

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
7. November 2002 (07.11.2002)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 02/089190 A2

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: **H01L 21/28**,
21/321

St.-Martin-Str. 53, 81669 München (DE). **MATTSON**
THERMAL PRODUCTS GMBH [DE/DE]; Daimlerstr.
10, 89160 Dornstadt (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE02/01321

(72) Erfinder; und

(22) Internationales Anmeldedatum:
10. April 2002 (10.04.2002)

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **FRIGGE, Steffen**
[DE/DE]; Friedrich-Naumann-Str. 6, 09131 Chem-
nitz (DE). **KEGEL, Wilhelm** [DE/DE]; Bergerstr. 1,
01465 Langebrück (DE). **SACHSE, Jens-Uwe** [DE/DE];
Hohnsteiner Str. 11, 01099 Dresden (DE). **STADT-**
MÜLLER, Michael [DE/DE]; Am Sportplatz 13, 01109
Dresden (DE). **HAYN, Regina** [DE/FR]; 14 Boulevard
Marechal Joffre, F-77300 Fontainebleau (FR). **ROTTERS,**
Georg [DE/DE]; Weseler Str. 37, 48249 Dülmen (DE).
SCHOER, Erwin [DE/DE]; Luisenstr. 59, 01099 Dres-
den (DE). **STORBECK, Olaf** [DE/DE]; Nordstr. 38,
01099 Dresden (DE).

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

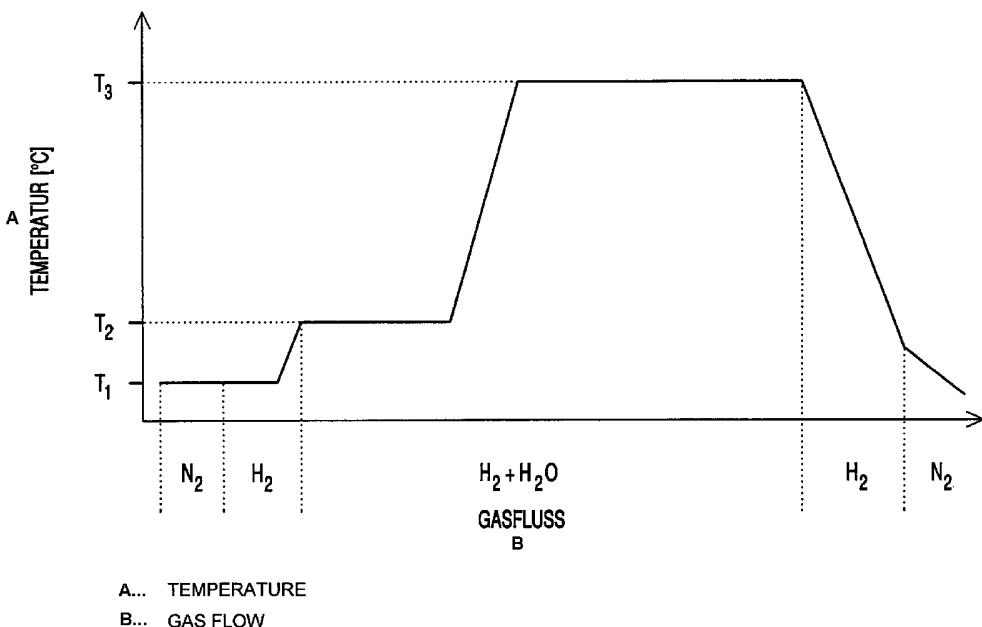
(30) Angaben zur Priorität:
101 20 523.6 26. April 2001 (26.04.2001) DE

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme
von US): **INFINEON TECHNOLOGIES AG** [DE/DE];

(54) Title: METHOD FOR MINIMIZING TUNGSTEN OXIDE EVAPORATION DURING SELECTIVE SIDEWALL OXIDA-
TION OF TUNGSTEN-SILICON GATES

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR MINIMIERUNG DER WOLFRAMOXIDAUSDAMPFUNG BEI DER SELEKTIVEN
SEITENWANDOXIDATION VON WOLFRAM-SILIZIUM-GATES



WO 02/089190 A2

(57) Abstract: In selective oxidation of gate structures known per se, which contain a polycrystalline silicon layer and a tungsten layer, tungsten oxide evaporation is prevented or at least substantially reduced by means of a special process control, whereby the gate structure is exposed to a non-aqueous inert gas containing hydrogen before and optionally after a treatment step with a hydro-
gen/water mixture.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



(74) **Anwalt:** LAMBSDORFF, Matthias; Dingolfinger
Strasse 6, 81673 München (DE).

(81) **Bestimmungsstaaten (national):** CN, JP, KR, SG, US.

(84) **Bestimmungsstaaten (regional):** europäisches Patent (AT,
BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC,
NL, PT, SE, TR).

Veröffentlicht:

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu
veröffentlichen nach Erhalt des Berichts

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen
Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on
Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe
der PCT-Gazette verwiesen.

(57) **Zusammenfassung:** Bei der an sich bekannten selektiven Oxidation von Gatestrukturen, die eine polykristalline Siliziumschicht und eine Wolframschicht enthalten, wird die Wolframoxidausdampfung durch eine spezielle Prozessführung verhindert oder zumindest stark reduziert. Dabei wird vor und gegebenenfalls nach einem Behandlungsschritt mit einem Wasserstoff/Wasser-Gemisch die Gatestruktur mit einem Wasserstoff enthaltenden, nichtwäßrigen Inertgas beaufschlagt.

