

(19)



Republik  
Österreich  
Patentamt

(11) Nummer:

AT 003 934 U1

(12)

# GEBRAUCHSMUSTERSCHRIFT

(21) Anmeldenummer: 598/99

(51) Int.Cl.<sup>7</sup> : H01L 21/762

(22) Anmeldetag: 3. 9.1999

(42) Beginn der Schutzdauer: 15. 9.2000

(45) Ausgabetag: 25.10.2000

(73) Gebrauchsmusterinhaber:

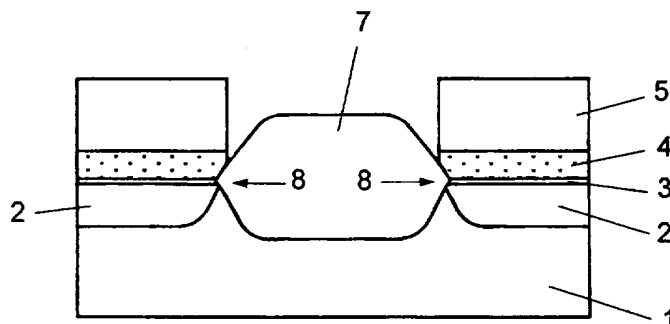
AUSTRIA MIKRO SYSTEME INTERNATIONAL  
AKTIENGESELLSCHAFT  
A-8141 UNTERPREMSTÄTTEN, STEIERMARK (AT).

(72) Erfinder:

WILLE HOLGER DR.ING.  
MÜNCHEN (DE).  
MINIXHOFFER RAINER DIPL.ING.  
UNTERPREMSTÄTTEN, STEIERMARK (AT).

## (54) VERFAHREN ZUM VERRINGERN VON DEFECTEN ZUM VERBESSERN DER ISOLATION VON FELDOXIDEN

(57) Bei einem Verfahren zum Verringern von Defekten zum Verbessern der Isolation von Feldoxiden (7), welche als Isolation zwischen aktiven Bereichen (2) eines Silizium-Halbleitersubstrates (1) erzeugt werden, wird die Siliziumsubstratoberfläche mit einer ersten Siliziumdioxid-Schicht ( $\text{SiO}_2$ ) (3) und einer darüberliegenden polykristallinen Silizium-Schicht (4) versehen, worauf die Schicht (4) aus polykristallinem Silizium mit Stickstoffionen ( $\text{N}_2^+$ ) oder einem anderen stickstoffhaltigen Dopanten durch Ionenimplantation dotiert wird und eine Schicht (5) aus Siliziumnitrid ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ) aufgebracht wird. Anschließend wird die Siliziumnitridschicht (5) in denjenigen Bereichen (6), in welchen Feldoxid (7) ausgebildet werden soll, bis in die stickstoffdotierte Polysiliziumschicht (4) abgetragen und anschließend eine thermische Oxidation zur Ausbildung des Feldoxides (7) vorgenommen.



AT 003 934 U1

DVR 0078018

### Wichtiger Hinweis:

Die in dieser Gebrauchsmusterschrift enthaltenen Ansprüche wurden vom Anmelder erst nach Zustellung des Recherchenberichtes überreicht (§ 19 Abs.4 GMS) und lagen daher dem Recherchenbericht nicht zugrunde. In die dem Recherchenbericht zugrundeliegende Fassung der Ansprüche kann beim Österreichischen Patentamt während der Amtsstunden Einsicht genommen werden.

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Verringern von Defekten zum Verbessern der Isolation von Feldoxiden (Siliziumdioxid  $\text{SiO}_2$ ), welche als Isolation zwischen aktiven Bereichen eines Silizium (Si)-Halbleitersubstrates erzeugt werden.

Bei der Herstellung von Halbleitern wird als erster Schritt üblicherweise das Halbleitersubstrat, welches aus monokristallinem Silizium besteht, in Bereiche, in denen aktive Bauelemente realisiert werden und in die die aktiven Bereiche voneinander elektrisch isolierenden Bereiche unterteilt.

