



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 694 33 582 T2 2005.02.17

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) EP 0 629 002 B1

(21) Deutsches Aktenzeichen: 694 33 582.7

(96) Europäisches Aktenzeichen: 94 108 641.5

(96) Europäischer Anmeldetag: 06.06.1994

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: 14.12.1994

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: 03.03.2004

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: 17.02.2005

(51) Int Cl.⁷: H01L 21/02

H01L 27/115

(30) Unionspriorität:

72012 07.06.1993 US

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, FR, GB, IT

(73) Patentinhaber:

Motorola, Inc., Schaumburg, Ill., US

(72) Erfinder:

Maniar, Papu D., Austin, Texas 78729, US;
Moazzami, Reza, Austin, Texas 78759, US; Mogab,
Joseph C., Austin, Texas 78746, US

(74) Vertreter:

SCHUMACHER & WILLSAU, 80335 München

(54) Bezeichnung: Verfahren zur Bildung einer Halbleiteranordnung

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 eingelebt, 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**Gebiet der Erfindung**

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft das Gebiet der Halbleiterbauelemente und insbesondere ein Verfahren zum Bilden eines Halbleiterbauelementes mit einer Schicht, welche ein Elementarmetall und dessen leitfähiges Metalloxid aufweist.

Hintergrund der Erfindung

[0002] Halbleiterbauelemente können eine Schicht aufweisen, in welcher elektrische Charakteristiken verändert werden, wenn die Schicht oxidiert oder reduziert wird. Mit leitfähigen Werkstoffen, wie zum Beispiel Substratbereichen, Siliziumteilen, Kontakten, Kontaktlöchern und Zwischenverbindungen und ähnlichem, soll eine Oxidation typischerweise verhindert oder zumindest minimiert werden. Für leitfähige Werkstoffe verwendete konventionelle Werkstoffe können Silizium (monokristallin, polykristallin und amorph), Metalle und Metall aufweisende Verbindungen aufweisen. Oxide der meisten dieser Werkstoffe sind typischerweise Isolatoren. Die Bildung von Iso- lieroxiden kann zu elektrischen Unterbrechungen führen, welche nicht erwünscht sein dürften.

[0003] Bei einigen Halbleiterbauelementen können Reduzieragenzen ein Problem darstellen. Bei Kondensatoren, die oxidferroelektrische Werkstoffe als das Dielektrikum verwenden, kann eine Reduzieratmosphäre bewirken, dass sich das Ferroelektrikum verschlechtert. Das Ferroelektrikum kann von seinen Eigenschaften so viel verlieren, dass es als ferroelektrischer Kondensator beinahe nutzlos wird. Ferroelektrische Kondensatoren scheinen bezüglich dieses Problems empfindlicher zu sein als viele Halbleiterbauelemente. Die Herstellung in einer relativ inerten Umgebung, wie zum Beispiel Stickstoff, Argon, Helium und ähnlichem, ohne irgendwelche oxidierenden Gase, kann dennoch bewirken, dass sich ferroelektrische Kondensatoren verschlechtern.

[0004] Zusätzlich zu ferroelektrischen Kondensatoren können andere Halbleiterbauelemente Probleme mit Reduzieragenzen, wie zum Beispiel Wasserstoff, haben. Wasserstoff kann eine Heißelektronen-Verschlechterung vieler elektrisch programmierbarer Nur-Lese-Speicher (EPROMs) und besonders elektrisch löscherbarer EPROMs (EEPROMs) beschleunigen. Heißladungsträger-Transport durch eine dielektrische Gate- oder Tunnelschicht verringert allgemein die Anzahl, mit der der EEPROM zyklisch betrieben werden kann, wobei ein Zyklus die Kombination eines Programmierschrittes und eines Löschschrif- ftes ist. Ferner kann Wasserstoff mit Sauerstoff reagieren, so dass Dampf gebildet wird. Dampf in einem EPROM verursacht im Allgemeinen Datenspeicher- zeitprobleme.

[0005] Die EP 0 478 799 betrifft ein Halbleiterbauelement mit einem ferroelektrischen Kondensator. Nach dem Bilden eines Transistors werden ein Kontakt und eine untere Elektrode für den ferroelektrischen Kondensator gebildet. Nachdem eine Kontaktöffnung zu einem Source-Gebiet des Transistors gebildet ist, wird ein leitfähiges Metalloxid innerhalb des Kontaktes gebildet, wobei anschließend eine Platin- schicht gebildet wird. Das leitfähige Metalloxid schützt das darunter liegende Source-Gebiet vor Oxidation. Über die Platinschicht wird eine Blei aufweisende ferroelektrische Schicht gebildet. Nach dem Strukturieren des leitfähigen Metalloids, Platin und der ferroelektrischen Schichten wird eine Isolierschicht gebildet und strukturiert, um Kontaktöffnungen zum Drain-Gebiet und der ferroelektrischen Schicht zu definieren. Eine Aluminiumschicht wird abgeschieden und strukturiert, um Kontakte und die Oberplatte des ferroelektrischen Kondensators zu bilden.

[0006] Obgleich das leitfähige Metalloxid innerhalb des Bauelementes während der Bildung der Isolierschicht vorhanden ist, wird die ferroelektrische Schicht während der Isolierschichtbildung freigelegt. Viele Isolierschichten werden bei einer Umgebung gebildet, welche Wasserstoff innerhalb einer Siliziumquelle (Silan oder Tetraethylorthosilikat) aufweist. Der Wasserstoff kann die ferroelektrische Schicht reduzieren, nachdem die ferroelektrische Schicht oxidiert wurde. Daher gibt es ein signifikantes Risiko, die ferroelektrische Schicht von ihrem Perowskit-Zustand zu konvertieren.

[0007] Die US 4,851,895 betrifft den Gebrauch von Ruthenium als eine Zwischenverbindungs metallisierung. Während nachfolgender Verarbeitung kann etwas von dem Ruthenium zu Rutheniumdioxid umgewandelt werden.

Zusammenfassung der Erfindung

[0008] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Bilden eines Halbleiterbauelementes wie in den angehängten Ansprüchen formuliert.

[0009] Andere Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden von der angehängten Zeichnung und aus der nachfolgenden detaillierten Beschreibung ersichtlich.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0010] Die vorliegende Erfindung ist mittels Beispiel und ohne Begrenzung in den Figuren der begleitenden Zeichnungen, in welchen gleiche Bezugszeichen ähnliche Elemente bezeichnen, illustriert, und in welchen:

[0011] Fig. 1 und 2 jeweils eine Querschnittsansicht

eines Abschnittes eines Substrates bei unterschiedlichen Verfahrensschritten zeigen, bei denen eine Schicht mit einer Metallzusammensetzung gebildet ist, welche ein Elementarmetall und dessen leitfähiges Metalloxid über einem Kontakt-Plug aufweist.

[0012] Fig. 3, 5 und 6 jeweils eine Querschnittsansicht eines Abschnittes eines Substrates bei unterschiedlichen Verfahrensschritten zeigen, bei denen eine Schicht mit einer Metallzusammensetzung gebildet ist, welche ein Elementarmetall und dessen leitfähiges Metalloxid über einer Zwischenverbindung aufweist.

[0013] Fig. 4 und 9 jeweils ein Schaubild umfassen, welches unterschiedliche Werkstoffe und ihre Oxidationszustände zeigt, wobei der Logarithmus des Sauerstoff-Partialdrucks am Werkstoff und die Temperatur des Werkstoffs dargestellt sind.

[0014] Fig. 7, 8, 10 und 11 jeweils eine Querschnittsansicht eines Abschnittes eines Substrates bei unterschiedlichen Verfahrensschritten umfassen, bei denen eine Elektrode für einen ferroelektrischen Kondensator gebildet wird, wobei die Elektrode ein Elementarmetall und dessen leitfähiges Metalloxid gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung aufweist.

[0015] Fig. 12 bis 17 jeweils eine Querschnittsansicht eines Abschnittes eines Substrates umfassen, wobei eine Schicht dargestellt ist, welche ein Elementarmetall und dessen leitfähiges Metalloxid gemäß einer anderen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung aufweist.

Ausführliche Beschreibung der Ausführungsformen

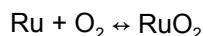
[0016] Die vorliegende Erfindung umfasst ein Verfahren zum Bilden eines Halbleiterbauelementes mit einem Werkstoff, welcher ein Elementarmetall und dessen Metalloxid aufweist, wobei das leitfähige Metalloxid geeignet ist, reduziert zu werden, vorzugsweise zu einem benachbarten dielektrischen Gebiet des Bauelementes. Der Werkstoff verringert die Wahrscheinlichkeit, dass das benachbarte Gebiet reduziert wird, wenn dies unerwünscht ist. Einer allgemeinen Beschreibung folgen Anwendungen, bei denen der Werkstoff verwendet werden kann. Die Anwendungen, welche unten beschrieben sind, dienen zur Erläuterung und sind nicht begrenzend gemeint.