Beschreibung

Verfahren zur Minimierung der Wolframoxidausdampfung bei der selektiven Seitenwodoxidation von Wolfram-Silizium-Gates

5

Die Erfindung betrifft generell das Gebiet der Herstellung von Metallisierungsstrukturen, insbesondere Gatestrukturen, in welchen mindestens eine Schicht aus polykristallinem Silizium und mindestens eine Wolframschicht enthalten ist. Insbesondere bezieht sich die Erfindung auf ein selektives Oxidationsverfahren einer derartigen Metallisierungsstruktur gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

15 Im Zuge der fortschreitenden Verkleinerung von MOS-Transistoren wird in zunehmendem Maße Wolfram als ein Bestandteil des Gate-Aufbaus eingesetzt. Wolfram hat als Gate-Material gegenüber dem ebenfalls bereits vielfach verwendeten Wolframsilizid wesentliche Vorteile. Der geringere spezifische Widerstand von Wolfram gegenüber Wolframsilizid ermöglicht eine
20 Reduzierung des Widerstandes des Gates und somit verbesserte elektrische Eigenschaften der Transistoren. Aufgrund des geringeren spezifischen Widerstands kann auch die Höhe des schichtförmigen Gateaufbaus deutlich verringert werden, wodurch die verschiedenen Füll- und Ätzschritte wesentlich ver-
25 einfacht werden, da dass Aspektverhältnis (Verhältnis von Höhe zum Abstand benachbarter Gates) geringer wird.

Bei der Herstellung des mehrschichtigen Gateaufbaus werden zunächst üblicherweise auf einem Siliziumsubstrat eine Gate-oxidschicht, eine polykristalline Siliziumschicht, eine Wolframnitridschicht, eine Wolframschicht und eine Siliziumnitridschicht aufgebracht. Durch Photolithographie und vertikale Ätzung werden dann einzelne Gatebereiche definiert, die jeweils oberhalb eines Kanals eines MOS-Transistors zu liegen
30 kommen sollen. Um die geätzten Seitenwände der Gateaufbauten ("stacks") elektrisch zu isolieren und um Ätzschäden auszuheilen, müssen auf die Seitenwände geeignete Isolations-

schichten aufgebracht werden. Für die polykristalline Siliziumschicht eignet sich hierfür am besten eine SiO₂-Schicht, die durch eine thermische Oxidation erzeugt wird. Gleichzeitig muss jedoch eine Oxidation der Wolframschicht verhindert werden, da diese sich erfahrungsgemäß nicht auf die Oberfläche beschränkt, sondern sich in lateraler Richtung in der Schicht fortsetzt und somit hochohmiges Wolframoxid erzeugt, wodurch die elektrische Funktionalität des Gates verhindert wird.

10

Es sind verschiedene Verfahren zur Seitenwanderzeugung einer eine Wolframschicht enthaltenden Gateelektrode bekannt geworden.

15 In der US-A-6,165,883 wird ein Verfahren beschrieben, welches auf einer selektiven Oxidation des Gateaufbaus beruht. Dieses Verfahren wird nachfolgend anhand der Zeichnungsfiguren 1A bis 1C näher erläutert.

20 Auf einem Siliziumsubstrat 10 wird durch thermische Oxidation eine Gateoxidschicht 1 gebildet und nachfolgend auf dieser eine polykristalline Siliziumschicht 2, eine Barriereschicht 3 aus Wolframnitrid oder Titannitrid, eine Wolframschicht 4 und eine Siliziumnitritdschicht 5 abgeschieden. Zur Definition 25 der Gatebereiche wird anschließend die Siliziumnitritdschicht 5 strukturiert, so dass für einen Gatebereich die Struktur der Fig. 1A erhalten wird. Die mesaförmig geätzte Struktur 5 der Siliziumnitritdschicht dient im folgenden als Ätzmaske. Dann werden in einem vertikalen Ätzschritt die Schichten 1 30 bis 4 in den Bereichen zwischen den Gatestrukturen entfernt, so dass von dem Schichtaufbau nur noch einzelne definierte Gatebereiche stehen bleiben. Anschließend wird eine selektive Oxidation in einer Wasser und Wasserstoff enthaltenden Atmosphäre bei 800°C durchgeführt, bei der nur auf dem Siliziumsubstrat 10 und an den Seitenwänden der polykristallinen Siliziumschicht 2 Siliziumoxidschichten 6 gebildet werden. Die Wolframschicht 4 wird dagegen nicht oxidiert. Die somit er-

haltene Struktur ist in der Fig. 1B dargestellt. Schließlich wird noch eine Siliziumnitridschicht 7 als Isolationsschicht auf die Seitenwände der Siliziumnitridschicht 5, der Wolfram-schicht 4, der Wolfrannitridschicht 3 und die Siliziumoxid-5 schicht 6 aufgebracht. Somit ist die Gatestruktur nunmehr an allen Seiten von elektrisch isolierenden Seitenwänden umgeben. Der Einfachheit halber sollen die sich daran anschlie-ßenden Prozessschritte, die in der erwähnten Druckschrift er-läutert sind, hier nicht weiter betrachtet werden.