Als isolierendes Material wird hierbei üblicherweise Siliziumdioxid ( $\text{SiO}_2$ ) verwendet, welches in dieser Form auch als Feldoxid bezeichnet wird. Die am weitesten verbreitete Technik für die Herstellung eines Feldoxides ist die lokale Oxidation von Silizium (LOCOS). Beim LOCOS-Verfahren werden die aktiven Bereiche des Siliziumsubstrates mit einer Siliziumnitridschicht ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ) maskiert und nachfolgend wird in den Isolationsbereichen durch eine thermische Oxidation das Feldoxid ausgebildet. Das LOCOS-Verfahren ist zwar einfach und effizient, weist jedoch auch einige Probleme bei der Ausbildung eines fehlerfreien Überganges zwischen Feldoxid und aktiven Bereichen auf. Da die Oxidation sich unter die mit Siliziumnitrid abgedeckten Bereiche erstreckt, wird ein sogenannter Vogelschnabeleffekt beobachtet. Durch diese laterale Oxidation können unterhalb einer gewissen Grenzgröße keine aktiven Bereiche mehr erzeugt werden, da die benachbarten Feldoxide aufgrund des Vogelschnabeleffektes miteinander verschmelzen. Da die Ausbildung des Feldoxides unter einer erheblichen Volumszunahme erfolgt, kommt es vor allem im Bereich des Vogelschnabels zu Spannungen nahe der Grenzfläche zwischen Siliziumnitridschicht und Siliziumsubstrat.

Um solche Spannungen zu vermeiden, ist es beispielsweise aus der US-PS 3 900 350 bekanntgeworden, zwischen dem Siliziumsubstrat und der Siliziumnitridschicht eine Schicht aus polykristallinem Silizium anzuordnen. In der US-PS 4 541 167 wurde vorgeschlagen, zwischen dem Siliziumsubstrat und der Siliziumnitridschicht eine dünne Schicht aus Siliziumdioxid und eine etwas dickere Schicht aus polykristallinem Silizium anzuordnen. Diese Zwischenschichten sollen bei den bekannten Verfahren die

Spannungen aufnehmen, die zwischen der Siliziumnitridschicht und dem Siliziumsubstrat auftreten. Nachteilig bei diesen bekannten Verfahren ist jedoch die Tatsache, daß bei der Ausbildung des Feldoxides eine teilweise Oxidation der polykristallinen Siliziumschicht in den Außenbereichen bzw. Rändern des aktiven Bereiches nicht verhindert werden kann (Vogelschnabeleffekt). Darüber hinaus werden jedoch oft noch drei weitere störende Effekte beobachtet:

(a) Die Oberfläche des Feldoxids ist nicht glatt, sondern rau. Diese Rauigkeit kann u.U. mit einer Rekristallisation des polykristallinen Siliziums während der Feldoxidation erklärt werden. Dadurch besteht die Gefahr, daß auch die aktiven Silizium-Gebiete in einer entsprechenden Weise geschädigt werden, ohne daß dies sichtbar sein muß. Außerdem werden bei der Ätzung der Siliziumnitridschicht und der teilweisen Ätzung der darunterliegenden polykristallinen Siliziumschicht die amorphen Korngrenzen dieses polykristallinen Silizium stärker angeätzt als die Körner selbst. Auch so wären die sichtbare Rauigkeit des Feldoxides und eine eventuelle Substratschädigung erklärbar.

(b) Die Feldoxidkante ist zerklüftet, sodaß längs dieser Kante Leckströme fließen können.

(c) Im Bereich von konvexen Ecken des aktiven Gebietes (insbesondere mit Minimalbreite) bleiben nach der Feldoxidation, der Entfernung des Siliziumnitrids und der polykristallinen Siliziumschicht Reste zurück, die von der unerwünschten, bevorzugten Oxidation der amorphen Korngrenzen stammen und die weiteren Prozeßschritte stören.

Um ein Anwachsen der Oxidschicht im Bereich einer aus polykristallinem Silizium bestehenden Zwischenschicht zu verhindern (Vogelschnabeleffekt), wurde bereits vorgeschlagen, nach dem teilweisen Abtragen der Siliziumnitriddeckschicht denjenigen Bereich, in welchem Feldoxid ausgebildet werden soll, teilweise mit einem Fotolack abzudecken, sodaß ein Freiraum zwischen der Fotolackabdeckung und der Siliziumnitridabdeckung ausgebildet wird. In der Folge wird bei dem in der US-PS 5 599 731 beschriebenen Verfahren in diesen Freiraum Stickstoff durch Ionenimplantation eingebracht, sodaß die Randbereiche der Schicht aus poly-

kristallinem Silizium mit Stickstoff dotiert werden und auf diese Weise weniger leicht bei der nachfolgenden Oxidation in Siliziumdioxid umgewandelt werden können. Diese Maßnahme betrifft in erster Linie die Verringerung des sogenannten Vogelschnabeffektes, wobei jedoch nach dem Abtragen des Fotolacks, wofür ein gesonderter Verfahrensschritt erforderlich ist, die obengenannten drei störenden Effekte nicht ausreichend unterdrückt werden.