Allgemeine Beschreibung

[0017] Änderungen der Gibbsschen freien Energie werden verwendet, um zu bestimmen, welcher Werkstoff benachbart zu einem Gebiet platziert werden sollte, um die Wahrscheinlichkeit der Oxidation oder Reduktion des Gebietes zu verringern. Wenn zum Beispiel das benachbarte Gebiet nicht reduziert wer-

den soll, sollte der Werkstoff im Vergleich zum benachbarten Gebiet leichter reduziert werden, und wenn das benachbarte Gebiet nicht oxidiert werden soll, sollte der Werkstoff im Vergleich zum benachbarten Gebiet leichter oxidiert werden. Innerhalb eines Halbleiterbauelementes können viele Werkstoffe nicht verwendet werden, weil eine Änderung im Oxidationszustand die elektrischen Eigenschaften des Werkstoffes ändern. Zum Beispiel ist Titan ein Leiter und kann oxidiert werden, um ein Titanoxid (TiO_x , wobei x nicht mehr als 2 ist) zu bilden. Titanmonooxid (TiO) ist ein Halbleiter, und Titandioxid (TiO_2) ist ein Isolator. Daher kann sich der Titan-Werkstoff von einem Leiter zu einem Halbleiter oder einem Isolator oder umgekehrt verändern. Diese Veränderungen verursachen gewöhnlich unerwünschte elektrische Charakteristiken innerhalb eines Halbleiterbauelementes. Um die Umwandlung von einem Leiter zu einem Halbleiter oder Isolator oder umgekehrt zu vermeiden, sollte der Werkstoff sowohl in seiner oxidierten als auch reduzierten Form entweder in beiden Fällen Leiter, in beiden Fällen Halbleiter oder in beiden Fällen Isolator sein.

[0018] Eine Kategorie von Werkstoffen, welche verwendet werden können, sind Metalle, welche leitfähige Metalloxide bilden können. Ruthenium (Ru), Rhenium (Re), Iridium (Ir) und Osmium (Os) sind leitfähig und können oxidiert werden, um jeweils Rutheniumoxid (RuO_2), Rheniumdioxid (ReO_2) oder Rheniumtrioxid (ReO_3), Iridiumdioxid (IrO_2) und Osmiumtetraoxid (OsO_4) zu bilden, welche ebenfalls leitfähig sind. Nachfolgende Gleichung erläutert die Reaktion für Ruthenium:



[0019] Der Doppelpfeil zeigt an, dass die Reaktion reversibel ist. Ruthenium kann oxidiert werden, so dass Rutheniumdioxid gebildet wird, und Rutheniumdioxid kann reduziert werden, so dass Ruthenium und Sauerstoff gebildet wird, so dass es innerhalb der vorliegenden Erfindung verwendet werden kann.

[0020] Die vorliegende Erfindung verlangt ein Gemisch des Metalls und seines leitfähigen Metalloxides. Das Gemisch ermöglicht, dass die Reaktionen freier reversibel sind, verglichen mit der Situation, wenn nur das Metall oder nur das leitfähige Metalloxid verwendet wird. Wenn beide nicht verfügbar sind, werden zusätzliche Energie und, noch bedeutender, längere Zeiten benötigt, um ein Gemisch zu bilden. Da das Gemisch vorzugsweise reduziert werden soll, sollte das Gemisch genug von dem leitfähigen Metalloxid haben, wie zum Beispiel RuO_2 , um die Wahrscheinlichkeit zu verringern, ein benachbartes Gebiet zu reduzieren. Die vorliegende Erfindung kann in einer Vielzahl von Anwendungen verwendet werden, einschließlich ferroelektrischer Kondensatoren. "Elementarmetall", wie es hier nachfolgend verwendet

wird, ist ein monoatomarer metallischer Werkstoff, wie zum Beispiel Ru, Re, Ir, Os. Einige Elementarmetalle haben leitfähige Metalloxide, wie zum Beispiel RuO_2 , ReO_2 , ReO_3 , IrO_2 , OsO_4 .

[0021] Ein Beispiel, das nicht Teil der vorliegenden Erfindung ist, betrifft einen Kontakt oder einen Via-Plug innerhalb eines Halbleiterbauelementes. Der Plug kann verwendet werden, um die Wahrscheinlichkeit zu verringern, dass eine darunter liegende Schicht oxidiert oder reduziert würde. **Fig. 1** weist eine Querschnittsansicht eines Abschnittes eines Halbleiterbauelementes mit einem Substrat **10**, einem dotierten Gebiet **11** innerhalb des Substrates **10**, einer strukturierten Oxidschicht **12** und einem Silizium-Plug **13** auf. Wenn das Substrat oxidiert wäre, würde ein Teil des Silizium-Plug **13** eine Siliziumdioxidschicht bilden. Bevor eine Zwischenverbindung über den Plug **13** gebildet wird, müsste die Siliziumdioxidschicht entfernt werden. Das Entfernen der Siliziumdioxidschicht kann auch den Teil der strukturierten Oxidschicht **12** entfernen. Daher ist es vorteilhaft, den Silizium-Plug **13** vor einem Oxidationsschritt zu schützen.

[0022] Eine leitfähige Schicht **21** wird über die Oxidschicht **12** gebildet und strukturiert, um eine Schutzkappe über den Silizium-Plug **13** zu bilden, wie in **Fig. 2** gezeigt. Die Leitschicht **21** weist eine Mischung eines Elementarmetalls und seines leitfähigen Metalloxids auf. Die Schicht **21** kann durch Abscheidung mittels Kathodenerstäuben (Sputtern) gebildet werden, wobei ein Target mit einer Mischung des Elementarmetalls und des leitfähigen Metalloxids verwendet wird. Wenn die Schicht Ru und RuO_2 aufweist, ist etwa 5–95 Prozent des gesamten atomaren Rutheniums im Kathodenerstäuber-Target Ru, und der Rest des atomaren Rutheniums im Target ist RuO_2 . In diesem Fall haben das Kathodenerstäuber-Target und die Schicht **21** eine ähnliche Zusammensetzung. Die Schicht **21** kann unter Verwendung anderer Verfahren gebildet werden. Zum Beispiel kann reaktives Ionen-Sputtern verwendet werden, bei dem ein Ru-Target und ein Plasma mit Sauerstoff verwendet wird, um die Schicht **21** abzuscheiden. Zusätzlich kann eine Ru-Schicht durch Sputter-Abscheidung oder chemische Abscheidung aus der Dampfphase (CVD-Verfahren) gebildet und anschließend oxidiert werden, um nur einen Teil des Ru zu RuO_2 umzuwandeln. Bei einer anderen Ausführungsform kann eine Schicht aus Ru und eine Schicht aus RuO_2 sequentiell abgeschieden werden. Zusätzliche Schichten aus Ru und RuO_2 können abgeschieden werden. Unabhängig von dem Verfahren, welches verwendet wird, um die Schicht **21** zu bilden, ist etwa 5–95 Prozent des gesamten atomaren Rutheniums, welches in der Schicht **21** vorhanden ist, Ru, und der Rest des atomaren Rutheniums in der Schicht **21** ist RuO_2 . In anderen Ausführungsformen kann die Schicht **21** Re und irgendeines seiner Oxide, Ir und

IrO_2 , Os und OsO_4 oder ähnliches aufweisen. "Re und irgendeines seiner Oxide", wie in dieser Beschreibung verwendet, bedeutet Re und ReO_2 , Re und ReO_3 oder Re und ReO_2 und ReO_3 .

[0023] Eine (nicht gezeigte) Maskenschicht ist über der Schicht **21** gebildet und strukturiert, wobei eine konventionelle lithographische Technik verwendet wird. Die Schicht **21** wird durch Ionenätzen der freigelegten Abschnitte der Schicht **21** oder durch Plasmaätzen der freigelegten Abschnitte der Schicht **21** strukturiert. Wenn die Schicht **21** Ru und RuO_2 aufweist, kann die Plasmaätzchemie Sauerstoff oder Fluor enthaltende Verbindungen aufweisen, wie zum Beispiel Kohlenstofftetrafluorid (CF_4) oder ähnliches. Wenn andere Werkstoffe verwendet werden, können andere Ätzchemikalien verwendet werden. Nach dem Strukturierungsschritt wird die Maskenschicht (nicht gezeigt) entfernt.

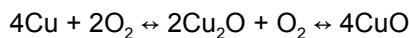
[0024] Wie aus **Fig. 2** ersichtlich ist, deckt die Schicht **21** den Silizium-Plug **13** ab. Die Schicht **21** verringert die Wahrscheinlichkeit, dass der Silizium-Plug **13** während eines nachfolgenden Oxidationsschrittes oxidiert würde. Das Ru in der Schicht **21** kann oxidiert werden, so dass RuO_2 gebildet wird. Damit der Silizium-Plug **13** unter der Schicht **21** oxidiert wird, muss Sauerstoff unter die Schicht **21** migrieren, bevor er mit dem Ru in der Schicht **21** reagiert. Ferner bleibt die Schicht **21** leitfähig, sogar wenn das Ru oxidiert ist. Eine Titanschicht kann nicht anstelle der Schicht **21** verwendet werden, weil Titan, welches ein Leiter ist, oxidiert, so dass es Titandioxid wird, welches ein Isolator ist. Bei anderen Beispielen kann der Plug **13** anstelle von Silizium ein Metall und sein leitfähiges Metalloid aufweisen. Auf diese Art kann das Substrat **10** und das Gebiet **11** besser vor Oxidation geschützt werden, und elektrische Verbindungen durch den Plug **13** können beibehalten werden.

[0025] Sowohl Kontaktanschlüsse als auch Via-Plugs können unter Verwendung der vorliegenden Lehre gebildet werden. Zum Beispiel kann der in **Fig. 1** gezeigte Plug **13** Ru und RuO_2 aufweisen, welche die Wahrscheinlichkeit der Oxidation eines Gebietes innerhalb des Substrates benachbart zum Plug **13** verringern können. In ähnlicher Weise kann der Plug **13** ein Siliziumteil kontaktieren, wie zum Beispiel eine Gate-Elektrode, um seine Oxidation zu verhindern. Wenn der Plug **13** Ru und RuO_2 aufweist, ist die in **Fig. 2** gezeigte Schicht **21** nicht erforderlich. Wenn Wasserstoffmigration in Gebiete innerhalb des Substrates von Belang ist, sollte 5–95 Atomprozent des gesamten Rutheniums innerhalb des Plugs **13** RuO_2 sein.

