



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 600 15 578 T2 2005.11.10**

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 212 476 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **600 15 578.1**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US00/23616**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **00 959 525.7**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 01/016395**

(86) PCT-Anmeldetag: **28.08.2000**

(87) Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: **08.03.2001**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **12.06.2002**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **03.11.2004**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **10.11.2005**

(51) Int Cl.7: **C23C 16/40**

**H01L 21/316, H01L 21/02, H01G 4/12,
H01B 3/12, C04B 35/468, C04B 35/47,
C04B 35/472**

(30) Unionspriorität:
385581 31.08.1999 US

(73) Patentinhaber:
Micron Technology, Inc., Boise, Id., US

(74) Vertreter:
Vossius & Partner, 81675 München

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT,
LI, LU, MC, NL, PT, SE**

(72) Erfinder:
BASCERI, Cem, Boise, US; GEALY, Dan, Kuna, US

(54) Bezeichnung: **DIELEKTRISCHE FILME UND DEREN HERSTELLUNGSVERFAHREN**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

Technisches Gebiet der Erfindung

[0001] Die Erfindung betrifft die Herstellung von Halbleiterelementstrukturen. Insbesondere betrifft die Erfindung dielektrische Filme und Verfahren zur Ausbildung von dielektrischen Filmen, wie z. B. von Barium-Strontium-Titanat-Filmen.

Technischer Hintergrund der Erfindung

[0002] In der Vergangenheit sind bei der Herstellung von Halbleiterbauelementen verschiedene dielektrische Filme ausgebildet worden. Beispielsweise sind Siliciumdioxid- und Siliciumnitridfilme als dielektrische Filme bei der Herstellung von Kondensatoren eingesetzt worden, wie z. B. für Speicherbauelemente, zu denen beispielsweise dynamische Direktzugriffsspeicher (DRAMs) gehören.

[0003] Mit der Verkleinerung kleinster Strukturgrößen von Halbleiterbauelementen wird die Anforderung zur Bereitstellung einer hohen Kapazität mit dünneren Filmen offenbar. Da die Dielektrizitätskonstanten von Siliciumdioxid und Siliciumnitrid relativ niedrig sind, entsteht die Notwendigkeit der Verwendung von Filmen mit höherer Dielektrizitätskonstante, wie z. B. von Tantalpentoxid und Barium-Strontium-Titanat. Solche Filme mit hoher Dielektrizitätskonstante bieten die Fähigkeit, einen höheren Kapazitätswert in einem kleineren Bereich zu erzielen, z. B. mit einem dünneren dielektrischen Film. Mit anderen Worten, mit zunehmender Dichte von Speicherbauelementen muß die Größe von Schaltkreiskomponenten, die derartige Bauelemente bilden, verkleinert werden. Eine Möglichkeit, die Speicherkapazität von Speicherzellenkondensatoren der Speicherbauelemente beizubehalten und gleichzeitig die Größe von Speicherbauelementen zu vermindern, ist die Erhöhung der Dielektrizitätskonstanten der dielektrischen Schicht des Speicherzellenkondensators. Da außerdem die hochdichte Packung von Bauelementen zunimmt, ist die Entwicklung dünnerer dielektrischer Filme mit hoher Dielektrizitätskonstante und guten physikalischen und elektrischen Eigenschaften erwünscht.

[0004] Ferroelektrische Dünnsfilme, wie z. B. Barium-Strontium-Titanat (BST), die auf Halbleiterwafer aufgebracht werden, sind in letzter Zeit für die Verwendung in Speicherbauelementen interessant geworden. Im allgemeinen weisen diese Materialien hohe Dielektrizitätskonstanten auf. Die dielektrischen Eigenschaften derartiger Filme sind jedoch von verschiedenen Filmeigenschaften abhängig, wie z. B. der Dicke. Beispielsweise werden die dielektrischen Eigenschaften herkömmlicher BST-Dünnsfilme mit abnehmender Dicke solcher Filme ungünstig beeinflusst, z. B. nimmt die Dielektrizitätskonstante mit ab-

nehmender Dicke ab. Eine solche dielektrische Reaktion von BST wird in einem Artikel mit dem Titel "The dielectric response as a function of temperature and film thickness of fibre-textured (Ba,Sr)TiO₃ thin films grown by chemical vapour deposition" (Dielektrische Reaktion als Funktion von Temperatur und Filmdicke von (Ba,Sr)TiO₃-Dünnsfilmen mit Faserstruktur, die durch chemische Bedampfung gezüchtet werden), J. Appl. Phys. 82(5), 1. September 1997, beschrieben; siehe auch Basceri, C., "Electrical and Dielectrical Properties of (Ba,Sr)TiO₃ Thin Film Capacitors for Ultra-High Density Dynamic Random Access Memories" (Elektrische und dielektrische Eigenschaften von (Ba,Sr)TiO₃-Dünnsfilmkondensatoren für dynamische Direktzugriffsspeicher mit ultrahoher Dichte), (Ph.D-Dissertation, 1997).

[0005] EP-A-0 957 522, ein Dokument gemäß Art. 54(3) EPÜ, betrifft ein Halbleiterspeicherelement und ein Verfahren zu dessen Herstellung. Das Halbleiterspeicherelement weist mehrere Zellen auf, wobei jede Zelle eine untere Elektrode, einen auf der unteren Elektrode ausgebildeten ladungsspeicherfähigen dielektrischen Film, der aus einem Dielektrikum besteht, in dem Informationen gespeichert werden können, und eine auf dem ladungsspeicherfähigen dielektrischen Film ausgebildete obere Elektrode aufweist. Der ladungsspeicherfähige dielektrische Film enthält eine erste dielektrische Schicht aus einem Oxid, das mindestens zwei Metallelemente und ein Dielektrikum mit relativ hoher Dielektrizitätskonstante oder ein Ferroelektrikum enthält, und eine zweite dielektrische Schicht, die über und/oder unter der ersten dielektrischen Schicht ausgebildet ist und aus einem Oxid besteht, das mindestens zwei Metallelemente enthält und durch das ein kleinerer Leckstrom fließt als durch die erste dielektrische Schicht. Die zweite dielektrische Schicht weist einen höheren Tangehalt auf als die erste dielektrische Schicht und ist dünner als die erste dielektrische Schicht.

Zusammenfassung der Erfindung

[0006] Die vorliegende Erfindung ist durch die Merkmale der Ansprüche charakterisiert.

[0007] Die vorliegende Erfindung betrifft die Dickenabhängigkeit der dielektrischen Eigenschaften von Materialien mit Dielektrizitätskonstante, zum Beispiel von BST-Filmen mit hoher Dielektrizitätskonstante. Verfahren zur Bildung wirksamer dielektrischer Filme, Verfahren zur Bildung von Strukturen, die solche Schichten enthalten, z. B. die Verwendung eines dielektrischen Dünnsfilms in einem Kondensator, und andere, damit verbundene Verfahren und dadurch ausgebildete Strukturen werden hierin beschrieben.

[0008] Ein erfindungsgemäßes Verfahren zur Anwendung bei der Herstellung von integrierten Schaltkreisen weist die Bereitstellung einer Substratbau-

gruppe mit einer Oberfläche und die Ausbildung eines Barium-Strontium-Titanat-Films zumindest auf einem Teil der Oberfläche auf. Der Barium-Strontium-Titanat-Film weist eine Grenzschicht mit einem Titangehalt in Atom-% kleiner oder gleich dem Titangehalt in Atom-% in einer Volumenschicht des Films auf.

[0009] In verschiedenen Ausführungsformen des Verfahrens kann die Volumenschicht des Barium-Strontium-Titanat-Films etwa 50,0 Atom-% bis etwa 53,5 Atom-% Titan aufweisen, die Grenzschicht kann etwa 1 Atom-% bis etwa 3 Atom-% Titan weniger als die Volumenschicht aufweisen, der Barium-Strontium-Titanat-Film kann dünner als etwa 600 Å sein, und/oder die Grenzschicht kann einen größeren Bariumgehalt in Atom-% als Strontiumgehalt in Atom-% aufweisen.

[0010] In einer anderen Ausführungsform des Verfahrens kann die Ausbildung des Barium-Strontium-Titanat-Films die Verminderung einer Zuflußgeschwindigkeit eines titanhaltigen metallorganischen Vorläufers zu einer Bedampfungskammer während einer ersten vorgegebenen Zeitspanne für die Ausbildung der Grenzschicht gegenüber der Zuflußgeschwindigkeit des titanhaltigen metallorganischen Vorläufers während einer vorgegebenen Zeitspanne für die Ausbildung der Volumenschicht umfassen.

[0011] In einer weiteren Ausführungsform des Verfahrens kann die Ausbildung des Barium-Strontium-Titanat-Films die Erhöhung der Gesamtzuflußgeschwindigkeit eines bariumhaltigen metallorganischen Vorläufers und eines strontiumhaltigen metallorganischen Vorläufers zu einer Bedampfungskammer während einer ersten vorgegebenen Zeitspanne für die Ausbildung der Grenzschicht gegenüber der Gesamtzuflußgeschwindigkeit des bariumhaltigen metallorganischen Vorläufers und des strontiumhaltigen metallorganischen Vorläufers während einer vorgegebenen Zeitspanne für die Ausbildung der Volumenschicht umfassen.

[0012] In einer weiteren Ausführungsform des Verfahrens wird die Grenzschicht in weniger als etwa 50 Sekunden nach der anfänglichen Zufuhr der metallorganischen Vorläufer zu der chemischen Bedampfungskammer ausgebildet.

[0013] Außerdem wird ein Verfahren zur Anwendung bei der Ausbildung eines Kondensators gemäß der vorliegenden Erfindung bereitgestellt. Das Verfahren weist auf: Bereitstellen einer ersten Elektrode mit einer Oberfläche und Ausbilden eines dielektrischen Barium-Strontium-Titanat-Films zumindest auf einem Teil der Oberfläche der ersten Elektrode. Der Barium-Strontium-Titanat-Film weist eine Barium-Strontium-Titanat-Grenzschicht zumindest auf einem Teil der Oberfläche der ersten Elektrode und

eine Barium-Strontium-Titanat-Volumenschicht mit etwa 50 Atom-% bis etwa 53,5 Atom-% Titan auf. Die Grenzschicht weist etwa 1 Atom-% bis etwa 3 Atom-% weniger Titan als die dielektrische Volumenschicht auf. Dann wird zumindest auf einem Teil des dielektrischen Barium-Strontium-Titanat-Films eine zweite Elektrode ausgebildet.

[0014] In einer Ausführungsform des Verfahrens hat die Grenzschicht eine Dicke von weniger als der halben Gesamtdicke des dielektrischen Films.

[0015] Ein erfindungsgemäßes Verfahren zur Ausbildung eines titanhaltigen dielektrischen Films weist auf: Ausbilden einer titanhaltigen dielektrischen Grenzschicht auf der Oberfläche einer Substratanordnung und Ausbilden einer titanhaltigen dielektrischen Volumenschicht darauf. Der Titangehalt in Atom-% in der Grenzschicht ist kleiner oder gleich dem Titangehalt in Atom-% in der Volumenschicht.