10

Für die Durchführung der selektiven Oxidation kommt es darauf an, in der Reaktionskammer ein bestimmtes Mischungsverhältnis des Wasserstoff-/Wasser-Gemisches einzustellen. In der Fig. 2 ist das an den Durchflussreglern der Reaktionskammer einge-15 stellte Druckverhältnis H_2O/H_2 , somit also das sich in der Reaktionskammer einstellende entsprechende Konzentrationsver-hältnis gegenüber der Prozesstemperatur aufgetragen. Einge-zeichnet sind Reaktionsgleichgewichtskurven, auf denen be-stimmte Oxidationsreaktionen mit den zugehörigen Redukt-i-20 onsreaktionen im Gleichgewicht stehen. Bezuglich der Oxida-tion bzw. Reduktion von Wolfram ist die obere Gleichgewichts-kurve maßgebend, während für die Oxidation bzw. Reduktion von Silizium die untere Gleichgewichtskurve kennzeichnend ist. In beiden Fällen führt ausgehend von der jeweiligen Gleichge-25 wichtskurve ein Anstieg des Wasserdampfanteils und/oder ein Rückgang in der Prozesstemperatur zu einem Ungleichgewicht zugunsten der betreffenden Oxidationsreaktion. Es kommt dar-auf an, die Prozeßbedingungen Wafertemperatur und Mischungs-verhältnis so einzustellen, daß der Arbeitspunkt in dem Dia-30 gramm der Fig. 2 im mittleren Bereich zwischen den dargestell-ten Gleichgewichtskurven liegt.

Bei der selektiven Oxidation, die gemäß Fig. 1B mit dem Ziel der Bildung der Siliziumoxidschichten 6 durch eine Nassoxida-tion in wasserstoffreicher Atmosphäre durchgeführt wird,35 kommt es jedoch bisher noch in zu starkem Maße zur Bildung von Wolframoxid in der den Gatebereich umgebenden Atmosphäre.

Dieses Wolframoxid ist bei den Prozesstemperaturen flüchtig und lagert sich an den Wänden der Prozesskammer an, wo es durch den Wasserstoff zu metallischem Wolfram reduziert wird.

5 Da sich diese Wolfram-Ablagerungen bei lampenbeheizten RTP- (Rapid Thermal Processing) Anlagen, die vorzugsweise für die selektive Oxidation verwendet werden, damit auf den Quarzteilen zwischen den Lampen und dem Wafer befinden und aufgrund ihrer optischen Eigenschaften die Lampenstrahlung teilweise absorbieren, haben sie einen sehr großen Einfluss auf die

10 Temperaturhomogenität des Wafers und verschlechtern diese drastisch. Zusätzlich können sich Wolfram-Ablagerungen auch auf den Quarzteilen vor den Pyrometern bilden und damit die optische Messung der Wafertemperatur negativ beeinträchtigen.

Bei einer Prozessierung unter Produktionsbedingungen, d.h.

15 wiederholte Prozessierung des selben Prozesses auf vielen Produktionsscheiben, führt die zunehmende Wolfram-Ablagerung zu einer so schnellen Degradation der Schichtdicken-Homogenität über dem Wafer sowie von Wafer zu Wafer, dass der Prozess für produktive Anwendungen derzeit nicht stabil genug ist.

20 Der durch das Abdampfen von Wolframoxid hervorgerufene Verlust an Wolfram kann überdies zu einer Schädigung der elektrischen Funktionalität der Leitbahnen führen. Weiterhin kann die Wiederabscheidung von Wolframoxid, gefolgt von einer Reduzierung zu Wolfram, zur Bildung von unerwünschten leitenden Verbindungen und damit zum Kurzschluß von Bauelementen auf der Scheibe führen. Diese Probleme sind nicht auf lampengeheizte RTP-Anlagen beschränkt, sondern treten bei allen Temperieranlagen auf, die für selektive Oxidation genutzt werden

25 können, wie z.B. auch konventionelle Öfen. Bei letzteren stellt indes die Ablagerung von Wolframoxid auf den Kammerwänden und die nachfolgende Reduzierung zu Wolfram kein so gravierendes Problem dar.

30 Es ist dementsprechend Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren zur selektiven Oxidation einer Metallisierungsstruktur, insbesondere einer Gatestruktur, welche minde-

stens eine zu oxidierende Siliziumschicht und mindestens eine nicht zu oxidierende Wolframschicht enthält, anzugeben, bei welchem es entweder überhaupt nicht, oder nur in stark reduziertem Maße zu Ausdampfungen von Wolframoxid aus der die Metallisierungsstruktur umgebenden Atmosphäre kommt.

Diese Aufgabe wird durch die kennzeichnenden Merkmale des Patentanspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Ausführungsarten und Weiterbildungen des erfindungsgemäßen Verfahrens sind in den Unteransprüchen angegeben.

Die vorliegende Erfindung beschreibt eine verbesserte Prozeßführung bei der selektiven Oxidation einer Metallisierungsstruktur, die mindestens eine polykristalline Siliziumschicht und mindestens eine Wolframschicht enthält, wobei die Metallisierungsstruktur in an sich bekannter Weise in einem Behandlungsschritt unter Wärmezufuhr mit einem Gemisch von Wasserstoff und Wasser beaufschlagt und dabei selektiv oxidiert wird. Ein wesentlicher Aspekt der erfindungsgemäßen Prozeßführung liegt darin, die Metallisierungsstruktur vor und gegebenenfalls nach diesem Behandlungsschritt mit einer nichtwäßrigen wasserstoffhaltigen Substanz, insbesondere reinem Wasserstoff oder einem Wasserstoff/Inertgas-Gemisch zu beaufschlagen. Wie Versuche gezeigt haben, kann durch diese Maßnahme die Wolframoxidausdampfung wesentlich gesenkt und gegebenenfalls gänzlich eliminiert werden. Es ist dabei vorteilhaft, jedoch nicht zwingend notwendig, die Beaufschlagung mit Wasserstoff oder dem Wasserstoff/Inertgas-Gemisch auch nach dem Behandlungsschritt durchzuführen. Das Wasserstoff/Inertgas-Gemisch kann beispielsweise ein Wasserstoff/Stickstoff-Gemisch sein.

