

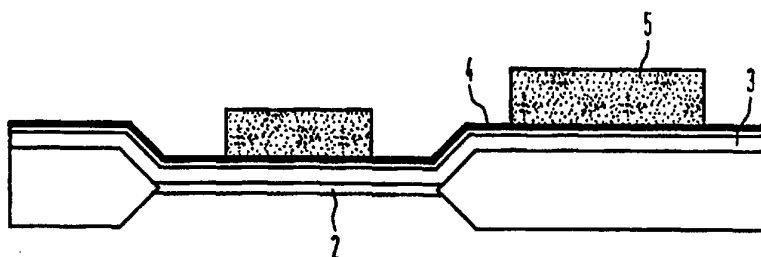
PCT
 WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
 Internationales Büro
 INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE
 INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)



(51) Internationale Patentklassifikation ⁶ : H01L 21/8247	A2	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 97/06559 (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 20. Februar 1997 (20.02.97)
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE96/01477 (22) Internationales Anmeldedatum: 7. August 1996 (07.08.96) (30) Prioritätsdaten: 195 28 991.9 7. August 1995 (07.08.95) DE (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, D-80333 München (DE). (72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): PLASA, Gunther [DE/DE]; Felden 1 A, D-83233 Bernau (DE).		(81) Bestimmungsstaaten: JP, KR, SG, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE). Veröffentlicht <i>Ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts.</i>

(54) Title: PROCESS FOR PRODUCING A NON-VOLATILE MEMORY CELL

(54) Bezeichnung: HERSTELLUNGSVERFAHREN FÜR EINE NICHTFLÜCHTIGE SPEICHERZELLE



(57) Abstract

A process for producing a non-volatile memory cell is disclosed. The desired polysilicon structure is masked by an oxidation-inhibiting layer, preferably a nitride layer. The polysilicon above the source/drain regions and field effect regions is then converted into silicon dioxide. The interval between adjacent polysilicon paths is thus filled with silicon dioxide. The conversion of polysilicon also increases the field oxide thickness in the field effect regions. A second polysilicon layer is applied on a field effect region so as to include the oxidation-inhibiting layer located therein, and one capacitor electrode is formed therefrom by masking and etching. The first polysilicon layer below the oxidation-inhibiting layer forms the other capacitor electrode and the oxidation-inhibiting layer forms the dielectric. The advantages of the invention consist in a less complex masking and etching technique and in an improved reliability of the components.

(57) Zusammenfassung

Es wird ein Herstellungsverfahren für eine nichtflüchtige Speicherzelle beschrieben. Die gewünschte Polysilizium-Struktur wird durch eine oxidationshemmende Schicht, bevorzugt eine Nitridschicht, maskiert. Anschließend wird eine Umwandlung des Polysiliziums über den Source/Drain-Bereichen und Feldbereichen in Siliziumdioxid durchgeführt. Zwischen benachbarten Polysiliziumbahnen erfolgt dabei eine Auffüllung mit Siliziumdioxid. Auch in den Feldbereichen erhöht sich die Feldoxiddicke durch die Umwandlung von Polysilizium. Über einem Feldbereich wird eine zweite Polysiliziumschicht unter Einschluss der dort vorhandenen oxidationshemmenden Schicht aufgebracht. Mittels Markierung und Ätzung wird daraus eine Elektrode des Kondensators erzeugt, wobei das unter der oxidationshemmenden Schicht liegende erste Polysilizium die andere Elektrode und die oxidationshemmende Schicht das Dielektrikum bilden. Die Vorteile der Erfindung bestehen in einer weniger aufwendigen Masken- und Ätztechnik sowie einer verbesserten Zuverlässigkeit der Bauelemente.