Die Erfindung zielt nun darauf ab, ein Verfahren der eingangs genannten Art dahingehend zu verbessern, daß eine exakter definierte Grenze zwischen isolierenden und aktiven Bereichen ausgebildet wird und gleichzeitig die Beschaffenheit des ausgebildeten Feldoxides, der Feldoxidkanten und des aktiven Gebietes dahingehend verbessert wird, daß geringere Störungen und eine bessere Isolation beobachtet werden.

Zur Lösung dieser Aufgabe besteht das erfindungsgemäße Verfahren im wesentlichen darin, daß die Siliziumsubstratoberfläche mit einer ersten Siliziumdioxid-Schicht und einer darüberliegenden polykristallinen Silizium-Schicht versehen wird, worauf die Schicht aus polykristallinem Silizium mit Stickstoffionen oder einem anderen stickstoffhaltigen Dopanden durch Ionenimplantation dotiert wird und eine Schicht aus Siliziumnitrid aufgebracht wird und daß anschließend die Siliziumnitridschicht in denjenigen Bereichen, in welchen Feldoxid ausgebildet werden soll, bis in die stickstoffdotierte Polysiliziumschicht abgetragen wird und anschließend eine thermische Oxidation zur Ausbildung des Feldoxides vorgenommen wird. Dadurch, daß in Übereinstimmung mit den bekannten Verfahren zunächst eine entsprechende Abdeckung der aktiven Bereiche mit Siliziumdioxid und polykristallinem Silizium erfolgt, welche sich naturgemäß zunächst auch über die in der Folge zu oxidierenden, d.h. durch Ausbildung von Feldoxid zu isolierenden Bereiche erstreckt, wird den eingangs geschilderten Schwierigkeiten im Zusammenhang mit Spannungen Rechnung getragen. Dadurch, daß nun vor dem Auftrag der gegen Oxidation beständigen Siliziumnitridschicht die gesamte aus polykristallinem Silizium bestehende Zwischenschicht mit Stickstoff

dotiert wird und anschließend die Siliziumnitriddeckschicht abgeschieden wird, wobei diese mit Stickstoff dotierte Polysiliziumschicht in der Folge nach dem Abtragen der Siliziumnitridschicht in denjenigen Bereichen, in welchen Feldoxid ausgebildet wird, auch teilweise noch vorliegen kann, wird nun überraschenderweise beobachtet, daß bei einer nachfolgenden Oxidation eine Verbesserung in den Randbereichen und insbesondere eine scharfe Grenze zwischen aktiven Bereichen und Isolationsbereichen erzielt wird, wobei gleichzeitig eine glatte Oberflächenstruktur des Feldoxides beobachtet wird, was insgesamt reproduzierbare Isolationsseigenschaften zur Folge hat. Gegenüber bekannten Verfahren kann insbesondere beispielsweise der zusätzliche Verfahrensschritt eines Auftragens von Fotolack entfallen, wobei der Umstand, daß sich die Stickstoffdotierung über die gesamte Schicht aus polykristallinem Silizium erstreckt, offensichtlich für die Ausbildung scharfer Konturen und einer entsprechend glatten Oberfläche verantwortlich ist.

In besonders vorteilhafter Weise wird das erfindungsgemäße Verfahren so durchgeführt, daß die Stickstoffdotierung der Schicht aus polykristallinem Silizium mit einer Dosis von über  $10^{15}$ , insbesondere  $10^{16}$  Atomen/cm<sup>2</sup> vorgenommen wird. Eine derartige vergleichsweise hohe Stickstoffdotierung stellt eine besonders klare und scharfe Grenze zwischen aktiven Bereichen und Feldoxidbereichen sicher.

