



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 29/792	A1	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 98/06138 (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 12. Februar 1998 (12.02.98)
---	-----------	---

<p>(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE97/01431</p> <p>(22) Internationales Anmeldedatum: 8. Juli 1997 (08.07.97)</p> <p>(30) Prioritätsdaten: 196 31 146.2 1. August 1996 (01.08.96) DE</p> <p>(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Wittelsbacher Platz 2, D-80333 München (DE).</p> <p>(72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): REISINGER, Hans [DE/DE]; Eibseestrasse 14, D-82031 Grünwald (DE). STENGL, Reinhard [DE/DE]; Bergstrasse 3, D-86391 Stadtbergen (DE). GRÜNING, Ulrike [DE/US]; 1580 Route 52, ZIP 33a, Hopewell Junction, NY 12533 (US). WENDT, Hermann [DE/DE]; Am Weichselgarten 49, D-85630 Grasbrunn (DE). WILLER, Josef [DE/DE]; Friedrich-Fröbel-Strasse 6, D-85521 Riemerling (DE). LEHMANN, Volker [DE/DE]; Geyerspergerstrasse 53, D-80689 München (DE). FRANOSCH, Martin [DE/DE]; Helmut-Kütner-Strasse 27, D-81739 München (DE). SCHÄFER, Herbert [DE/DE]; Lerchenstrasse 33, D-85635 Höhenkirchen-Siegertsbrunn (DE). KRAUTSCHNEIDER, Wolfgang [DE/DE]; Am Oberfeld 50, D-82104 Hohenthann</p>	<p>(DE). HOFMANN, Franz [DE/DE]; Herbergstrasse 25b, D-80995 München (DE).</p> <p>(81) Bestimmungsstaaten: JP, KR, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).</p> <p>Veröffentlicht <i>Mit internationalem Recherchenbericht.</i></p>
---	---

<p>(54) Title: NON-VOLATILE STORAGE CELL</p> <p>(54) Bezeichnung: NICHTFLÜCHTIGE SPEICHERZELLE</p> <p>(57) Abstract</p> <p>The invention concerns a non-volatile storage cell having a MOS transistor which, as gate dielectric, comprises a triple dielectric layer (5) consisting of a first silicon oxide layer (51), a silicon nitride layer (52) and a second silicon oxide layer (53). The MOS transistor gate electrode comprises p⁺-doped silicon such that, when a negative voltage is applied to the gate electrode, holes tunnel predominantly from the channel area (4) through the first silicon oxide layer (51) and into the silicon nitride layer (52).</p> <p>(57) Zusammenfassung</p> <p>Eine nichtflüchtige Speicherzelle umfaßt einen MOS-Transistor, der als Gateelektrikum eine dielektrische Dreifachschicht (5) mit einer ersten Siliziumoxidschicht (51), einer Siliziumnitridschicht (52) und einer zweiten Siliziumoxidschicht (53) aufweist. Die Gateelektrode des MOS-Transistors umfaßt p⁺-dotiertes Silizium, so daß bei Anliegen einer negativen Spannung an der Gateelektrode hauptsächlich Löcher aus dem Kanalbereich (4) durch die erste Siliziumoxidschicht (51) in die Siliziumnitridschicht (52) tunneln.</p>	
--	--

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

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

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidshan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	ML	Mali	TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	MN	Mongolei	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MR	Mauretanien	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MW	Malawi	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MX	Mexiko	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CG	Kongo	KE	Kenia	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	PL	Polen		
CM	Kamerun	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CN	China	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CU	Kuba	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
CZ	Tschechische Republik	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DE	Deutschland	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
DK	Dänemark	LR	Liberia	SG	Singapur		
EE	Estland						

Beschreibung

Nichtflüchtige Speicherzelle.

5 Zur dauerhaften Speicherung von Daten sind nichtflüchtige Speicherzellen, sogenannte SONOS-Zellen oder MNOS-Zellen, vorgeschlagen worden, die jeweils einen speziellen MOS-Transistor umfassen (siehe zum Beispiel Lai et al, IEDM Tech. Dig. 1986, Seite 580 bis 583). Der MOS-Transistor umfaßt ein
10 Gatedielektrikum, das mindestens eine Siliziumnitridschicht unterhalb der Gateelektrode und eine SiO₂-Schicht zwischen der Siliziumnitridschicht und dem Kanalbereich umfaßt. Zur Speicherung der Information werden Ladungsträger in der Siliziumnitridschicht gespeichert.