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AM	Armenien	GB	Vereinigtes Königreich	MX	Mexiko
AT	Österreich	GE	Georgien	NE	Niger
AU	Australien	GN	Guinea	NL	Niederlande
BB	Barbados	GR	Griechenland	NO	Norwegen
BE	Belgien	HU	Ungarn	NZ	Neuseeland
BF	Burkina Faso	IE	Irland	PL	Polen
BG	Bulgarien	IT	Italien	PT	Portugal
BJ	Benin	JP	Japan	RO	Rumänien
BR	Brasilien	KE	Kenya	RU	Russische Föderation
BY	Belarus	KG	Kirgisistan	SD	Sudan
CA	Kanada	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	SE	Schweden
CF	Zentrale Afrikanische Republik	KR	Republik Korea	SG	Singapur
CG	Kongo	KZ	Kasachstan	SI	Slowenien
CH	Schweiz	LI	Liechtenstein	SK	Slowakei
CI	Côte d'Ivoire	LK	Sri Lanka	SN	Senegal
CM	Kamerun	LR	Liberia	SZ	Swasiland
CN	China	LK	Litauen	TD	Tschad
CS	Tschechoslowakei	LU	Luxemburg	TG	Togo
CZ	Tschechische Republik	LV	Lettland	TJ	Tadschikistan
DE	Deutschland	MC	Monaco	TT	Trinidad und Tobago
DK	Dänemark	MD	Republik Moldau	UA	Ukraine
EE	Estland	MG	Madagaskar	UG	Uganda
ES	Spanien	ML	Mali	US	Vereinigte Staaten von Amerika
FI	Finnland	MN	Mongolei	UZ	Usbekistan
FR	Frankreich	MR	Mauretanien	VN	Vietnam
GA	Gabon	MW	Malawi		

Beschreibung

Herstellungsverfahren für eine nichtflüchtige Speicherzelle

- 5 Die Erfindung betrifft ein Herstellungsverfahren für eine nichtflüchtige Speicherzelle in einem integrierten Schaltkreis ausgehend von einer ganzflächigen Siliziumschicht auf einem Dielektrikum.
- 10 Nichtflüchtige Speicherzellen sind EEPROMs und Flash-EEPROMs. Bei der Siliziumschicht kann es sich um monokristallines, polykristallines oder amorphes Silizium handeln. Als Dielektrikum verwendet man üblicherweise Siliziumdioxid, z.B. als Gateoxid, oder Siliziumnitrid.
- 15 Bei der Herstellung von derartigen Speicherzellen wird im allgemeinen im Verlauf der ersten Verfahrensschritte eine Polysiliziumschicht für die folgende Strukturierung auf einem Dielektrikum erzeugt. Die gewünschte Strukturierung, insbe-
- 20 sondere von Transistorgates, erfolgt mittels Fotolithographie. Die dabei verwendeten Ätzprozesse stellen sehr hohe Anforderungen an den Fotolack, besonders die naßchemischen Ätzprozesse erzeugen relativ große, stark streuende Unterätzungen und führen prinzipiell zu konkaven Polysilizium-
- 25 kanten, die unter fertigungstechnischen und Planarisierungsaspekten nur schwer zu behandeln sind.
- Bei Polysilizium-Ätzprozessen besteht die Gefahr, daß das unter dem Polysilizium liegende Gateoxid geschädigt werden
- 30 kann. Da außerdem bei der Ätzung systembedingt die Selektivität zwischen dem Polysilizium und dem Siliziumoxid ungenügend ist, wird das Gateoxid außerhalb der Gatebereiche in den später zu erzeugenden Source/Drain-Bereichen unreproduzierbar gedünnt, so daß es für eine definierte Source/
- 35 Drain/Implantation vollständig entfernt und durch ein neu zu bildendes Oxid ersetzt werden muß. Es ist hierfür ein weiterer naßchemischer Ätzungsprozeß erforderlich.

Diese letztgenannte Ätzung erzeugt eine Hohlkehle im Gateoxid unter der Polysiliziumgatekante, die einen inhomogenen, schwer zu kontrollierenden Übergang vom Gate zum Source/
5 Drain-Bereich mit entsprechenden Ausbeute- und Zuverlässigkeitsrisiken für den Transistor erzeugt. Im Hinblick auf die Reinigung und auf das Oxidationsverhalten ist eine derartige Hohlkehle prozeßtechnisch nur schwer zu beherrschen. Insbesondere die Isolationsfestigkeit eines darauf gebildeten Iso-
10 lationsoxids zu einer zweiten Polysiliziumschicht, beispielsweise in einem EEPROM-Prozeß, wird durch diese Tatsache negativ beeinflußt.