Vor dem thermischen Oxidieren zur Ausbildung von Feldoxid wird, wie bereits erwähnt, die Siliziumnitridschicht lokal entfernt, wofür mit Vorteil so vorgegangen wird, daß die Siliziumnitridschicht gerichtet (anisotrop) strukturiert und später mit Phosphorsäure (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>) abgeätzt wird. Das Abtragen der Siliziumnitridschicht erfolgt naturgemäß nur in denjenigen Bereichen, in welchen in der Folge Feldoxid ausgebildet werden soll.

Besonders gute Ergebnisse und reproduzierbare Isolationsseigenschaften haben sich dadurch erzielen lassen, daß die Schichtdicke der Schicht aus polykristallinem Silizium dem 2 bis 8fachen, insbesondere dem etwa 5fachen der Schichtdicke der Siliziumdioxidschicht gewählt wird, wobei mit Vorteil die

Schicht aus polykristallinem Silizium mit einer Schichtdicke kleiner 70 nm, vorzugsweise etwa 50 nm, gewählt wird.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines in der Zeichnung schematisch dargestellten Ausführungsbeispieles näher erläutert. In dieser zeigen Fig. 1 ein mit einer Mehrzahl von Schichten überzogenes Halbleitersubstrat, Fig. 2 den schichtartigen Aufbau gemäß Fig. 1 mit einem freigeätzten Bereich, Fig. 3 den schichtartigen Aufbau gemäß Fig. 2 mit dem im freien Bereich entstandenen Feldoxid, Fig. 4 eine Draufsicht auf die verschiedenen auf dem Halbleitersubstrat realisierten Bereiche bei der Verfahrensweise nach dem Stand der Technik und Fig. 5 eine Draufsicht auf ein Halbleitersubstrat gemäß Fig. 4 unter Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens.

In Fig. 1 ist mit 1 ein Halbleitersubstrat aus monokristallinem Silizium dargestellt. In dem Silizium-Halbleitersubstrat 1 sind durch Dotierung aktivierte Bereiche 2 ersichtlich. Die Siliziumdioxidschicht 3 sowie die mit Stickstoff (N) dotierte Schicht aus polykristallinem Silizium 4 dienen der Aufnahme der zwischen dem Halbleitersubstrat 1 und der Siliziumnitridschicht 5 auftretenden Kräfte. Die erfindungsgemäße Verfahrensweise sieht hierbei vor, daß zuerst die Schicht aus polykristallinem Silizium durch Ionenimplantation mit Stickstoff dotiert wird und danach die Siliziumnitridschicht 5, welche als Schutzschicht während der nachfolgenden Verfahrensschritte dient, aufgebracht wird.

In Fig. 2 ist ersichtlich, daß die Siliziumnitridschicht 5 in einen Bereich 6 bis in den Bereich der polykristallinen Siliziumschicht 4 hinein abgetragen wurde. In diesem Bereich kann nun durch thermische Oxidation das in Fig. 3 mit 7 bezeichnete Feldoxid ausgebildet werden, welches die aktiven Bereiche 2 voneinander isolieren soll. Das Feldoxid 7 entsteht hierbei durch Oxidation des monokristallinen Siliziums 1 und teilweise Oxidation des polykristallinen Siliziums 4. Dadurch, daß die polykristalline Siliziumschicht 4 zur Gänze mit Stickstoff durch Ionenimplantation dotiert ist, wird eine größere Ausbreitung des Feldoxides 7 in den aktiven Bereich 2 hinein verhindert und im

Übergangsbereich 8 eine scharfe Grenze zwischen Feldoxid 7 und Halbleitersubstrat 1 erreicht.

In Fig. 4 ist ersichtlich, daß zwischen den Feldoxidbereichen 7 und dem aktiven Gebiet 2 bei einer Verfahrensweise nach dem Stand der Technik unscharfe Übergänge 9 und 10 auftreten. Außerdem kommt es in diesen Bereichen 9 und 10 durch eine teilweise Oxidation des polykristallinen Siliziums und an den Randbereichen des aktiven Bereiches zu einer körnigen Oberflächenstruktur.

In Fig. 5 ist ersichtlich, daß die Grenzen zwischen aktivem Gebiet 2 und Isolationsgebiet, d.h. Feldoxid 7, bei Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens scharf sind, daß außerdem die Oberfläche des aktiven Bereiches 2 keine körnige Struktur aufweist und zudem keine Reste sichtbar sind. Dadurch wird die Isolationswirkung des Feldoxides 7 deutlich verbessert und eine Oberfläche geschaffen, welche keine Defekte aufweist.