15

Die Dicke der SiO₂-Schicht beträgt in diesen nichtflüchtigen Speicherzellen maximal 2,2 nm. Die Dicke der Si₃N₄-Schicht beträgt in modernen SONOS-Speichern üblicherweise etwa 10 nm. Zwischen der Siliziumnitridschicht und der Gateelektrode ist
20 meist eine weitere SiO₂-Schicht vorgesehen, die eine Dicke von 3 bis 4 nm aufweist. Diese nichtflüchtigen Speicherzellen sind elektrisch schreib- und löschbar. Beim Schreibvorgang wird an die Gateelektrode eine solche Spannung angelegt, daß Ladungsträger aus dem Substrat durch die maximal 2,2 nm dicke
25 SiO₂-Schicht in die Siliziumnitridschicht tunneln. Zum Löschen wird die Gateelektrode so beschaltet, daß die in der Siliziumnitridschicht gespeicherten Ladungsträger durch die maximal 2,2 nm dicke SiO₂-Schicht in den Kanalbereich tunneln und aus dem Kanalbereich Ladungsträger vom entgegengesetzten
30 Leitfähigkeitstyp durch die SiO₂-Schicht in die Siliziumnitridschicht tunneln. Gleichzeitig tunneln Ladungsträger vom ersten Leitfähigkeitstyp aus der Gateelektrode in die Siliziumnitridschicht. Die Schichtdicken werden so bemessen, daß der Ladungsträgertransport zum Kanalbereich im Vergleich zum
35 Ladungsträgertransport aus der Gateelektrode überwiegt. Für den Löschvorgang sind typischerweise Zeiten von 100 ms erforderlich.

Die SONOS-Zellen weisen eine Zeit für den Datenerhalt von \leq 10 Jahren auf. Diese Zeit ist für viele Anwendungen, zum Beispiel für die Speicherung von Daten in Computern, zu kurz.

5

Für Anwendungen, in denen längere Zeiten für den Datenerhalt gefordert werden, ist es bekannt, als nichtflüchtige Speicher EEPROM-Zellen mit floating gate zu verwenden. In diesen Speicherzellen, die zum Beispiel aus Lai et al, IEDM Tech. Dig. 10 1986, Seite 580 bis 583 bekannt sind, ist zwischen einer Kontrollgateelektrode und dem Kanalbereich des MOS-Transistors eine Floating Gate Elektrode angeordnet, die vollständig von dielektrischem Material umgeben ist. Auf der Floating Gate Elektrode wird die Information in Form von Ladungsträgern gespeichert. Diese Speicherzellen, die auch als FLOTOX-Zellen 15 bezeichnet werden, sind elektrisch schreib- und löschar. Dazu wird die Steuergateelektrode mit einem solchen Potential verbunden, das Ladungsträger aus dem Kanalbereich auf die Floating Gate Elektrode fließen (Schreiben) bzw. Ladungsträger von der Floating Gate Elektrode in den Kanalbereich fließen (Löschen). Der Löscharvorgang in FLOTOX-Zellen erfordert 20 Zeiten von typisch 100 ms. Die FLOTOX-Zellen weisen Zeiten für den Datenerhalt größer als 150 Jahre auf.

25 Im Vergleich zu den SONOS-Zellen sind sie jedoch kompliziert im Aufbau. Ferner ist der Platzbedarf der FLOTOX-Zellen im Vergleich zu den SONOS-Zellen größer, da die Steuergateelektrode die Floating Gate Elektrode seitlich überlappen muß. Schließlich ist die sogenannten Radiation hardness von 30 FLOTOX-Zellen begrenzt. Unter Radiation hardness wird die Unempfindlichkeit der gespeicherten Ladung gegenüber äußeren Strahlungsquellen und/oder elektromagnetischen Feldern bezeichnet.

35 Der Erfindung liegt das Problem zugrunde, eine nichtflüchtige Speicherzelle anzugeben, die für den Löscharvorgang Zeiten unter 1 s benötigen, die einfach aufgebaut ist und in großer

Packungsdichte integriert werden kann und die im Vergleich zu den FLOTOX-Zellen eine verbesserte Radiation hardness aufweist.