[0026] Ein Beispiel, welches nicht Teil der vorliegenden Erfindung ist und Zwischenverbindungen betrifft, ist ähnlich zu jenem Beispiel für einen Kontakt oder

Via-Plugs: **Fig. 3** zeigt eine Querschnittsansicht eines Abschnitts eines integrierten Schaltkreises, aufweisend: ein Halbleitersubstrat **10**, ein dotiertes Gebiet **11** innerhalb des Substrates **10**, eine erste Isolierschicht **12** mit einer Kontaktöffnung, einen Kontaktanschluss in der Kontaktöffnung welche eine Titantridschicht **141** und eine Wolframschicht **142** aufweist. Eine zweite Isolierschicht **143** ist über der ersten Isolierschicht **12** und dem Kontakt-Plug angeordnet. Die zweite Isolierschicht **143** weist einen Zwischenverbindungskanal auf. Eine Molybdänschicht **144** und eine Kupferschicht **145** sind über der zweiten Isolierschicht **143** und innerhalb des Zwischenverbindungskanals abgeschieden. Das Substrat wird chemisch-mechanisch poliert, um Abschnitte der Molybdänschicht **144** und der Kupferschicht **145** zu entfernen, welche außerhalb des Zwischenverbindungskanals liegen, um die Zwischenverbindung zu bilden. Die Bildung des Halbleiterbauelementes bis zu diesem Schritt in dem Verfahren wird durch konventionelle Methoden durchgeführt.

[0027] Ein Problem mit Kupfer besteht darin, dass es oxidiert werden kann. Nachfolgende Gleichung verdeutlicht die Reaktionen zum Bilden unterschiedlicher Kupferverbindungen:



[0028] **Fig. 4** zeigt einen Graph, welcher die Beziehung des Logarithmus des Partialdruckes von Sauerstoff und Temperatur zu der Reduktion/Oxidation der Kupferverbindungen verdeutlicht. Die y-Achse für den Graph ist der Logarithmus des Sauerstoffpartialdrucks ($\log p\text{O}_2$), mit dem Druck in Atmosphäreneinheiten. Der Graph weist drei Kurven auf, von denen sich zwei auf Kupferverbindungen beziehen. In dem oberen, linksseitigen Teil der obersten Kurve begünstigen die Reaktionsbedingungen die Bildung von CuO. In dem Gebiet zwischen der obersten und mittleren Kurve begünstigen die Reaktionsbedingungen die Bildung von Cu₂O. In dem unteren, rechtsseitigen Teil der mittleren Kurve begünstigen die Reaktionsbedingungen die Bildung von Cu. Für eine gegebene Temperatur und einen Sauerstoffpartialdruck kann man vorhersagen, welches Produkt (Cu, Cu₂O oder CuO) gebildet werden sollte. Wenn zum Beispiel die Temperatur etwa 400 Kelvin beträgt und $\log p\text{O}_2$ etwa -60 ist, sollte Cu gebildet werden. In ähnlicher Weise sollte bei etwa 400 Kelvin und $\log p\text{O}_2$ von etwa -20 CuO gebildet werden. Die Kurve zeigt, dass bei höheren Temperaturen ein höherer Sauerstoffpartialdruck erforderlich ist, um Cu zu oxideren.

[0029] Die Erfinder sind der Ansicht, dass das Platzieren eines Werkstoffes, welcher leichter oxidiert wird als Cu, die Wahrscheinlichkeit verringert, dass Cu zu Cu₂O oder CuO oxidiert wird. Die in **Fig. 4** dargestellte unterste Kurve gilt für Re und ReO₂. Diese Kurve ist ähnlich zu den auf Kupfer bezogenen Kur-

ven, welche oben diskutiert wurden. Es wird darauf hingewiesen, dass die Kurve für ReO₂/ReO₃ nicht in **Fig. 4** gezeigt ist, sie würde aber zwischen der Kurve für Cu₂O/Cu und der Kurve für Re/ReO₂ liegen. **Fig. 4** zeigt, dass Re leichter zu ReO₂ oxidiert wird, verglichen mit Cu, welches zu Cu₂O oder CuO oxidiert wird, weil Re bei einem niedrigeren Log pO₂ im Vergleich zu Cu bei einer gegebenen Temperatur oxidiert wird. Sowohl Re als auch ReO₂ sind leitfähig, und eine Schicht aus Re und ReO₂ kann über der Zwischenverbindung **145** verwendet werden, um die Wahrscheinlichkeit zu verringern, dass das Cu innerhalb der Zwischenverbindung **145** oxidiert wird.

[0030] Eine leitfähige Schicht **161** ist über der Molybdänschicht **144** und der Kupferschicht **145** gebildet, wie in **Fig. 5** gezeigt ist. Die leitfähige Schicht **161** weist Re und ReO₂ auf, wobei etwa 5–95 Atomprozent des gesamten atomaren Rheniums in der Schicht Re ist und der Rest des atomaren Rheniums in der Schicht ReO₂ ist. Die Bildung der leitfähigen Schicht **161** kann durchgeführt werden, indem die Abscheide- und Strukturierverfahren verwendet werden, welche zuvor für Ru und RuO₂ beschrieben worden sind, mit der Ausnahme, dass Ruthenium durch Rhenium ersetzt ist. Eine Passivierungsschicht **171** wird über der leitfähigen Schicht **161** gebildet, um einen im Wesentlichen vervollständigten integrierten Schaltkreis zu bilden, wie er in **Fig. 6** gezeigt ist. Andere Schichten und elektrische Verbindungen (nicht gezeigt) können gebildet werden, falls dies erforderlich ist.

[0031] Die vorliegende Erfindung kann verwendet werden, um ferroelektrische Kondensatoren zu bilden. **Fig. 7** zeigt eine Querschnittsansicht einer Abschnitte eines Halbleiterbauelementes, welches aufweist: ein Halbleitersubstrat **10**, einen Metalloxid-Halbleiter-Transistor **30** mit Source/Drain-Gebieten **301**, eine Gate-Dielektrikumsschicht **302** und eine Gate-Elektrode **303**, Feldisolationsgebiete **31** benachbart zum Transistor **30**, eine erste eingeebnete Isolierschicht **32**, eine Titandioxidschicht **33**, einen Kontakt-Plug **34** und eine Bodenelektrode **35**, welche etwa 50–200 nm (500–2000 Ångström) dick ist und Platin aufweist. Konventionelle Techniken werden verwendet, um das Halbleiterbauelement bis zu diesem Schritt in dem Verfahren zu bilden. Die Titandioxidschicht **33** und die Bodenelektrode **35** kontaktieren eine später gebildete ferroelektrische Schicht. Die Schicht **33** und **35** kann durch andere Werkstoffe ersetzt oder in Verbindung mit anderen Werkstoffen verwendet werden, aber diese Werkstoffe dürfen nicht mit der ferroelektrischen Schicht reagieren oder es darunter liegenden, Silizium enthaltenden Schichten erlauben, mit der ferroelektrischen Schicht zu reagieren. Ferner muss die Schicht **33** als ein Isolator wirken. Bei anderen Ausführungsformen kann die Schicht **33** Oxide von Magnesium, Zirkon, Tantal oder ähnliches aufweisen. Die Elektrode **35** muss als ein

Leiter wirken. Bei anderen Ausführungsformen kann die Elektrode 35 Palladium, Titan, Nitrid, Metalle und/oder deren leitfähige Metalloxide (wenn das Metall ein leitfähiges Metalloid bilden kann) oder ähnliches aufweisen.

[0032] Eine strukturierte ferroelektrische Schicht **41**, welche etwa 70–200 nm (700–2000 Ångström) dick ist, ist über der Bodenelektrode **35** gebildet, wie aus **Fig. 8** ersichtlich ist. Die ferroelektrische Schicht **41** weist Bleizirkonattitanat (PZT) auf. Es wird darauf hingewiesen, dass das Wort "Zirkon" manchmal anstelle von "Zirkonat" verwendet wird, aber es ist dennoch der gleiche Werkstoff. Die ferroelektrische Schicht wird durch Rotationsbeschichtung, Sputter-Abscheidung, oder metallorganische Abscheidung aus der Dampfphase (CVD-Verfahren) abgeschieden. Die ferroelektrische Schicht wird in einer Oxidationsumgebung bei etwa Atmosphärendruck und einer Temperatur im Bereich von 550–750 Grad Celsius geglüht. Die Glühzeit beträgt etwa 5–30 Minuten, wenn ein Ofen verwendet wird, und etwa 10–300 Sekunden, wenn ein schneller thermischer Prozessor verwendet wird. Die Oxidationsumgebung kann nur Sauerstoff oder Sauerstoff in Verbindung mit relativ inerten Gasen, wie zum Beispiel Stickstoff, Argon, Helium oder ähnliches, aufweisen. Nicht-oxidierende Umgebungen, wie zum Beispiel relativ inerte Gase ohne Sauerstoff (Stickstoff, Argon, Helium oder ähnliches) und besonders reduzierende Umgebungen, wie zum Beispiel Wasserstoff, sollten vermieden werden, wenn nicht die ferroelektrische Schicht später in einer Oxidationsumgebung geglüht wird.