[0016] In verschiedenen Ausführungsformen des Verfahrens kann der dielektrische Film ein Material aufweisen, das aus der Gruppe ausgewählt ist, die aus BaSrTiO_3 ; BaTiO_3 ; SrTiO_3 ; PbTiO_3 ; $\text{Pb}(\text{Zr},\text{Ti})\text{O}_3$; $(\text{Pb},\text{La})(\text{Zr},\text{Ti})\text{O}_3$; $(\text{Pb},\text{La})\text{TiO}_3$ und einer Kombination daraus besteht. Vorzugsweise weist der dielektrische Film einen BaSrTiO_3 -Film auf, und die dielektrische Grenzschicht weist etwa 1 Atom-% bis etwa 3 Atom-% weniger Titan als die dielektrische Volumenschicht auf.

[0017] In einer weiteren Ausführungsform des Verfahrens weist die Ausbildung der titanhaltigen Grenzschicht auf: Zufuhr eines ersten metallorganischen Vorläufers und eines titanhaltigen metallorganischen Vorläufers zu einer chemischen Bedampfungskammer, welche die Substratbaugruppe aufweist. Die Konzentration des ersten metallorganischen Vorläufers und des titanhaltigen metallorganischen Vorläufers in der chemischen Bedampfungskammer ist so gewählt, daß für die Grenzschicht eine Dielektrizitätskonstante erzielt wird, die größer oder gleich der Dielektrizitätskonstanten der Volumenschicht ist.

[0018] Ferner wird ein weiteres erfindungsgemäßes Verfahren zur Bildung eines dielektrischen Films beschrieben. Das Verfahren weist auf: Ausbilden eines dielektrischen Films unter Verwendung eines oder mehrerer metallorganischer Vorläufer durch Ausbilden einer dielektrischen Grenzschicht auf der Oberfläche einer Substratbaugruppe unter Verwendung des einen oder der mehreren metallorganischen Vorläufer und Ausbilden einer dielektrischen Volumenschicht auf der dielektrischen Grenzschicht. Der Gehalt in Atom-% mindestens einer in der Grenzschicht vorhandenen Metallkomponente wird so gesteuert, daß für die dielektrische Grenzschicht eine Dielektrizitätskonstante erzielt wird, die größer oder gleich der Dielektrizitätskonstanten in der dielektrischen Volu-

menschicht ist.

[0019] In einer Ausführungsform des Verfahrens wird der Gehalt in Atom-% mindestens eines in der Grenzschicht vorhandenen Metalls durch Steuerung einer Zuflußgeschwindigkeit mindestens eines des einen oder der mehreren metallorganischen Vorläufer zu einer chemischen Bedampfungskammer gesteuert.

[0020] In einer weiteren Ausführungsform des Verfahrens wird die Grenzschicht in einem frühen Kristallkeimbildungsstadium nach der anfänglichen Zufuhr des einen oder der mehreren metallorganischen Vorläufer zu einer chemischen Bedampfungskammer gebildet. Vorzugsweise wird die Grenzschicht innerhalb von weniger als etwa 50 Sekunden nach der anfänglichen Zufuhr des einen oder der mehreren metallorganischen Vorläufer zu der chemischen Bedampfungskammer gebildet.

[0021] Eine Kondensatorstruktur gemäß der vorliegenden Erfindung weist eine erste leitfähige Elektrode und einen darauf ausgebildeten titanhaltigen dielektrischen Film auf. Der darauf ausgebildete titanhaltige dielektrische Film weist eine zumindest auf einem Teil der ersten leitfähigen Elektrode ausgebildete Grenzschicht und eine auf der Grenzschicht ausgebildete Volumenschicht auf. Ein Titangehalt in der Grenzschicht ist kleiner oder gleich einem Titangehalt in der Volumenschicht auf. Ferner weist die Kondensatorstruktur eine zweite leitfähige Elektrode auf, die zumindest auf einem Teil des titanhaltigen dielektrischen Films ausgebildet ist.

[0022] In verschiedenen Ausführungsformen der Kondensatorstruktur kann der Titangehalt in der Grenzschicht kleiner als etwa 53,5 Atom-% sein, der titanhaltige dielektrische Film kann eine Dicke von weniger als 600 Å aufweisen, die Grenzschicht kann einen höheren Bariumgehalt in Atom-% als Strontiumgehalt in Atom-% aufweisen, und/oder die Grenzschicht kann eine Dicke von weniger als der halben Gesamtdicke des dielektrischen Films aufweisen.

[0023] Außerdem wird ein erfindungsgemäßer dielektrischer Film beschrieben. Der dielektrische Film weist eine titanhaltige Grenzschicht und eine auf der Grenzschicht ausgebildete titanhaltige Volumenschicht auf. Die Grenzschicht umfaßt etwa 1 Atom-% bis etwa 3 Atom-% weniger Titan als die Volumenschicht.

[0024] Ferner wird eine weitere Kondensatorstruktur bereitgestellt. Die Kondensatorstruktur weist eine erste Elektrode und einen dielektrischen Barium-Strontium-Titanat-Film auf, der zumindest auf einem Teil der ersten Elektrode ausgebildet ist. Der dielektrische Film weist eine Grenzschicht und eine Volumenschicht auf, derart, daß die Grenzschicht mit

der ersten Elektrode in Kontakt ist. Ein Titangehalt in der Grenzschicht ist kleiner oder gleich einem Titangehalt in der Volumenschicht. Ferner weist die Kondensatorstruktur eine zweite Elektrode auf, die zumindest auf einem Teil der Volumenschicht des dielektrischen Films ausgebildet ist.

[0025] In verschiedenen Ausführungsformen der Struktur umfaßt die Volumenschicht des dielektrischen Barium-Strontium-Titanat-Films etwa 50,0 Atom-% bis etwa 53,5 Atom-% Titan, der Titangehalt in der Grenzschicht ist etwa 1 Atom-% bis etwa 3 Atom-% niedriger als in der Volumenschicht, die Grenzschicht weist einen höheren Bariumgehalt in Atom-% als Strontiumgehalt in Atom-% auf, und/oder die Dicke der Grenzschicht ist kleiner als die halbe Gesamtdicke des dielektrischen Barium-Strontium-Titanat-Films.

[0026] Diese und weitere Aufgaben, Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung, z. B. die Verwendung der Kondensatorstruktur in einer Speicherzelle, werden aus der nachstehenden Beschreibung verschiedener, in den beigefügten Zeichnungen dargestellter Ausführungsformen ersichtlich.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0027] [Fig. 1](#) zeigt einen schematischen Schnitt eines dielektrischen Films gemäß der vorliegenden Erfindung.

[0028] [Fig. 2](#) zeigt einen schematischen Schnitt einer Ausführungsform einer Kondensatorstruktur, die einen gemäß der vorliegenden Erfindung ausgebildeten Film aufweist.

Ausführliche Beschreibung bevorzugter Ausführungsformen

[0029] Die vorliegende Erfindung bietet ein Verfahren zur Ausbildung eines dielektrischen Films, vorzugsweise eines Films mit hoher Dielektrizitätskonstante, wie z. B. eines $Ba_ySr_{(1-y)}TiO_3$ -[Barium-Strontium-Titanat- oder BST-]Films. Der Begriff "hohe Dielektrizitätskonstante", wie er hier gebraucht wird, bedeutet allgemein eine Dielektrizitätskonstante, die vorzugsweise höher als etwa 20 ist. Vorzugsweise wird gemäß der vorliegenden Erfindung ein BST-Film als dielektrischer Dünnsfilm ausgebildet, vorzugsweise mit einer Dicke von weniger als etwa 600 Å, und stärker bevorzugt mit einer Dicke von etwa 100 Å bis etwa 300 Å. Jedoch können auch BST-Filme und andere dielektrische Filme mit einer Dicke von mehr als 600 Å. aus der vorliegenden Erfindung Nutzen ziehen. Vorteilhafterweise ist der dielektrische Film ein Film, der in Speicherbauelementen eingesetzt werden kann, wie z. B. in DRAM-Elementen.

[0030] Es hat sich gezeigt, daß dielektrische

BST-Filme sowohl in Volumenfilmen (d. h. in BST-Filmen mit einer Dicke von mehr als etwa 600 Å) als auch in Dünnschichten (d. h. in BST-Filmen mit einer Dicke von weniger als etwa 600 Å) eine "größenabhängige" Dielektrizitätskonstante aufweisen. Diese Dickenabhängigkeit an sich führt dazu, daß die Speicherkapazität eines Kondensators, der einen solchen Film aufweist, nicht wie erwartet mit abnehmender Filmdicke zunimmt. Insbesondere ist mit abnehmender Filmdicke eine steile Abnahme der Dielektrizitätskonstanten beobachtet worden. Siehe dazu Basceri, C., "Electrical and Dielectrical Properties of (Ba,Sr)TiO₃ Thin Film Capacitors for Ultra-High Density Dynamic Random Access Memories" (Elektrische und dielektrische Eigenschaften von (Ba,Sr)TiO₃-Dünnschichtkondensatoren für dynamische Direktzugriffsspeicher mit ultrahoher Dichte), Kapitel 6 (Ph.D.-Dissertation, 1997).

[0031] Ohne sich durch irgendeine bestimmte Theorie binden zu wollen, besteht die Ansicht, daß die Stöchiometrie der allerersten Keimbildungsschicht in einem BST-Film sehr wichtig für die Speicherkapazität des Films ist. Die Beziehung zwischen Speicherkapazität und BST-Filmdicke läßt darauf schließen, daß eine "Grenzschicht"-Kapazität mit der Kapazität des übrigen Films (nachstehend als "Volumenschicht" bezeichnet) in Reihe geschaltet ist. Mit anderen Worten, die Grenzschicht weist eine niedrigere Dielektrizitätskonstante auf als die Volumenschicht des Films. Ferner ist beobachtet worden, daß die Dielektrizitätskonstante mit zunehmendem Titangehalt in Atom-% in einem BST-Film abnimmt. Im Grunde genommen und gemäß der vorliegenden Erfindung stellt man fest, daß diese Grenzschicht in auf herkömmliche Weise aufgetragenen BST-Filmen im Vergleich zur Volumenschicht des Films reich an Titan ist. Daher wird gemäß der vorliegenden Erfindung ein Verfahren zur Steuerung der Stöchiometrie einer Grenzschicht bereitgestellt, derart, daß die Grenzschicht keine niedrigere Dielektrizitätskonstante aufweist als der Rest des Films (d. h. die Volumenschicht). Vorzugsweise kann durch Steuerung der Menge mindestens eines der barium-, strontium- und titanhaltigen Vorläufer in einem sehr frühen Stadium eines Abscheidungsprozesses zur Bildung eines BST-Films weniger Titan abgegeben werden als die später in dem Prozeß abgegebene Titanmenge.