Es ist ferner aus DE 27 39 662 A1 zur Herstellung von MOS-
15 Transistoren bekannt, die Siliziumschicht mit einer als Oxidationsschutz dienenden Schicht zu belegen, die Oxidationsschutzschicht mittels Fotolithographie zur Herstellung einer Maske mittels Ätzung der Oxidationsschutzschicht und Freilegung des Polysiliziums in den nicht maskierten Berei-
20 chen zu strukturieren, und das Polysilizium in den freigelegten Bereichen in Siliziumdioxid durch lokale Oxidation umzuwandeln.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein einfaches Her-
25 stellungsverfahren für eine nichtflüssige Speicherzelle anzugeben.

Diese Aufgabe wird dadurch gelöst, daß zunächst die vorstehend beschriebenen Verfahrensschritte zur Erzeugung des Transistors durchgeführt werden und anschließend
30

- eine weitere Polysiliziumschicht unter Einschluß der verbliebenen Oxidationsschutzschicht aufgebracht wird,
- 35 - eine Fotolackmaske aufgebracht und in der Weise strukturiert wird, daß ein über dem Feldbereich liegender Bereich

der weiteren Polysiliziumschicht zur Formung der zweiten Elektrode des Kondensators abgedeckt wird,

5 - mittels Ätzung der zweiten Polysiliziumschicht in den nicht maskierten Bereichen die zweite Elektrode des Kondensators hergestellt wird, und

10 - ggf. die Oxidationsschutzschicht in den für den weiteren Herstellungsprozeß nicht erforderlichen Bereichen entfernt wird.

Ein Grundgedanke der Erfindung ist somit darin zu sehen, daß die Strukturierung des Polysiliziums, d.h. die Entfernung von nicht notwendigen Polysiliziumflächen, nicht durch das her-
15 kömmliche Ätzen, sondern durch Umwandlung in Siliziumdioxid erreicht wird. Die Erfindung hat den Vorteil, daß keine Gateoxid-Überätzung und keine damit verbundene Hohlkehlen-

20 bildung unter der Polysiliziumkante entsteht, so daß im Fall von MOS-Transistoren ein homogener Übergang im Gateoxid vom Gatebereich zum Source/Drain-Bereich gegeben ist. Darüber hinaus ist die Polysiliziumseitenflanke vollständig in einem homogen gewachsenen Oxid eingebettet, dessen Dicke etwa mindestens der des Polysiliziums entspricht. Die Isolations-
25 festigkeit zu einer ggf. darüberliegenden zweiten Polysiliziumschicht, wie beispielsweise bei einem EEPROM, wird dadurch nur noch durch die planare und deswegen leicht zu kontrollierende Dicke der ursprünglich als Strukturierungs-
30 maske für die erste Polysiliziumschicht dienende Nitridschicht oder ggf. eines anderen Dielektrikums bestimmt, da der begrenzende Einfluß der Polysiliziumflanke nicht mehr vorhanden ist.

35 Ferner wird mit der Erfindung der bei herkömmlichen Verfahren vorhandene Nachteil bei MOS-Transistoren vermieden, daß aufgrund eines prozeßbedingten abrupten Überganges in der Gateoxiddicke an der Gatekante vom Gate zum Source/Drain-Bereich

zu einer lokal höheren Feldstärke zwischen der Gatekante und dem Source/Drain-Bereich führt. Es wird vielmehr durch den Oxidationsvorgang ein stetiger Anstieg der Gateoxiddicke am Übergang vom Gate zum Source/Drain-Bereich erzeugt. Dadurch werden lokale Feldstärkespitzen mit der Folge einer verstärkten Degradation der Transistorparameter in diesem kritischen Bereich vermieden. Die Transistor-zuverlässigkeit wird auf diese Weise erhöht, insbesondere bei höheren Betriebs-
spannungen, wie sie z.B. bei EEPROM-Anwendungen üblich sind.

