(19) Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 196 13 669 B4** 2004.10.21

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **196 13 669.5**
(22) Anmeldetag: **04.04.1996**
(43) Offenlegungstag: **10.10.1996**
(45) Veröffentlichungstag der Patenterteilung: **21.10.2004**

(51) Int Cl.[7]: **H01L 21/3205**
// H01L 21/8242

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

(30) Unionspriorität:
95-8133 07.04.1995 KR

(71) Patentinhaber:
Hyundai Electronics Industries Co., Ltd., Ichon, Kyonggi, KR

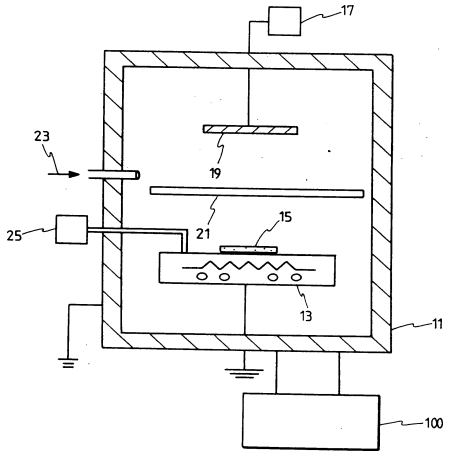
(74) Vertreter:
PAe Reinhard, Skuhra, Weise & Partner GbR, 80801 München

(72) Erfinder:
Lee, Won Jae, Ichon, Kyoungki, KR; Lee, Seaung Suk, Ichon, Kyoungki, KR

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:
DE 29 09 804 A1
US 40 51 010
EP 06 09 081 A2
EP 05 35 736 A1
JP 59-2 04 234 A
JP 03-1 14 230 A
JP 03-93 232 A
BING-YUE TSUI, MAO-CHIEH CHEN: Dielectric Degradation Of Pt/SiO2/Si Structures During Thermal Annealing. In: Solid-State Electronics, Vol.36, No.4, 1993, S.583-593;
JP Patents Abstracts of Japan:
3- 93232 A.,E-1088,July 11,1991,Vol.15,No.273;
3-114230 A.,E-1098,Aug. 8,1991,Vol.15,No.311;
ADAMS,E.D.,AHN,K.Y.,BRODSKY,S.B.: Formation of
TiSi2 and TiN during nitrogen annealing of magnetron sputtered Ti films, In: J. Vac. Sci. Technol. A3(6), Nov./Dec. 1985, S.2264-2267;
SCHUMICKI,G., SEEGEBRECHT,P.: Prozeßtechnologie,
In:
ENGL,WALTER,BRIEDRICH,HANS,WEINERTH,HANS
(Hrsg.): Mikroelektronik, Berlin(u.a.): Springer, 1991, S.244-249;
REYNOLDS,G.J.: Low Pressure Chemical Vapar Depo-
sition of Tantalum Silicide, In: J. Electrochem. Soc.: Solid State Science and Technology,Vol.135, No.6, June 1988, S.1483-1490;
WOLF,S., TAUBER,R.N.: Silicon Processing for the VLSI Era, Volume 1, 1986, S.331-374;

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Herstellung eines Halbleiterelements mit einer Platinschicht**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zum Herstellen eines hochintegrierten Halbleiterbauelements mit den folgenden Schritten:
Halten einer Reaktionskammer (11) in der ein Wafer (15) angeordnet ist, auf dessen Oberfläche ein Siliziumoxidfilm gebildet ist, in einem Hochvakuumzustand, der von einigen 10^{-3} Pa bis zu einigen 10^{-4} Pa reicht;
Heizen des Wafers (15) auf eine Temperatur zwischen 350°C und 450°C;
Ausführen eines Vor-Sputterprozesses durch Einleiten eines inerten Gases in die Reaktionskammer (11) in einem Zustand, bei dem eine Blende zwischen dem Platintarget (19) und dem Wafer (15) angeordnet ist. Ausführen eines Sputterprozesses unter Verwendung des Platintargets (19) bei einer Temperatur innerhalb eines Bereichs von 350°C bis 450°C unter Verwendung einer Spannung im Bereich zwischen 270 V bis 310 V mit einem Strom, der zwischen 0,05 A und 1,0 A liegt, zur Ausbildung einer Platinschicht für eine Unterlagenelektrode eines Kondensators über dem Siliziumoxidfilm nachdem die Blende (21) geöffnet worden ist;
Stabilisieren der Platinschicht durch...



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen von Halbleiterelementen, und insbesondere eine Technik zur Bildung einer glatten Unterlagenelektrode mit dichter Struktur, um einen dielektrischen Film zu bilden, der eine hohe Dielektrizitätskonstante aufweist, bei der Herstellung von Kondensatoren für hochintegrierte Halbleiterelemente.

[0002] Typischerweise werden Elektroden von dielektrischen Elementen in DRAMs und nicht-flüchtigen FRAMs als Unterlagenelektroden für dielektrische Dünnfilme zur Ladungsspeicherung verwendet. Sie werden auch als Unterlagenelektroden für Dünnfilme von Displayelementen in Dünnfilm-Infrarotsensoren, optischen Speichern, optischen Schaltern und optischen Modulatoren verwendet.