## A n s p r ü c h e :

1. Verfahren zum Verringern von Defekten und zum Verbessern der Isolation von Feldoxiden (Siliziumdioxid  $\text{SiO}_2$ ) (7), welche als Isolation zwischen aktiven Bereichen (2) eines Silizium-Halbleitersubstrates (Si) (1) erzeugt werden, dadurch gekennzeichnet, daß die Siliziumsubstratoberfläche mit einer ersten Siliziumdioxid-Schicht ( $\text{SiO}_2$ ) (3) und einer darüberliegenden polykristallinen Silizium-Schicht (4) versehen wird, worauf die Schicht (4) aus polykristallinem Silizium mit Stickstoffionen ( $\text{N}_2^+$ ) oder einem anderen stickstoffhaltigen Dopanden durch Ionenimplantation dotiert wird und eine Schicht (5) aus Siliziumnitrid ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ) aufgebracht wird und daß anschließend die Siliziumnitridschicht (5) in denjenigen Bereichen (6), in welchen Feldoxid (7) ausgebildet werden soll, bis in die stickstoffdotierte Polysiliziumschicht (4) abgetragen wird und anschließend eine thermische Oxidation zur Ausbildung des Feldoxides (7) vorgenommen wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Stickstoffdotierung der Schicht (4) aus polykristallinem Silizium mit einer Dosis von über  $10^{15}$ , insbesondere  $10^{16}$  Atomen/ $\text{cm}^2$  vorgenommen wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Siliziumnitridschicht (5) gerichtet (anisotrop) strukturiert und später mit Phosphorsäure ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ) abgeätzt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Schichtdicke der Schicht (4) aus polykristallinem Silizium dem 2 bis 8fachen, insbesondere dem etwa 5fachen der Schichtdicke der Siliziumdioxidschicht (3) gewählt wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Schicht (4) aus polykristallinem Silizium mit einer Schichtdicke kleiner 70 nm, vorzugsweise etwa 50 nm, gewählt wird.



