alkyl ausgewählt wird,  $R^2$  unabhängig aus Wasserstoff, Methyl, Ethyl, Alkyl, Alkoxy und Halogenen ausgewählt wird und x eins oder zwei ist. Die dielektrische Schicht wird auf der Kristallisationskeimschicht mittels eines Atomlageabschideverfahrens abgeschieden, das einen dritten und vierten Prekursor verwendet, wobei der dritte Prekursor eine Verbindung mit der Strukturformel  $M^2R^3R^4R^5R^6$  ist, wobei  $M^2$  Hafnium oder Zirkonium ist und  $R^3$ ,  $R^4$ ,  $R^5$  und  $R^6$  unabhängig aus Alkylaminen ausgewählt werden.



**Beschreibung**

## Hintergrund der Erfindung

## Gebiet der Erfindung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen einer dielektrischen Schicht.

## Beschreibung des Standes der Technik

**[0002]** Obwohl allgemein für beliebige integrierte Halbleiterstrukturen verwendbar, wird die folgende Erfindung und die ihr zugrundeliegende Problematik nachfolgend mit Bezug auf integrierte DRAM Speicherschaltungen in Siliziumtechnologie erläutert.

**[0003]** Speicherzellen von DRAM Vorrichtungen beinhalten einen Kondensator zum Speichern von Information, die als elektrische Ladung in dem Kondensator gespeichert kodiert ist. Ein zuverlässiger Betrieb der Speicherzellen erfordert eine Mindestkapazität der Kondensatoren und eine ausreichend lange Speicherdauer der Ladungen in den Kondensatoren.

**[0004]** Ein Hauptinteresse ist, die lateralen Abmessungen von Strukturen eines DRAM zu verringern, momentan werden 45 nm angestrebt. Daher wird es notwendig, die sich verringern den lateralen Abmessungen der Kondensatoren durch Erhöhen des k-Wertes der dielektrischen Schicht zu kompensieren. Die Verwendung von dielektrischen Schichten mit hohem k-Wert erfordert die Entwicklung neuer Abscheidungstechniken, die eine Steuerung der Kristallstruktur der dielektrischen Materialien und eine effiziente Abscheidung der Materialien ermöglichen.

**[0005]** Aus der US 2006/0014384 A1 ist ein Atomlagenabschideverfahren zum Abscheiden einer Schicht bekannt. Ein erster Reaktant adsorbiert chemisch auf einem Substrat. Ein nachfolgend angewandter Reaktant bildet eine erste Schicht durch eine chemische Reaktion mit dem adsorbierten ersten Reaktanten. Der erste und zweite Reaktant werden abwechselnd angewandt, bis eine gewünschte Schichtdicke der Schicht erreicht ist. Der erste Reaktant ist aus Alkoxidverbindungen, Amidverbindungen und Cyclopentadienylverbindungen ausgewählt. Der zweite Reaktant ist aus Sauerstoff oder Stickstoff-haltigen Verbindungen ausgewählt.

## Kurzbeschreibung der Erfindung

**[0006]** Gemäß einem ersten Aspekt gemäß Anspruch 1 der Erfindung werden folgende Schritte durchgeführt:

- Bereitstellen eines Substrats, das einen strukturierten Bereich aufweist,
- Abscheiden einer Kristallisationskeimschicht für eine dielektrische Schicht auf dem strukturierten

Bereich des Substrats mittels eines Atomlagenabschideverfahrens (ALD), das einen ersten und einen zweiten Prekursor verwendet, wobei der erste Prekursor eine Verbindung mit der Strukturformel  $M^1(R^1Cp)_x(R^2)_{4-x}$  ist, wobei  $M^1$  Hafnium oder Zirkonium ist, Cp Cyclopentadienyl ist,  $R^1$  unabhängig voneinander aus Wasserstoff, Methyl, Ethyl und Alkyl ausgewählt ist,  $R^2$  unabhängig aus Wasserstoff, Methyl, Ethyl, Alkyl, Alkoxy und Halogenen ausgewählt ist, und x eins oder zwei ist; und

Abscheiden der dielektrischen Schicht auf der Kristallisationskeimschicht mittels eines Atomlagenabschideverfahrens, das einen dritten und vierten Prekursor verwendet, wobei der dritte Prekursor eine Verbindung mit der Strukturformel  $M^2R^3R^4R^5R^6$  ist, wobei  $M^2$  Hafnium oder Zirkonium ist und  $R^3$ ,  $R^4$ ,  $R^5$ ,  $R^6$  unabhängig aus Alkylaminen ausgewählt sind.