[0003] Im Falle von DRAMs, die derartige Unterlagenelektroden verwenden und Einheitszellen enthalten, von denen jede aus einem MOS-Transistor und einem Kondensator besteht, kann die Kapazität C des Kondensators durch folgende Gleichung ausgedrückt werden:

$$C = (EO \times Er \times A) / T$$

wobei EO die Dielektrizitätskonstante im Vakuum, Er die Dielektrizitätskonstante des dielektrischen Films, A die Fläche des Kondensators und T die Dicke des dielektrischen Films darstellen. Wie aus der die Kapazität C betreffenden Gleichung hervorgeht, ist die Kapazität proportional zur Oberfläche der Speicherelektrode. In diesem Hinblick ist es schwierig, eine ausreichende Kapazität in hochintegrierten Halbleiterelementen zu erzielen, weil die hohe Integration von Halbleiterelementen unvermeidlich eine Verminderung der Zellenabmessung einschließt, wodurch die Oberfläche der Speicherelektrode reduziert bzw. verkleinert wird, zu der die Kapazität proportional ist. Im Fall von DRAM-Elementen ist es wichtig, die Zellenabmessung zu reduzieren und trotzdem eine hohe Kapazität für den Kondensator zugunsten einer hohen Integration zu erhalten. Wie aus der vorstehend angeführten Gleichung hervorgeht, kann die Kapazität C durch Bilden des dielektrischen Films unter Verwendung eines dielektrischen Materials erhöht werden, das eine hohe Dielektrizitätskonstante Er aufweist, während die Dicke T des dielektrischen Films reduziert wird. In diesem Fall dient jedoch die Oberflächenmorphologie einer Unterlagenelektrode, die unter dem dielektrischen Film angeordnet ist, als wesentlicher Faktor bei der Herstellung des Kondensators. Wenn beispielsweise die Unterelektrode eine raube Oberflächenmorphologie hat, nämlich Erhebungen und feiner Löcher in ihrer Oberfläche, kann eine Verschlechterung der elektrischen Eigenschaft, wie beispielsweise eine Kurzschluss aufgrund der Erhebungen und feinen Löcher auftreten. Ein derartiges Phänomen führt zur Verschlechterung der Stabilität und Gleichförmigkeit des Kondensators. Infolge davon ist es unmöglich, eine Verbesserung der Zuverlässigkeit der Produktivität von bzw. für Halbleitervorrichtungen sowie eine hohe Integration dieser Halbleitervorrichtungen zu erzielen.

Stand der Technik

[0004] In der Druckschrift „Adams, E.D., AHN, K.Y., Brodsky, S.B.: Formation of $TiSi_2$ and TiN during nitrogen annealing of magnetrons sputtered Ti films, In: J.VAC. Sci. TECHNOL. A3(6), Nov./Dec. 1985, S. 2264-2267" wird das Abscheiden einer Ti-Schicht mit einer Ablagerungsrate von 20 Å/s durch Sputtern und ein nachfolgendes Glühen in einer Stickstoffatmosphäre für eine bestimmte Zeitdauer bei unterschiedlichen Temperaturen zwischen 400 °C und 1100 °C beschrieben. Hinweise auf Verbesserung der Kristallstruktur des Titanfilms, der insbesondere von einem Platinfilm abweicht, bezüglich der Oberflächengüte (Rauhigkeit) und deren Dichte der Schicht erfolgen nicht.

[0005] Die Druckschrift „SCHUMICKI G., SEEGEBRECHT P.: Prozesstechnologie, In: ENGL Walter, FRIEDRICH Hans, WEINERTH Hans (Hrsg.): Mikroelektronik, Berlin (u.a.): Springer, 1991, Seite 244 – 249" lehrt eine positive Beeinflussung der Stufenbedeckung topographisch stark strukturierter Waferoberflächen durch ein kontrolliertes Aufheizen der Waferscheiben zwischen einer Temperatur von 200 °C bis 400 °C während des Sputterns durch eine erhöhte Oberflächenbeweglichkeit der gesputterten Atome.

[0006] In der Druckschrift „REYNOLDS Glyn J.: Low pressure chemical vapor deposition of Tantalum Silicide, In: J. Electrochem. Soc.: Solide state science and technology, Vol. 135, No. 6, June 1998, S. 1483-1490" wird ein in einer Vakuumkammer durchgeführter Niederdruck-Dampfabscheidungsprozess von $TaSi_2$ auf einem Wafer beschrieben, der in einer Niederdruck-Wasserstoff- oder einer Vakuumatmosphäre erfolgt. Es wird ein Aufheizen des Wafers auf etwa 650 C vor dem Abscheiden der insbesondere nichtaufgesputterten Schicht aufgeführt.

[0007] Die Druckschrift „Taubenblatt, M.A., Helms, C.R.: Silicide and Schottky barrier Formation in the Ti-Si and the $TiSiO_x$-Si systems, In: J. Appl. Phys. 53(9), September 1982, S. 6308– 6315" beschreibt die Diffusionsergebnisse in einem Schichtaufbau, in welchem Titan (insbesondere Nichtplatin) auf ein Siliziumsubstrat aufgesputtert wurde, wobei der Schichtaufbau einem Glühvorgang unter Ultrahochvakuumbedingungen mit einem Druck von weniger als 3×10^{-8}Pa durchgeführt wird.

[0008] Die Diffusionsergebnisse eines auf einem Siliziumsubstrat aufgesputterten Titanfilms, der in ei-

nem Vakuum mit einem Druck von einigen Zehntel-Pascal thermisch schnell geglüht wird (rapid thermal annealing (RTA)) beschreibt die Druckschrift „Joshida T., Fukumoto M:, Ohzone T.: Self-aligned titanium silicided junctions formed by rapid thermal annealing in vacuum, In: J. Electrochem. Soc., Vol. 135, No. 2, February 1988, S. 481 – 486". Es werden nur Schichten aus Titan beschrieben.

[0009] In dem Lehrbuch Wolf S., Tauber R.N.: Silicon processing for the VLSI ERA, Vol. 1, 1986, S. 331 – 374" ist das Ausführen eines Vor-Sputterprozesses bei geschlossener Blende zwischen einem Target und einem Wafer vor dem eigentlichen Sputterprozess zur Bereitstellung eines gesäuberten Targets für den eigentlichen Sputterprozess beschrieben.

Aufgabenstellung

[0010] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht unter Überwindung der vorstehend zum Stand der Technik genannten Probleme darin, ein Verfahren zum Herstellen eines Halbleiterelements mit einer Unterlagenelektrode zu schaffen, die aus einem Dünnfilm besteht, der eine hohe Dielektrizitätskonstante aufweist und in der Lage ist, Kurzschlüsse aufgrund von Erhebungen und feinen Löchern zu reduzieren, um eine verbesserte Zuverlässigkeit und Gleichförmigkeit des Halbleiterelements zu erreichen.