- 5 Dieses Problem wird erfindungsgemäß gelöst durch eine Speicherzelle nach Anspruch 1. Weitere Ausgestaltungen gehen aus den Unteransprüchen hervor.

Die nichtflüchtige Speicherzelle umfaßt einen MOS-Transistor mit Sourcegebiet, Kanalbereich, Draingebiet, Gatedielektrikum und Gateelektrode, der als Gatedielektrikum eine dielektrische Dreifachschicht aufweist. Die dielektrische Dreifachschicht umfaßt eine erste Siliziumoxidschicht, eine Siliziumnitridschicht und eine zweite Siliziumoxidschicht. Die Siliziumnitridschicht ist zwischen den beiden Siliziumoxidschichten angeordnet. Die Gateelektrode enthält p⁺-dotiertes Silizium.

Von konventionellen SONOS-Zellen unterscheidet sich die erfindungsgemäße Speicherzelle dadurch, daß die Gateelektrode p⁺-dotiertes Silizium enthält. Im Vergleich zu n-dotiertem Silizium oder Metall, das als Gateelektrode in konventionellen SONOS-Zellen verwendet wird, ist im Idealfall durch die p⁺-Dotierung die Besetzungswahrscheinlichkeit von elektronischen Zuständen in der Gateelektrode um etwa den Faktor 10²⁰ reduziert. Beim Löschvorgang können daher keine Elektronen aus der Gateelektrode in die Siliziumnitridschicht tunneln. Der Löschvorgang der erfindungsgemäßen Speicherzelle erfolgt daher über Tunneln von Löchern aus dem Kanalbereich durch die erste Siliziumoxidschicht in die Siliziumnitridschicht und durch Tunneln von Elektronen aus der Siliziumnitridschicht in den Kanalbereich. Bei konventionellen SONOS-Zellen tunneln zusätzlich Elektronen aus der Gateelektrode in die Siliziumnitridschicht, die beim Löschvorgang ebenfalls neutralisiert werden müssen. Dieser Elektronenstrom wird in der erfindungsgemäßen Speicherzelle dadurch unterdrückt, daß die Zahl der Elektronen in der Gateelektrode durch die Verwendung von p⁺-

dotiertem Silizium reduziert ist. Die Zeit für den Löschvorgang ist in der erfindungsgemäßen Speicherzelle gegenüber konventionellen Speicherzellen um einen Faktor von ca. 10^5 reduziert.

5

Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung weisen die erste Siliziumoxidschicht und die zweite Siliziumoxidschicht jeweils eine Dicke von mindestens 3 nm auf.

10 Diese Ausführungsform der Erfindung macht sich die Erkenntnis zunutze, daß in konventionellen SONOS-Zellen der Ladungstransport durch die erste Siliziumoxidschicht wegen der Dicke von maximal 2,2 nm hauptsächlich über direktes Tunneln erfolgt. Die Tunnelwahrscheinlichkeit für direktes Tunneln und
15 damit die Stromstärke für den Ladungsträgertransport durch direktes Tunneln und modifiziertes Fowler-Nordheim-Tunneln hängt hauptsächlich von der Dicke der Tunnelbarriere, das heißt der Dicke der ersten Siliziumoxidschicht, und vom elektrischen Feld ab. Da in konventionellen SONOS-Zellen die erste
20 Siliziumoxidschicht maximal 2,2 nm und die zweite Siliziumoxidschicht 3 bis 4 nm dick ist, überwiegt bei elektrischen Feldern unter 10 MV/cm stets der Strom durch direktes Tunneln durch die erste Siliziumoxidschicht. Über diesen direkten Tunnelstrom und modifiziertes Fowler-Nordheim-Tunneln erfolgt
25 sowohl das Schreiben als auch das Löschen der Information, durch entsprechende Beschaltung der Gateelektrode.

Die Ausführungsform der Erfindung macht sich weiterhin die Erkenntnis zunutze, daß auch ohne Beschaltung der Gateelektrode in konventionellen SONOS-Zellen ein Tunnelstrom, der
30 auf direktes Tunneln zurückgeht, durch die erste Siliziumoxidschicht von der Siliziumnitridschicht zum Kanalbereich fließt. Es wurde festgestellt, daß dieser direkte Tunnelstrom für die Zeit für den Datenerhalt bestimmend ist.