**[0007]** Gemäß einem zweiten Aspekt gemäß Anspruch 7 der vorliegenden Erfindung werden folgende Schritte durchgeführt:

- Bereitstellen eines Substrats
- Bilden eines Grabens in dem Substrat;
- Bilden einer ersten Elektrode in oder auf den Seitenwänden des Grabens;
- Abscheiden einer Kristallisationskeimschicht auf der ersten Elektrode für eine dielektrische Schicht mittels eines Atomlagenabschideverfahrens, das einen ersten und einen zweiten Prekursor bei einer Temperatur in dem Bereich zwischen 300°C bis 500°C verwendet, wobei der erste Prekursor aus seiner Verbindung mit der Strukturformel  $M^1(R^1Cp)_2(R^2)_2$  ausgewählt ist, wobei  $M^1$  Hafnium oder Zirkonium ist, Cp Cyclopentadienyl ist,  $R^1$  unabhängig aus Wasserstoff, Methyl, Ethyl, und Alkyl ausgewählt ist,  $R^2$  unabhängig aus Wasserstoff, Methyl, Ethyl, Alkyl, Alkoxy und Halogen ausgewählt ist,
- Abscheiden der dielektrischen Schicht auf der Kristallisationskeimschicht mittels eines Atomlagenabschideverfahrens, das einen dritten und vierten Prekursor verwendet, wobei der dritte Prekursor aus einer Verbindung mit der Strukturformel  $M^2R^3R^4R^5R^6$  ausgewählt ist, wobei  $M^2$  Hafnium oder Zirkonium ist und  $R^3$ ,  $R^4$ ,  $R^5$  und  $R^6$  unabhängig aus Alkylaminen ausgewählt sind; und
- Abscheiden einer Gegenelektrode auf der dielektrischen Schicht in dem Graben.

**[0008]** Das Kristallwachstum von Hafniumoxyd und Zirkoniumoxyd und Dielektrika, die mindestens eines dieser beiden Oxyde beinhalten, können effizient mittels einer anfänglichen Keimschicht gesteuert werden. Die Qualität der Keimschicht ist jedoch von herausragender Bedeutung für das Ergebnis der Abscheidung. Es konnte gezeigt werden, dass Prekursoren die auf Cyclopentadienyl-Verbindungen basieren, eine gleichmäßige Abscheidung der Keimschicht

in einer gewünschten Kristallstruktur ermöglichen.

Detaillierte Beschreibung der Erfindung

**[0009]** Die Kristallisationskeimschicht kann bei einer Temperatur im Bereich zwischen 300°C und 500°C abgeschieden werden.

**[0010]** Die Alkylamine  $R^3$ ,  $R^4$ ,  $R^5$  und  $R^6$  können aus der Gruppe der Methylamine und der Ethylamine sein. Ein Amin weist eine funktionale Gruppe der Formel  $NR^7R^8$  auf, das über den Stickstoff verbunden ist. Verbindungen der Formel  $M^2R^9$ , wobei  $M^2$  ein Metall und  $R^9$  ein Amin ist, werden üblicherweise als Metallamide bezeichnet. Dies darf nicht mit Verbindungen verwechselt werden, die ein Amid als funktionale Gruppe aufweisen. Ein Amid weist die Formel  $(CO)NR^{11}R^{12}$  auf, das mittels des Kohlenstoffs der Carbonylgruppe (CO) verbunden ist. Die Metallamide in dem Kontext dieser Anmeldungen beziehen sich auf Verbindungen des Typs ohne einem Amid als funktionaler Gruppe, das an das Metall angebunden ist.

**[0011]** Ein Dotierstoffmaterial kann auf die dielektrische Schicht während der Reaktion des ersten Prekursors und des zweiten Prekursors aufgebracht werden, wobei das Dotierstoffmaterial mindestens eines aus der Gruppe von Silizium Aluminium, seltenen Erdenmetallen, Titan, Hafnium, Tantal, Strontium, Barium, Skandium, Yttrium, Lanthan, Niob, Bismuth, Calcium und Cerium ist.