[0033] Eine Maskenschicht (nicht gezeigt) ist über der ferroelektrischen Schicht **41** gebildet. Die ferroelektrische Schicht **41** wird durch Nassätztechniken oder Trockenätztechniken strukturiert. Nassätzen kann mit einer Lösung durchgeführt werden, welche Flusssäure, Salpetersäure und Wasserstoffperoxid aufweist. Während des Ätzens wird die Lösung bei etwa Raumtemperatur beibehalten. Trockenätzen kann durchgeführt werden, indem Plasmaätzen oder Ionenätzen durchgeführt wird. Für Plasmaätzen sollte die Ätzchemie Sauerstoff, Fluor enthaltende Verbindungen, wie zum Beispiel Kohlenstofftetrafluoride (CF_4) und ähnliches, und Chlor enthaltende Verbindungen, wie zum Beispiel Kohlenstofftetrachlorid (CCl_4), molekulares Chlor (Cl_2) und ähnliches aufweisen. Nach dem Strukturieren wird die Maskenschicht (nicht gezeigt) entfernt, so dass sich die ferroelektrische Schicht **41** ergibt, wie aus **Fig. 8** ersichtlich ist.

[0034] Wie zuvor diskutiert worden ist, liegt ein Problem bei den ferroelektrischen Kondensatoren in ihrem Unvermögen, ihre ferroelektrischen Eigenschaften beizubehalten. Obgleich die Quelle des Problems nicht bekannt ist, ist es möglich, dass die ferroelektrische Schicht zumindest teilweise während der nach-

folgenden Verarbeitung reduziert wird. Von den in PZT enthaltenden Werkstoffen wird Blei am leichtesten reduziert. **Fig. 9** ist ähnlich zu **Fig. 4**, außer dass der Graph eine Kurve für elementares Blei (Pb) und Bleioxid (PbO) und eine Kurve für Ru und RuO_2 aufweist. Die Kurve verdeutlicht, dass bei höheren Temperaturen ein höherer Sauerstoffpartialdruck erforderlich ist, um zu verhindern, dass PbO zu Pb reduziert wird. Aus **Fig. 9** ist ersichtlich, dass RuO_2 leichter zu Ru als PbO zu Pb reduziert wird. Sowohl Ru als auch RuO_2 sind leitfähig, und beide reagieren nicht signifikant mit PZT. Daher kann Ru und RuO_2 als die Oberelektrode für den ferroelektrischen Kondensator verwendet werden. Auf gleiche Weise können Re und irgend eines seiner Oxide, Ir und IrO_2 , Os und OsO_4 als Oberelektrode verwendet werden. Die Oberelektrode muss sowohl das elementare Metall als auch sein leitfähiges Metalloid aufweisen.

[0035] Wie aus **Fig. 10** ersichtlich ist, wird eine strukturierte Oberelektrode **61** gebildet, um die Oberseite und Außenseite der ferroelektrischen Schicht **41** zu bedecken. Die Oberelektrode **61** weist Ru und RuO_2 auf, wobei etwa 5–95 Prozent des gesamten atomaren Rutheniums in der Oberelektrode **61** RuO_2 ist und der Rest des atomaren Rutheniums in der Oberelektrode **61** Ru ist. Es wird darauf hingewiesen, dass die Oberelektrode **61** eine höhere RuO_2 -Konzentration im Vergleich zur Schicht **21** oder **161** aufweist, weil die Oberelektrode **61** das PZT in der ferroelektrischen Schicht **41** schützen soll. Die Oberelektrode **61** wird durch Sputter-Abscheidung einer Schicht von etwa 50–500 nm (500–5000 Ångström) Dicke gebildet, wobei irgend eines der oben beschriebenen Verfahren zum Bilden der Oberelektrode **61** verwendet wird. Ähnliche Verfahren werden verwendet, wenn die Schicht Re und irgend eines seiner Oxide, Ir und IrO_2 , Os und OsO_4 oder ähnliches aufweist.

[0036] Über die Schicht aus Ru und RuO_2 wird eine Maskenschicht (nicht gezeigt) gebildet und strukturiert, wobei eine konventionelle lithographische Technik verwendet wird. Die Schicht aus Ru und RuO_2 wird mittels Ionenätzen oder Plasmaätzen des frei liegenden Schichtabschnittes strukturiert. Wenn die Schicht Ru und RuO_2 aufweist, kann die Plasmaätzchemie Sauerstoff oder Fluor enthaltende Verbindungen, wie zum Beispiel Kohlenstofftetrafluorid (CF_4) und ähnliches, aufweisen. Wenn andere Werkstoffe verwendet werden, können andere Ätzchemikalien verwendet werden. Nach dem Strukturierungsschritt wird die Maskenschicht (nicht gezeigt) entfernt, wodurch die Oberelektrode **61** übrig bleibt, wie aus **Fig. 10** ersichtlich ist.

[0037] Die Oberelektrode **61** schützt die Oberseite und Außenseite der ferroelektrischen Schicht **41**, wie aus **Fig. 10** ersichtlich ist. Das RuO_2 in der Oberelektrode **61** kann reduziert werden, so dass Ru gebildet

wird. Die Oberelektrode **61** verringert die Wahrscheinlichkeit, dass die ferroelektrische Schicht **41** während der nachfolgenden Verarbeitung reduziert würde. Um die ferroelektrische Schicht **41** zu reduzieren, muss ein Reduziermittel durch die Oberelektrode **61** migrieren, ohne RuO₂ zu reduzieren. Auf diese Art kann die ferroelektrische Schicht **41** besser vor Reduktion geschützt werden. Die anderen Metalle und deren leitfähige Metalloxide können durch die Schicht aus Ru und RuO₂ ersetzt oder in Verbindung mit der Schicht aus Ru und RuO₂ verwendet werden.

[0038] Wie aus **Fig. 11** ersichtlich ist, ist ein im Wesentlichen vervollständigter integrierter Schaltkreis gebildet. Eine zweite, eingeebnete Isolierschicht **71** wird auf der Titandioxidschicht **33** und der Oberelektrode **61** gebildet. In der Schicht **71** wird eine Öffnung gebildet, welche sich zur Oberelektrode **61** erstreckt. Innerhalb der Öffnung wird ein leitfähiger Plug gebildet, welcher eine Titanitridschicht **72** und eine Wolframschicht **73** aufweist. In dem leitfähigen Plug können andere Werkstoffe verwendet werden, aber die Fähigkeit des Ru und RuO₂, zu oxidieren und zu reduzieren, kann die Auswahl begrenzen. Der für den leitfähigen Plug verwendete Werkstoff sollte leitfähig bleiben. Außer Titanitrid kann die Schicht, welche die Oberelektrode kontaktiert, Titan-Wolfram, Wolfram, Elementarmetalle und deren leitfähige Metalloxide oder ähnliches aufweisen. Eine Zwischenverbindung **74** und eine Passivierungsschicht **75** werden über den leitfähigen Plug und die Schicht **71** gebildet. Falls erforderlich, werden andere zwischenliegende Isolierschichten und Verbindungsschichten gebildet. Zu anderen Teilen des integrierten Schaltkreises, wie zum Beispiel die Gate-Elektrode **303** und dem linksseitigen Source/Drain-Gebiet **301**, werden elektrische Verbindungen gebildet, welche jedoch nicht in **Fig. 11** gezeigt sind.

[0039] Die vorliegende Erfindung kann verwendet werden, um eine Schutzschicht zu bilden. Obgleich diese Ausführungsform in Verbindung mit einer ferroelektrischen Schicht beschrieben ist, kann die Schutzschicht für irgendeine Anzahl von Bauelementen verwendet werden. Siliziumnitrid ist eine gute Wasserstoffbarriere, aber Siliziumnitrid kann mit einer PZT-Schicht aufgrund möglicher Reaktionen zwischen Silizium und den PZT-Werkstoffen nicht direkt in Kontakt kommen. Ferner kann Wasserstoff während der Bildung der Siliziumnitridschicht in Abhängigkeit von der gewählten Abscheidechemikalie produziert werden, welcher die Oxidverbindungen innerhalb der ferroelektrischen Schicht reduzieren kann. Diese Anwendung zeigt, wie eine ferroelektrische Schicht durch Schutzschichten, welche Siliziumnitrid aufweisen, nahezu eingekapselt werden kann. **Fig. 12** zeigt eine Querschnittsansicht eines Abschnittes des Halbleiterbauelementes, welches eine erste Isolierschicht **80** und eine Bodenelektrode **81** aufweist, welche elementares Iridium (Ir) oder eine

Mischung aus Ir und Iridiumdioxid (IrO₂) aufweist. Die Bodenelektrode **81** wird ähnlich zu den zuvor beschriebenen anderen Schichten, welche Metalle und ihre leitfähigen Metalloxide aufweisen, abgeschieden und strukturiert. Über der ersten Isolierschicht **80** und einem Teil der Bodenelektrode **81** wird eine strukturierte zweite Isolierschicht **91** gebildet. Eine Siliziumnitridschicht wird abgeschieden und anisotrop geätzt, um Nitrid-Seitenwand-Abstandshalter **92** zu bilden, wie in **Fig. 13** gezeigt. Ferner wird eine Schicht aus Titandioxid abgeschieden und anisotrop geätzt, um Titandioxid-Abstandshalter **93** zu bilden, wie in **Fig. 13** gezeigt. Bei einer anderen Ausführungsform kann die Titandioxidschicht durch Oxide von Magnesium, Zirkon, Tantal oder ähnlichem ersetzt werden oder in Verbindung mit diesen Oxiden verwendet werden. Optional ist es nicht erforderlich, dass die Titandioxidschicht anisotrop geätzt wird, sollte aber die gesamte freiliegende Oberfläche des Halbleiterbauelementes abdecken. Die optionale Ausführungsform ist nicht in **Fig. 13** gezeigt. Während der Bildung der Abstandshalter kann Wasserstoff erzeugt und IrO₂ reduziert worden sein, wenn davon ursprünglich etwas vorhanden war. Es kann ein kurzes Glühen, bei dem eine Oxidationsumgebung verwendet wird, durchgeführt werden, falls erforderlich, um etwas Ir zu IrO₂ zu oxidieren. Nach der Bildung des Abstandshalters sollte IrO₂ zwischen 5–95 Atomprozent des gesamten Iridiums innerhalb der Bodenelektrode **81** ausmachen.