[0011] Gelöst wird diese Aufgabe durch die Merkmale des Anspruchs 1. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen genannt.

[0012] Gemäß einem Aspekt schafft die vorliegende Erfindung ein Verfahren zum Herstellen eines hochintegrierten Halbleiterelements, umfassend die Schritte: Halten einer Reaktionskammer, in welcher ein Wafer angeordnet ist, auf dessen Oberfläche ein Siliziumoxidfilm gebildet ist, in einem Hochvakuumzustand, Heizen des Wafers auf eine Temperatur zwischen 350 °C und 450 °C, Ausführen eines Vor-Sputterprozesses durch Einleiten eines inerten Gases in die Reaktionskammer in einem Zustand, bei dem eine Blende zwischen einem Platintarget und dem Wafer angeordnet ist, Ausführen eines Sputterprozesses unter Verwendung des Platintargets bei einer Temperatur innerhalb eines Bereiches von 350 °C bis 450 °C unter Verwendung einer Spannung im Bereich von 270 V bis 310 V mit einem Strom, der zwischen 0,05 A und 1,0 A liegt, zur Ausbildung einer Platinschicht für eine Unterlagenelektrode eines Kondensators über dem Siliziumoxidfilm nachdem die Blende geöffnet worden ist, Stabilisieren der Platinschicht durch Glühen des resultierenden Wafers in einer Vakuumatmosphäre, die unter einem Druck von mehreren 10^{-3} Pa bis mehreren 10^{-4} Pa gehalten wird, während der Wafer auf einer Temperatur gehalten wird, die von 600 °C bis 700 °C reicht, und langsames Abkühlen des Wafers in der Vakuumatmosphäre.

[0013] Gemäß einem weiteren Aspekt erfolgt bei dem Verfahren der Schritt Ausführen eines Vor-Sputterprozesses mit einem ersten Targetmaterial aus Tantal oder Titan, der Schritt Ausführen eines Sputterprozesses unter Verwendung des aus Tantal oder Titan bestehenden ersten Targetmaterials bei Normaltemperatur zur Ausbildung der Tantal- oder Titanschicht für eine Unterlagenelektrode eines Kondensators über den Siliziumoxidfilm, sowie ein weiterer Schritt Ausführen eines Sputterprozesses unter Verwendung eines zweiten aus Platin bestehenden Targetmaterials bei einer Temperatur innerhalb eines Temperaturbereichs von 350 °C bis 450 °C zur Ausbildung einer Platinschicht für eine Unterlagenelektrode eines Kondensators über der aus Tantal oder Titan bestehenden Schicht, und der Schritt Stabilisieren für die aus Tantal oder Titan bestehenden Schicht und die aus Platin bestehenden Schicht.

[0014] Gemäß der vorliegenden Erfindung ist es mit anderen Worten möglich, eine Unterlagenelektrode mit einer dichten und glatten Oberflächenmorphologie zu bilden. Dadurch können ferroelektrische Dünnfilme mit glatter Oberfläche und überlegender Kristallinität hergestellt werden.

Ausführungsbeispiel

[0015] Nachfolgend wird die Erfindung anhand der Zeichnung beispielhaft näher erläuterte es zeigen:

[0016] **Fig.** 1 eine schematische Ansicht einer typischen Magnetron-Sputter-Vorrichtung,

[0017] **Fig.** 2 eine Kurvendarstellung der Röntgenstrahlbeugungs(XRD)muster, die für unterschiedliche Abscheidungstemperaturen für die Unterlagenelektrode erzielt werden, wenn ein Platin-Dünnfilm über einem Siliciumwafer abgeschieden ist, um das Verfahren zur Bildung eines ferroelektrischen Films gemäß der vorliegenden Erfindung zu erläutern,

[0018] **Fig.** 3 eine Kurvendarstellung der Röntgenstrahlbeugungs(XRD)muster, die für unterschiedliche Abscheidungstemperaturen für die Unterlagenelektrode erzielt werden, wenn ein ferroelektrischer Dünnfilm, der aus Bariumstrontiumtitanid (BST) besteht, über einem Siliciumwafer abgeschieden ist, um das Verfahren zur Bildung eines ferroelektrischen Films gemäß der vorliegenden Erfindung zu erläutern, und

[0019] **Fig.** 4 eine Kurvendarstellung von Leckstromkennlinien von ferroelektrischen Dünnfilmen, die bei unterschiedlichen Abscheidungstemperaturen für die Unterlagenelektrode abgeschieden sind, die aus dem Platin-Dünnfilm besteht, abhängig von der Änderung der angelegten Spannung.

[0020] In **Fig.** 1 ist eine Sputter-Vorrichtung gezeigt, die verwendet wird, um Elektrodenelemente gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zu bilden, wobei eine Unterlagenelektrode mit Einzel- bzw. Einschichtstruktur gebildet wird. Wie in **Fig.** 1 gezeigt, umfaßt die Sputter-Vorrichtung eine Reaktionskammer **11**, in welcher eine Heizeinrichtung **13**, die an einen externen Temperaturfühler **25** angeschlossen ist, dazu angeordnet ist, die Reaktionskammer **11** auf einer gewünschten Temperatur zu halten, wie beispielsweise in einer Magnetron-Sputter-Vorrichtung. In der Reaktionskammer **11** ist ein Siliciumwafer **15**, auf dem eine Elektrodenschicht gebildet ist, auf dem zentralen Abschnitt der Heizeinrichtung **13** angeordnet. aber der Heizeinrichtung **13** ist in der Reaktionskammer **11** eine Blende **21** so angeordnet, daß die Dicke eines Platinfilms gesteuert werden kann, der über dem Wafer **15** abgeschieden wird. Ein hochreines Platintarget **19** ist über der Blende **21** in der Reaktionskammer **11** angeordnet. Das Platintarget **19** ist elektrisch an eine Gleichspannungsversorgungseinheit **17** angeschlossen. Die Reaktionskammer **11** ist mit einer Vakuumpumpe **100** so verbunden, daß sie auf einem Niederdruckzustand oder einem Hochvakuumzustand gehalten werden kann. Bevorzugt handelt es sich bei der Vakuumpumpe 100 um eine Diffusionspumpe zur Erzeugung eines hohen Vakuums im Bereich von mehreren 10^{-3} Pascal bis mehreren 10^{-4} Pascal. Die Heizeinrichtung **13** ist in ihrem Inneren mit Kantal so versehen, daß sie den Wafer **15** von normaler Temperatur auf 700°C durch Widerstandsbeheizung oder in anderer Weise erwärmen kann. Auf dem Wafer **15** wird in Übereinstimmung mit dem Sputterverfahren ein Platin enthaltender ferroelektrischer Film abgeschieden, um Kondensatorelektroden zu bilden. Alternativ kann der ferroelektrische Film Titan oder Tantal anstelle von Platin enthalten.