Die an der oder in unmittelbarer Nähe der zu behandelnden Metallisierungsstruktur vorherrschende Temperatur wird im folgenden Wafertemperatur genannt. Während des Behandlungsschritts mit dem Wasserstoff-/Wasser-Gemisch wird durch die

Wärmezufuhr eine Wafertemperatur eingestellt, die im folgenden Prozeßtemperatur genannt wird.

In welchem Ausmaß die Wolframoxidausdampfung verringert werden kann, hängt von der Vornahme weiterer Maßnahmen wie der Einstellung bestimmter Wafertemperaturen, Anstiegs- und Abfallzeiten (Rampzeiten) der Wafertemperatur sowie dem Wasserstoff-/Wasser-Konzentrationsverhältnis ab.

Es ist beispielsweise von Vorteil, wenn während eines ersten Abschnitts einer Behandlung mit der wasserstoffhaltigen Substanz vor dem Behandlungsschritt mit dem Wasserstoff-/Wasser-Gemisch die Wärmezufuhr so eingestellt wird, daß die Wafer-temperatur von einer ersten Temperatur T_1 auf eine zweite Temperatur T_2 erhöht wird, wobei vorzugsweise die erste Temperatur in einem Bereich zwischen Raumtemperatur und 200°C liegt und weiterhin vorzugsweise die zweite Temperatur in einem Bereich zwischen 700°C und 900°C liegt. Dabei kann vorgesehen sein, daß die Wafertemperatur anfänglich noch konstant auf der ersten Temperatur gehalten wird und anschließend kontinuierlich oder schrittweise auf die zweite Temperatur erhöht wird.

Eine weitere vorteilhafte Verfahrensmaßnahme besteht darin, während eines Abschnitts des Behandlungsschritts mit dem Wasserstoff-/Wasser-Gemisch die Wärmezufuhr so einzustellen, daß die Wafertemperatur von einer bestimmten Temperatur auf eine Prozeßtemperatur erhöht wird. Dabei kann vorgesehen sein, daß die Wafertemperatur anfänglich noch konstant auf der bestimmten Temperatur gehalten wird und anschließend kontinuierlich oder schrittweise auf die Prozeßtemperatur erhöht wird. Die bestimmte Temperatur kann dabei durch die weiter oben genannte zweite Temperatur gebildet sein, die in einem Bereich zwischen 700°C und 900°C liegt, und die Prozeßtemperatur kann durch eine dritte Temperatur T_3 gebildet sein, die in einem Bereich zwischen 900°C und 1100°C liegt.

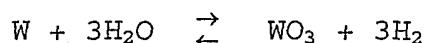
Es hat sich unabhängig von der in dem vorangehenden Abschnitt beschriebenen Verfahrensmaßnahme als vorteilhaft erwiesen, die Wafertemperatur während des Behandlungsschritts mit dem Wasserstoff-/Wasser-Gemisch auf eine Prozeßtemperatur in einem Bereich zwischen 900°C und 1100°C einzustellen.

Ferner kann während eines zweiten Abschnitts der Behandlung mit der wasserstoffhaltigen Substanz nach dem Behandlungsschritt mit dem Wasserstoff-/Wasser-Gemisch die Wärmezufuhr so eingestellt werden, daß die Wafertemperatur von einer Prozeßtemperatur auf eine niedrigere Temperatur kontinuierlich oder schrittweise absenkt wird. Die Prozeßtemperatur kann dabei durch die weiter oben genannte dritte Temperatur T₃ gebildet sein, die in einem Bereich zwischen 900°C und 1100°C liegt, und die niedrigere Temperatur kann eine Temperatur sein, die unterhalb der weiter oben genannten zweiten Temperatur T₂ und somit in einem Bereich 300°C-600°C liegt.

Vor und gegebenenfalls nach der Beaufschlagung mit der wasserstoffhaltigen Substanz kann noch eine Behandlung mit einem Inertgas, insbesondere reinem Stickstoff durchgeführt werden.

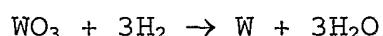
Es ist zu gewährleisten, dass während des Behandlungsschritts mit dem Wasserstoff/Wasser-Gemisch zumindest ein Zustand in der Nähe eines Reaktionsgleichgewichts zwischen einer Oxidationsreaktion und einer Reduktionsreaktion eingenommen wird. Vorzugsweise wird jedoch der Wasseranteil in dem zugeführten Wasserstoff-Wasser-Gemisch und die Prozesstemperatur derart gewählt, dass in dem Reaktionsgleichungspaar

30



die Reaktionsgleichung

35



eine größere, insbesondere viel größere Reaktionsgeschwindigkeit aufweist.

Dabei hat es sich ferner als vorteilhaft gezeigt, wenn der
5 Wasseranteil in dem Wasserstoff-Wasser-Gemisch für die Dauer
des Behandlungsabschnitts unterhalb von 20% liegt und gleichzeitig
eine Prozeßtemperatur derart gewählt wird, daß die
oben genannten Bedingungen bezüglich der chemischen Reaktionen
eingehalten werden.