[0040] Wie aus **Fig. 14** ersichtlich ist, wird eine ferroelektrische Schicht **101** gebildet, welche Lanthan dotiertes PZT aufweist. Die ferroelektrische Schicht **101** wird mittels eines der zuvor diskutierten Verfahren in Verbindung mit Schichten, welche PZT aufweisen, abgeschieden. Das Substrat, welches die ferroelektrische Schicht **101** aufweist, wird durch chemisch-mechanisches Polieren strukturiert. Um sicherzustellen, dass die gesamte ferroelektrische Schicht **101** über der Isolierschicht **91** entfernt wird, wird die ferroelektrische Schicht **101** nassgeätzt, wobei eine Lösung verwendet wird, welche Flusssäure, Salpetersäure und Wasserstoffperoxid aufweist. Zusätzlich zum Entfernen jedes Restes der ferroelektrischen Schicht **101** wird durch den Nassätzschritt auch etwas von der ferroelektrischen Schicht **101** innerhalb der Öffnung geätzt, um sicherzustellen, dass die ferroelektrische Schicht **101** nur den Titandioxid-Abstandshalter **93** und die Bodenelektrode **81** kontaktiert. Das Substrat, welches die ferroelektrische Schicht **101** aufweist, wird in einer Art geglüht, welche ähnlich zu jener der ferroelektrischen Schicht **41** ist, welche zuvor beschrieben wurde.

[0041] Eine Oberelektrode **111** wird gebildet und weist elementares Osmium (Os) und Osmiumtetraoxid (OsO₄) auf, wie aus **Fig. 15** ersichtlich ist. Das OsO₄ macht etwa 5–95 Atomprozent des gesamten Osmiums in der Oberelektrode **111** aus, und der Rest

des Osmiums in der Oberelektrode **111** ist Os. Die Oberelektrode **111** wird ähnlich zu den zuvor beschriebenen anderen Schichten, welche Metalle und ihre leitfähigen Metalloxide aufweisen, abgeschieden und strukturiert. Andere Schichten und elektrische Verbindungen werden zum ferroelektrischen Kondensator zugefügt, sind aber nicht in den Figuren gezeigt.

[0042] Bei dieser Ausführungsform weist die ferroelektrische Schicht Elektroden **81** und **111** auf, welche Metalle und ihre leitfähigen Metalloxide aufweisen. Nitrid-Abstandshalter **92** umgeben die Seiten der ferroelektrischen Schicht **101**, kontaktieren aber nicht die ferroelektrische Schicht **101**. Wasserstoff sollte die ferroelektrische Schicht **101** mittels der Seiten nicht kontaktieren, weil die Nitrid-Abstandshalter **92** als eine Wasserstoffbarriere wirken sollten. Die ferroelektrische Schicht **101** wurde nicht mittels Wasserstoff reduziert, welches während des Bildens des Nitrid-Abstandshalters erzeugt wird, weil die Nitrid-Abstandshalter vor der ferroelektrischen Schicht **101** gebildet wurden. Die Titandioxid-Abstandshalter **93** trennen die Nitrid-Abstandshalter **92** und die ferroelektrische Schicht **101**. Daher sollte das Silizium innerhalb des Nitrid-Abstandshalters **92** nicht mit der ferroelektrischen Schicht **101** reagieren. Die Elektroden **81** und **111** und der Siliziumnitrid-Abstandhalter **92** kapseln geradezu die ferroelektrische Schicht **101** ein. Bei dieser Ausführungsform ist die Reduktion der ferroelektrischen Schicht **101** weniger wahrscheinlich als mit konventionellen ferroelektrischen Kondensatoren.

[0043] In Fig. 16 ist eine andere Ausführungsform mit einer geschützten ferroelektrischen Schicht dargestellt. Fig. 16 zeigt eine Oxidschicht **80** und eine erste Siliziumnitridschicht **81**. Eine leitfähige Schicht **121**, welche Re und ReO₂ aufweist, und eine ferroelektrische Schicht **122**, welche PZT aufweist, sind über der ersten Siliziumnitridschicht **81** gebildet. Die leitfähige Schicht **121** wirkt als die Bodenelektrode, und ReO₂ innerhalb der leitfähigen Schicht **121** verringert die Wahrscheinlichkeit, die ferroelektrische Schicht **122** zu reduzieren. Die Schichten **121** und **122** sind strukturiert, wobei Ionenätzen verwendet wird. Das Ionenätzen strukturiert die Schichten **121** und **122**, so dass sie miteinander übereinstimmen. Über der Isolierschicht **80** einschließlich der Schichten **121** und **122** werden eine Titandioxidschicht **123** und eine zweite Siliziumnitridschicht **124** gebildet. Die Schichten **123** und **124** werden anisotrop geätzt, um Seitenwand-Abstandshalter zu bilden. Das Ätzen zum Bilden der Seitenwand-Abstandshalter kann in einem Schritt oder in mehreren Schritten durchgeführt werden. Die Abscheidung von Siliziumnitrid erzeugt Wasserstoff, welcher das PbO innerhalb der ferroelektrischen Schicht reduzieren kann. Nachdem die Abstandshalter gebildet worden sind, wird das Substrat einschließlich der ferroelektrischen Schicht

122 in einer Sauerstoffumgebung geglüht. Das Glühen ist ähnlich zu dem Glühen, welches für die ferroelektrische Schicht **41**, welche zuvor beschrieben worden ist, verwendet wurde. Über der ferroelektrischen Schicht **122** und den Seitenwand-Abstandshaltern wird eine Oberelektrode **125** einschließlich Ru und RuO₂ gebildet. RuO₂ innerhalb der Oberelektrode **125** verringert die Wahrscheinlichkeit, die ferroelektrische Schicht **122** zu reduzieren. Sowohl die leitfähige Schicht **121**, welche als die Bodenelektrode wirkt, als auch die ferroelektrische Schicht **122** werden von der ersten Siliziumnitridschicht **81**, der zweiten Siliziumnitridschicht **124** der Seitenwand-Abstandshalter und der Oberelektrode **125** geradezu eingekapselt. Weil es nicht vollständig bekannt ist, ob die Degradationsprobleme mit ferroelektrischen Kondensatoren die Bodenelektrode oder die ferroelektrische Schicht betreffen, kann diese Ausführungsform gegen Degradationsprobleme wirksam sein, weil die Bodenelektrode und die ferroelektrische Schicht stärker eingekapselt sind als in anderen Ausführungsformen.

[0044] Fig. 17 zeigt eine Querschnittsansicht eines Abschnittes eines Halbleiterbauelementes mit einem ferroelektrischen Kondensatoren und Abschirmschichten, um die ferroelektrischen Kondensatoren vor Reduzieragenzen zu schützen. Das Substrat weist eine erste Isolierschicht **130** und eine Titandioxidschicht **131** auf. Ein Polysilizium-Plug **132** wird von einer ersten leitfähigen Schicht **133** abgedeckt, welche zum Beispiel aus Ru und RuO₂ hergestellt ist, welche die erste Elektrode des Kondensators definiert. Eine ferroelektrische Schicht **134** liegt über der ersten leitfähigen Schicht **133**, und eine Schicht **135** einschließlich Platin liegt über der ferroelektrischen Schicht **134**. Die Schicht **135** wirkt als die zweite Elektrode für den Kondensator. Die Bildung des Bauelementes bis zu diesem Verfahrensschritt einschließlich des Glühens der ferroelektrischen Schicht **134**, sind konventionell. Über der Elektrode wird eine zweite Isolierschicht **136** gebildet, die dick genug ist, so dass es wenig, wenn überhaupt, kapazitive Kopplung zwischen der Schicht **135** und der nachfolgend gebildeten Abschirmschicht gibt. Typischerweise ist die zweite Isolierschicht **136** mindestens etwa 500 nm (5000 Ångström) dick. Das Substrat einschließlich der zweiten Isolierschicht **136** wird in einer Oxidationsumgebung geglüht, um den Betrag an Wasserstoff zu verringern, welcher innerhalb der zweiten Isolierschicht **136** eingefangen sein kann.