[0021] Nachfolgend wird das Verfahren zum Abscheiden einer Unterlagenelektrode für Kondensatoren über einem Wafer unter Verwendung der vorstehend erläuterten Sputter-Vorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung erläutert. Gemäß der vorliegenden Erfindung wird die Reaktionskammer **11** zunächst durch die Diffusionspumpe derart leergepumpt, daß sie in einem Vakuumzustand gehalten werden kann, der von mehreren 10^{-3} Pascal bis mehreren 10^{-4} Pascal reicht. Im Vakuumzustand der Reaktionskammer **11** wird der Wafer **15** auf eine Temperatur von 350°C bis 450°C für eine Zeitdauer erwärmt, die von 30 Minuten bis 1 Stunde dauert. Darauffolgend wird die Gleichspannungsversorgungseinheit **17** aktiviert, um Spannung eines bestimmten Pegels zuzuführen., während Inertgas in die erwärmte Reaktionskammer **11** so eingeleitet wird, daß eine Plasmaabscheidung ausgeführt wird. Das heißt, die Gleichspannungsversorgungseinheit **17** führt eine Spannung von 270 V bis 310 V und einen Strom von 0,05 A bis 0,01 A dem Platintarget **19** und dem Wafer **15** zu, die in der Reaktionskammer **11** angeordnet sind, in welcher Argongas **23** strömt. Infolge. davon wird ein Plasma erzeugt, wodurch Platin von dem Platintarget **19** dazu veranlaßt wird, sich über dem Wafer **15** abzuscheiden.

[0022] Um die Dicke des über dem Wafer **15** abgeschiedenen Platins zu steuern, wird ein Vorsputtern für eine ausreichend lange Zeit unter der Bedingung durchgeführt, daß die Blende **21** zwischen dem Platintarget **19** und dem Wafer **15** sich im geschlossenen bzw. abblendenden Zustand befindet. Nach Beendigung des Vorsputterns wird die Blende **21** geöffnet. Im geöffneten Zustand der Blende **21** wird das Sputtern ausgeführt.

[0023] Nach Beendigung des Sputterns wird unter einem Vakuum von 2×10^{-6} Torr für 30 Minuten unter der Bedingung ein Glühen durchgeführt, daß der Wafer bei einer Temperatur von 600°C bis 700°C gehalten wird. Der resultierende Wafer wird daraufhin in der Vakuumatmosphäre langsam abgekühlt.

[0024] Bevorzugt beträgt die Dicke des Platinfilms, der über dem Wafer **15** abgeschieden wird, 80 nm bis 120 nm. Obwohl nicht gezeigt, ist ein Siliciumoxidfilm zwischen dem Wafer **15** und dem Platinfilm angeordnet.

[0025] Infolge davon weist der Wafer **15** eine Unterlagenelektrode (nicht gezeigt) für Kondensatoren auf, die eine Struktur hat, die aus dem Platinfilm besteht. Die Oberflächenmorphologie der Unterlagenelektrode ist mittels des vorstehend genannten Glühens im Vakuum verbessert.

[0026] In Obereinstimmung mit einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann die Unterlagenelektrode eine Doppelschichtstruktur aufweisen. Beispielsweise hat die Unterlagenelektrode eine Doppelschichtstruktur, bestehend aus einem Titan- oder Tantalfilm und einem Platinfilm, die aufeinanderfolgend über dem Siliciumoxidfilm des Siliciumwafers **15** abgeschieden sind bzw. wurden. In diesem Fall werden für den Platinfilm dieselben Abscheidungsbedingungen, wie die vorstehend genannten, verwendet. Der Titan- oder Tantalfilm wird bei normaler Temperatur mit einer Dicke von 20 nm bis 30 nm abgeschieden. Der über dem Titan- oder Tantalfilm abgeschiedene Platinfilm hat eine Dicke von 100 nm bis 120 nm.

[0027] Die Oberflächenmorphologie der Unterlagenelektrode, die so hergestellt ist, daß sie eine aus dem Platinfilm bestehende Einschichtstruktur oder eine Doppelschichtstruktur aufweist, die aus dem Titan- bzw. Tantal- und Platinfilm gemäß der vorliegenden Erfindung besteht, variiert abhängig von der Abscheidungstemperatur des Platinfilms. Um einen Abscheidungstemperaturbereich zu ermitteln, mit dem

eine optimale Stabilität erreicht werden kann, wurden Tests unter Verwendung von Röntgenstrahlbeugungs(XRD)mustern durchgeführt, die jeweils bei verschiedenen Temperaturen erzeugt werden, die von Normaltemperatur bis zu 700°C reichen. Als Ergebnis dieser Tests wurde ermittelt, daß die optimale Abscheidungstemperatur 350°C bis 450°C beträgt. Die XRD-Muster wurden erzeugt, wenn die folgende Gleichung erfüllt war:

$$n\lambda = 2d\sin\theta$$

wobei n die Beugungskonstante, λ die Wellenlänge des Röntgenstrahls, d den Abstand und θ den Bragg-Beugungswinkel wiedergeben.