**[0012]** Die Konzentration der Dotierstoffmaterialien in der dielektrischen Schicht kann im Bereich von 1–50 Atomprozent, vorzugsweise 1–20 Atomprozent, relativ zu der Konzentration des Übergangsmetalls sein.

**[0013]** Ein fünfter Prekursor kann zusätzlich zu dem dritten Prekursor verwendet werden, der fünfte Prekursor ist eine Verbindung, die aus mindestens einem Material der Strukturformeln  $Al(CH_3)_3$ ,  $Si(NR^1)_4$ ,  $SiH(NR^1)_3$ ,  $SiH_2(NR^1)_2$  ausgewählt wird, wobei  $R^1$  unabhängig aus Methyl und Ethyl ausgewählt wird. Der fünfte Prekursor kann parallel zu dem dritten Prekursor verwendet werden. Bei einer Alternative wird die Abscheidung, die den dritten Prekursor verwendet, unterbrochen und ein oder mehrere Monolagen werden mittels des fünften Prekursors abgeschieden.

#### Beschreibung der Zeichnungen

**[0014]** In den Figuren:

**[0015]** [Fig. 1–Fig. 3](#) zeigen Verfahrensschritte einer Ausführungsform eines Verfahrens zum Bilden einer dielektrischen Schicht.

**[0016]** In den Figuren bezeichnen gleiche Bezugszeichen gleiche oder funktionsgleiche Elemente in den unterschiedlichen Ansichten.

**[0017]** Eine bevorzugte Ausführungsform der Abscheidung eines dielektrischen Materials wird exemplarisch zusammen mit den [Fig. 1](#) bis [Fig. 3](#) beschrieben, die das Herstellen einer Kondensatorstruktur illustrieren.

**[0018]** In einem Siliziumsubstrat **1** ist ein Graben **2** ausgebildet. Entlang von Seitenwänden **3** des Grabens **2** wird eine Elektrode **4** ausgebildet. Die Elektrode **4** kann durch Abscheiden eines leitfähigen Materials, z. B. Titanitrid, Titankohlenstoffnitrid, Titansiliziumnitrid, Titan, Kohlenstoff, Tantalnitrid, Tantalcarbide, Tantal Kohlenstoffnitrid, Tantal Siliziumnitrid, Wolfram, Ruthenium, und/oder Platin hergestellt sein. Die Elektrode **4** kann ebenfalls durch Implantieren eines Dotierstoffmaterials in das Siliziumsubstrat hergestellt werden.

**[0019]** Eine dielektrische Schicht wird in mindestens zwei Schritten abgeschieden. Ein anfänglicher Schritt ist in [Fig. 1](#) gezeigt. Eine Kristallisationskeimschicht **5** aus Hafniumoxyd wird in dem Graben **2** auf der Elektrode **4** abgeschieden. Die Kristallisationskeimschicht **5** wird mit einer kubischen Kristallstruktur abgeschieden. Dies wird durch ein Atomabscheideverfahren (ALD) unter Verwendung eines ersten Prekursors, z. B. Bis-(Methylcyclopentadienyl)hafniumdimethyl  $(Me\ Cp)_2Hf\ Me_2$  als ersten Prekursor **6** (Me bezeichnet Methyl und Cp bezeichnet Cyclopentadienyl) oder anderen Prekursoren basierend auf Cyclopentadienyl als funktionellen Gruppen erreicht. Der zweite Prekursor **7** ist Ozon ( $O_3$ ) zum Oxidieren des chemisch absorbierten ersten Prekursors und zum Generieren von Hydroxylgruppen an der Oberfläche des abgeschiedenen Hafniumoxyds. Die Prekursoren werden alternierend in eine Reaktionskammer eingebracht, in welcher das Siliziumsubstrat **1** angeordnet ist. Die für die Abscheidung gewählte Temperatur kann im Bereich zwischen 300°C und 500°C, vorzugsweise im Bereich zwischen 400°C und 450°C liegen. Die Abscheidung wird fortgesetzt, bis eine Dicke der abgeschiedenen Kristallisationskeimschicht **5** im Bereich von 1 nm bis 2 nm erreicht wird.