[0045] Über der zweiten Isolierschicht werden Abschirmschichten **137** und **138** gebildet. Die Abschirmschichten **137** und **138** weisen eine Mischung aus Ru und RuO₂ ähnlich zur Schicht **61** auf. Die Abschirmschicht **138** weist Siliziumnitrid auf und wird durch Sputter-Abscheidung oder Plasma-verstärktes Abscheiden aus der Dampfphase (CVD-Verfahren) gebildet. Die während der Siliziumnitridabscheidung

vorhandene Temperatur und der Betrag an Wasserstoff sollten relativ niedrig sein, um die Reduktion von RuO₂ auf Ru innerhalb der Schicht 137 zu minimieren. Nach der Abscheidung der Schicht 138 wird das Substrat in einer Oxidationsumgebung gegläutet, um die Oxidation von etwas Ru innerhalb der Schicht 137 zu fördern und irgendwelche kleinen Löcher innerhalb der Schicht 138 abzudichten. Damit ein Reduziermittel, wie zum Beispiel Wasserstoff, mit dem ferroelektrischen Kondensator interferiert, darf das Reduziermittel nicht nur durch die Schicht 138, sondern auch durch die Schicht 137 passieren, ohne innerhalb der Schicht 137 das RuO₂ auf Ru zu reduzieren. Diese Ausführungsform zeigt nicht nur eine gute Wasserstoffbarriere, sondern zeigt auch, dass die Abschirmschichten an dem Halbleiterbauelement nicht elektrisch teilhaben müssen, wenn dies so erwünscht ist.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Bilden eines Halbleiterbauelementes, wobei das Verfahren die Schritte aufweist:
Bereitstellen eines Substrates (10; 80; 81; 130; 131) mit einer Primäroberfläche;
Bilden eines ersten Gebietes (41; 101; 122; 134) an einem Ort, welcher über dem Substrat liegt, und wobei das erste Gebiet ein dielektrisches Gebiet ist;
Abscheiden einer ersten Schicht (61; 111; 125; 137) über das erste Gebiet, wobei der Schritt des Abscheidens der ersten Schicht derart ist, dass
die erste Schicht, wie abgeschieden, eine Mischung aufweist, welche ein Elementarmetall und sein leitfähiges Metalloxid aufweist;
wobei das leitfähige Metalloxid imstande ist, bevorzugt gegenüber einer Reduzierung des ersten Gebietes zum Elementarmetall reduziert zu werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Elementarmetall und sein leitfähiges Metalloxid eines der folgenden Paare ist: Ruthenium und Rutheniumdioxid, Rhenium und irgendeines seiner Oxide, Iridium und Iridiumdioxid oder Osmium und Osmiumtriaoxid.

3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei:
die erste Schicht eine Mehrzahl von ersten Atomen aufweist;
das leitfähige Metalloxid eine Mehrzahl der ersten Atome aufweist; und
sich mindestens 5 Atomprozent der ersten Atome innerhalb der ersten Schicht in dem leitfähigen Metalloxid befinden.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Halbleiterbauelement einen ferroelektrischen Kondensator aufweist, welcher:
eine erste Elektrode (35; 81; 121; 133), eine ferroelektrische Schicht (41; 101; 122; 134), welche über

der ersten Elektrode liegt; und eine zweite Elektrode (61; 111; 125; 135) aufweist, welche über der ferroelektrischen Schicht liegt, wobei die ferroelektrische Schicht (41; 101; 122; 134) das erste Gebiet ist.

5. Verfahren nach Anspruch 4, welches ferner den Schritt aufweist:

Bilden der ersten Elektrode vor dem Bilden der ferroelektrischen Schicht, wobei das Strukturieren der ersten Schicht die zweite Elektrode bildet.

6. Verfahren nach Anspruch 4 oder 5, wobei der ferroelektrische Kondensator ferner derart ist, dass:
die ferroelektrische Schicht (41; 101; 122) Blei aufweist;

das Elementarmetall Ruthenium ist und sein leitfähiges Metalloxid Rutheniumdioxid ist;
die erste Schicht (61; 111; 125) eine Mehrzahl von Rutheniumatomen aufweist; und
sich mindestens 5 Atomprozent der Rutheniumatome innerhalb der ersten Schicht (61; 111; 125) in dem Rutheniumdioxid befinden.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei das Halbleiterbauelement einen ferroelektrischen Kondensator aufweist, welcher eine erste Elektrode (133), eine ferroelektrische Schicht (134), welche über der ersten Elektrode (133) liegt, und eine zweite Elektrode (135) aufweist, welche über der ferroelektrischen Schicht (134) liegt, wobei die ferroelektrische Schicht (134) das erste Gebiet ist, und das Verfahren ferner die Schritte aufweist:

Bilden der ersten Elektrode (133); und

Bilden der zweiten Elektrode (135),

wobei das Verfahren ferner durch Abscheiden der ersten Schicht (137) in der Weise gekennzeichnet ist, dass:

die erste Schicht (137) über der zweiten Elektrode (135) liegt und mittels einer Isolierschicht (136) im Abstand von der zweiten Elektrode (135) angeordnet ist;

die erste Schicht (137) einen Oberbereich und Seiten der ferroelektrischen Schicht (134) umgibt.

8. Verfahren nach Anspruch 7, wobei der ferroelektrische Kondensator ferner derart ist, dass:

das Elementarmetall Ruthenium ist und sein leitfähiges Metalloxid Rutheniumdioxid ist;

die erste Schicht (137) eine Mehrzahl von Rutheniumatomen aufweist; und

sich mindestens 5 Atomprozent der Rutheniumatome innerhalb der ersten Schicht (137) in dem Rutheniumdioxid befinden.

9. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8, wobei die ferroelektrische Schicht Blei aufweist.

10. Verfahren nach den Ansprüchen 7, 8 oder 9, wobei die zweite Elektrode Platin aufweist.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