[0028] Fig. 2 zeigt eine Kurvendarstellung der XRD-Muster, die bei verschiedenen Abscheidungstemperaturen für die Unterlagenelektrode erzielt wurden, wenn ein Platin-Dünnfilm mit einer gleichförmigen Dicke von 100 nm in Übereinstimmung mit der Erfindung über einem Siliciumoxidfilm abgeschieden wurde, der auf einem Wafer gebildet ist. Die XRD-Muster von **Fig.** 2 zeigen eine Variation bzw. Änderung der Intensität der Röntgenstrahlen (X-Achse) als Funktion des Bragg-Beugungswinkels θ (Y-Achse) abhängig von einer Veränderung der Abscheidungstemperatur für die Unterlagenelektrode, während die Bildung der Unterlagenelektrode durch Abscheiden von Platin von dem Platintarget **19** über dem Wafer **15** ausgeführt wurde, auf den ein Siliciumoxidfilm abgeschieden war. Aus der Kurvendarstellung von **Fig.** 2 geht hervor, daß die Kristallinität und die (111)-Orientierung zunehmen, wenn die Abscheidungstemperatur für die Unterlagenelektrode von 25°C auf 400°C ansteigt, während sie keine wesentliche Zunahme zeigen, wenn die Abscheidungstemperatur von einem Bereich von 350°C auf 450°C zunimmt. Mit anderen Worten, zeigen. die XRD-Muster, daß die Unterlagenelektrode die (111)-Orientierung bei Abscheidungstemperaturen aufweist, die sich von der Normaltemperatur unterscheiden.

[0029] Wenn die Unterlagenelektrode bei einer Abscheidungstemperatur abgeschieden wird, die von der Normaltemperatur bis 200°C reicht, ist ihre Mikrostruktur nicht dicht bzw. kompakt, wodurch eine Anzahl von feinen Löchern und Erhebungen gebildet wird. Infolge davon kann die Unterlagenelektrode keine glatte Oberfläche aufweisen. Obwohl die Unterlagenelektrode eine dichte Struktur hat, wenn sie bei einer Abscheidungstemperatur von 600°C darüber abgeschieden wird, kann ihre Struktur feine Löcher aufweisen. Andererseits weist die Unterlagenelektrode eine sehr dichte und glatte Struktur auf, wenn sie bei einer Abscheidungstemperatur abgeschieden wird, die von 350°C bis 450°C reicht. Die verbliebenen Erhebungen werden durch Vakuumglühen entfernt. Infolge davon wird die Unterlagenelektrode glatter. Das Vakuumglühen wird unter den vorstehend genannten Bedingungen ausgeführt.

[0030] Fig. 3 zeigt eine Kurvendarstellung von XRD-Mustern, die bei unterschiedlichen Abscheidungstemperaturen für die Unterlagenelektrode erhalten werden, wenn ein ferroelektrischer Dünnfilm, bestehend aus Bariumstrontiumtitanid (BST) (nicht gezeigt), über der Unterlagenelektrode abgeschieden wird, die aus dem Platin-Dünnfilm mit einer gleichförmigen Dicke von 100 nm gemäß der vorliegenden Erfindung besteht. Der BST-Film wird mit einer Dicke von 100 nm bei einer Temperatur von 550°C bis 650°C abgeschieden. Die XRD-Muster von **Fig.** 3 zeigen eine Änderung der Intensität der Röntgenstrahlen (X-Achse) als Funktion des Bragg-Beugungswinkels θ (Y-Achse) abhängig von einer Veränderung der Abscheidungstemperatur für die Unterlagenelektrode während der Bildung des BST-Films. Wie aus der Kurvendarstellung von **Fig.** 3 hervorgeht, weist der BST-Film eine (110)-Orientierung auf. Die Kristallinität des BST-Films schwankt stark in Abhängigkeit der Abscheidungstemperatur für die Unterlagenelektrode. Die XRD-Muster von **Fig.** 3 bei einer Abscheidungstemperatur höher als 400°C zeigen ähnliche Spitzen bzw. Spitzenwerte.

[0031] Fig. 4 zeigt eine Leckstromkennlinie eines Halbleiterelements, das in Obereinstimmung mit der in **Fig.** 3 gezeigten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung hergestellt ist. Gezeigt sind in **Fig.** 4 die Leckstromkennlinien von ferroelektrischen Dünnfilmen, die bei unterschiedlichen Abscheidungstemperaturen für die Unterlagenelektrode, die aus Platin besteht, abhängig von einer Veränderung der angelegten Spannung abgeschieden wurden. Aus **Fig.** 4 geht hervor, daß eine überlegene Leckstromkennlinie in dem Fall des ferroelektrischen Dünnfilms auftritt, der über der Unterlagenelektrode abgeschieden wurde, die bei einer Temperatur von etwa 400°C abgeschieden wurde. Die Höhe an Leckstrom in diesem Fall unter Verwendung der Abscheidungstemperatur von etwa 700°C ist geringer als diejenige in dem Fall unter Verwendung der Normaltemperatur. Außerdem ist die Höhe an Leckstrom in dem Fall unter Verwendung der Abscheidungstemperatur von etwa 400°C geringer als diejenige in dem Fall unter Verwendung der Abscheidungstemperatur von etwa 700°C.

[0032] Wie aus der vorstehend angeführten Beschreibung hervorgeht, wird gemäß der vorliegenden Erfindung eine Unterlagenelektrode für Kondensatoren von Halbleiterelementen unter Abscheiden von Platin über einem Wafer gebildet, auf dem ein Oxidfilm gewünschter Dicke bei einer Abscheidungstemperatur gebildet ist, die von 350°C bis 450°C reicht. Mittels einer derartigen Abscheidungstemperatur kann die Unterlagenelektrode eine dichte und glatte Struktur aufweisen, welche die Abscheidung eines ferroelektrischen Dünnfilms ermöglicht, der eine hohe Dielektrizitätskonstante aufweist. Es ist dem-

nach möglich, die Zuverlässigkeit und Gleichförmigkeit von Halbleitervorrichtungen ebenso zu verbessern wie den Integrationsgrad derartiger Halbleiterelemente zu erhöhen.