10

Das erfindungsgemäße Verfahren kann prinzipiell in jeder Temperanlage durchgeführt werden, in der eine Reaktionskammer enthalten ist, welche eine Einlassöffnung und eine Auslassöffnung aufweist, wobei in der Reaktionskammer Substrate,
15 welche die Metallisierungsstrukturen enthalten, derart angeordnet werden können, dass Prozessgase von der Einlaßöffnung zu der Auslaßöffnung daran vorbeiströmen können.

Das Verfahren kann beispielsweise in einer lampengeheizten
20 RTP- (Rapid Thermal Processing-) Anlage durchgeführt werden. Diese Anlage weist eine Reaktionskammer mit einer Einlassöffnung auf, in der die Prozessgase beispielsweise durch Massenflussregler gesteuert der Reaktionskammer zugeführt werden können. Die Prozessgase strömen an den Siliziumscheiben vor-
25 bei einer Auslassöffnung zu, durch die sie mittels eines Unterdrucks oder einer Pumpe aus der Reaktionskammer wieder abgesaugt werden können. Der Wafer wird durch Bestrahlung mit einer Hochleistungslampe erhitzt.

30 Das Verfahren kann jedoch ebenso in einer konventionellen Ofenanlage wie beispielsweise einem Vertikal- oder Horizontalrohrofen angewandt werden.

Besonders gute Ergebnisse werden erzielt, wenn alle vorstehend beschriebenen zusätzlichen Maßnahmen hinsichtlich der Wafertemperatur und des Temperatur-Rampings durchgeführt werden.
35 Es ist jedoch auch möglich, auf einzelne dieser Maßnah-

men zu verzichten, wenn die mit ihnen erzielbaren Verbesserungen den Aufwand ihrer Durchführung nicht mehr rechtfertigen.

5 Es zeigt sich, dass durch die neu entwickelte Prozessführung die Ausdampfung des Wolframoxids sehr stark reduziert wird und somit insbesondere in lampengeheizten RTP-Anlagen keine die Betriebsweise der Anlage beeinträchtigenden Ablagerungen auftreten, so daß die Prozessstabilität wesentlich gesteigert
10 werden kann. Bei einer Durchführung der selektiven Oxidation in konventionellen Ofenanlagen werden durch das erfundungsgemäße Verfahren schädliche Ablagerungen von Wolframoxid auf dem Halbleiterwafer selbst und den auf ihm gebildeten Strukturen vermieden.

15 Im folgenden wird das erfundungsgemäße Verfahren und eine bevorzugte Ausführungsart anhand der Zeichnungsfiguren näher erläutert. Es zeigen:

20 Fig. 1A-C einzelne Verfahrensschritte einer eine Wolfram-schicht enthaltenden Gatestruktur nach dem Stand der Technik;

25 Fig. 2 ein Diagramm zur Darstellung der Reaktionsmechanismen und -gleichgewichte;

Fig. 3 eine bevorzugte Prozeßführung des erfundungsgemäßen Verfahrens.

30 In der Fig.3 ist eine beispielhafte Prozeßführung dargestellt, bei welcher unmittelbar vor und nach der Zufuhr des Wasser/Wasserstoff-Gasmischs eine Behandlung mit reinem Wasserstoffgas (H_2) durchgeführt wird.

35 Die Auftragung der Wafertemperatur auf der Ordinate ist nicht linear.

Zunächst wird bei einer sehr niedrigen ersten Temperatur T_1 , beispielsweise 50°C (die tatsächliche Temperatur ist durch konventionelle Pyrometermessung nicht ermittelbar) Stickstoff durch die Reaktionskammer geleitet, um den Sauerstoff aus der 5 Reaktionskammer zu entfernen. Die erste Temperatur T_1 kann im Bereich zwischen Raumtemperatur und 200°C liegen.

Daran schließt sich eine Behandlung mit reinem Wasserstoffgas an. Durch die Einlassöffnung der Reaktionskammer wird somit 10 Wasserstoffgas bei zunächst gleichbleibender erster Temperatur T_1 zugeführt und im weiteren Verlauf der Wasserstoffbehandlung wird die Temperatur kontinuierlich in einer Rampe auf die zweite Temperatur T_2 von beispielsweise 800°C erhöht.

15 Dann wird eine Wasserstoff-/Wasser-Mischung der Reaktionskammer zugeführt, wobei die Durchflussregler so eingestellt werden können, dass in der Reaktionskammer eine Atmosphäre mit einem Wasseranteil von beispielsweise 14 Vol-% eingestellt wird. Die Prozesstemperatur wird zunächst noch konstant auf 20 der zweiten Temperatur T_2 von 800°C gehalten, dann jedoch innerhalb einer zweiten Temperaturrampe kontinuierlich auf die dritte Temperatur T_3 von beispielsweise 1050°C erhöht. Bei dieser dritten Temperatur T_3 (Prozeßtemperatur) wird in der beschriebenen Weise die Behandlung mit dem Wasser- 25 stoff/Wasser-Gemisch durchgeführt, bei der auf den Seitenwänden der polykristallinen Siliziumschicht 2 und gegebenenfalls auf dem Siliziumsubstrat 10 (s. Fig. 1B) eine SiO₂-Schicht gebildet wird.

30 Daran schließt sich eine erneute Behandlung mit reinem Wasserstoffgas an, während der die Wafertemperatur kontinuierlich von der dritten Temperatur T_3 auf eine Temperatur unterhalb der zweiten Temperatur T_2 zurückgefahren wird. Nach dieser Behandlung wird die Reaktionskammer erneut von Stickstoff 35 durchströmt, während dessen die Wafertemperatur auf eine Ausfahrtemperatur reduziert wird. Anstelle von Stickstoff kann auch ein anderes Inertgas verwendet werden.