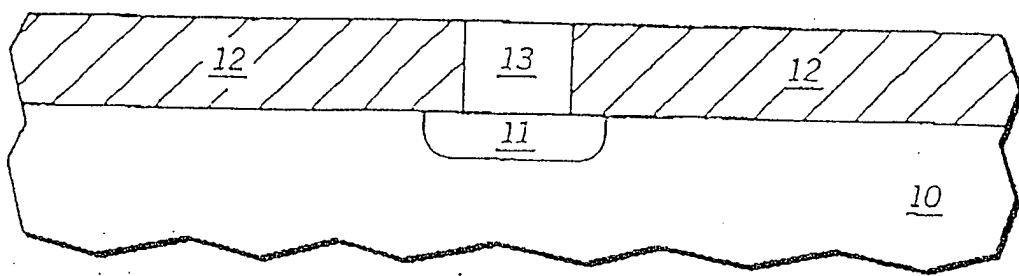


FIG. 1

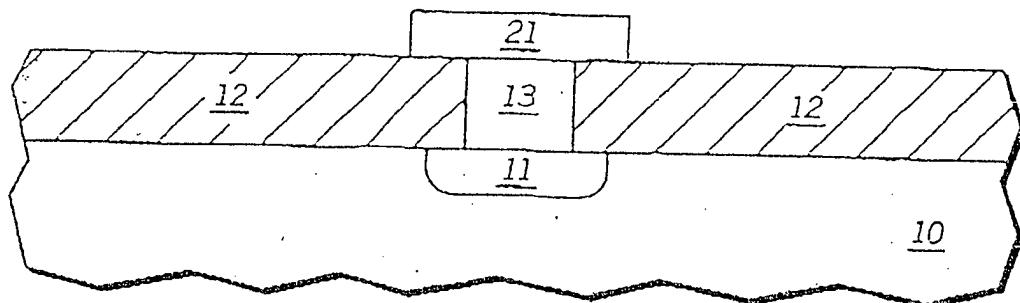


FIG. 2

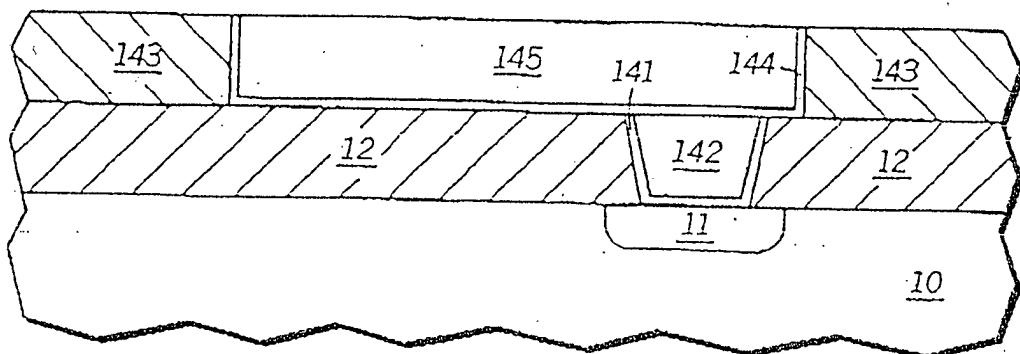


FIG. 3

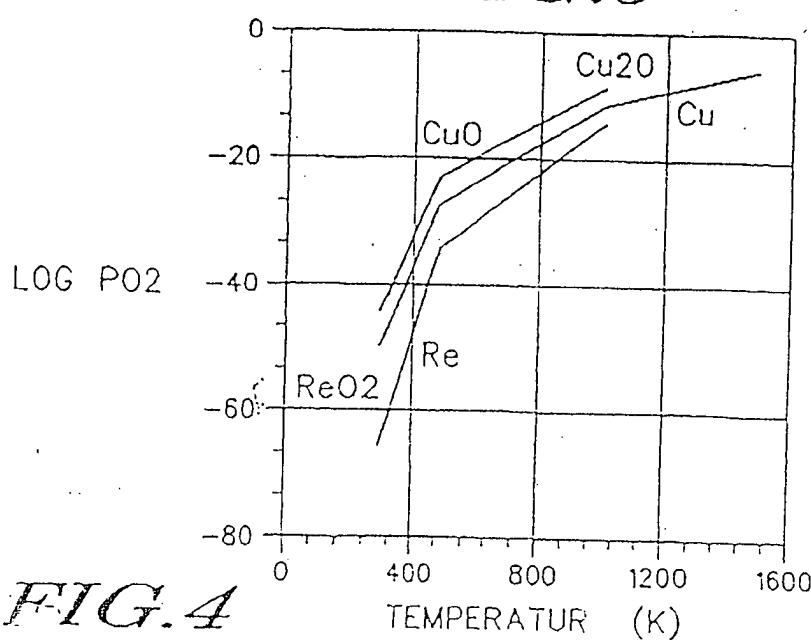


FIG. 4

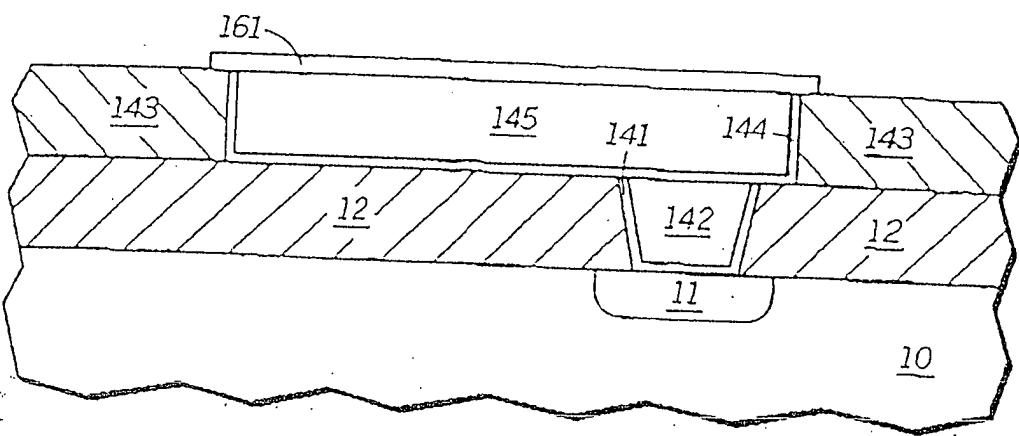


FIG. 5

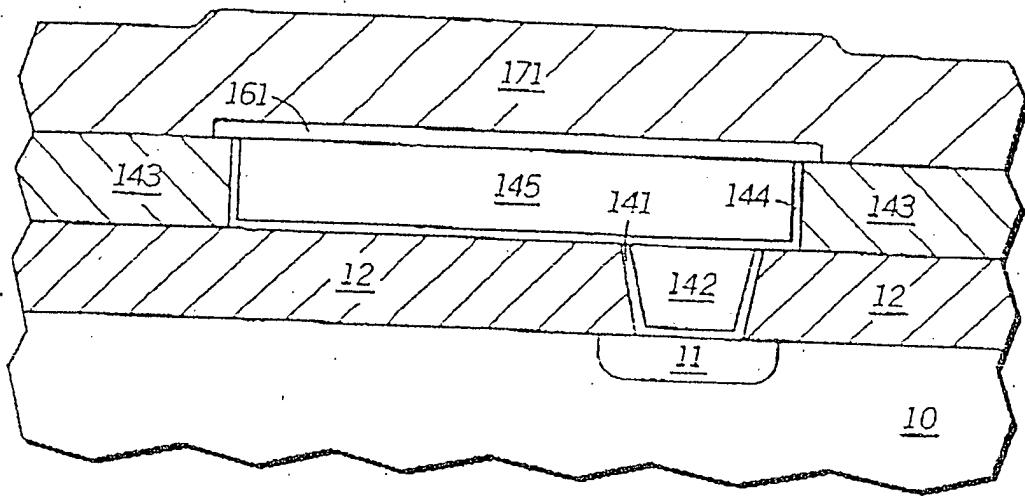


FIG. 6

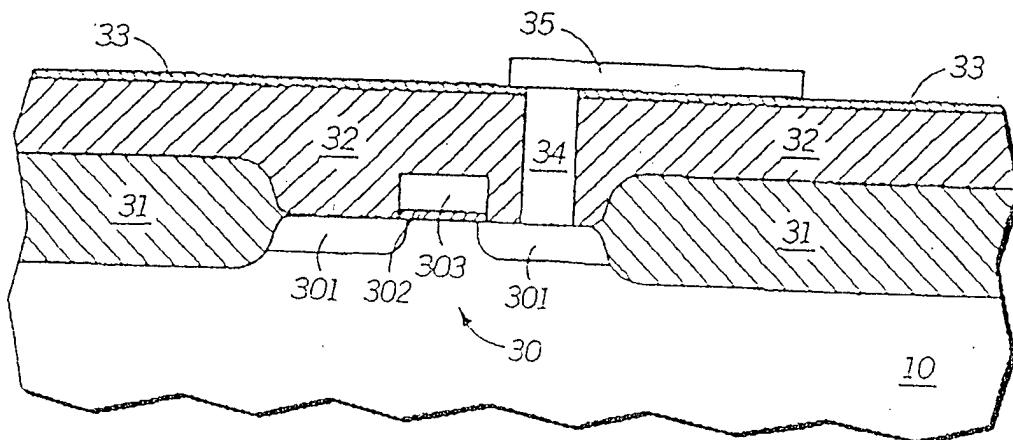


FIG. 7

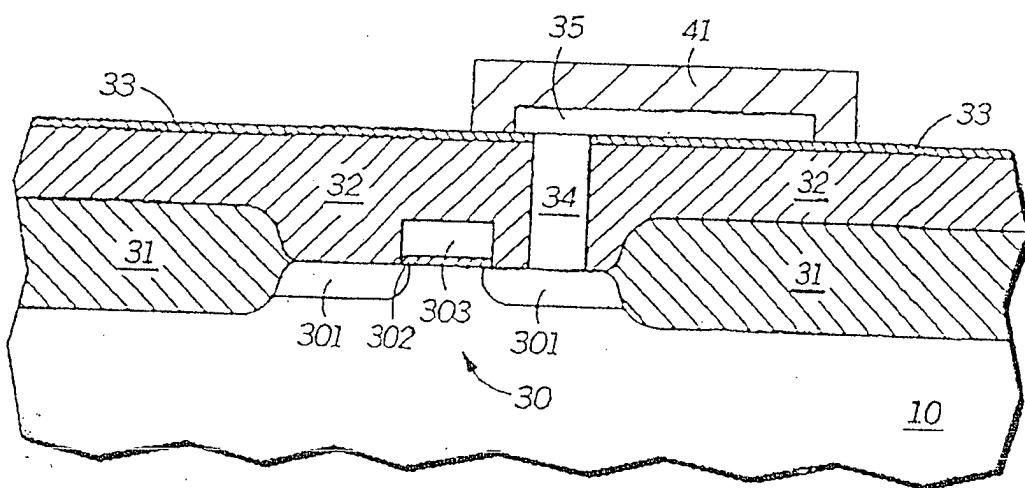


FIG. 8

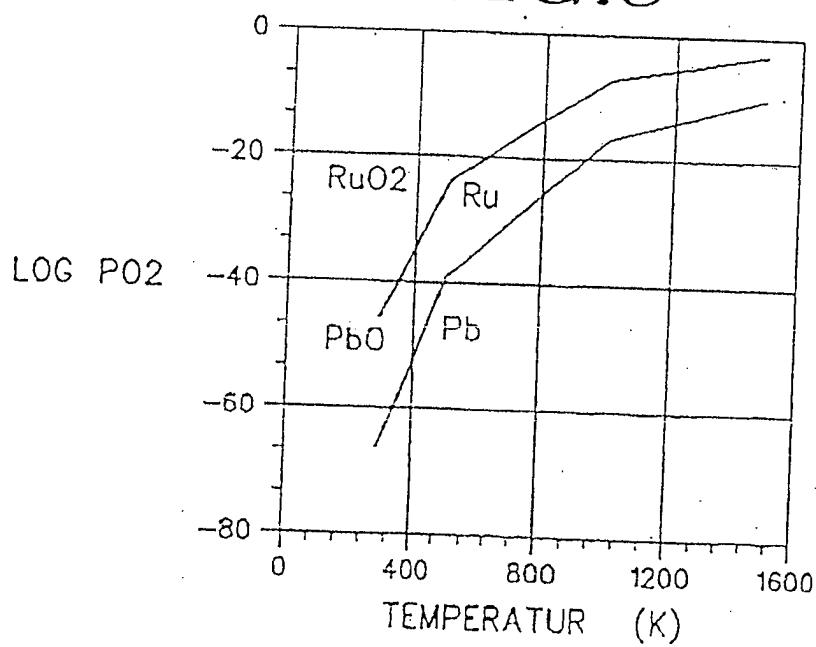