Patentansprüche

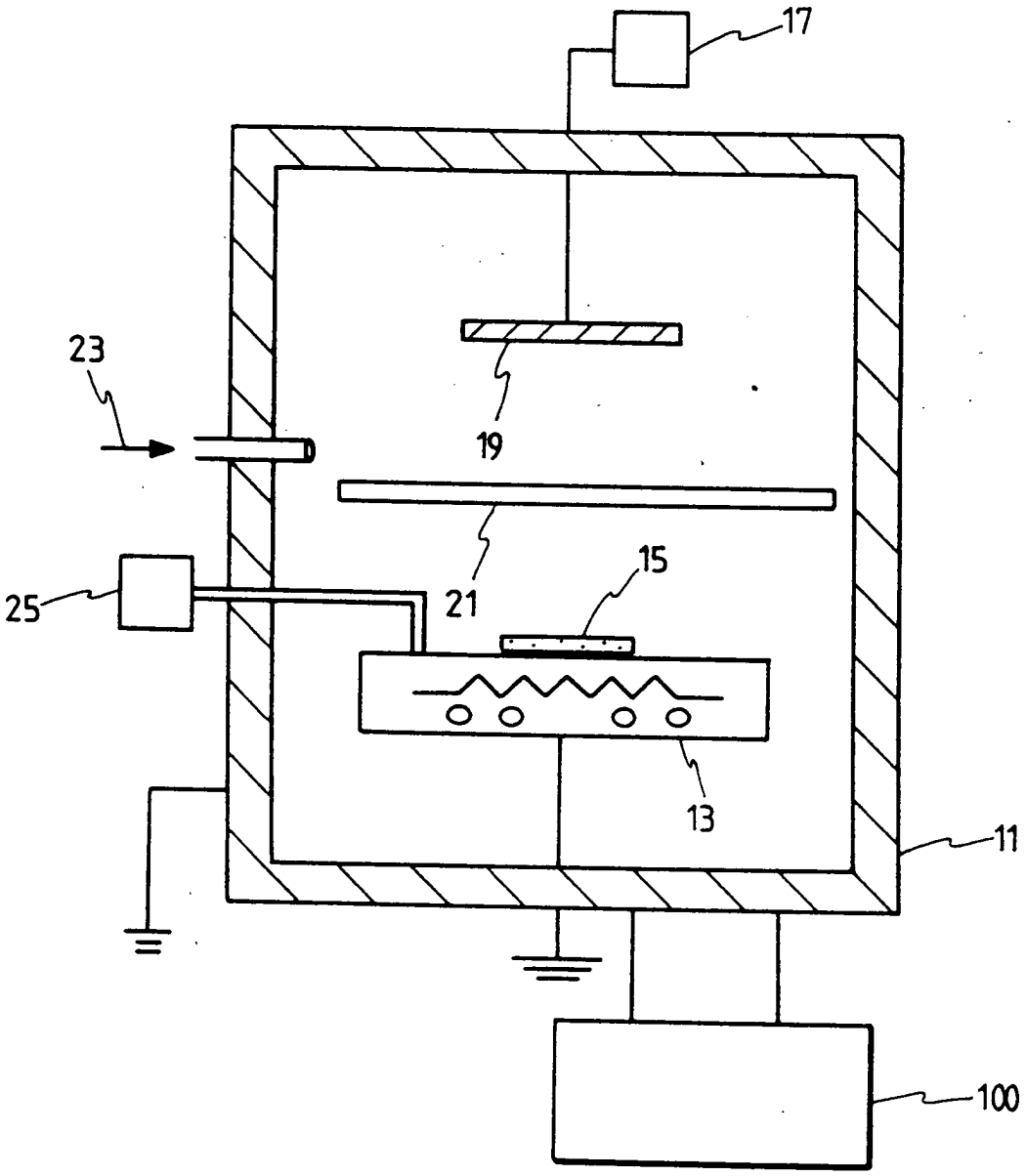
1. Verfahren zum Herstellen eines hochintegrierten Halbleiterbauelements mit den folgenden Schritten:
Halten einer Reaktionskammer (**11**) in der ein Wafer (**15**) angeordnet ist, auf dessen Oberfläche ein Siliziumoxidfilm gebildet ist, in einem Hochvakuumzustand, der von einigen 10^{-3} Pa bis zu einigen 10^{-4} Pa reicht;
Heizen des Wafers (**15**) auf eine Temperatur zwischen 350°C und 450°C;
Ausführen eines Vor-Sputterprozesses durch Einleiten eines inerten Gases in die Reaktionskammer (**11**) in einem Zustand, bei dem eine Blende zwischen dem Platintarget (**19**) und dem Wafer (**15**) angeordnet ist. Ausführen eines Sputterprozesses unter Verwendung des Platintargets (**19**) bei einer Temperatur innerhalb eines Bereichs von 350°C bis 450°C unter Verwendung einer Spannung im Bereich zwischen 270 V bis 310 V mit einem Strom, der zwischen 0,05 A und 1,0 A liegt, zur Ausbildung einer Platinschicht für eine Unterlagenelektrode eines Kondensators über dem Siliziumoxidfilm nachdem die Blende (**21**) geöffnet worden ist;
Stabilisieren der Platinschicht durch Glühen des resultierenden Wafers in einer Vakuumatmosphäre, die unter einem Druck von mehreren 10^{-3} Pa bis mehreren 10^{-4} Pa gehalten wird, während der Wafer auf einer Temperatur gehalten wird, die von 600°C bis 700°C reicht und langsames Abkühlen des Wafers in der Vakuumatmosphäre.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die leitfähige Schicht eine Dicke von 70 nm bis 90 nm aufweist.