Anstelle der Behandlung mit reinem Wasserstoffgas unmittelbar vor und nach der Behandlung mit dem Wasserstoff/Wasser-Gemisch kann auch ein Wasserstoff/Stickstoff-Gemisch verwendet
5 werden. Denkbar sind noch andere Inertgas-Gemische, in denen Wasserstoff enthalten ist.

Anstelle der dargestellten kontinuierlichen Temperaturrampen können auch diskontinuierliche schrittweise Änderungen der
10 Temperatur vorgenommen werden.

Die Prozeßzeit der Behandlung mit dem Wasserstoff/Wasser-Gemisch beträgt typischerweise 30-60 Sekunden, während die Temperaturrampzeiten beispielsweise im Bereich von 10-50 °C/s
15 liegen. Je nach der Wahl der anderen Prozeßparameter, insbesondere der Temperatur und des Wasseranteils, können sich aber auch andere Zeiten ergeben.

Patentansprüche

1. Verfahren zur selektiven Oxidation einer Metallisierungsstruktur, insbesondere einer Gatestruktur, welche mindestens eine zu oxidierende, insbesondere polykristalline Siliziumschicht und mindestens eine nicht zu oxidierende Wolfram-schicht enthält, wobei
 - die Metallisierungsstruktur in einem Behandlungsschritt unter Wärmezufuhr mit einem Gemisch von Wasserstoff und Wasser beaufschlagt wird,
dadurch gekennzeichnet, dass
 - die Metallisierungsstruktur vor und gegebenenfalls nach dem Behandlungsschritt mit einer nichtwässrigen wasserstoffhaltigen Substanz, insbesondere reinem Wasserstoff oder einem Wasserstoff/Inertgas-Gemisch beaufschlagt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass
 - während eines ersten Abschnitts der Behandlung mit der wasserstoffhaltigen Substanz vor dem Behandlungsschritt die Wärmezufuhr so eingestellt wird, daß die Temperatur der Metallisierungsstruktur (Wafertemperatur) von einer ersten Temperatur (T_1) auf eine zweite Temperatur (T_2) erhöht wird.
- 25 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet, dass
 - während eines Abschnitts des Behandlungsschritts die Wärmezufuhr so eingestellt wird, daß die Temperatur der Metallisierungsstruktur (Wafertemperatur) von einer bestimmten Temperatur, insbesondere der zweiten Temperatur (T_2), auf eine Prozeßtemperatur, insbesondere eine dritte Temperatur (T_3), erhöht wird.
- 35 4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
 - während eines zweiten Abschnitts der Behandlung mit der wasserstoffhaltigen Substanz nach dem Behandlungsschritt die

Wärmezufuhr so eingestellt wird, daß die Temperatur der Metallisierungsstruktur kontinuierlich von einer Prozeßtemperatur, insbesondere der dritten Temperatur (T_3) auf eine niedrigere Temperatur, insbesondere die erste Temperatur (T_1) abgesenkt wird.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
- der Wasseranteil in dem Gemisch für die Dauer des Behandlungsschritts unterhalb von 20% liegt.

10 6. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 5,
dadurch gekennzeichnet, dass
- die erste Temperatur (T_1) höher als Raumtemperatur und
niedriger als 200°C ist.

15 7. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 6,
dadurch gekennzeichnet, dass
- die zweite Temperatur (T_2) im Bereich 700°C - 900°C liegt.

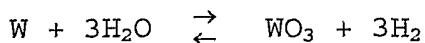
20 8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7,
dadurch gekennzeichnet, dass
- während mindestens eines Abschnitts des Behandlungsschritts die Wärmezufuhr so eingestellt wird, daß die Temperatur an
25 der oder in unmittelbarer Nähe der Metallisierungsstruktur, insbesondere die dritte Temperatur (T_3), im Bereich 900°C - 1100°C liegt.

30 9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
- die Metallisierungsstruktur vor und gegebenenfalls nach der Beaufschlagung mit der wasserstoffhaltigen Substanz mit einem Inertgas behandelt wird.

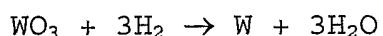
35 10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass

- während dem Behandlungsschritt der Wasseranteil und die Temperatur derart gewählt werden, dass in dem Reaktionsgleichungspaar

5



die Reaktionsgleichung



10

die größere Reaktionsgeschwindigkeit aufweist.

11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass

15 - es in einer Reaktionskammer durchgeführt wird, welche eine Einlassöffnung und eine Auslassöffnung aufweist, und
- in der Reaktionskammer Substrate, welche die Metallisierungsstrukturen enthalten, derart angeordnet sind, dass Prozessgase von der Einlaßöffnung zu der Auslaßöffnung daran
20 vorbeiströmen können.

12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass

25 - das Verfahren in einer Tempervorrichtung, insbesondere in einer lampengeheizten Kurzzeittemper- (RTP- oder RTA-) Vorrichtung durchgeführt wird.

13. Verfahren zur Herstellung einer Metallisierungsstruktur, insbesondere einer Gatestruktur eines MOS-Bauelements, mit
30 mindestens einer, insbesondere polykristallinen Siliziumschicht und mindestens einer Wolframschicht, wobei im Verlauf der Herstellung ein selektives Oxidationsverfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche durchgeführt wird.