**[0020]** Ein Puls des ersten Prekursors, der in eine Reaktionskammer für eine Einzelwaverarbeitung eingebracht wird, hat eine Dauer von etwa 1–60 s und ein Puls, der in eine Reaktionskammer für eine Stapelverarbeitung eingebracht wird, d. h. zum parallelen Verarbeiten einer Mehrzahl von Wavern, weist beispielsweise eine Dauer von 30–180 s auf. Es wird darauf hingewiesen, dass die Dauer der Pulse von dem zu verarbeitenden Waver und den verwendeten Reaktionskammern abhängt.

**[0021]** Ein typischer Partialdruck des ersten Prekursors kann im Bereich zwischen 10–400 Pa (etwa 0,1–3 Torr) liegen. Die notwendige Flussrate des ers-

ten Prekursors hängt von der verwendeten Reaktionskammer ab, ein typischer Wert kann im Bereich von 50 sccm liegen. Ein zusätzliches Spülgas, vorzugsweise ein inertes Gas wie Argon, wird in die Reaktionskammer zusammen mit dem ersten Prekursor eingeleitet. Das Prekursorgas sichert einen Transport des ersten Prekursors zu dem Waver und ein Entfernen des ersten Prekursors, so dass der erste Prekursor mit dem Waver nur während eines genau bestimmten Zeitbereichs reagiert. Das Oxidationsmittel kann ohne das Spülgas angewandt werden.

**[0022]** Eine dielektrische Schicht **8** wird mittels eines zweiten Atomlagenabscheideverfahrens auf der Kristallisationskeimschicht **5** unter Verwendung eines dritten Prekursors **9** und eines vierten Prekursors **10** abgeschieden (**Fig. 2**). Der dritte Prekursor kann beispielsweise Tetrakisethylmethyldihafnium  $\text{Hf}[\text{N}(\text{CH}_3)(\text{C}_2\text{H}_5)]_4$  sein. Die Anwendung des dritten Prekursors, die Pulsdauer, der Druck und das Spülgas wird in dem gleichen Bereich wie für den obigen ersten Prekursor gewählt. Die Temperatur in der Reaktionskammer kann im Bereich zwischen 200°C bis 300°C liegen. Die Abscheidung des Dielektrikums **8** wird fortgesetzt, bis eine Dicke erreicht wird, die die gewünschten elektrischen Eigenschaften bereitstellt. Eine typische Dicke der dielektrischen Schicht **8** liegt beispielsweise im Bereich zwischen 5 nm und 10 nm.

**[0023]** Die Kondensatorstruktur wird durch Auffüllen des Grabens mit einer Gegenelektrode **11** abgeschlossen. Die Elektrode **11** wird aus hochdotiertem polykristallinem Silizium hergestellt. Die Gegenelektrode **11** kann aus einer leitfähigen Metall-haltigen Verbindung hergestellt werden z. B. Titanitrid, Titan-kohlenstoffnitrid, Titansiliziumnitrid, Titan, Kohlenstoff, Tantalnitrid, Tantalcarbide, Tantal-kohlenstoffnitrid, Tantal-siliziumnitrid, Wolfram, Ruthenium und/oder Platin. Die Gegenelektrode kann auch eine Zusammensetzung wie ein dünner Titanitridfilm und eine dotierte Polysiliziumfüllung aufweisen.

**[0024]** In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform wird ein Kondensator hergestellt, der eine Hafniumaluminiumoxydschicht aufweist. Eine erste Elektrode wird in einem Graben bereitgestellt. Eine Kristallisationskeimschicht aus Hafniumoxyd wird wie oben für die erste Elektrode beschrieben hergestellt. Auf der Kristallisationskeimschicht **5** wird eine dielektrische Schicht, die Hafniumaluminiumoxyd aufweist, abgeschieden. Alternierend werden Hafniumoxyd und Aluminiumoxyd mittels Atomlageabscheideverfahren aufgebracht. Das stöchiometrische Verhältnis von Aluminium und Hafnium in der Hafniumaluminiumoxydverbindung wird durch die Anzahl von Monolagen aus Hafniumoxyd und die Anzahl von Monolagen aus Aluminiumoxyd gesteuert. Aluminiumoxyd kann unter Verwendung von Trimethylaluminium  $\text{Al}(\text{CH}_3)_3$  und Ozon als Prekursoren abgeschieden werden. Die Gegenelektrode wird wie obig beschrie-

ben hergestellt.