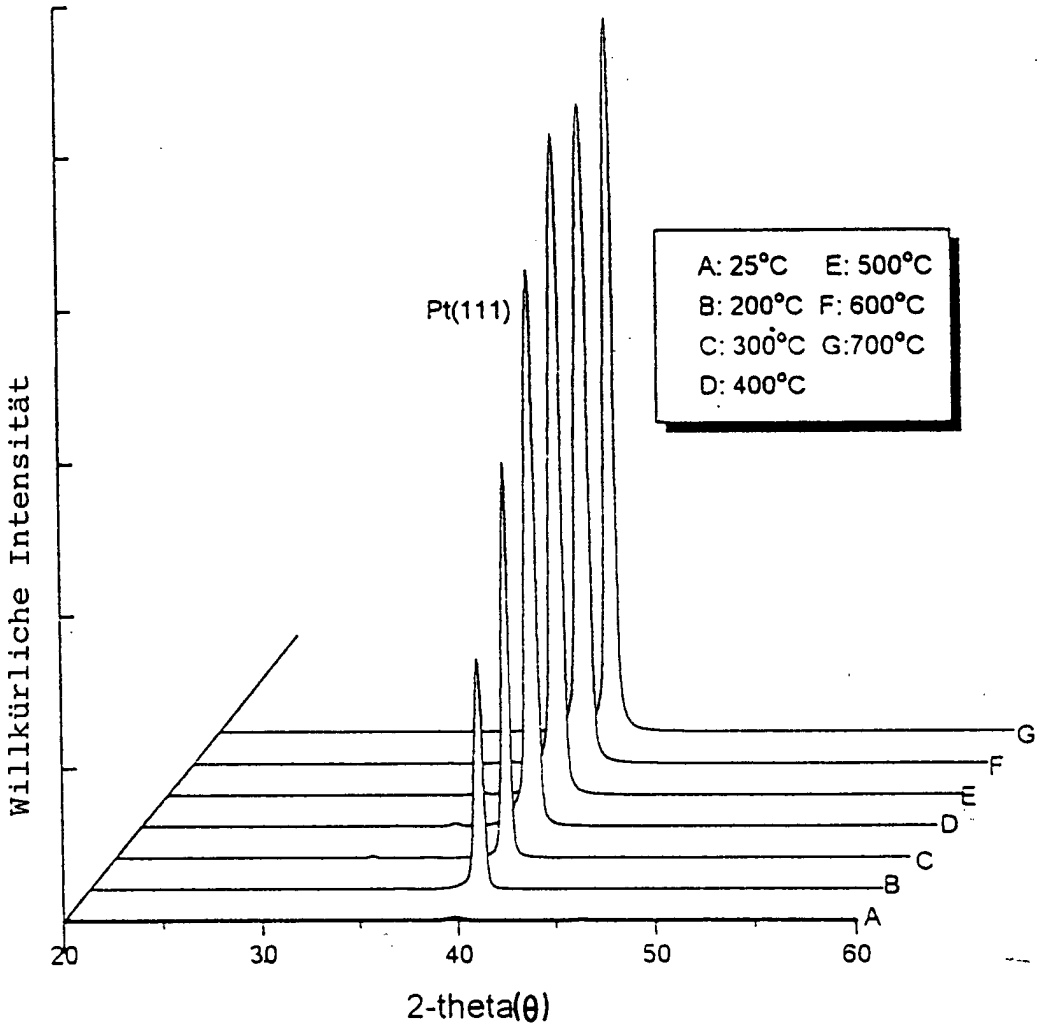
3. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Schritt Ausführen eines Vor-Sputterprozesses mit einem ersten Targetmaterial aus Tantal oder Titan erfolgt;
der Schritt Ausführen eines Sputterprozesses unter Verwendung des aus Tantal oder Titan bestehenden ersten Targetmaterials bei Normaltemperatur zur Ausbildung der Tantal oder Titanschicht für eine Unterlagenelektrode eines Kondensators über dem Siliziumoxidfilm erfolgt;
ein weiterer Schritt Ausführen eines Sputterprozesses unter Verwendung eines zweiten aus Platin bestehenden Targetmaterials bei einer Temperatur innerhalb eines Temperaturbereichs von 350 °C bis 450 °C zur Ausbildung einer Platinschicht für eine Unterlagenelektrode eines Kondensators über der aus Tantal oder Titan bestehenden Schicht erfolgt, und wobei
der Schritt Stabilisieren für die aus Tantal oder Titan bestehende Schicht und die aus Platin bestehende Schicht erfolgt.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