35

Weiterhin wird die Erkenntnis ausgenutzt, daß die Tunnelwahrscheinlichkeit für direktes Tunneln mit zunehmender Dicke der

ersten Siliziumoxidschicht stark abnimmt und bei einer Dicke von mindestens 3 nm sehr klein ist.

Da in der erfindungsgemäßen Speicherzelle die erste Siliziumoxidschicht und die zweite Siliziumoxidschicht jeweils mindestens 3 nm dick sind, wird in dieser Speicherzelle ein Ladungsträgertransport aus der Siliziumnitridschicht zur Gateelektrode oder zum Kanalbereich durch direktes Tunneln weitgehend vermieden. Das heißt, in der Siliziumnitridschicht gespeicherte Ladung bleibt praktisch unbegrenzt erhalten. Die Zeit für den Datenerhalt ist in der erfindungsgemäßen Speicherzelle daher deutlich größer als in konventionellen SONOS-Zellen.

Vorzugsweise werden die Dicken der ersten Siliziumoxidschicht und der zweiten Siliziumoxidschicht in der erfindungsgemäßen Speicherzelle so gewählt, daß sie sich um einen Betrag im Bereich zwischen 0,5 und 1 nm unterscheiden. Die geringere der beiden Dicken der ersten Siliziumoxidschicht und der zweiten Siliziumoxidschicht liegt dabei im Bereich zwischen 3 und 5 nm. Die Dicke der Siliziumnitridschicht beträgt mindestens 5 nm. In dieser Ausführungsform ist die dielektrische Dreifachschicht elektrisch symmetrisch. Durch die unterschiedlichen Dicken der ersten Siliziumoxidschicht und der zweiten Siliziumoxidschicht werden die Austrittsarbeitsunterschiede zwischen dem Kanalbereich und der Gateelektrode und hauptsächlich die beim Lesebetrieb anliegende, im allgemeinen positive Gatespannung berücksichtigt.

Da die Dicken der ersten Siliziumoxidschicht und der zweiten Siliziumoxidschicht jeweils mindestens 3 nm betragen, ist die Tunnelwahrscheinlichkeit für direktes Tunneln von Ladungsträgern durch die beiden Siliziumoxidschichten sehr klein. Der Ladungsträgertransport findet beim Schreiben und Lesen nur durch Fowler-Nordheim-Tunneln durch die erste Siliziumoxidschicht bzw. zweite Siliziumoxidschicht statt. Die Stromstärke des Ladungsträgertransports durch Fowler-Nordheim-Tunneln

hängt nur von der Stärke des anliegenden elektrischen Feldes ab. Er ist nicht explizit abhängig von der Dicke der Tunnelbarriere, das heißt der Dicke der ersten Siliziumoxidschicht bzw. zweiten Siliziumoxidschicht.

5

Bei Anlegen einer positiven Spannung an die Gateelektrode überwiegt das Fowler-Nordheim-Tunneln von Elektronen aus dem Kanalbereich durch die erste Siliziumoxidschicht in die Siliziumnitridschicht. Durch Anlegen einer positiven Spannung an die Gateelektrode wird Information in die Speicherzelle eingeschrieben. Da in der Gateelektrode wegen der Verwendung von p⁺-dotiertem Silizium die Zahl der Elektronen reduziert ist, überwiegt bei Anlegen einer negativen Spannung an die Gateelektrode das Fowler-Nordheim-Tunneln von Löchern aus dem Kanalbereich durch die erste Siliziumoxidschicht in die Siliziumnitridschicht. Aufgrund der Potentialverhältnisse wäre zwar das Fowler-Nordheim-Tunneln von Elektronen aus der Gateelektrode durch die zweite Siliziumoxidschicht in die Siliziumnitridschicht energetisch günstiger, da jedoch in der Gateelektrode die Zahl der Elektronen reduziert ist, ist der Fowler-Nordheim-Tunnelstrom von Elektronen von der Gateelektrode in die Siliziumnitridschicht vernachlässigbar. Durch Anlegen einer negativen Spannung an die Gateelektrode wird daher die in der Siliziumnitridschicht in Form von Elektronen gespeicherte Information durch das Tunneln von Löchern aus dem Kanalbereich durch die erste Siliziumoxidschicht in die Siliziumnitridschicht gelöscht. Zum Einschreiben bzw. Löschen von Informationen ist ein Spannungspegel von etwa ± 10 V erforderlich. Die Zeiten, die für den Löschvorgang benötigt werden, liegen typischerweise bei 100 ms.