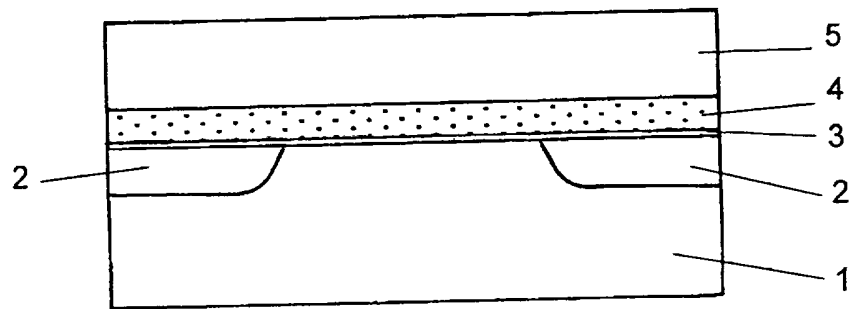


Fig. 1

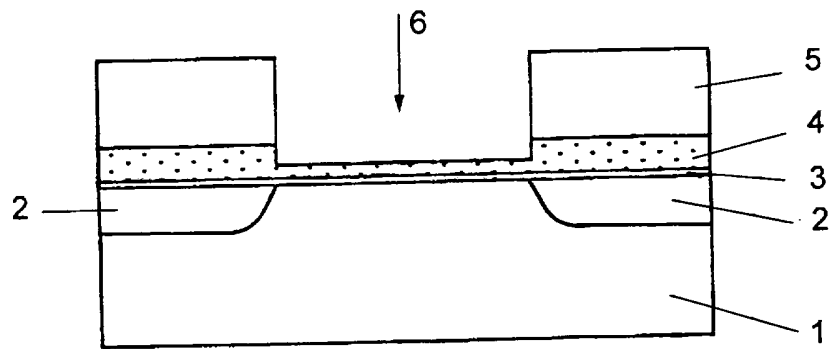


Fig. 2

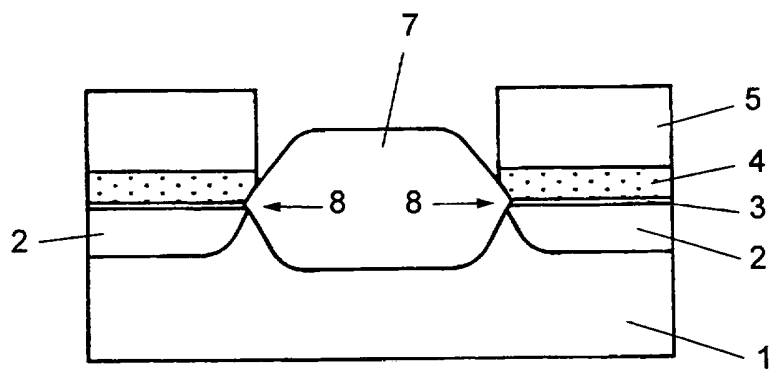


Fig. 3

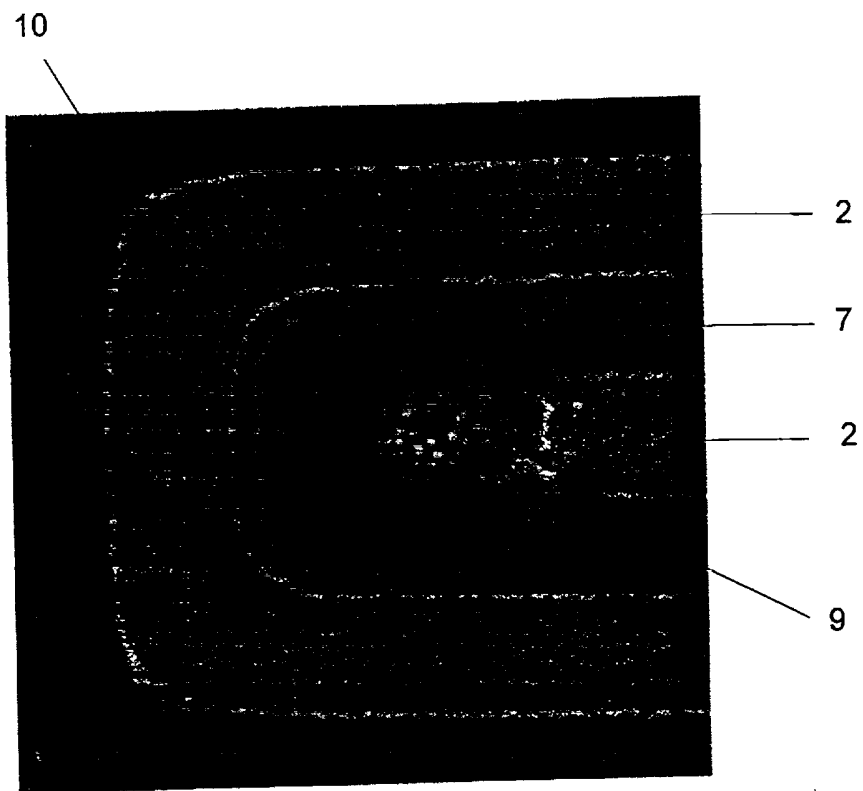


Fig. 4

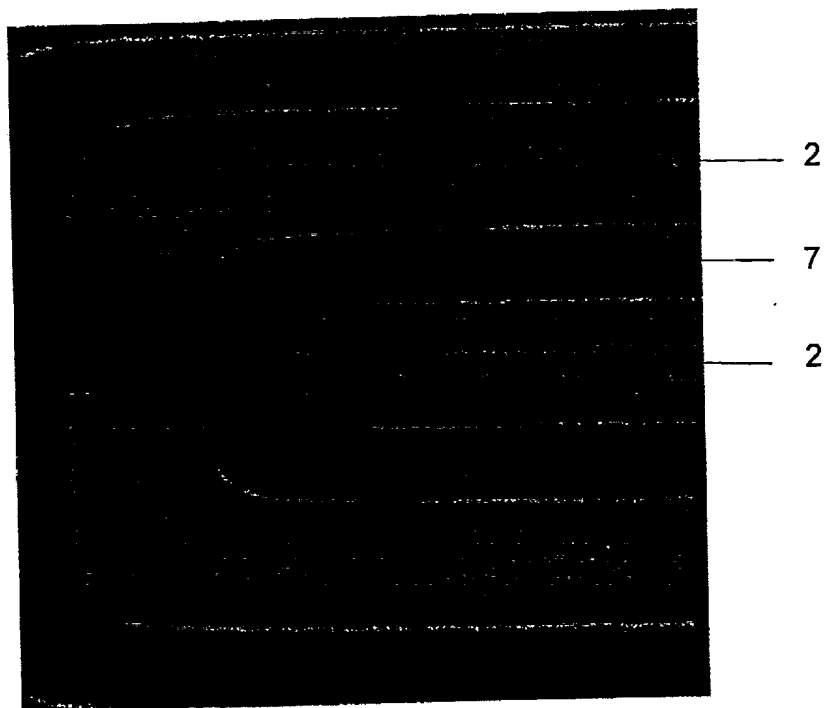


Fig. 5



# ÖSTERREICHISCHES PATENTAMT

A-1014 Wien, Kohlmarkt 8-10, Postfach 95  
TEL. +43/(0)1/53424; FAX +43/(0)1/53424-535; TELEX 136847 OEPA A  
Postscheckkonto Nr. 5.160.000; UID-Nr. ATU38266407; DVR: 0078018

AT 003 934 U1

## RECHERCHENBERICHT

zu 15 GM 598/99

Ihr Zeichen: 36 873

Klassifikation des Antragsgegenstandes gemäß IPC<sup>7</sup> : H 01 L 21/762

Recherchierter Prüfstoff (Klassifikation):

Konsultierte Online-Datenbank:

Die nachstehend genannten Druckschriften können in der Bibliothek des Österreichischen Patentamtes während der Öffnungszeiten (Montag bis Freitag von 8 - 12 Uhr 30, Dienstag 8 bis 15 Uhr) unentgeltlich eingesehen werden. Bei der von der Hochschülerschaft TU Wien Wirtschaftsbetriebe GmbH im Patentamt betriebenen Kopierstelle können schriftlich (auch per Fax, Nr. 01 / 533 05 54) oder telefonisch (Tel. Nr. 01 / 534 24 - 153) Kopien der ermittelten Veröffentlichungen bestellt werden.

Auf Anfrage gibt das Patentamt Teilrechtsfähigkeit (TRF) gegen Entgelt zu den im Recherchenbericht genannten Patentdokumenten allfällige veröffentlichte „Patentfamilien“ (denselben Gegenstand betreffende Patentveröffentlichungen in anderen Ländern, die über eine gemeinsame Prioritätsanmeldung zusammenhängen) bekannt. Diesbezügliche Auskünfte erhalten Sie unter der Telefonnummer 01 / 534 24 - 725.

Kategorie	Bezeichnung der Veröffentlichung (Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur (soweit erforderlich))	Betreffend Anspruch