10

Da die mit der erfindungsgemäßen Oxidation erzeugte Polysiliziumkante ein konvexes Profil hat, trägt auch diese konvexe Gatekante zur Vermeidung der lokalen Feldstärkespitzen und damit zur besseren Transistorzuverlässigkeit bei.

15

Mit der Erfindung erzielt man ferner eine genügend hohe Durchbruchspannung der Source/Drain-Gebiete, die bei-

spielsweise wiederum in EEPROM-Anwendungen sehr vorteilhaft ist. Es können daher in Kombinationsprozessen, beispielsweise bei der Herstellung von sogenannten Embedded Memories, üblicherweise zu einem späteren Zeitpunkt hergestellte Source/Drain-Bereiche von Niedervoltlogik-Transistoren mit weniger Anforderungen an die Spannungsfestigkeit unabhängig hergestellt und optimiert werden. Bei der Herstellung von MOS-Transistoren ist es vorteilhaft, daß vor Entfernung der bei der Fotolithographie verwendeten Fotolackmaske die Source/Drain-Implantation durch das freigelegte Silizium hindurch erfolgt. Der für die hohe Durchbruchspannung verantwortliche geringe Dotierungsgradient der Source/Drain-Diffusion für beispielsweise EEPROM-Anwendungen beruht darauf, daß die Implantation relativ am Anfang des gesamten Herstellungsprozesses und vor der Oxidation des Polysiliziums stattfindet, welche das implantierte Siliziumdioxid aktiviert und es in das Siliziumsubstrat eintreibt.

35

Es wird mit der Erfindung auch der Nachteil von herkömmlichen Ätzverfahren vermieden, bei welchen die systembedingte Spalte zwischen den Polysiliziumbahnen zu Planarisierungsproblemen in den nachfolgenden Ebenen führen. Sie können nur mit großem Aufwand mittels Abscheidung und Rückätzung sowie chemisch-mechanischem Polieren gelöst werden. Dagegen hat die Erfindung den Vorteil, daß zwischen benachbarten Polysiliziumbahnen eine Auffüllung mit Siliziumoxid vorhanden ist, das aus dem ohnehin nicht gebrauchten, zu entfernenden Polysilizium an dieser Stelle gebildet wurde. Es können damit zusätzliche Verfahrensschritte zum Planarisieren eingespart werden.

Mit der Erfindung wird auch der Nachteil von herkömmlichen Ätzverfahren überwunden, die auf dem Feldoxid in denjenigen Bereichen, wo das Polysilizium entfernt wurde, zu einer Dünnung des Feldoxids und entsprechendem Absinken der Feldoxid-Isolationseigenschaften führen. Dieser Verlust muß dann durch eine Erhöhung der Felddotierung ausgeglichen werden, die aber wiederum wegen der resultierenden Erhöhung des Dotierungsgradienten an der Locos-Kante bestimmte Transistoreigenschaften, wie beispielsweise Durchbruch und Narrow-Width-Eigenschaften, negativ beeinflussen kann. Im Unterschied dazu hat die Erfindung den Vorteil, daß auch in den Feldbereichen nicht benötigtes Polysilizium in Oxid umgewandelt wird, so daß sich dort die Feldoxiddicke um den entsprechenden Betrag erhöht. Die Dickenerhöhung entspricht im wesentlichen der ursprünglichen Polysiliziumdicke. Dadurch erhöht sich ggf. die Einsatzspannung eines parasitären Feldoxidtransistors für die darüberliegenden Ebenen, wie beispielsweise die Metallisierungen, oder eine evtl. zweite Polysiliziumebene.

Eine bevorzugte Ausbildung besteht darin, daß die Oxidationsschutzschicht mindestens eine Nitridschicht aufweist.