[0032] Typischerweise wird diese kleinere Titanmenge in den sehr frühen Keimbildungsstadien des Abscheidungsprozesses abgegeben, um die Dielektrizitätskonstante der Grenzschicht und damit die Gesamt-Dielektrizitätskonstante und die Speicherkapazität des gerade gebildeten Films zu steuern. Die sehr frühen Keimbildungsstadien können den ersten 50 Sekunden der Abscheidung entsprechen. Als bestimmte Zeitspanne, die den frühen Keimbildungsstadien entspricht, werden zwar 50 Sekunden angegeben, aber eine solche Zeitspanne ist von verschie-

denen Faktoren abhängig, zu denen die Abscheidungsgeschwindigkeit, die Dicke der Keimbildungsschicht und die verschiedenen, solche Faktoren beeinflussenden Parameter gehören, die aber eindeutig nicht darauf beschränkt sind. Im Grunde genommen können die frühen Keimbildungsstadien weniger als die ersten 15 Sekunden der Abscheidung betragen. Zum Beispiel kann sich die Keimbildungsdicke in Abhängigkeit von verschiedenen Parametern stark ändern, wie z. B. den Bedingungen des Abscheidungsprozesses und der Dicke der Volumenschicht.

[0033] Ein typischer, erfindungsgemäß ausgebildeter dielektrischer Film ist allgemein in [Fig. 1](#) dargestellt. Der dielektrische Film **12** kann auf einer Oberfläche einer Substratbaugruppe **10** ausgebildet werden.

[0034] Der Begriff "Substratbaugruppe", wie er hier gebraucht wird, bezieht sich entweder auf ein Halbleitersubstrat, wie etwa die Halbleiterbasisschicht, z. B. die unterste Schicht eines Siliciummaterials auf einem Wafer, oder eine auf einem anderen Material, wie etwa Silicium oder Saphir, aufgetragene Siliciumschicht, oder ein Halbleitersubstrat mit einer oder mehreren darauf ausgebildeten Filmen, Schichten oder Strukturen oder darin ausgebildeten Bereichen. Wenn in der nachstehenden Beschreibung auf eine "Substratbaugruppe" Bezug genommen wird, dann können vorher verschiedene Verfahrensschritte angewandt worden sein, um Bereiche, Übergänge, verschiedene Strukturen oder Merkmale und Öffnungen, wie z. B. Kontaktlöcher, Kontaktöffnungen, Öffnungen mit hohem Seitenverhältnis usw., auszubilden oder zu definieren.

[0035] Beispielsweise kann der Begriff "Substratbaugruppe", wie er hier gebraucht wird, eine Struktur bezeichnen, auf der ein dielektrischer Film oder eine Kondensatorstruktur ausgebildet ist, wie in [Fig. 2](#) dargestellt. Ferner kann eine solche Substratbaugruppe, z. B. die in [Fig. 1](#) dargestellte Substratbaugruppe **10**, im allgemeinen Elektrodenmaterialien aufweisen, wie z. B. Platin, Platin-Rhodium, Ruthenium, Rutheniumoxid, Iridium, Iridiumoxid, Palladium, Titanitrid, Wolframnitrid, Titanoxynitrid und verschiedene Schichtenkombinationen daraus. Zum Beispiel können derartige Elektrodenmaterialien im allgemeinen zwischen dem erfindungsgemäßen dielektrischen Film und einem siliciumhaltigen Material (z. B. Silicium, Polysilicium) eingebracht werden, um eine Diffusion von Silicium in das dielektrische Material des Films zu verhindern. Wenn eine solche Diffusion von Silicium in das dielektrische Material zugelassen wurde, kann die Bildung einer Siliciumdioxidschicht auftreten, die zur Verschlechterung der dielektrischen Eigenschaften des Films führt.

[0036] Der Begriff "Film", wie er hier gebraucht wird, bezieht sich auf eine weitgehend kontinuierliche

Schicht einer Zusammensetzung. Der Film unterscheidet sich darin von einer Schicht, daß eine "Schicht" eine Schicht des Films sein kann, so daß ein Film eine, zwei oder mehrere Schichten aufweisen kann.

[0037] Vorzugsweise weist der dielektrische Film **12** eine Grenzschicht **14** und eine Volumenschicht **16** auf. Wie oben angedeutet, wird die Grenzschicht **14** vorzugsweise ausgebildet, indem die Vorläufermenge in der Reaktionskammer während der Ausbildung so gesteuert wird, daß die Grenzschicht **14** keine niedrigere Dielektrizitätskonstante als die Volumenschicht **16** aufweist. Im Grunde können die Verhältnisse der Komponenten, z. B. der Metalle, in den Filmen so gesteuert werden, daß die Grenzschicht **14** vorzugsweise keine niedrigere Dielektrizitätskonstante als die Volumenschicht **16** aufweist, d. h. die Dielektrizitätskonstante der Grenzschicht ist größer oder gleich der Dielektrizitätskonstanten der Volumenschicht **16**.

[0038] In Bezug auf BST-Filme ist das zur Bildung solcher Filme verwendete $(\text{BaSr})\text{TiO}_3$ eine Perovskit-Struktur vom ABO_3 -Typ. Im Grunde und entsprechend der vorliegenden Erfindung wird vorzugsweise das Verhältnis $(\text{Ba}, \text{Sr})/\text{Ti}$ so gesteuert, daß die gewünschte Dielektrizitätskonstante erzielt wird. Ferner kann jedoch das Verhältnis Ba/Sr so gesteuert werden, daß man die gewünschten Ergebnisse zur Dielektrizitätskonstanten erzielt. Außerdem kann eine Steuerung dieser beiden Verhältnisse angewandt werden, um die gewünschten Ergebnisse zur Dielektrizitätskonstanten zu erzielen.

[0039] In Bezug auf das Verhältnis $(\text{Ba}, \text{Sr})/\text{Ti}$ weist die Grenzschicht **14** vorzugsweise einen Titangehalt in Atom-% (hier als "at%" abgekürzt) auf, der kleiner oder gleich einem Titangehalt in Atom-% in der Volumenschicht **16** ist. In Bezug auf das Ba/Sr -Verhältnis weist ferner die Grenzschicht **14** einen höheren Bariumgehalt in Atom-% als Strontiumgehalt in Atom-% auf, d. h. das Verhältnis Ba/Sr ist größer als 1.

[0040] In Bezug auf das Verhältnis $(\text{Ba}, \text{Sr})/\text{Ti}$ kann ferner, und stärker bevorzugt, wenn der Titangehalt in Atom-% in der Volumenschicht **16** durch X dargestellt wird, der Gehalt der Grenzschicht **14** in Atom-% vorzugsweise in einem Bereich von $X-1$ Atom-% bis $X-3$ Atom-% dargestellt werden. In vielen Anwendungen wird z. B. bevorzugt, daß der dielektrische Film einen Zielgehalt von etwa 50,0 Atom-% Titan bis etwa 53,5 Atom-% Titan aufweist. Daher beträgt X vorzugsweise etwa 50,0 bis etwa 53,5, wobei angenommen wird, daß der Titanzielgehalt in Atom-% des dielektrischen Films dem Gehalt in Atom-% der Volumenschicht **16** gleichwertig ist. Im Grunde wird bei der Grenzschicht **14** vorzugsweise ein Gehalt von etwa 1 Atom-% bis etwa 3 Atom-% weniger Titan als in der Volumenschicht **16** angestrebt. Wenn z. B. der Titanzielgehalt

in Atom-% in einem dielektrischen Film **12** etwa 53 Atom-% beträgt, dann wird in der Grenzschicht **14** vorzugsweise ein Titangehalt von etwa 50,0 Atom-% bis etwa 53,0 Atom-% angestrebt. Wenn ferner beispielsweise der Titanzielgehalt etwa 50,5 Atom-% beträgt, dann wird bei der Grenzschicht **14** vorzugsweise ein Gehalt von etwa 47,5 Atom-% Titan bis etwa 50,5 Atom-% Titan (vorzugsweise weniger als 50,5 Atom-%) angestrebt.

[0041] Wesentliche Abschnitte der hier gegebenen Beschreibung betreffen die Steuerung des Titangehalts in Atom-% in einem BST-Film. Die allgemeine Gesamtkonzeption der Steuerung des Gehalts in Atom-% eines oder mehrerer Elemente in der Grenzschicht **14** gegenüber der Volumenschicht **16** eines dielektrischen Films **12**, um zu verhindern, daß die Zusammensetzung der Grenzschicht die Dielektrizitätskonstante des dielektrischen Films **12** und daher die Kapazität einer Kondensatorstruktur verschlechtert, die den dielektrischen Film **12** aufweist, ist jedoch auch auf andere dielektrische Filme sowie die BST-Filme anwendbar. Zum Beispiel kann eine solche Steuerung des Gehalts in Atom-% einer oder mehrerer metallischer Komponenten in einem metallhaltigen dielektrischen Film, z.B. einem unter Verwendung eines oder mehrerer metallorganischer Vorläufer gebildeten dielektrischen Film, verwendet werden, um zu vermeiden, daß die Stöchiometrie der Grenzschicht **14** die Dielektrizitätskonstante des dielektrischen Films **12** verschlechtert. Zum Beispiel kann eine solche Steuerung des Gehalts in Atom-% eines oder mehrerer der Elemente Ti, Ba, Sr, Pb, Zr, Bi, La, K, Li, Nb oder Ta bei der Ausbildung der Grenzschicht **14** gegenüber der Volumenschicht **16** eines dielektrischen Films **12**, wie z. B. Ta_2O_5 ; BaTiO_3 ; SrTiO_3 ; PbTiO_3 ; $\text{Pb}(\text{Zr},\text{Ti})\text{O}_3$ [Blei-Zirconium-Titanat oder PZT]; $(\text{Pb},\text{La})(\text{Zr},\text{Ti})\text{O}_3$ [PLZT]; $(\text{Pb},\text{La})\text{TiO}_3$ [PLT]; KNO_3 ; LiNbO_3 ; $\text{Sr}_x\text{Bi}_{1-x}\text{Ta}_7\text{O}_9$ [Strontium-Bismuth-Tantalat oder SBT]; SrBiNbTaO [Strontium-Bismuth-Niob-Tantalat oder SBTN] und SrBiNb [Strontium-Bismuth-Niob oder SBN], angewandt werden, um zu verhindern, daß die Stöchiometrie einer Grenzschicht **14** solcher dielektrischer Filme ihre Dielektrizitätskonstante verschlechtert. Zum Beispiel kann es wünschenswert sein, den Tantalgehalt in Atom-% in der Grenzschicht eines SBT-Films, den Tantalgehalt in Atom-% eines Ta_2O_5 -Films oder den Bleigehalt in Atom-% eines PZT-Films zu steuern.

[0042] Der Einfachheit halber konzentriert sich jedoch die übrige Beschreibung besonders auf den BST-Film. Der Fachmann wird erkennen, daß die anwendbaren Konzeptionen, die in Bezug auf den BST-Film beschrieben werden, auch auf die anderen Filme übertragen werden können.

A. Filmbildungsverfahren

[0043] Die vorliegende Erfindung bezieht sich allge-

mein auf die Bildung eines Films **12** mit einer Dielektrizitätskonstanten, vorzugsweise auf einen Film mit hoher Dielektrizitätskonstante, und außerdem vorzugsweise auf Filme mit einer Dicke von weniger als etwa 600 Å. Bei der vorliegenden Erfindung ist ein bevorzugtes Filmbildungsverfahren die chemische Bedampfung (CVD), obwohl auch andere Verfahren angewandt werden können, wie z. B. das Sputtern. Die chemische Bedampfung ist eines von verschiedenen Verfahren zur Ausbildung relativ dünner Filme auf Halbleiterwafern, wie z. B. von Filmen aus elementaren Metallen oder Verbindungen. Die Bezeichnung "CVD", wie sie hier gebraucht wird, bedeutet die Bildung einer nicht flüchtigen festen Schicht oder eines Films auf einer Oberfläche durch die Reaktion von Reaktanten in der Dampfphase, die gewünschte Komponenten aufweisen. Die Dämpfe werden in ein Reaktorgefäß oder eine Kammer eingeleitet und zersetzen sich und/oder reagieren an der Oberfläche eines Wafers, um den gewünschten Film zu bilden.