35

1/3

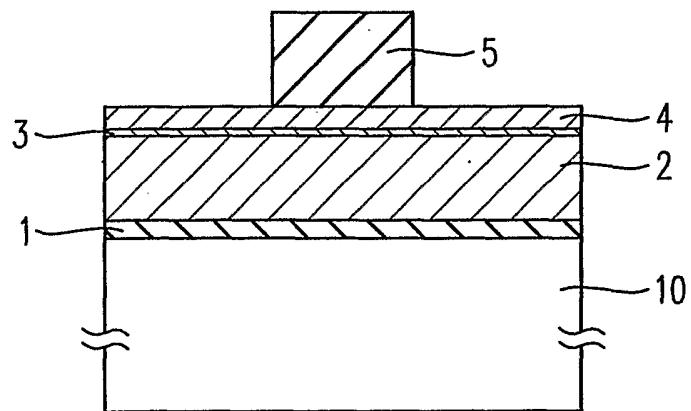


Fig. 1A

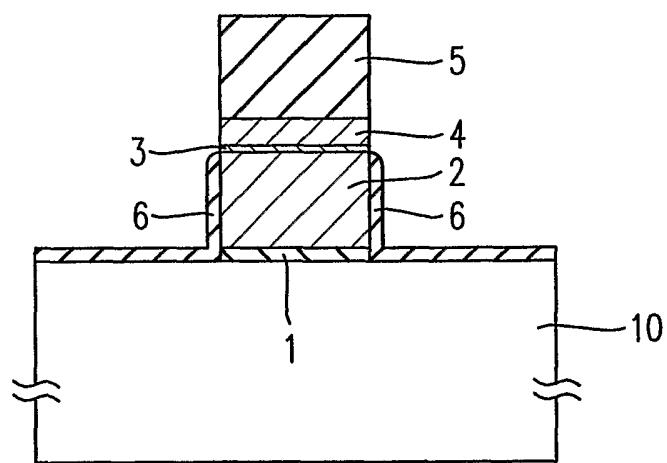


Fig. 1B

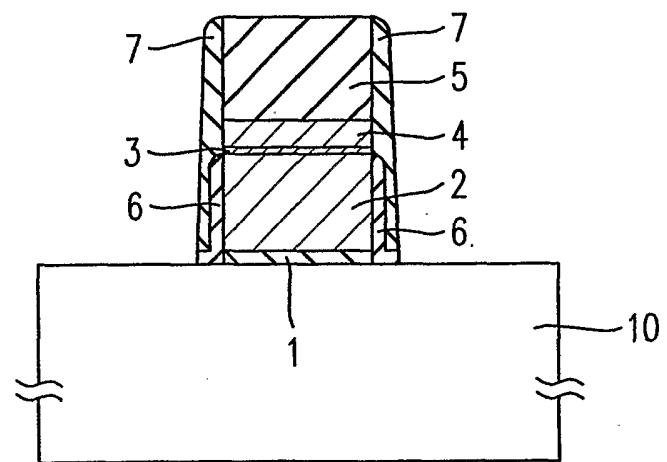