- Besonders gute Ergebnisse werden dadurch erzielt, daß die Nitridschicht als Oxidnitrid (ON)-Sandwich oder als Oxid-Nitrid-Oxid-Sandwich-Schicht (ONO-Schicht) oder als nitridierte Oxidschicht ausgebildet wird. Da alle diese Maskierschichten sehr dünn sein können, ist deren Ätzung auch mit einfachen naßchemischen Mitteln bei tolerierbarem Maßverlust möglich. An die Stabilität des Fotolacks werden daher nur geringe Anforderungen gestellt.
- 10 Nachfolgend wird die Erfindung anhand eines in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispieles weiter beschrieben. Es zeigen:
- 15 Figur 1 bis Figur 4 jeweils schematisch einen Verfahrensschritt bei der Herstellung eines Transistors und eines Kondensators als EEPROM-Speicherzelle.
- Auf einem Siliziumsubstrat 1 liegt in den Source/Drain-Bereichen und zwischen dem Feldoxid eine Siliziumoxidschicht 2.
- 20 Gemäß Figur 1 wird auf der Siliziumoxidschicht 2 eine Polysiliziumschicht 3 (Poly1) erzeugt. Darauf wird eine Oxid-Nitrid-Schicht 4 (ON) sowie anschließend eine Fotolackmaske 5 aufgebracht. Die Fotolackmaske 5 entspricht den gewünschten Polysilizium-Strukturen und läßt die Source/Drain-Bereiche frei. Es wird anschließend die Oxid-Nitrid-Schicht 4 an den lackfreien Stellen mit einem Ätzprozeß entfernt, so daß die Polysiliziumschicht 3 an diesen Stellen freigelegt wird.
- 25 Unmittelbar nach der Ätzung und unter Beibehaltung der Fotolackmaske 5 erfolgt gemäß Fig. 2 eine Implantation der Source/Drain-Bereiche, in dem dargestellten Beispiel mit Phosphor, durch die freiliegende Polysiliziumschicht 3.
- 30 Anschließend wird nach Entfernung der Fotolackmaske 5 gemäß Figur 3 beim freiliegenden Polysilizium durch eine thermische Oxidation bei entsprechend ausgewählten Temperatur-/Gas-

7

bedingungen eine Umwandlung in Siliziumdioxid 7 vorgenommen, wobei die Oxid-Nitrid-Schicht 4 mit der gemäß Figur 1 erzeugten Struktur als Maske dient. Zum Abschluß der Oxidation hat die entstandene Polysiliziumkante ein konvexes Profil. Im
5 übrigen wird bei der Oxidation das implantierte Element 6 aktiviert und in das Siliziumsubstrat 1 eingetrieben. Nach Abschluß der Oxidation sind die Zwischenräume zwischen der Polysilizium-Struktur mit thermischem Siliziumdioxid aufgefüllt und das ursprünglich vorhandene Polysilizium ist
10 an dieser Stelle vollständig durchoxidiert.

Auch über den Feldebereichen 8 ist das nicht gebrauchte Polysilizium in Siliziumdioxid 7 umgewandelt, so daß sich dort die Feldoxiddicke um etwas mehr als einen der ursprünglichen Polysiliziumdicke entsprechenden Betrag erhöht
15 hat. Es ist ferner durch oberflächliche Oxidation der Nitridschicht aus der Oxid-Nitridschicht 4 ein Oxid-Nitrid-Oxid-Sandwich 9 entstanden.

Gemäß Figur 4 wird der Herstellungsprozeß fortgeführt, indem eine zweite Polysiliziumschicht 10 zur Herstellung einer
20 Kapazität zwischen der ersten und zweiten Polysiliziumschicht 3, 10 aufgebracht wird. Darauf wird eine weitere Fotolackmaske 11 über dem Kondensatorbereich aufgebracht und strukturiert. Mit der Fotolackmaske 11 wird die zweite Polysiliziumschicht 10 als obere Elektrode der gewünschten Kapazität erzeugt.
25 Aus der Figur 4 wird in diesem Zusammenhang ersichtlich, daß die Durchbruchfeldstärken nur durch die Eigenschaften der planaren ONO-Schicht 9 bestimmt werden. Ferner ist außerhalb der aktiven Gebiete die effektive Feldoxiddicke um den Betrag dieser Feldoxiddicke erhöht.