[0044] Zum Beispiel wird eine Verbindung, typischerweise eine durch Hitze zersetzbare flüchtige Verbindung (auch als Vorläufer bekannt) in der Dampfphase an eine Substratoberfläche abgegeben. Der Vorläufer wird in Kontakt mit einer Oberfläche gebracht, die auf eine Temperatur über der Zersetzungstemperatur des Vorläufers erhitzt worden ist. Auf der Oberfläche bildet sich eine Beschichtung oder ein Film. Der Film ist im allgemeinen vom Typ des Vorläufers und den angewandten Abscheidungsbedingungen abhängig.

[0045] CVD kann entsprechend dem Erhitzungsverfahren, dem Gasdruck und/oder der chemischen Reaktion in verschiedene Typen eingeteilt werden. Zum Beispiel gehören zu den herkömmlichen CVD-Verfahren: (a) Kaltwand-CVD, bei der nur ein Abscheidungssubstrat erhitzt wird; (b) Heißwand-CVD, bei der eine gesamte Reaktionskammer erhitzt wird; (c) atmosphärische CVD, bei der die Reaktion bei einem Druck von etwa einer Atmosphäre erfolgt; (d) Niederdruck-CVD, bei der die Reaktion bei Drücken von etwa 13,3 Pa bis 13,3 kPa (10^{-1} bis 100 Torr) erfolgt; (e) elektronenstrahlunterstützte CVD und ionenstrahlunterstützte CVD, bei denen die auf das Substrat gerichtete Energie von einem Elektronenstrahl oder Innenstrahl die Energie für die Zersetzung des Vorläufers liefert; (f) plasmaunterstützte CVD und photounterstützte CVD, bei denen die Energie von einem Plasma oder einer Lichtquelle den Vorläufer aktiviert, um Abscheidungen bei niedrigeren Substrattemperaturen zu ermöglichen; und (g) laserunterstützte CVD, wobei Laserlicht verwendet wird, um das Substrat zu erhitzen oder photolytische Reaktionen in dem Vorläufergas zu bewirken. Bei der Kaltwand-CVD kann das Erhitzen von Substraten in einem CVD-Reaktor durch verschiedene Verfahren bewerkstelligt werden, zu denen die Verwendung von Heitzischen oder die Induktionsheizung gehören.

[0046] In einem typischen CVD-Verfahren wird eine Substratbaugruppe, auf der die Abscheidung erfolgen soll, in eine Reaktionskammer eingebracht und auf eine Temperatur erhitzt, die ausreicht, um die Zersetzung von Dämpfen des Vorläufers zu verursachen. Vorläufer, die bei der chemischen Aufdampfung (CVD) von dielektrischen Filmen verwendet werden, können beispielsweise metallorganische Verbindungen sein, wobei ein Kohlenwasserstoffabschnitt des Vorläufers während der Verdampfung des flüssigen Vorläufers als Träger für den Metall- oder den Metalloid-Abschnitt des Vorläufers dient. Folglich ist CVD allgemein ein Verfahren, bei dem ein Film oder eine Schicht durch eine chemische Reaktion oder Zersetzung eines Gasgemischs bei erhöhter Temperatur an der Oberfläche einer Substratbaugruppe oder in deren Nähe abgeschieden wird. Wenn die Vorläuferdämpfe in die Reaktionskammer eingeleitet und in die Nähe der Oberfläche transportiert werden, zersetzen sie sich daran, um eine Schicht oder einen Film abzuscheiden. Typischerweise kann die CVD für eine unstrukturierte bzw. Flächenabscheidung von Schichten oder Filmen auf Oberflächen sowie für eine Abscheidung dieser Materialien auf ausgewählten Bereichen der Substratbaugruppe eingesetzt werden, z. B. durch Verwendung eines Maskierungsmaterials, wie z. B. eines Resist-Materials.

[0047] Bei der vorliegenden Erfindung kann eine beliebige Konstruktion der CVD-Vorrichtung verwendet werden, einschließlich Heißwandreaktoren, Kaltwandreaktoren, strahlunterstützte Reaktoren, plasmaunterstützte Reaktoren und dergleichen. Für eine unstrukturierte Abscheidung kann manchmal ein Kaltwandreaktor mit heißem Substrat bevorzugt werden, da diese Konstruktion in Bezug auf den Vorläuferverbrauch rationell ist. Zum Beispiel können die hierin beschriebenen CVD-Verfahren in einem chemischen Bedampfungsreaktor ausgeführt werden, wie z. B. in einer Reaktionskammer, die unter der Handelsbezeichnung 7000 von Genus, Inc. (Sunnyvale, CA) beziehbar ist, einer Reaktionskammer, die unter der Handelsbezeichnung 5000 von Applied Materials, Inc. (Santa Clara, CA) beziehbar ist oder einer Reaktionskammer, die unter der Handelsbezeichnung Prism von Novellus, Inc. (San Jose, CA) beziehbar ist. Es kann jedoch jede für die Ausführung der CVD geeignete Reaktionskammer eingesetzt werden.

[0048] Vorzugsweise wird ein Verfahren zur Bildung eines dielektrischen Films aus metallorganischen Vorläufern ausgeführt, wobei der bzw. die Vorläufer bei Raumtemperatur eine Flüssigkeit oder ein Feststoff sind. Typischerweise sind solche Vorläufer jedoch Flüssigkeiten. Falls sie Festkörper sind, sind sie vorzugsweise ausreichend in einem organischen Lösungsmittel löslich oder weisen Schmelzpunkte auf, die unter ihrer Zersetzungstemperatur liegen, so daß sie beim Entspannungsverdampfen, Durchblasen,

Mikrotröpfchenbildungsverfahren usw. verwendet werden können. Sie können jedoch auch ausreichend flüchtig sein, so daß sie unter Anwendung bekannter chemischer Bedampfungsverfahren aus dem festen Zustand verdampft oder sublimiert werden können. Folglich kann die erfindungsgemäße Vorläuferzusammensetzung in fester oder flüssiger Form vorliegen. Der Begriff "flüssig", wie er hier gebraucht wird, bezieht sich auf eine Lösung oder eine reine Flüssigkeit (eine Flüssigkeit bei Raumtemperatur oder einen Feststoff bei Raumtemperatur, der bei erhöhter Temperatur schmilzt). Der Begriff "Lösung", wie er hier gebraucht wird, erfordert keine vollständige Löslichkeit des Feststoffs; vielmehr kann die Lösung eine bestimmte Menge ungelöstes Material aufweisen. Vorzugsweise ist jedoch eine ausreichende Materialmenge vorhanden, die durch das organische Lösungsmittel zur Verarbeitung in einer chemischen Bedampfung in die Dampfphase überführt werden kann.

[0049] Wenn der Metallvorläufer eine Flüssigkeit ist, kann er durch Anwendung von Durchblasverfahren abgegeben werden. Im allgemeinen ist bei der Anwendung eines Durchblasverfahrens für die Abgabe der flüssigen Vorläufer in einem Druckmischbehälter enthalten, durch den ein Trägergas geleitet wird, wie z. B. Helium oder irgendein anderes Inertgas, d. h. ein Gas, das nicht mit anderen Gasen in dem Verfahren reagiert (z. B. Stickstoff, Argon, Neon oder Xenon). Mit anderen Worten, das Trägergas wird durch den Behälter geblasen, der den Vorläufer aufweist, um den Vorläufer in die Reaktionskammer abzugeben. Wenn ein Trägergas verwendet wird, wird es der Reaktionskammer vorzugsweise mit einer Geschwindigkeit bis zu etwa 500 Normal-cm³/min zugeführt.

[0050] Vorzugsweise erfolgt die chemische Aufdampfung (CVD) von BST-Filmen unter Verwendung eines Flüssigkeitszufuhrsystems. In einem solchen System sind metallorganische Vorläufer (z. B. Barium- β -diketonate, Strontium- β -diketonate und Titan- β -diketonate für BST-Filme) in einem Lösungsmittel mit hohem Dampfdruck gelöst (z. B. Tetrahydrofuran, Butylacetat usw.), um eine Lösung des metallorganischen Vorläufers zu bilden. Diese Lösung wird dann in einen Verdampfer gegeben, in dem die Verdampfung erfolgt, wobei ein verdampfter Vorläufer in die Kammer abgegeben wird. Vorzugsweise wird die Lösung unter Verwendung eines steuerbaren Geräts, wie z. B. einer Mikropumpe, in den Verdampfer abgegeben. Obwohl ein oder mehrere Vorläufer vorgemischt werden können, bevor sie durch die steuerbare Vorrichtung in den Verdampfer abgegeben werden, z. B. ein Gemisch aus bariumhaltigem Vorläufer und strontiumhaltigem Vorläufer, kann für andere Vorläufer, beispielsweise einen titanhaltigen Vorläufer und einen strontiumhaltigen Vorläufer, eine getrennte Zuführung zum Verdampfer durch steuerbare Vorrichtungen wünschenswert sein.

[0051] Im allgemeinen werden die Reaktionskammer und die Oberfläche der Substratbaugruppe, auf der die Abscheidung erfolgen soll, auf einer vorgeählten Temperatur gehalten, z. B. durch einen externen Ofen oder eine Aufspannvorrichtung mit internem Heizkörper. Bei herkömmlichen CVD-Verfahren bewirkt die vorgeählte Temperatur im allgemeinen eine Zersetzung des Vorläuferdampfes, um eine Schicht oder einen Film auf den freiliegenden Oberflächen der Substratbaugruppe abzuscheiden. In einer herkömmlichen Reaktionskammer zur Abscheidung einer dielektrischen Schicht, z. B. aus BST, wird die Temperatur zur Ausbildung eines BST-Films im allgemeinen zwischen etwa 200°C und etwa 700°C gehalten, vorzugsweise im Bereich von etwa 400°C bis etwa 700°C.

[0052] Im allgemeinen werden für die CVD der dielektrischen Filme Vakuumsysteme eingesetzt. In Bezug auf den Druck im System gibt es einen großen Bereich von Betriebsbedingungen. Beim Fehlen eines Trägergases sind Betriebsdrücke von 0,133 bis 133,3 Pa (1 bis 1000 mTorr) angewandt worden, und höhere oder niedrigere Drücke sind gleichfalls akzeptierbar, z. B. bis zu etwa 1,33 kPa (10 Torr). Diese Drücke sind zum Beispiel weitgehend von der Pumpgeschwindigkeit der Vakuumanlage, dem Kammer volumen und dem Dampfdruck des Vorläufers abhängig.