30

Da in dieser Speicherzelle die Wahrscheinlichkeit für direktes Tunneln durch die erste Siliziumoxidschicht und die zweite Siliziumoxidschicht vernachlässigbar ist, beträgt die Zeit für den Datenerhalt in der Speicherzelle mehr als tausend Jahre.

35

Zum Einschreiben von Information in diese Speicherzelle wird eine Spannung von + 10 V angelegt. Zum Lesen der Information wird eine Spannung von 3 V angelegt.

5 Soll die Speicherzelle mit positiver Lesespannung betrieben werden, so weist die erste Siliziumoxidschicht eine geringere Dicke als die zweite Siliziumoxidschicht auf. Soll die Speicherzelle mit negativer Lesespannung betrieben werden, so weist die zweite Siliziumoxidschicht eine geringere Dicke als
10 die erste Siliziumoxidschicht auf.

Die Speicherzelle wird, wie allgemein üblich, in Speicherzellenanordnungen integriert, die matrixförmig eine Vielzahl identischer Speicherzellen aufweist.

15

Da die Speicherzelle keine Floating Gate Elektrode aufweist, ist ihre Radiation hardness größer als für die vergleichbare FLOTOX-Zelle. Der MOS-Transistor in der Speicherzelle kann sowohl als planarer als auch als vertikaler MOS-Transistor
20 ausgebildet werden.

Im folgenden wird die Erfindung anhand der Ausführungsbeispiele und der Figuren näher erläutert.

25 Figur 1 zeigt eine Speicherzelle mit einem planaren MOS-Transistor.

Figur 2 zeigt eine Speicherzelle mit einem vertikalen MOS-Transistor.

30

In einem Substrat 1, das mindestens im Bereich einer Speicherzelle monokristallines Silizium umfaßt, sind ein Sourcegebiet 2 und ein Draingebiet 3, die zum Beispiel n-dotiert sind, vorgesehen. Zwischen dem Sourcegebiet 2 und dem Draingebiet 3 ist ein Kanalbereich 4 angeordnet. Oberhalb des Kanalbereichs 4 ist eine dielektrische Dreifachschicht 5 angeordnet, die eine erste SiO₂-Schicht 51, eine Si₃N₄-Schicht 52
35

und eine zweite SiO₂-Schicht 53 umfaßt. Die erste SiO₂-Schicht 51 ist an der Oberfläche des Kanalbereichs 4 angeordnet und weist eine Dicke von 3 bis 5 nm, vorzugsweise 4 nm auf. An der Oberfläche der ersten SiO₂-Schicht 51 ist die
5 Si₃N₄-Schicht 52 angeordnet. Sie weist eine Dicke von mindestens 5 nm, vorzugsweise 8 nm auf. An der Oberfläche der Si₃N₄-Schicht 52 ist die zweite SiO₂-Schicht 53 angeordnet, deren Dicke um 0,5 bis 1 nm größer als die Dicke der ersten SiO₂-Schicht 51 ist, das heißt im Bereich zwischen 3,5 und 6
10 nm, vorzugsweise bei 4,5 bis 5 nm liegt.

Auf der Oberfläche der dielektrischen Dreifachschicht 5 ist eine Gateelektrode 6 aus p⁺-dotiertem Polysilizium angeordnet. Die Gateelektrode 6 weist eine Dicke von zum Beispiel
15 200 nm und eine Dotierstoffkonzentration von zum Beispiel $5 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ auf.