Patentansprüche

1. Herstellungsverfahren für eine nichtflüchtige Speicherzelle mit einem Transistor und einem Kondensator in einem integrierten Schaltkreis, wobei ausgehend von einer ganzflächigen Siliziumschicht
- die Siliziumschicht mit einer Oxidationsschutzschicht belegt wird,
 - die Oxidationsschutzschicht mittels Fotolithographie zur Herstellung einer den Gatebereich und einen Feldebereich des Transistors abdeckenden Maske mittels Ätzung der Oxidationsschutzschicht und Freilegung des Polysiliziums in den nicht maskierten Bereichen so strukturiert wird, daß die über dem Feldebereich verbleibende Oxidationsschutzschicht das Dielektrikum und das darunterliegende Polysilizium eine erste Elektrode des Kondensators bilden,
 - das Polysilizium in den von der Oxidationsschutzschicht freigelegten Bereichen in Siliziumdioxid durch lokale Oxidation umgewandelt und
 - eine weitere Polysiliziumschicht unter Einschluß der verbliebenen Oxidationsschutzschicht aufgebracht wird,
 - eine Fotolackmaske aufgebracht und in der Weise strukturiert wird, daß ein über dem Feldebereich liegender Bereich der weiteren Polysiliziumschicht zur Formung der zweiten Elektrode des Kondensators abgedeckt wird,
 - mittels Ätzung der weiteren Polysiliziumschicht in den nicht maskierten Bereichen die zweite Elektrode des Kondensators hergestellt wird, und

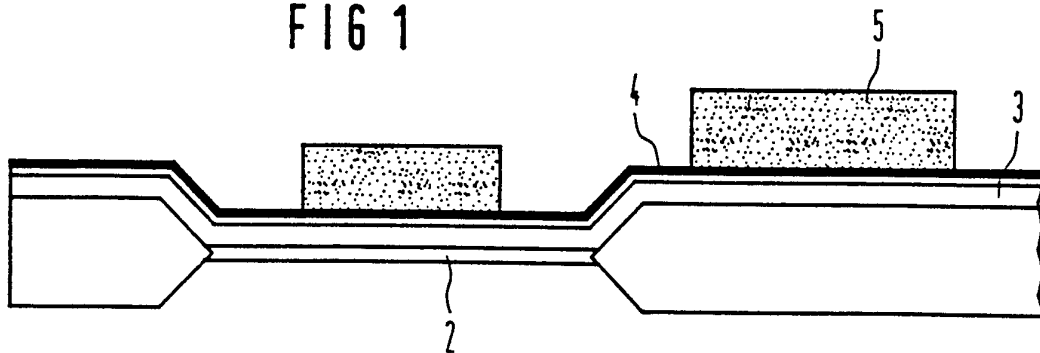
9

- ggf. die Oxidationsschutzschicht in den für den weiteren Herstellungsprozeß nicht erforderlichen Bereichen entfernt wird.