[0053] Die Abscheidung des dielektrischen Films, z. B. aus BST, kann in Gegenwart eines Oxidationsmittels ausgeführt werden, das entsprechend der vorliegenden Erfindung in die Reaktionskammer gegeben wird. Das Oxidationsmittel ist typischerweise gasförmig. Stärker bevorzugt ist das Oxidationsmittel ein sauerstoffhaltiges Gas, das aus der Gruppe ausgewählt ist, die Luft, Sauerstoff, Ozon, N₂O, NO, SO₃, H₂O₂, R₂O₂ und eine Kombination daraus umfaßt, wobei R aus der Gruppe ausgewählt ist, die eine gesättigte oder ungesättigte, lineare, verzweigte oder cyclische Kohlenwasserstoffgruppe mit etwa 1 Kohlenstoffatom bis etwa 20 Kohlenstoffatomen, vorzugsweise etwa 2 Kohlenstoffatomen bis etwa 12 Kohlenstoffatomen umfaßt, z. B. Methyl, Ethyl, Isopropyl, t-Butyl, Heptyl, Dodecyl, Octadecyl, Amyl, 2-Ethylhexyl und dergleichen umfaßt. Ohne sich durch irgendeine bestimmte Theorie binden zu wollen, besteht die Ansicht, daß das Oxidationsmittel die Oxidation des organischen Anteils des metallorganischen Vorläufers erleichtert, um flüchtige Nebenprodukte zu erzeugen und auf diese Weise den Einbau von Kohlenstoff in den entstehenden Film zu verhindern. Vorzugsweise wird das Oxidationsmittel der Reaktionskammer mit einer Geschwindigkeit von etwa 1 Normal-cm³/min bis etwa 5000 Normal-cm³/min zugeführt.

[0054] Der Reaktionskammer kann auch ein Verdünnungsgas zugeführt werden. Zum Beispiel kann

das Verdünnungsgas ein Inertgas sein, wie etwa Helium, Argon, Stickstoff, Neon, Krypton, Xenon und Gemische daraus.

[0055] Zur Ausführung der CVD wird die Substratbaugruppe **10**, z. B. Wafer mit vorgeformten Elektrodenmaterialien zur Ausbildung von Kondensatorstrukturen, auf die ein dielektrischer Film aufzubringen ist, bei der erforderlichen Abscheidungstemperatur in eine Reaktionskammer eingebracht. Die verdampften metallorganischen Vorläufer werden in die Reaktionskammer abgegeben, und die Oberfläche, auf die ein dielektrischer Film aufzubringen ist, wird den Dämpfen ausreichend lange ausgesetzt, z. B. einige Minuten, um einen Film zu erzeugen, der geeignete wirksame dielektrische Eigenschaften aufweist. Die Abscheidungszeit ist von verschiedenen Faktoren abhängig, wie z. B. von der gewünschten Dicke des Films, der Abscheidungsgeschwindigkeit usw. Vorzugsweise hat ein so ausgebildeter dielektrischer BST-Film eine Dicke von weniger als etwa 600 Å, und stärker bevorzugt von etwa 100 Å bis etwa 300 Å. Vorzugsweise wird ein derartiger BST-Film mit einer Geschwindigkeit im Bereich von etwa 50 Å/min bis etwa 100 Å/min aufgebracht.

B. Metallorganischer Vorläufer

[0056] Wie oben diskutiert, erfolgt die erfindungsgemäße Filmbildung vorzugsweise unter Verwendung eines oder mehrerer metallorganischer Vorläufer. Der Begriff "metallorganischer Vorläufer", wie er hier gebraucht wird, bedeutet eine einkernige Verbindung (d. h. Monomerverbindung) mit einem organischen Abschnitt und einem metallischen Abschnitt. Verschiedene, hier beschriebene Kombinationen von Verbindungen können in dem Vorläufer für chemische Aufdampfung verwendet werden. Folglich bezieht sich der Begriff "Vorläufer", wie er hier gebraucht wird, auf eine Flüssigkeit oder einen Feststoff, der eine oder mehrere Verbindungen des hier beschriebenen Typs aufweist. Der Vorläufer kann außerdem ein oder mehrere organische Lösungsmittel, die sich für die Verwendung bei der chemischen Bedampfung eignen, sowie weitere Zusatzstoffe aufweisen.

[0057] Der Begriff "organischer Abschnitt", wie er hier gebraucht wird, bedeutet eine Kohlenwasserstoffgruppe, die als aliphatische Gruppe, cyclische Gruppe oder als Kombination von aliphatischen und cyclischen Gruppen eingeteilt ist (z. B. Alkaryl- und Aralkylgruppen). Im Zusammenhang der vorliegenden Erfindung bedeutet der Begriff "aliphatische Gruppe" eine gesättigte oder ungesättigte lineare oder verzweigte Kohlenwasserstoffgruppe. Dieser Begriff wird so verwendet, daß er beispielsweise Alkyl-, Alkenyl- und Alkynylgruppen umfaßt. Der Begriff "Alkylgruppe" bedeutet eine gesättigte lineare oder verzweigte Kohlenwasserstoffgruppe, zu der bei-

spielsweise Methyl, Ethyl, Isopropyl, t-Butyl, Heptyl, Dodecyl, Octadecyl, Amyl, 2-Ethylhexyl und dergleichen gehören. Der Begriff "Alkenylgruppe" bedeutet eine ungesättigte lineare oder verzweigte Kohlenwasserstoffgruppe mit einer oder mehreren Kohlenstoff-Kohlenstoff-Doppelbindungen, wie z. B. eine Vinylgruppe. Der Begriff "Alkynylgruppe" bedeutet eine ungesättigte lineare oder verzweigte Kohlenwasserstoffgruppe mit einer oder mehreren Dreifachbindungen. Der Begriff "cyclische Gruppe" bedeutet eine Kohlenwasserstoffgruppe mit geschlossenem Ring, die als alicyclische Gruppe, aromatische Gruppe oder heterocyclische Gruppe klassifiziert wird. Der Begriff "alicyclische Gruppe" bedeutet eine cyclische Kohlenwasserstoffgruppe mit Eigenschaften, die denen von aliphatischen Gruppen ähneln. Der Begriff "aromatische Gruppe" oder "Arylgruppe" bedeutet eine ein- oder mehrkernige aromatische Kohlenwasserstoffgruppe. Der Begriff "heterocyclische Gruppe" bedeutet einen Kohlenwasserstoff mit geschlossenem Ring, in dem ein oder mehrere Atome im Ring ein anderes Element als Kohlenstoff sind (z. B. Stickstoff, Sauerstoff, Schwefel usw.).

[0058] Der Begriff "Gruppe" wird zur Beschreibung eines chemischen Substituenten benutzt, der die nichtsubstituierte Gruppe und die Gruppe mit nichtperoxidischen O-, N- oder S-Atomen umfaßt, z. B. in der Kette sowie als Carbonylgruppen, oder eine andere herkömmliche Substitution. Zum Beispiel soll die Bezeichnung "Alkylgruppe" nicht nur reine offenkettige gesättigte Kohlenwasserstoffalkyl-Substituenten umfassen, wie z. B. Methyl, Ethyl, Propyl, t-Butyl und dergleichen, sondern auch Alkylsubstituenten, die weitere, dem Fachmann bekannte Substituenten tragen, wie z. B. Hydroxy, Alkoxy, Alkylsulfonyl, Halogenatome, Cyan, Nitro, Amino, Carboxyl usw. Folglich umfaßt "Alkylgruppe" Ethergruppen, Halogenalkyle, Nitroalkyle, Carboxyalkyle, Hydroxyalkyle, Sulfoalkyle usw. Zum Beispiel sind geeignete organische Gruppen, die bei der Herstellung von Halbleitersbauelementen eingesetzt werden, unter anderem Cyclopentadienyl-, 1,5-Cyclooctadien- und Acetylatongruppen.

[0059] Ein zur Ausbildung von dielektrischen Filmen gemäß der vorliegenden Erfindung verwendbarer metallorganischer Vorläufer weist vorzugsweise einen Metallabschnitt auf, der vorzugsweise aus der Gruppe ausgewählt ist, die ein Erdalkalimetall, ein Seltenerdmetall, ein Schwermetall und eine Kombination daraus umfaßt. Zum Beispiel kann das Metall Barium, Strontium, Zirconium, Titan, Tantal und Blei sein.

[0060] Bei der Ausbildung eines dielektrischen Films gemäß der vorliegenden Erfindung werden vorzugsweise mehr als ein metallorganischer Vorläufer verwendet. Zum Beispiel ist bei der Ausbildung eines titanhaltigen dielektrischen Films ein metallorgani-

scher Vorläufer ein titanhaltiger metallorganischer Vorläufer, und in den meisten Fällen wird ein weiterer metallorganischer Vorläufer bereitgestellt. So sind bei der Ausbildung eines BST-Films gemäß der vorliegenden Erfindung gewöhnlich drei metallorganische Vorläufer erforderlich, d. h. ein bariumhaltiger metallorganischer Vorläufer, ein strontiumhaltiger metallorganischer Vorläufer und ein titanhaltiger metallorganischer Vorläufer. Geeignete metallorganische Vorläufer, die bei der Ausbildung eines BST-Films verwendet werden, sind z. B. Barium- β -diketonate, Strontium- β -diketonate und Titan- β -diketonate. Ferner können die Titan- β -diketonate beispielsweise Titan-tetramethylheptandionate (THD) aufweisen, z. B. Titan-tert-butoxy-THD, Titanmethoxy-THD, Titanisopropoxy-THD.

[0061] Obwohl jeder Vorläufer der Reaktionskammer für chemische Bedampfung getrennt zugeführt werden kann, können in Abhängigkeit von dem gerade gebildeten dielektrischen Film auch mehrere Vorläufer vermischt werden. Zum Beispiel können zwar der bariumhaltige metallorganische Vorläufer, der strontiumhaltige metallorganische Vorläufer und der titanhaltige metallorganische Vorläufer getrennt zugeführt werden, um in dem dielektrischen Film das gewünschte (Ba + Sr)/Ti-Verhältnis zu erhalten, aber der bariumhaltige metallorganische Vorläufer und der strontiumhaltige metallorganische Vorläufer können auch in einem einzigen Behälter mit einem vorgegebenen Ba/Sr-Verhältnis vermischt werden. Der titanhaltige metallorganische Vorläufer kann dann in einem anderen Behälter enthalten sein. Das gewünschte (Ba + Sr)/Ti-Verhältnis läßt sich dann durch Verändern der Zuflüsse aus den beiden Behältern erreichen. Ferner kann ein gewünschtes Ba/Sr-Verhältnis für ein bestimmtes gewünschtes (Ba + Sr)/Ti-Verhältnis gleichfalls leicht gesteuert und erreicht werden. Ein solches Ba/Sr-Verhältnis ist auch wichtig bei der Beseitigung von Kapazitätsproblemen an Grenzschichten.