Ein Halbleiterschichtaufbau 11 aus zum Beispiel monokristallinem Silizium umfaßt in vertikaler Aufeinanderfolge ein
20 Sourcegebiet 12, ein Kanalgebiet 14 und ein Draingebiet 13 (siehe Figur 2). Das Sourcegebiet 12 und das Draingebiet 13 sind zum Beispiel n-dotiert mit einer Dotierstoffkonzentration von 10^{21} cm^{-3} . Das Kanalgebiet 14 ist zum Beispiel p-dotiert mit einer Dotierstoffkonzentration von 10^{17} cm^{-3} . Das
25 Sourcegebiet 12, das Draingebiet 13 und das Kanalgebiet 14 weisen eine gemeinsame Flanke 110 auf, die vorzugsweise senkrecht oder leicht geneigt zur Oberfläche des Halbleiterschichtaufbaus 11 verläuft. Die Flanke 110 kann sowohl die Flanke eines Grabens oder einer Stufe in einem Substrat als
30 auch die Flanke einer erhabenen Struktur, zum Beispiel einer Mesastruktur sein.

An der Flanke 110 ist eine dielektrische Dreifachstruktur 15 angeordnet, die eine erste SiO₂-Schicht 151, eine Si₃N₄-
35 Schicht 152 und eine zweite SiO₂-Schicht 153 umfaßt. Die Oberfläche der zweiten SiO₂-Schicht 153 ist mit einer Gateelektrode 16 bedeckt. Die Gateelektrode 16 ist zum Beispiel

in Form eines Spacers aus p⁺-dotiertem Polysilizium mit einer Dotierstoffkonzentration von $5 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ gebildet. Die zweite SiO₂-Schicht 153 weist eine Dicke von zum Beispiel 3 bis 5 nm, vorzugsweise 4 nm auf. Die Si₃N₄-Schicht 152 weist
5 eine Dicke von mindestens 5 nm, vorzugsweise 8 nm auf. Die erste SiO₂-Schicht 151 ist um 0,5 bis 1 nm dicker als die zweite SiO₂-Schicht 153, das heißt, sie weist eine Dicke zwischen 3,5 und 6 nm auf. Vorzugsweise weist sie eine Dicke von
10 4,5 nm auf. Die Dicken der ersten SiO₂-Schicht 151, der Si₃N₄-Schicht 152 sowie der zweiten SiO₂-Schicht 153 sind jeweils senkrecht zur Flanke 110 gemessen.

Patentansprüche

1. Nichtflüchtige Speicherzelle

- 5 - mit einem MOS-Transistor, der als Gatedielektrikum eine dielektrische Dreifachschicht (5) mit einer ersten Siliziumoxidschicht (51), einer Siliziumnitridschicht (52) und einer zweiten Siliziumoxidschicht (53) aufweist,
- 10 - wobei der MOS-Transistor eine Gateelektrode (6) aufweist, die p⁺-dotiertes Silizium enthält.

2. Speicherzelle nach Anspruch 1,
bei der die erste Siliziumoxidschicht (51) und die zweite Siliziumoxidschicht (53) jeweils mindestens 3 nm dick sind.
- 15

3. Speicherzelle nach Anspruch 1 oder 2,

- bei der die Differenz der Dicken der ersten Siliziumoxidschicht (51) und der zweiten Siliziumoxidschicht (53) im Bereich zwischen 0,5 nm und 1 nm liegt,
- 20
- bei der die geringere der Dicken der ersten Siliziumoxidschicht (51) und der zweiten Siliziumoxidschicht (53) im Bereich zwischen 3 nm und 5 nm liegt,
- 25
- bei der die Dicke der Siliziumnitridschicht (52) mindestens 5 nm beträgt.

- 30 4. Speicherzelle nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
bei der das p⁺-dotierte Silizium in der Gateelektrode (6) eine Dotierstoffkonzentration von mindestens $1 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ aufweist.