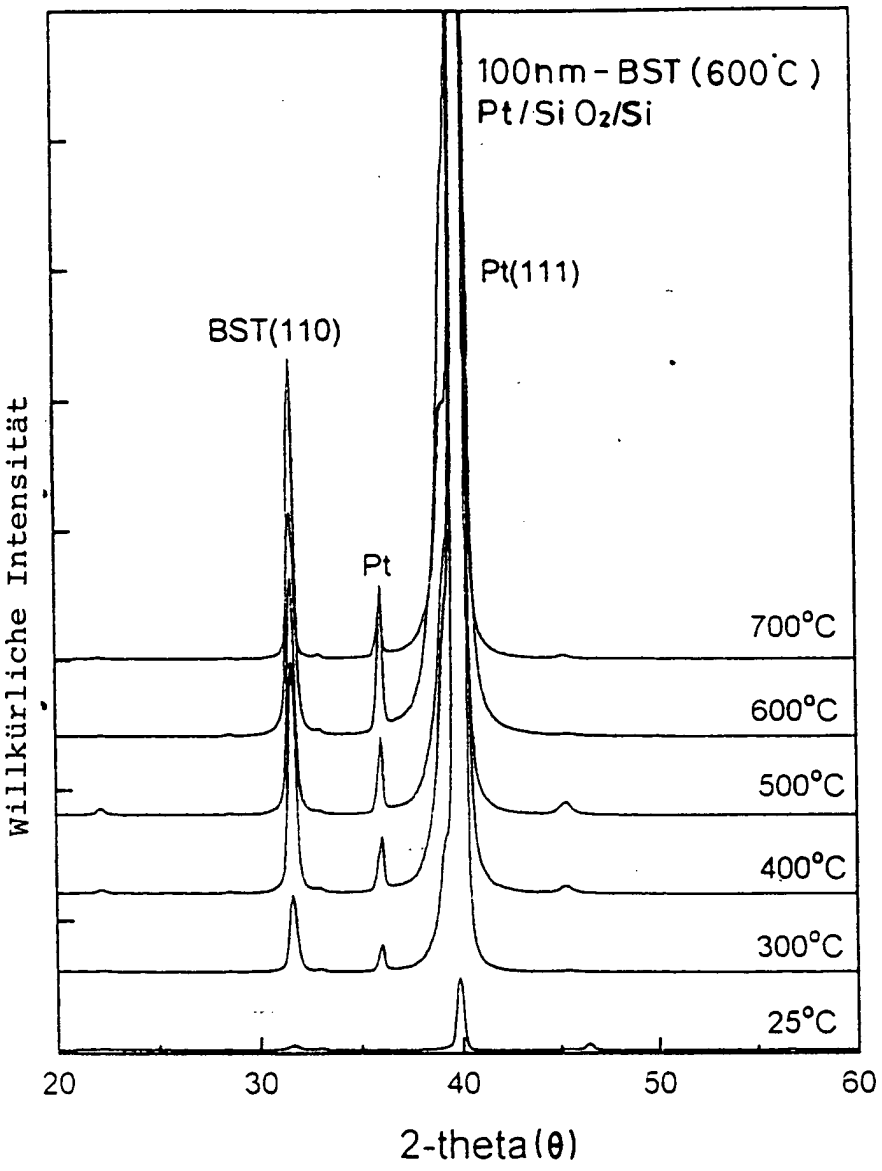
Anhängende Zeichnungen



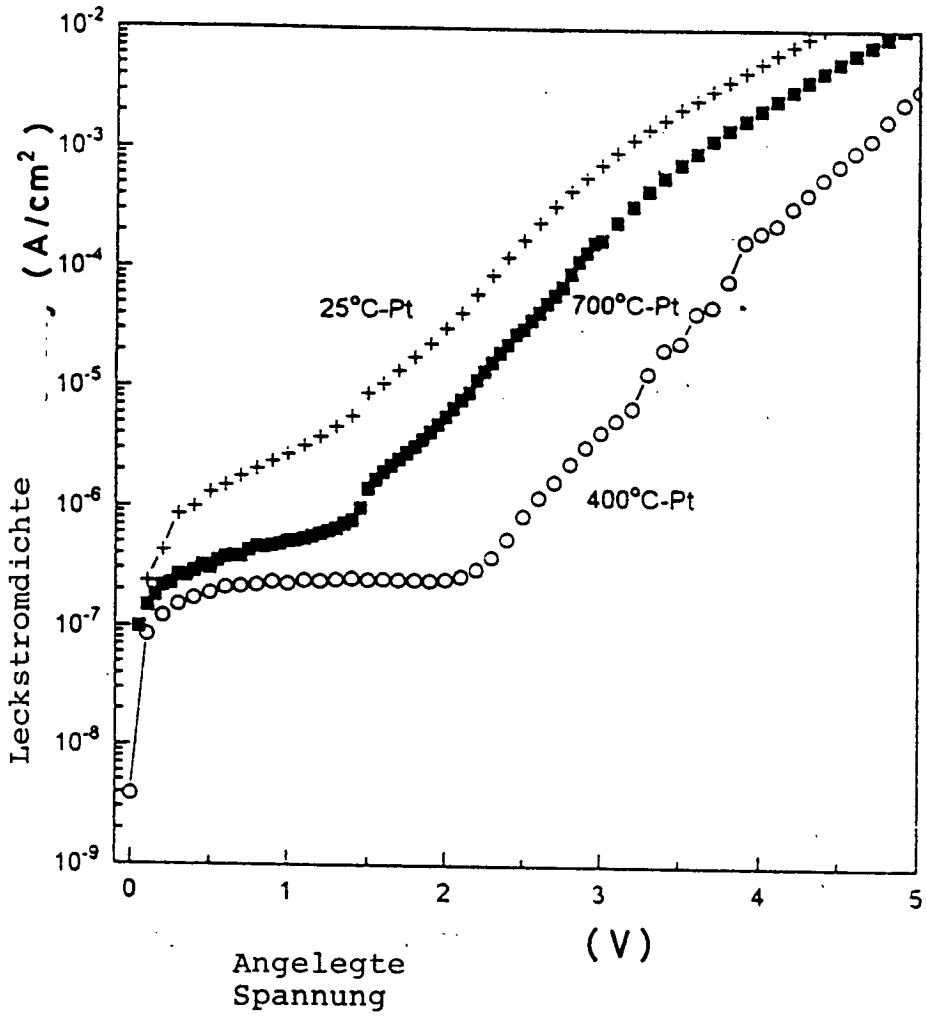
F i g . 1


Willkürliche Intensität
Pt(111)
A: 25°C E: 500°C
B: 200°C F: 600°C
C: 300°C G:700°C
D: 400°C
G
F
E
D
C
B
A
20
30
40
50
60
2-theta(θ)

F i g . 2


100nm - BST (600°C)
Pt/Si O2/Si
Pt(111)
BST(110)
Pt
700°C
600°C
500°C
400°C
300°C
25°C
Willkürliche Intensität
20
30
40
50
60
2-theta(θ)

F i g . 3


Leckstromdichte (A/cm²)
10⁻²
10⁻³
10⁻⁴
10⁻⁵
10⁻⁶
10⁻⁷
10⁻⁸
10⁻⁹
25°C-Pt
700°C-Pt
400°C-Pt
0
1
2
3
4
5
(V)
Angelegte Spannung

F i g . 4