[0062] Zur Bildung eines in [Fig. 1](#) dargestellten dielektrischen BST-Films **12** (vorzugsweise hat ein dielektrischer Film eine Dicke von weniger als etwa 600 Å, obwohl die vorliegende Erfindung für dielektrische Filme vorteilhaft ist, die dicker als 600 Å sind), der verbesserte dielektrische Eigenschaften aufweist, ist es wünschenswert, in den frühen Keimbildungsstadien des Abscheidungsprozesses (z. B. in den ersten 50 Sekunden) eine BST-Schicht **14** mit einem Titan-gehalt im Bereich von etwa $X - 1$ Atom-% bis etwa $X - 3$ Atom-% aufzubringen, wobei X einen Wert von etwa 50,0 bis etwa 53,5 hat und repräsentativ für den Zielgehalt an Titan im gesamten dielektrischen Film **12** ist, z. B. einschließlich der Volumenschicht **16**. Die in den frühen Keimbildungsstadien der chemischen Bedampfung (z. B. in den ersten 50 Sekunden) gebildete BST-Schicht **14** wird als Grenzschicht **14** bezeichnet und bildet typischerweise nicht den Haupt-

teil des BST-Films **12**. Das heißt, die Grenzschicht **14** weist vorzugsweise weniger als etwa die halbe Gesamtdicke des BST-Films **12** auf, z. B. hat die Grenzschicht **14** eine Dicke von weniger als etwa 300 Å, wenn die Gesamtdicke des Films **12** etwa 600 Å beträgt. Die Grenzschicht **14** kann sehr dünn sein, sogar bis hinab zu etwa 10 Å.

[0063] Sobald die Grenzschicht **14** gebildet ist, wird der übrige dielektrische Film **12** aufgebracht, d. h. die Volumenschicht **16**, vorzugsweise in einem kontinuierlichen chemischen Bedampfungsverfahren mit Abscheidung der Grenzschicht **14**. Es ist jedoch möglich, daß solche Schichten in einem mehrstufigen Abscheidungsprozeß aufgebracht werden. Vorzugsweise weist die Volumenschicht **16** einen Titan-gehalt von etwa 50,0 Atom-% bis etwa 53,5 Atom-% auf. Dementsprechend führt die vorliegende Erfindung vorzugsweise zur Bildung einer kontrollierten Grenzschicht **14** (z. B. einer im Vergleich zur Volumenschicht **16** titanarmen Schicht), die eine Dielektrizitätskonstante aufweist, die größer oder gleich der Dielektrizitätskonstanten der Volumenschicht **16** ist, was bei der Verringerung/Beseitigung der scheinbaren Dickenabhängigkeit der Dielektrizitätskonstanten in BST-Filmen wirksam sein kann. Mit anderen Worten, man erhält dadurch das gewünschte Verhältnis (Ba + Sr)/Ti in der Grenzschicht **14** bezüglich des Verhältnisses (Ba + Sr)/Ti in der Volumenschicht **16**, um wünschenswerte dielektrische Eigenschaften für den BST-Film **12** zu erzielen.

[0064] Ferner kann gemäß der vorliegenden Erfindung für einen gegebenen Titanzielgehalt in Atom-% die Steuerung des Verhältnisses von Barium zu Strontium (Ba/Sr) auch dazu benutzt werden, um Probleme mit der Dielektrizitätskonstanten der Grenzschicht zu vermindern oder sogar zu beseitigen. Die Bildung einer strontiumarmen Schicht (d. h. einer bariumreichen Schicht) in den frühen Keimbildungsstadien sorgt für solche Ergebnisse. Vorzugsweise ist das Verhältnis Ba/Sr im Film in den frühen Keimbildungsstadien (d. h. in der Grenzschicht **14**) größer als 1 (d. h. in der Schicht **14** ist zumindest ein kleiner Anteil mehr Ba enthalten als Sr).

[0065] Zusammenfassend läßt sich daher sagen, daß die Steuerung des Gehalts der Grenzschicht **14** des dielektrischen Films **12** bezüglich der Volumenschicht **16** des dielektrischen Films **12** für eine wünschenswerte Verminderung/Beseitigung von Größeneffekt-Problemen sorgt, wie sie hierin beschrieben werden. In einem BST-Film wird eine solche Kontrolle des Gehalts der Grenzschicht bereitgestellt, indem das Verhältnis (Ba, Sr)/Ti in der Grenzschicht **14** gesteuert wird, und/oder kann durch Steuerung des Ba/Sr-Verhältnisses für ein bestimmtes (Ba, Sr)/Ti-Verhältnis (d. h. für einen gegebenen Titan-gehalt in Atom-%) gesteuert werden. Vorzugsweise werden sowohl das (Ba, Sr)/Ti-Verhältnis als auch

das Ba/Sr-Verhältnis gesteuert.

[0066] Der Fachmann wird erkennen, daß zum Erzielen der oben beschriebenen gewünschten Verhältnisse (z. B. des gewünschten Ba-, Sr- und Ti-Gehalts) verschiedene Verfahren angewandt werden können. Vorzugsweise wird die Konzentration des titanhaltigen Vorläufers bezüglich der anderen metallorganischen Vorläufer in den frühen Keimbildungsstadien im Abscheidungsprozeß (z. B. während der ersten 50 Sekunden der Abscheidung) gegenüber der Konzentration des titanhaltigen Vorläufers während der Bildung der Volumenschicht **16** des Films **12** eingestellt. Durch Verringern des Anteils des titanhaltigen Vorläufers in der Reaktionskammer während dieser Frühstadien kann der Titangehalt in dem Film verringert werden, was zu einer Zunahme der Dielektrizitätskonstanten der Grenzschicht **14** führt. Eine solche Steuerung der Konzentration des titanhaltigen Vorläufers während des Abscheidungsprozesses wird vorzugsweise durch Steuern des Zuflusses der Vorläufer zur Reaktionskammer ausgeführt. Beispielsweise können die Zuflüsse des bariumhaltigen metallorganischen Vorläufers, des strontiumhaltigen metallorganischen Vorläufers und des titanhaltigen metallorganischen Vorläufers getrennt gesteuert werden, um das gewünschte (Ba+Sr)/Ti-Verhältnis in dem dielektrischen Film und/oder das gewünschte Ba/Sr-Verhältnis in dem dielektrischen Film zu erreichen. Ferner können zum Beispiel, wie hierin weiter oben beschrieben, der bariumhaltige metallorganische Vorläufer und der strontiumhaltige metallorganische Vorläufer in einem einzigen Behälter vermischt werden, um das gewünschte Ba/Sr-Verhältnis zu erzielen, und der Zufluß des vermischten bariumhaltigen metallorganischen Vorläufers/strontiumhaltigen metallorganischen Vorläufers sowie der Zufluß des titanhaltigen metallorganischen Vorläufers können so gesteuert werden, daß das gewünschte (Ba+Sr)/Ti-Verhältnis in dem dielektrischen Film erreicht wird. Um beispielsweise den Titangehalt in der Grenzschicht **14** zu verringern, kann eine Zuflußgeschwindigkeit des titanhaltigen metallorganischen Vorläufers benutzt werden, die geringer ist als diejenige, die für die Volumenschicht **16** verwendet wird. Ferner kann die Zuflußgeschwindigkeit des bariumhaltigen metallorganischen Vorläufers und/oder des strontiumhaltigen metallorganischen Vorläufers bei der Ausbildung der Grenzschicht **14** gegenüber der Zuflußgeschwindigkeit dieser Vorläufer bei der Ausbildung der Volumenschicht **16** erhöht werden.

[0067] Der Fachmann wird erkennen, daß verschiedene Abscheidungsparameter oder -bedingungen variiert werden können, um den Anteil der Vorläufer in der Reaktionskammer zu steuern. Zum Beispiel kann durch Erhöhen der Temperatur oder des Drucks eines Druckmischbehälters der Anteil eines in die Reaktionskammer abgegebenen Vorläufers erhöht werden.

[0068] Der Fachmann wird verstehen, daß zum Erzielen eines ähnlichen Effekts in anderen titanhaltigen dielektrischen Filmen, wenn die Stöchiometrie der Grenzschicht **14** eine Rolle bei den Eigenschaften der Filme spielt, die Konzentration des titanhaltigen Vorläufers bezüglich der anderen metallorganischen Vorläufer zu Beginn des Abscheidungsprozesses (z. B. während der ersten 50 Sekunden der Abscheidung) eingestellt werden könnte, um die Dielektrizitätskonstante der Grenzschicht **14** vor der Abscheidung der Volumenschicht **16** zu erhöhen. Ferner ist das allgemeine Gesamtkonzept der Steuerung der Atom-% Konzentration eines oder mehrerer Elemente in der Grenzschicht **14** bezüglich der Volumenschicht **16** eines dielektrischen Films **12** ebenso auf andere dielektrische Filme anwendbar wie auf titanhaltige dielektrische Filme. Wie hierin weiter oben beschrieben, kann beispielsweise die Steuerung der Zusammensetzung einer oder mehrerer Metallkomponenten in der Grenzschicht in jedem metallhaltigen dielektrischen Film, z. B. in einem dielektrischen Film, der unter Verwendung von einem oder mehreren metallorganischen Vorläufern gebildet wird, benutzt werden, um zu verhindern, daß durch die Stöchiometrie der Grenzschicht **14** die Dielektrizitätskonstante des dielektrischen Films **12** verringert wird; bei solchen metallhaltigen dielektrischen Filmen handelt es sich vorzugsweise um dielektrische Filme, die mehrere Metallkomponenten aufweisen und unter Verwendung von mehr als einem metallorganischen Vorläufer gebildet werden. Beispielsweise kann der Gehalt einer oder mehrerer der Komponenten Barium, Strontium, Blei, Zirconium, Bismuth, Tantal, Niob, Lithium und Lanthan bei der Bildung eines dielektrischen Films **12** gesteuert werden, wie z. B. Ta₂O₅, BaTiO₃, SrTiO₃, PbTiO₃, Pb(Zr,Ti)O₃ [Blei-Zirconium-Titanat oder PZT], (Pb,La)(Zr,Ti)O₃ [PLZT], (Pb,La)TiO₃ [PLT], KNO₃, LiNbO₃, Sr_xBi_{1-x}Ta₇O₉ [Strontium-Bismuth-Tantalat oder SBT], SrBiNbTaO [Strontium-Bismuth-Niob-Tantalat oder SBTN] und SrBiNb [Strontium-Bismuth-Niob oder SBN].

[0069] Vorzugsweise wird die Steuerung der Zusammensetzung in der Grenzschicht bei Dünnschichten mit einer Dicke von weniger als 600 Å angewandt, um die hierin beschriebenen Größeneffekt-Probleme zu bekämpfen, d. h. eine Zunahme der Dielektrizitätskonstante mit dünner werdendem Film. Solche Verfahren können jedoch auch auf Filme mit größeren Dicken anwendbar sein. Zum Beispiel können PZT-Filme eine so große Dicke wie 3000 Å aufweisen und aus den hier beschriebenen Verfahren Nutzen ziehen.

[0070] Nach der Abscheidung können dielektrische Filme unter Anwendung eines herkömmlichen Oberflächenanalyseverfahrens analysiert werden, wie z. B. durch röntgenstrahlungeregte Photoelektronenspektroskopie (XPS), Auger-Elektronenspektroskopie (AES) oder durch Transmissions-Elektronenmik-

roskopieverfahren (unter Anwendung energiedispersiver Analysen), um ein Tiefenprofil zur Bestimmung der relativen Titananteile in der Grenzschicht **14** und der Volumenschicht **16** des erfindungsgemäß ausgebildeten dielektrischen Films **12** zu erzeugen. Wie oben erwähnt, weist die Grenzschicht **14** vorzugsweise einen Titananteil auf, der kleiner oder gleich dem der Volumenschicht **16** ist. Vorzugsweise weist die Grenzschicht **14** etwa 1 Atom-% bis etwa 3 Atom-% weniger Titan als die Volumenschicht **16** auf.