**[0025]** Eine weitere Ausführungsform basiert auf den obigen Ausführungsformen. Die Kristallisationskeimschicht wird unter Verwendung von Bis-(Methylcyclopentadienyl)hafniumdimethyl oder anderen Cyclopentadienyl-basierten Prekursoren und Ozon abgeschieden. Zusätzlich wird ein Dotierstoffmaterial in das gebildete Hafniumoxyd abgeschieden. Der verwendete Dotierstoff kann beispielsweise Silizium in einer Konzentration zwischen 1 und 20 Atomprozent bezüglich des Hafniums sein. Der Dotierstoff stabilisiert die Bildung einer kubischen kristallographischen Struktur gegenüber der Bildung einer monoklinischen kristallographischen Struktur.

**[0026]** Die obigen Ausführungsformen illustrieren die Herstellung einer dielektrischen Schicht wie Hafniumoxyd oder Hafniumaluminiumoxyd unter Verwendung von Biscyclopentadienylhafnium. Alle Ausführungsformen können ebenfalls mit Zirkonium anstelle von Hafnium durchgeführt werden, d. h. Zirkoniumoxyd oder Zirkoniumaluminiumoxyd wird als dielektrische Schicht hergestellt. Biscyclopentadienylzirkonium wird als erster Prekursor verwendet.

**[0027]** Die Verbindungen Hafniumaluminiumoxyd und Zirkoniumaluminiumoxyd können durch Hafniumsiliziumoxyd bzw. Zirkoniumsiliziumoxyd ersetzt werden. Der verwendete fünfte Prekursor kann Tetraakis (Dimethyl Amido)-Silikon  $\text{Si}[\text{N}(\text{CH}_3)_2]_4$ ; Trisdimethylamidosilan  $\text{SiH}(\text{N}(\text{CH}_3)_2)_3$ ; Bisdimethylamidosilan  $\text{SiH}_2[\text{N}(\text{CH}_3)_2]_2$  oder ein anderes Siliziumalkylamid sein. Die Abscheidung von Siliziumoxyd unter Verwendung der obigen Siliziumverbindungen wird vorzugsweise bei 200°C bis 300°C durchgeführt.

**[0028]** Der oxidierende Prekursor in den obigen Ausführungsformen ist Ozon. Alle Atomlagenabscheideverfahren können ebenfalls unter Verwendung von bimolekularem Sauerstoff  $\text{O}_2$ ; Wasser  $\text{H}_2\text{O}$ ; Ammoniak  $\text{NH}_3$  und Hydrazin  $\text{N}_2\text{H}_4$  als Ersatz für Ozon, unabhängig bei der Bildung der Kristallisationskeimschicht und der dielektrischen Schicht, durchgeführt werden.

**[0029]** Obwohl die vorliegende Erfindung mit Bezug auf bevorzugte Ausführungsformen beschrieben wurde, ist sie nicht darauf beschränkt, sondern kann in vielfältiger Weise durch einen Fachmann abgewandelt werden. Die vorliegende Erfindung ist nur durch den Umfang der angefügten Patentansprüche beschränkt.

**[0030]** Die obigen Ausführungsformen beziehen sich alle auf die Herstellung einer Kondensatorstruktur mittels der vorliegenden Erfindung, jedoch, kann sie auch zur Herstellung aller Formen dielektrischer Schichten verwendet werden, z. B. für Gatedielektrika oder auch zum Füllen von Isolationsgräben.