FIG 1

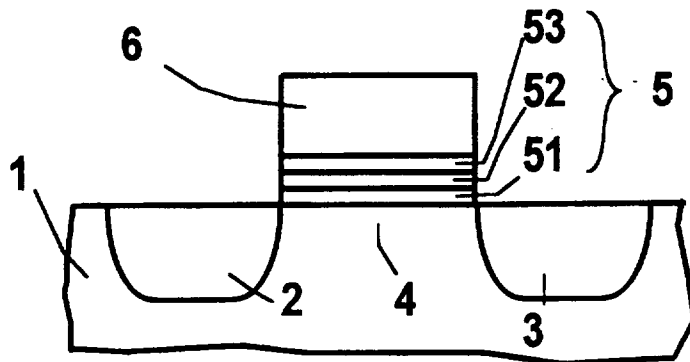
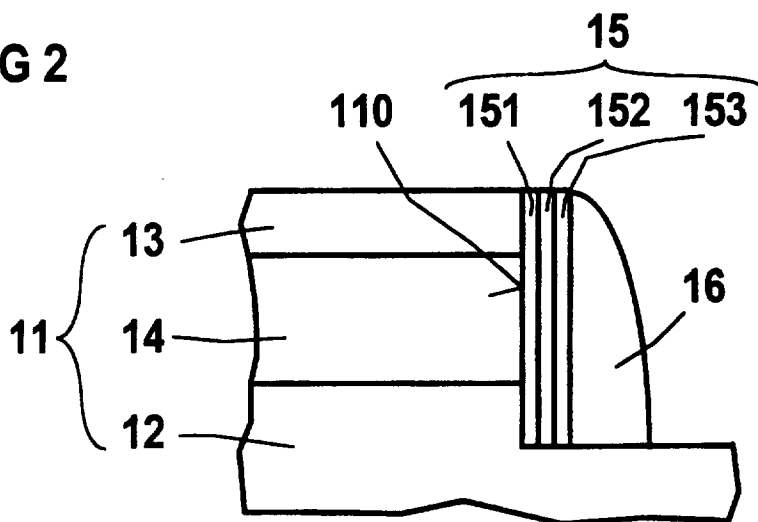


FIG 2



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Internat. Application No
PCT/DE 97/01431

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 6 H01L29/792

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 6 H01L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5 436 481 A (EGAWA ET AL.) 25 July 1995 see column 8, line 32 - column 9, line 42 ---	1-3
A	US 4 151 537 A (GOLDMAN ET AL.) 24 April 1979 see abstract; figure 1 ---	1
A	US 5 311 049 A (TSURUTA) 10 May 1994 see column 3, line 53-64 ---	1-3
A	EP 0 597 124 A (CITIZEN WATCH CO. LTD.) 18 May 1994 see column 12, line 46 - column 13, line 1 -----	1,2

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

° Special categories of cited documents :

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *Z* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

29 October 1997

Date of mailing of the international search report

12 -11- 1997

Name and mailing address of the ISA
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Baillet, B

1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/DE 97/01431

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5436481 A	25-07-95	JP 6224416 A JP 6224417 A JP 6283714 A	12-08-94 12-08-94 07-10-94
US 4151537 A	24-04-79	NONE	
US 5311049 A	10-05-94	JP 5110114 A	30-04-93
EP 597124 A	18-05-94	JP 6283723 A JP 5335591 A JP 6053519 A WO 9324959 A US 5496753 A	07-10-94 17-12-93 25-02-94 09-12-93 05-03-96

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 97/01431

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 6 H01L29/792

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationsymbole)
IPK 6 H01L

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie ^o	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 5 436 481 A (EGAWA ET AL.) 25.Juli 1995 siehe Spalte 8, Zeile 32 - Spalte 9, Zeile 42 ---	1-3
A	US 4 151 537 A (GOLDMAN ET AL.) 24.April 1979 siehe Zusammenfassung; Abbildung 1 ---	1
A	US 5 311 049 A (TSURUTA) 10.Mai 1994 siehe Spalte 3, Zeile 53-64 ---	1-3
A	EP 0 597 124 A (CITIZEN WATCH CO. LTD.) 18.Mai 1994 siehe Spalte 12, Zeile 46 - Spalte 13, Zeile 1 -----	1,2

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

Siehe Anhang Patentfamilie

^o Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

- *A* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- *E* Älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- *L* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- *O* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- *P* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

29. Oktober 1997

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

12 -11- 1997

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P. B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Baillet, B

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Interne Aktenzeichen

PCT/DE 97/01431

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 5436481 A	25-07-95	JP 6224416 A JP 6224417 A JP 6283714 A	12-08-94 12-08-94 07-10-94
US 4151537 A	24-04-79	KEINE	
US 5311049 A	10-05-94	JP 5110114 A	30-04-93
EP 597124 A	18-05-94	JP 6283723 A JP 5335591 A JP 6053519 A WO 9324959 A US 5496753 A	07-10-94 17-12-93 25-02-94 09-12-93 05-03-96