Fig. 1C

2/3

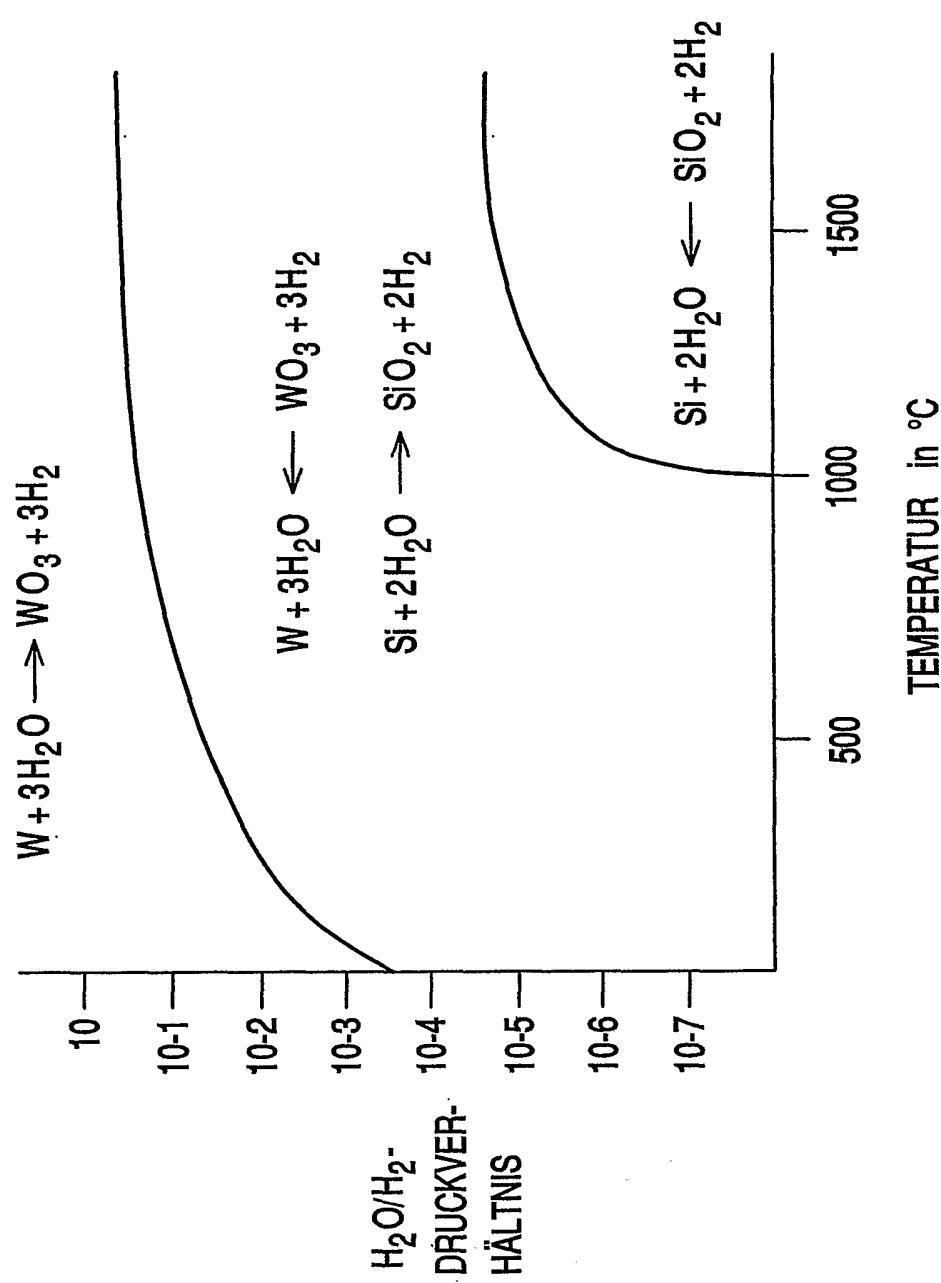


Fig. 2

3/3

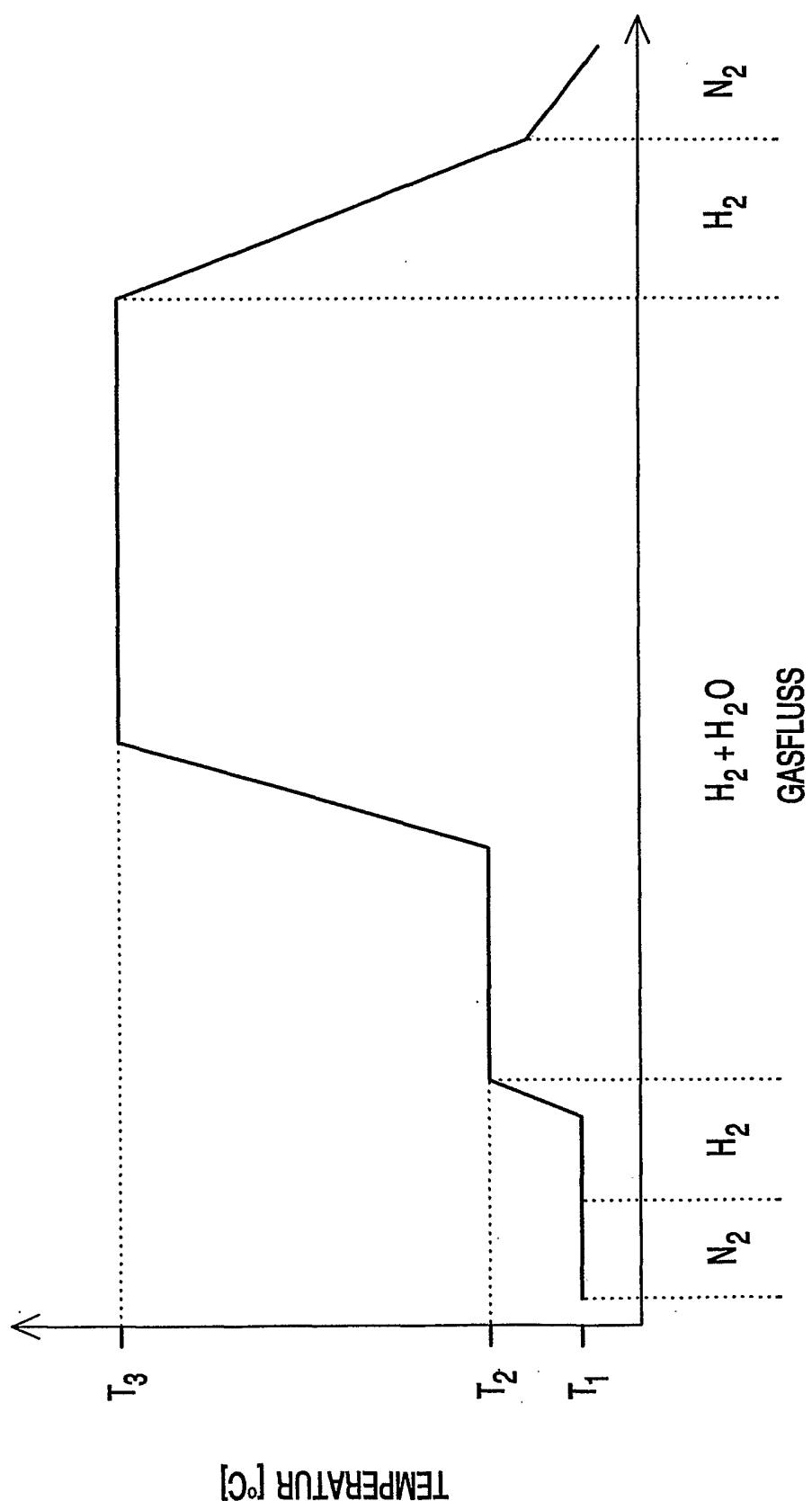


Fig. 3