FIG. 9

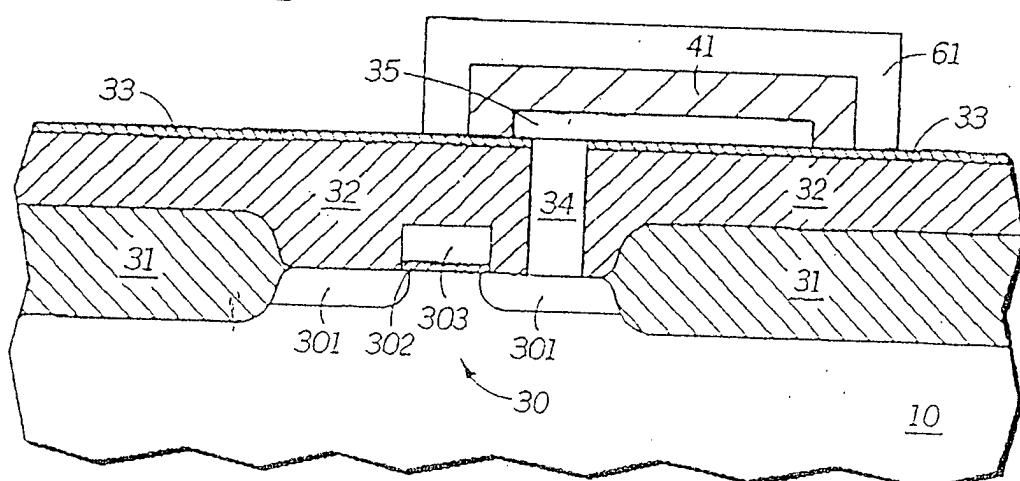


FIG. 10

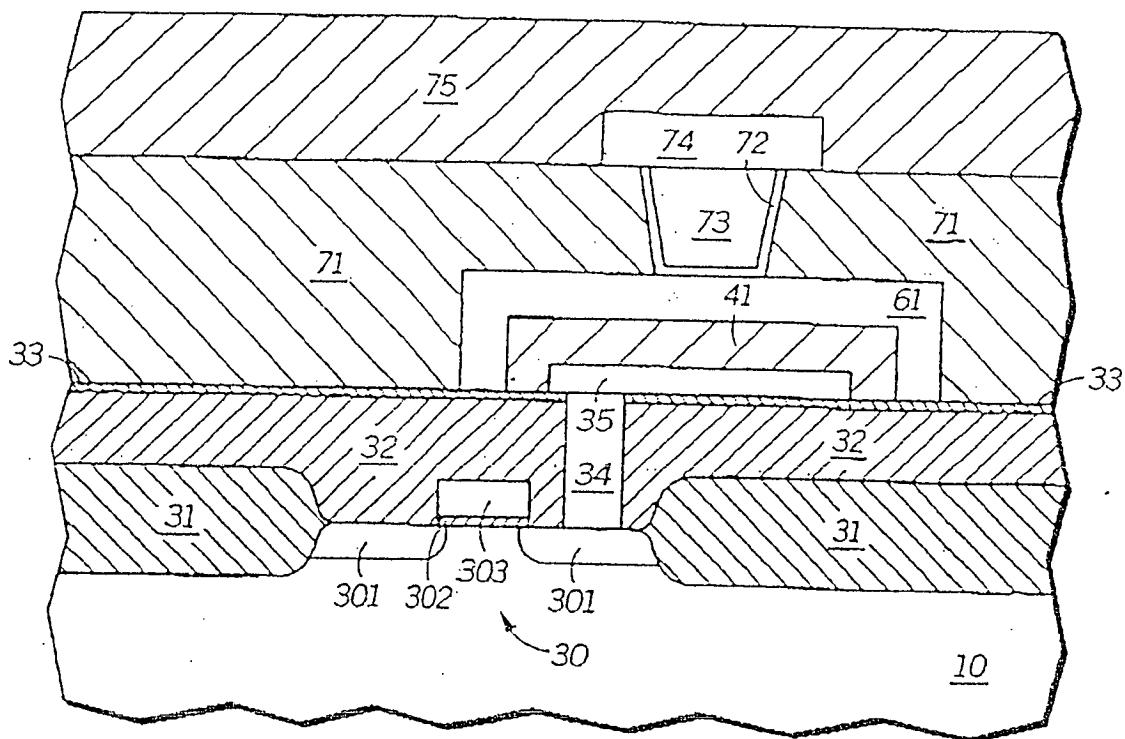


FIG. 11

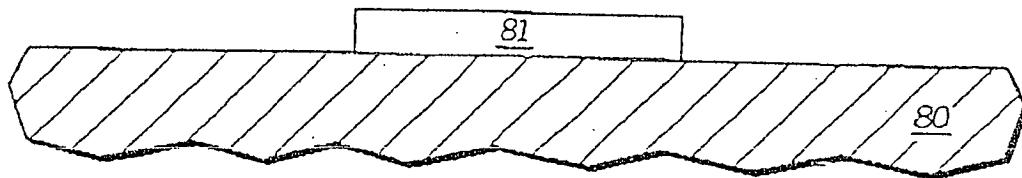


FIG. 12

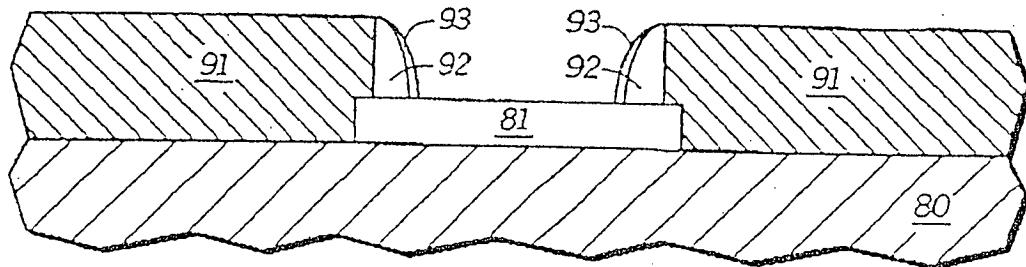


FIG. 13

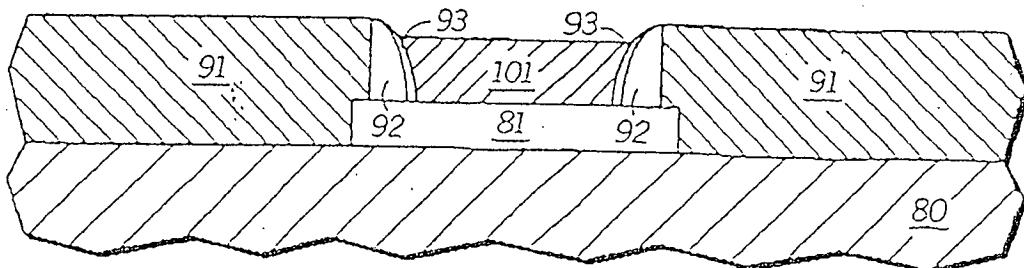


FIG. 14

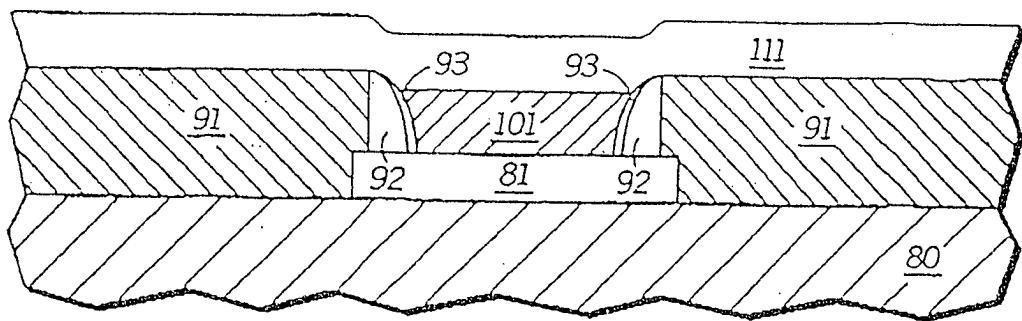


FIG. 15

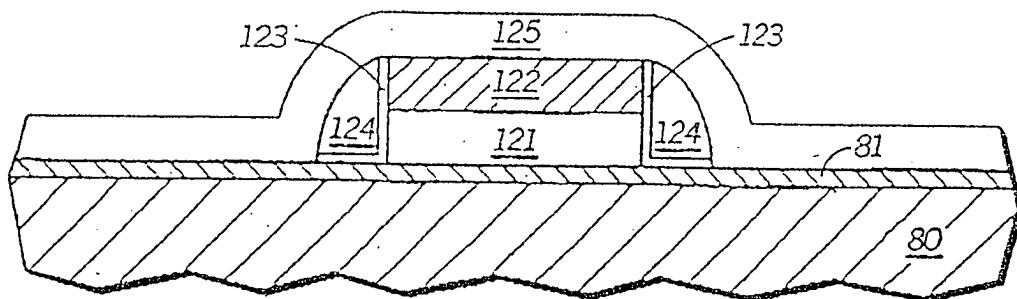


FIG. 16

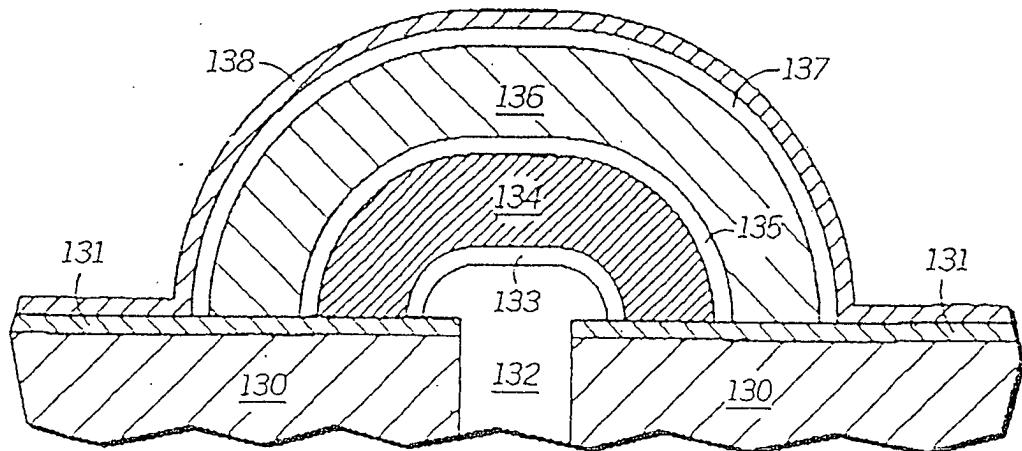


FIG. 17