C. Substratbaugruppen

[0071] Für die Substratbaugruppe **10** können beliebige Materialtypen verwendet werden, umfassend Metalle, Graphite, Halbleiter, Isolatoren, Keramiken und dergleichen, solange die Substratbaugruppe unter den Abscheidungsbedingungen nicht wesentlich an Qualität verliert und die Oberfläche der Substratbaugruppe, auf welcher der erfindungsgemäße dielektrische Film ausgebildet wird, kompatibel ist, um gemäß der vorliegenden Erfindung vorteilhaft zu sein. Für eine Kondensatorstruktur weist die Substratbaugruppe **10** z. B. vorzugsweise Elektrodenmaterialien auf wie diejenigen, die hierin weiter oben und weiter unten beschrieben werden.

[0072] Das vorliegende Verfahren kann für eine konturgetreue Abscheidung sorgen, so daß das Material als kontinuierliche Schicht in Vertiefungen, Gräben und Löchern und über abgestuften Oberflächen aufgebracht werden kann, wie z. B. denjenigen, die topologisch mikrostrukturiert sind, einschließlich Oberflächen mit relativ hohen Seitenverhältnissen sowie ebener Oberflächen. Die Substratbaugruppe kann eine Oberfläche von jeder gewünschten, entweder regelmäßigen oder unregelmäßigen Form aufweisen. Zum Beispiel sind solche Substratbaugruppen, auf die der Film aufgebracht wird, vorzugsweise Elektrodenflächen zur Verwendung bei der Ausbildung von Kondensatoren, wie etwa Planarzellen, Grabenzellen (z. B. Grabenkondensatoren mit doppelten Seitenwänden), gestapelte Zellen (Kronen-, V-Zelle, Delta-Zelle, mehrfingrige oder in Behältern gestapelte Kondensatoren), wie sie beispielsweise in US-A-5 392 189 (Fazan et al.) oder in US-A-5 270 241 (Dennison et al.) beschrieben werden.

[0073] In [Fig. 2](#) weist die Struktur **31** eine Kondensatorstruktur **33** auf, die bezüglich einer Substratbaugruppe **30** ausgebildet ist. Die Kondensatorstruktur **33** weist einen dielektrischen Film **34** auf, der erfindungsgemäß auf einer unteren Elektrode **32** ausgebildet ist, die auf die Substratbaugruppe **30** aufgebracht wird. Die Elektrode **32** kann nach irgendeinem herkömmlichen Verfahren ausgebildet werden, z. B. durch chemische Bedampfung, Sputterbeschichtung und dergleichen. Die Elektrode **32** ist aus einem oder mehreren leitfähigen Materialien gebildet. Zum Beispiel kann die Elektrode **32** eine oder mehrere

Schichten oder Filme umfassen, die Platin, Titan, Tantal, Ruthenium, Osmium, Eisen, Rhodium, Cobalt, Nickel, Iridium, Cer, Wolfram, Aluminium, Kupfer, Palladium und/oder leitfähige Nitride oder Oxide davon (z. B. Oxide, Nitride, Oxynitride) aufweisen.

[0074] Die Elektrode **32** kann auf eine oder mehrere Schichten oder Filme der Substratbaugruppe **30** aufgebracht werden. Zum Beispiel kann die Elektrode **32** über einer Sperrschicht ausgebildet werden, die selbst über einem weiteren Film ausgebildet werden kann, wie z. B. einer Haftschrift. Zu den für solche Filme verwendbaren Materialien können beispielsweise TiN, Ti, W, Rh, Ru, Ir, RhO₂, RuO₂, TiON, TiSiN, WN, WSiN, TaN, TiAl, TaSiN, TiB, TiAlN, TiBN, WBN gehören. Der Fachmann wird erkennen, daß die Elektrodenstruktur mehrere Filme oder Schichten und verschiedene Materialien aufweisen kann. An sich ist die vorliegende Erfindung nicht auf irgendein bestimmtes Elektrodenmaterial beschränkt.

[0075] Über der unteren Elektrode **32** wird gemäß der vorliegenden Erfindung vorzugsweise ein dielektrischer Film **34** ausgebildet, wie hierin beschrieben. Wie oben erwähnt, werden für viele Bauelemente Materialien, die sich zur Ausbildung von Filmen aus Materialien mit hoher Dielektrizitätskonstante eignen, aus der Gruppe ausgewählt, die Ta₂O₅, Ba_ySi_(1-y)TiO₃ [Barium-Strontium-Titanat oder BST], BaTiO₃, SrTiO₃, PbTiO₃, Pb(Zr,Ti)O₃ (Blei-Zirconium-Titanat oder PZT), (Pb,La)(Zr,Ti)O₃ [PLZT], (Pb,La)TiO₃ [PLT], KNO₃, LiNbO₃, Sr_xBi_(1-x)Ta₇O₉ [Strontium-Bismuth-Tantalat oder SBT], SrBiNbTaO [Strontium-Bismuth-Niob-Tantalat oder SBTN], SrBiNb [Strontium-Bismuth-Niob oder SBN] und eine Kombination daraus umfaßt. In einer Ausführungsform wird ein erfindungsgemäß ausgebildeter BST-Film direkt über einem Platinfilm ausgebildet (z. B. einer unteren Platinelektrode).

[0076] Gemäß der vorliegenden Erfindung ist der dielektrische Film **34** vorzugsweise ein titanhaltiger dielektrischer Film, wie oben unter Bezugnahme auf [Fig. 1](#) beschrieben. Das heißt, der dielektrische Film **34** umfaßt vorzugsweise eine Grenzschicht und eine Volumenschicht, wobei die Dielektrizitätskonstante in der Grenzschicht vorzugsweise kleiner oder gleich der Dielektrizitätskonstanten in der Volumenschicht ist. In einem dielektrischen BST-Film umfaßt die Grenzschicht z. B. vorzugsweise etwa 1 Atom-% bis etwa 3 Atom-% Titan weniger als die Volumenschicht.

[0077] Die Baugruppeneinheit **30** kann verschiedene Elemente aufweisen. Zum Beispiel kann die Substratbaugruppe Feldoxidbereiche, aktive Bereiche (d. h. diejenigen Bereiche eines Siliciumsubstrats, die nicht von Feldoxid bedeckt sind), in denen aktive Bauelemente wie z. B. Feldeffekttransistoren (FET) ausgebildet werden können, usw. aufweisen.

[0078] Nach der Ausbildung des dielektrischen Films **34** kann eine obere Elektrode **36** vorgesehen werden, um die Speicherkondensatorstruktur **33** zu bilden. Beispielsweise kann die obere Elektrode **36** durch chemische Bedampfung oder Sputtern eingebracht werden. Vorzugsweise umfassen die oberen Elektroden ein leitfähiges Material, wie z. B. diejenigen, die oben für die Elektrode **32** beschrieben wurden, oder irgendein anderes leitfähiges Material, das typischerweise als Kondensatorelektroden Verwendung findet.

[0079] Verschiedene Modifikationen und Abänderungen der vorliegenden Erfindung werden für den Fachmann offensichtlich sein, ohne vom Umfang der vorliegenden Erfindung abzuweichen, und es versteht sich, daß die vorliegende Erfindung nicht auf die vorstehend dargestellten Erläuterungsbeispiele beschränkt ist.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Anwendung bei der Fertigung integrierter Schaltkreise, aufweisend die Bildung eines titanhaltigen dielektrischen Films (**12**), wobei die Bildung des titanhaltigen dielektrischen Films (**12**) aufweist:

Bildung einer titanhaltigen dielektrischen Grenzschicht (**14**) zumindest auf einem Teil einer Oberfläche der Substratbaugruppe (**10**) und Bildung einer titanhaltigen dielektrischen Volumenschicht (**16**), wobei der Titangehalt in Atom-% in der Grenzschicht (**14**) niedriger ist als der Titangehalt in Atom-% in der Volumenschicht (**16**), und wobei die Grenzschicht (**14**) eine Dicke von weniger als der halben Gesamtdicke des dielektrischen Films (**12**) aufweist.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der dielektrische Film (**12**) ein Material aufweist, das aus der Gruppe ausgewählt ist, die BaSrTiO_3 ; BaTiO_3 ; SrTiO_3 ; PbTiO_3 ; $\text{Pb}(\text{Zr},\text{Ti})\text{O}_3$; $(\text{Pb},\text{La})(\text{Zr},\text{Ti})\text{O}_3$; $(\text{Pb},\text{La})\text{TiO}_3$ und eine Kombination daraus umfaßt.

3. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Bildung der titanhaltigen Grenzschicht (**14**) die Zufuhr eines ersten metallorganischen Vorläufers und eines titanhaltigen metallorganischen Vorläufers zu einer chemischen Bedampfungskammer aufweist, welche die Substratbaugruppe (**10**) enthält, wobei eine Konzentration des ersten metallorganischen Vorläufers und des titanhaltigen metallorganischen Vorläufers in der chemischen Bedampfungskammer so gewählt ist, daß für die Grenzschicht (**14**) bezüglich der Volumenschicht (**16**) eine im wesentlichen gleiche oder höhere Dielektrizitätskonstante erreicht wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3, wobei die Bildung der titanhaltigen Grenzschicht (**14**) die Verminderung einer Durchflußgeschwindigkeit des titanhaltigen me-

tallorganischen Vorläufers während einer ersten vorgegebenen Zeitspanne für die Bildung der Grenzschicht (**14**) gegenüber der Durchflußgeschwindigkeit des titanhaltigen metallorganischen Vorläufers während einer vorgegebenen Zeitspanne für die Bildung der Volumenschicht (**16**) oder eine Erhöhung der Durchflußgeschwindigkeit des ersten metallorganischen Vorläufers während einer ersten vorgegebenen Zeitspanne für die Bildung der Grenzschicht (**14**) gegenüber der Durchflußgeschwindigkeit des ersten metallorganischen Vorläufers während einer vorgegebenen Zeitspanne für die Bildung der Volumenschicht (**16**) aufweist.

5. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Bildung des titanhaltigen dielektrischen Films (**12**) die Bildung eines Barium-Strontium-Titanat-Films zumindest auf einem Teil der Oberfläche der Substratbaugruppe aufweist, wobei der Barium-Strontium-Titanat-Film die Grenzschicht (**14**) mit einem Titangehalt in Atom-% kleiner oder gleich dem Titangehalt in Atom-% in der Volumenschicht (**16**) des Films aufweist.

6. Verfahren nach Anspruch 5, wobei die Volumenschicht (**16**) des Barium-Strontium-Titanat-Films 50,0 Atom-% bis 53,5 Atom-% Titan aufweist.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 6, wobei die Grenzschicht (**14**) 1 Atom-% bis 3 Atom-% Titan weniger als die Volumenschicht (**16**) aufweist.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 7, wobei der Barium-Strontium-Titanat-Film weniger als 600 Å dick ist.