**Patentansprüche**

1. Verfahren zum Herstellen einer dielektrischen Schicht mit den folgenden Schritten:

Bereitstellen eines Substrats, das einen strukturierten Bereich aufweist,

Abscheiden einer Kristallisationskeimschicht für eine dielektrische Schicht, die Hafniumoxid und/oder Zirkoniumoxid beinhaltet, auf den strukturierten Bereich des Substrats mittels eines Atomlagenabscheidungsverfahrens, das einen ersten und einen zweiten Precursor verwendet, wobei der erste Precursor eine Verbindung mit der Strukturformel  $M^1(R^1Cp)_x(R^2)_{4-x}$  ist, wobei

$M^1$  Hafnium oder Zirkonium ist,

Cp Cyclopentadienyl ist,

$R^1$  unabhängig aus einem von Wasserstoff Methyl, Ethyl und Alkyl ausgewählt wird,

$R^2$  unabhängig aus einem von Wasserstoff, Methyl, Ethyl, Alkyl, Alkoxy und Halogenen ausgewählt wird, und

x eins oder zwei ist; und

der zweite Precursor ein Oxidationsmittel zum Oxidieren des ersten Precursors ist;

Abscheiden der dielektrischen Schicht auf der Kristallisationskeimschicht mittels eines Atomlagenabscheidungsverfahrens, das einen dritten und vierten Precursor verwendet, wobei der dritte Precursor eine Verbindung mit der Strukturformel  $M^2R^3R^4R^5R^6$  ist, wobei

$M^2$  Hafnium oder Zirkonium ist und

$R^3$ ,  $R^4$ ,  $R^5$  und  $R^6$  unabhängig aus Alkylaminen ausgewählt werden; und

der vierte Precursor ein Oxidationsmittel zum Oxidieren des dritten Precursors ist;

wobei als zweiter und vierter Precursor  $O_3$ ,  $O_2$ ,  $H_2O$ ,  $NH_3$  oder  $N_3H_4$ , unabhängig bei der Bildung der Kristallisations Keimschicht und der dielektrischen Schicht, verwendet werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Kristallisationskeimschicht bei einer Temperatur im Bereich zwischen  $300^\circ C$  und  $500^\circ C$  abgeschieden wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, wobei das Alkylamin eines aus der Gruppe der Methylamine und Ethylamine ist.

4. Verfahren nach Anspruch 1, wobei ein Dotierstoffmaterial auf die dielektrische Schicht mit dem ersten Precursor und/oder dem zweiten Precursor aufgebracht wird, wobei das Dotierstoffmaterial aus der Gruppe Silizium, Aluminium, seltenen Erdenmetallen, Titan, Hafnium, Tantal, Strontium, Barium, Skandium, Yttrium, Lanthan, Niob, Bismuth, Calcium und Cerium ausgewählt ist.

5. Verfahren nach Anspruch 4, wobei die Konzentration des Dotierstoffmaterials in der dielektrischen Schicht im Bereich zwischen 1 und 20 Atom-

prozent bezüglich des Übergangsmetalls liegt.

6. Verfahren nach Anspruch 1, wobei ein fünfter Precursor zusätzlich zu dem dritten Precursor verwendet wird, wobei der fünfte Precursor aus mindestens einem Material der Strukturformel  $Al(CH_3)_3$ ,  $Si(NR^1_2)_4$ ,  $SiH(NR^1_2)_3$ ,  $SiH_2(NR^1_2)_2$  ausgewählt wird, wobei  $R^1$  unabhängig aus Methyl und Ethyl ausgewählt wird.

7. Verfahren zum Herstellen eines Kondensators mit den Verfahrensschritten:

Bereitstellen eines Substrats, das einen strukturierten Bereich aufweist;

Bilden eines Grabens in dem Substrat;

Bilden einer ersten Elektrode in oder auf den Seitenwänden des Grabens;

Abscheiden einer Kristallisationskeimschicht für eine dielektrische Schicht, die Hafniumoxid und/oder Zirkoniumoxid beinhaltet, auf der ersten Elektrode mittels eines Atomlagenabscheidungsverfahrens, das einen ersten und einen zweiten Precursor verwendet, bei einer Temperatur im Bereich zwischen  $300^\circ C$  und  $500^\circ C$ , wobei der erste Precursor eine Verbindung mit der Strukturformel  $M^1(R^1Cp)_2(R^2)_2$ , wobei  $M^1$  Hafnium oder Zirkonium ist,