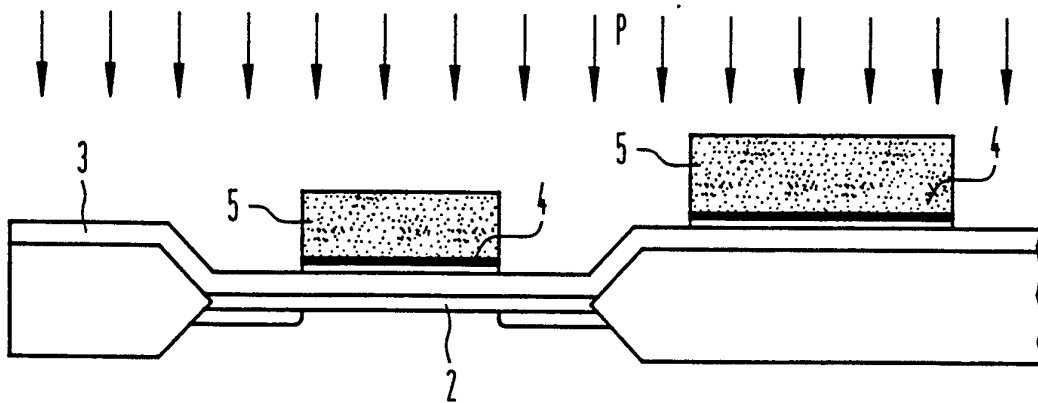
- 5 2. Herstellungsverfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Umwandlung des Polysiliziums durch thermische Oxidation erfolgt.
- 10 3. Herstellungsverfahren nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Oxidationsschutzschicht aus mindestens einer Nitridschicht besteht.
- 15 4. Herstellungsverfahren nach Anspruch 3,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Nitridschicht aus Oxinitrid oder einem Oxid-Nitrid-Sandwich oder einem Oxid-Nitrid-Oxid besteht.
- 20 5. Herstellungsverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
dadurch gekennzeichnet,
daß bei einer Herstellung eines MOS-Transistors vor Entfernen der bei der Fotolithographie verwendeten Fotomaske die Source/Drain-Implantation durch das freigelegte Silizium
25 hindurch erfolgt.
6. Herstellungsverfahren Anspruch 5,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Umwandlung des Polysiliziums in Siliziumdioxid in den
30 Source/Drain-Bereichen sowie den Feldoxidbereichen erfolgt.

1/2

F16 1

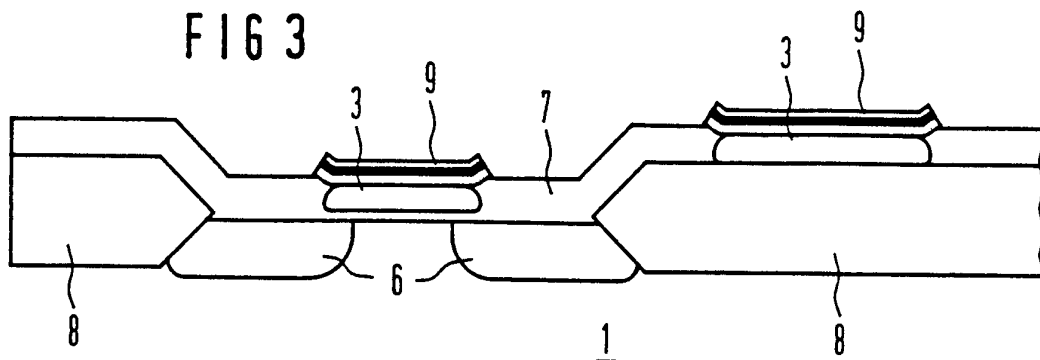


F16 2

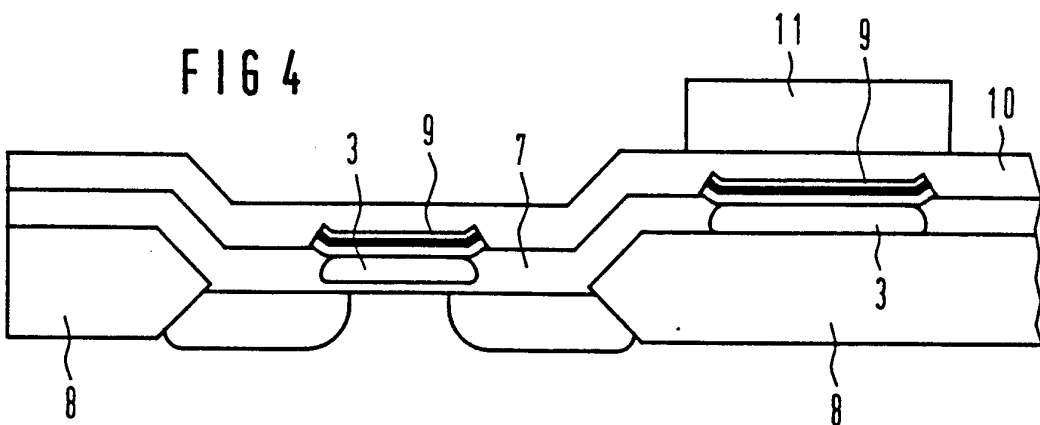


2/2

F163



F164



F165