9. Verfahren nach Anspruch 5, wobei die Oberfläche der Substratbaugruppe (**10**) eine erste Elektrode mit einer Oberfläche aufweist, und wobei ferner der dielektrische Barium-Strontium-Titanat-Film (**12**) zumindest auf einem Teil der Oberfläche der ersten Elektrode ausgebildet ist, wobei der Barium-Strontium-Titanat-Film aufweist:

eine Barium-Strontium-Titanat-Grenzschicht zumindest auf dem Teil der Oberfläche der ersten Elektrode, und eine Barium-Strontium-Titanat-Volumenschicht, die 50 Atom-% bis 53,5 Atom-% Titan aufweist, wobei die Grenzschicht 1 Atom-% bis 3 Atom-% weniger Titan als die dielektrische Volumenschicht aufweist; und wobei das Verfahren ferner die Bildung einer zweiten Elektrode zumindest auf einem Teil des dielektrischen Barium-Strontium-Titanat-Films aufweist.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 9, wobei die Grenzschicht (**14**) einen größeren Bariumgehalt in Atom-% als den Strontiumgehalt in Atom-% aufweist.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 9,

wobei die Bildung des Barium-Strontium-Titanat-Films die Zufuhr eines bariumhaltigen metallorganischen Vorläufers, eines strontiumhaltigen metallorganischen Vorläufers und eines titanhaltigen metallorganischen Vorläufers zu einer chemischen Bedampfungskammer aufweist, die die Substratbaugruppe enthält, wobei eine Konzentration des bariumhaltigen metallorganischen Vorläufers, des strontiumhaltigen metallorganischen Vorläufers und des titanhaltigen metallorganischen Vorläufers in der chemischen Bedampfungskammer so gewählt ist, daß die gebildete Grenzschicht (14) 1 Atom-% bis 3 Atom-% Titan weniger als der Titangehalt in Atom-% in der Volumenschicht (16) aufweist.

12. Verfahren nach Anspruch 11, wobei die Bildung des Barium-Strontium-Titanat-Films die anschließende Zufuhr des bariumhaltigen metallorganischen Vorläufers, des strontiumhaltigen metallorganischen Vorläufers und des titanhaltigen metallorganischen Vorläufers zur chemischen Bedampfungskammer aufweist, so daß die Volumenschicht (16) mit 50,0 bis 53,5 Titan gebildet wird.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 12, wobei die Grenzschicht (14) in weniger als 50 Sekunden nach der anfänglichen Zufuhr der metallorganischen Vorläufer zur chemischen Bedampfungskammer gebildet wird.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 13, wobei die Bildung der Grenzschicht (14) und der Volumenschicht (16) unter im wesentlichen kontinuierlicher chemischer Bedampfung ausgeführt wird.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 14, wobei die Grenzschicht (14) dünner ist als die Volumenschicht (16).

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 15, wobei die Bildung des Barium-Strontium-Titanat-Films die Steuerung der Zuflußgeschwindigkeit eines oder mehrerer von den bariumhaltigen, strontiumhaltigen oder titanhaltigen metallorganischen Vorläufern zur chemischen Bedampfungskammer aufweist.

17. Verfahren zur Bereitstellung eines dielektrischen Films (12), wobei das Verfahren die Bildung eines dielektrischen Films (12) unter Verwendung eines oder mehrerer metallorganischer Vorläufer aufweist, wobei die Bildung eines dielektrischen Films (12) aufweist:

Bildung einer dielektrischen Grenzschicht (14) auf einer Oberfläche einer Substratbaugruppe (10) unter Verwendung des einen oder der mehreren metallorganischen Vorläufer; und

Bildung einer dielektrischen Volumenschicht (16) auf der dielektrischen Grenzschicht (14), wobei der Gehalt in Atom-% mindestens einer in der Grenzschicht

(14) enthaltenen Metallkomponente so gesteuert wird, daß für die dielektrische Grenzschicht (14) eine Dielektrizitätskonstante erreicht wird, die größer oder gleich der Dielektrizitätskonstanten der dielektrischen Volumenschicht (16) ist; und wobei die Grenzschicht (14) eine Dicke von weniger als der halben Gesamtdicke des dielektrischen Films (12) aufweist.

18. Verfahren nach Anspruch 17, wobei der eine oder die mehreren metallorganischen Vorläufer aus der Gruppe ausgewählt sind, die bariumhaltigen metallorganischen Vorläufer, strontiumhaltigen metallorganischen Vorläufer, bleihaltigen metallorganischen Vorläufer, zirkoniumhaltigen metallorganischen Vorläufer, bismuthaltigen metallorganischen Vorläufer, titanhaltigen metallorganischen Vorläufer, tantalhaltigen metallorganischen Vorläufer, niobhaltigen metallorganischen Vorläufer, lithiumhaltigen metallorganischen Vorläufer und lanthanhaltigen metallorganischen Vorläufer umfaßt, wobei der Atom-% Gehalt mindestens eines der Elemente Barium, Strontium, Blei, Zircon, Bismuth, Titan, Tantal, Niob, Lithium und Lanthan in der Grenzschicht (14) so gesteuert wird, daß für die Grenzschicht (14) eine höhere Dielektrizitätskonstante als in der Volumenschicht (16) erzielt wird.

19. Verfahren nach Anspruch 17, wobei der dielektrische Film (12) ein Material aufweist, das aus der Gruppe ausgewählt ist, die BaSrTiO_3 ; BaTiO_3 ; SrTiO_3 ; PbTiO_3 ; $\text{Pb}(\text{Zr},\text{Ti})\text{O}_3$; $(\text{Pb},\text{La})(\text{Zr},\text{Ti})\text{O}_3$; $(\text{Pb},\text{La})\text{TiO}_3$; Ta_2O_5 ; $(\text{Pb},\text{La})\text{TiO}_3$; KNO_3 ; LiNbO_3 ; $\text{Sr}_x\text{Bi}_{1-x}\text{Ta}_7\text{O}_9$; SrBiNbTaO ; SrBiNb und eine Kombination daraus umfaßt.

20. Verfahren nach einem der Ansprüche 17 bis 19, wobei der Gehalt in Atom-% mindestens eines der in der Grenzschicht (14) enthaltenen Metalle durch Steuern einer Zuflußgeschwindigkeit mindestens eines von dem einen oder den mehreren metallorganischen Vorläufern zu einer chemischen Bedampfungskammer gesteuert wird.

21. Verfahren nach einem der Ansprüche 17 bis 20, wobei die Grenzschicht (14) in einem frühen Kristallkeimbildungsstadium nach der anfänglichen Zufuhr des einen oder der mehreren metallorganischen Vorläufer zu einer chemischen Bedampfungskammer gebildet wird.

22. Titanhaltiger dielektrischer Film (12), der aufweist:

eine titanhaltige Grenzschicht (14); und eine auf der Grenzschicht (14) ausgebildete titanhaltige Volumenschicht (16), wobei ein Titangehalt in Atom-% in der Grenzschicht (14) niedriger ist als ein Titangehalt in Atom-% in der Volumenschicht (16), und wobei die Grenzschicht (14) eine Dicke von weniger als der halben Gesamtdicke des dielektrischen

Films **(12)** aufweist.

23. Dielektrischer Film **(12)** nach Anspruch 22, wobei der titanhaltige dielektrische Film **(12)** ein Material aufweist, das aus der Gruppe ausgewählt ist, die BaSrTiO_3 ; BaTiO_3 ; SrTiO_3 ; PbTiO_3 ; $\text{Pb}(\text{Zr,Ti})\text{O}_3$; $(\text{Pb,L a})(\text{Zr,Ti})\text{O}_3$; $(\text{Pb,L a})\text{TiO}_3$ und eine Kombination daraus aufweist.

24. Dielektrischer Film **(12)** nach einem der Ansprüche 22 bis 23, wobei eine Dicke der titanhaltigen Grenzschicht **(14)** kleiner als die halbe Gesamtdicke eines dielektrischen Films **(12)** ist.

25. Dielektrischer Film **(12)** nach einem der Ansprüche 22 bis 24, wobei der titanhaltige dielektrische Film **(12)** weniger als 600 Å dick ist.

26. Dielektrischer Film **(12)** nach einem der Ansprüche 22 bis 25, wobei die Grenzschicht **(14)** 1 Atom-% bis 3 Atom-% weniger Titan als die Volumenschicht **(16)** aufweist.

27. Dielektrischer Film **(12)** nach einem der Ansprüche 22 bis 26, wobei die Volumenschicht **(16)** 50 Atom-% bis 53,5 Atom-% Titan aufweist.

28. Dielektrischer Film **(12)** nach einem der Ansprüche 22 bis 27, wobei der dielektrische Film ein Barium-Strontium-Titanat-Film ist.

29. Dielektrischer Film **(12)** nach Anspruch 28, wobei der Bariumgehalt in Atom-% der Grenzschicht **(14)** höher ist als ihr Strontiumgehalt in Atom-%.

30. Kondensatorstruktur **(33)**, die den dielektrischen Film **(34)** nach einem der Ansprüche 22 bis 29 aufweist, wobei die Kondensatorstruktur **(33)** aufweist:

eine erste leitfähige Elektrode **(32)**, wobei zumindest auf einem Teil der ersten leitfähigen Elektrode **(32)** der titanhaltige dielektrische Film **(34)** ausgebildet ist; und

eine zweite leitfähige Elektrode **(36)**, die zumindest auf einem Teil des titanhaltigen dielektrischen Films **(34)** ausgebildet ist.

31. Speicherzellenstruktur, welche die Kondensatorstruktur **(33)** nach Anspruch 30 aufweist.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

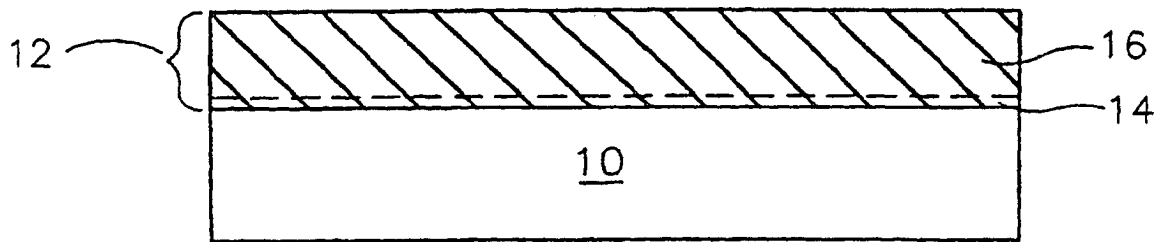


FIG. 1

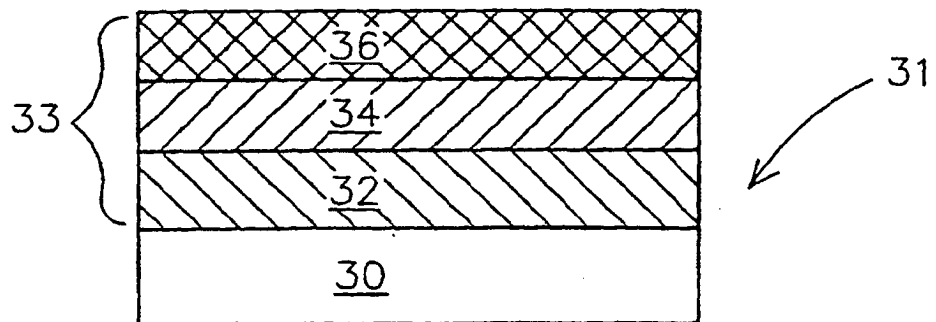


FIG. 2