Cp Cyclopentadienyl ist,

$R^1$  unabhängig aus Wasserstoff Methyl, Ethyl und Alkyl ausgewählt wird,

$R^2$  unabhängig aus Wasserstoff, Methyl, Ethyl, Alkyl, Alkoxy und Halogenen ausgewählt wird,

der zweite Precursor ein Oxidationsmittel zum Oxidieren des ersten Precursors ist;

Abscheiden der dielektrischen Schicht auf der Kristallisationskeimschicht mittels eines Atomlagenabscheidungsverfahrens, das einen dritten und vierten Precursor verwendet, wobei der dritte Precursor eine Verbindung mit der Strukturformel  $M^2R^3R^4R^5R^6$  ist, wobei

$M^2$  Hafnium oder Zirkonium ist und

$R^3$ ,  $R^4$ ,  $R^5$  und  $R^6$  unabhängig aus Alkylaminen ausgewählt werden; und

der vierte Precursor ein Oxidationsmittel zum Oxidieren des dritten Precursors ist; und

Abscheiden einer Gegenelektrode auf der dielektrischen Schicht in dem Graben;

wobei als zweiter und vierter Precursor  $O_3$ ,  $O_2$ ,  $H_2O$ ,  $NH_3$  oder  $N_3H_4$ , unabhängig bei der Bildung der Kristallisations Keimschicht und der dielektrischen Schicht, verwendet werden.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG 1

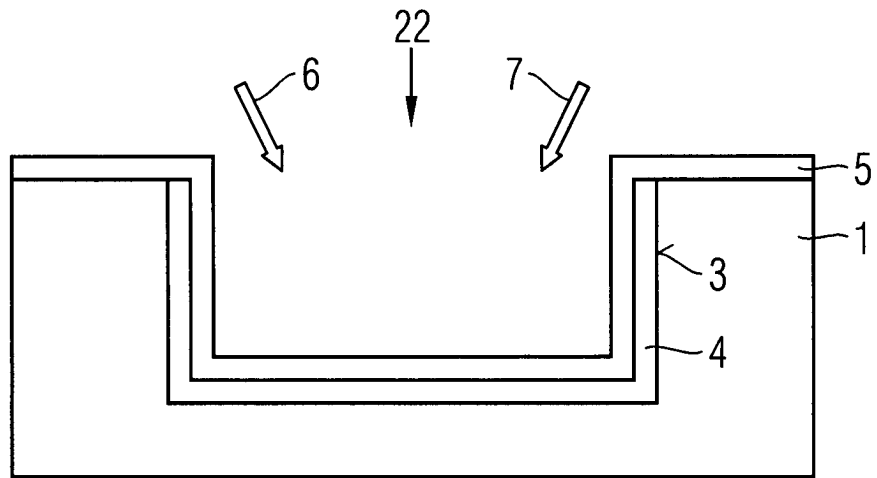


FIG 2

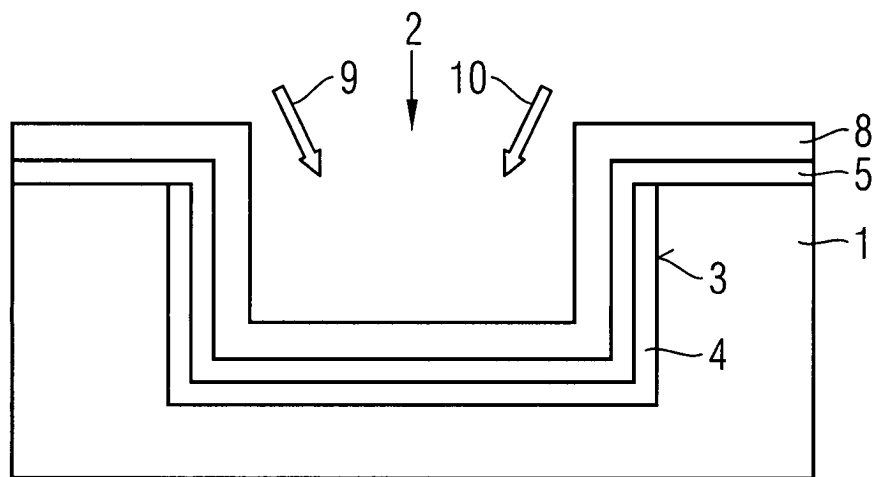


FIG 3