X	US 5 599 731 A (HYUNDAI ELECTRONICS) 4. Feber 1997 (04.02.97)	1
A	Siehe ganzes Dokument, insbesondere Zusammenfassung	2-5
X	US 5 789 305 A (CHARTERED SEMICONDUCTOR) 4. August 1998 (04.08.98)	1
A	Siehe ganzes Dokument, insbesondere Zusammenfassung	2-5
X	US 5 937 310 A (ADVANCED MICRO DEVICES) 10. August 1999 (10.08.99)	1
A	Siehe ganzes Dokument, insbesondere Zusammenfassung	2-5
<input checked="" type="checkbox"/> Fortsetzung siehe Folgeblatt		
<p><b>Kategorien der angeführten Dokumente</b> (dient in Anlehnung an die Kategorien bei EP- bzw. PCT-Recherchenberichten nur zur raschen Einordnung des ermittelten Stands der Technik, stellt keine Beurteilung der Erfindungseigenschaft dar):</p> <p>„A“ Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert. „Y“ Veröffentlichung von Bedeutung; die Erfindung kann nicht als neu (bzw. auf erfinderischer Tätigkeit beruhend) betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren weiteren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für den Fachmann naheliegend ist. „X“ Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die Erfindung kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu (bzw. auf erfinderischer Tätigkeit beruhend) angesehen werden. „P“ zwischenveröffentlichtes Dokument von besonderer Bedeutung (älteres Recht) „&amp;“ Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist.</p>		
<p><b>Ländercodes:</b> AT = Österreich; AU = Australien; CA = Kanada; CH = Schweiz; DD = ehem. DDR; DE = Deutschland; EP = Europäisches Patentamt; FR = Frankreich; GB = Vereinigtes Königreich (UK); JP = Japan; RU = Russische Föderation; SU = ehem. Sowjetunion; US = Vereinigte Staaten von Amerika (USA); WO = Veröffentlichung gem. PCT (WIPO/OMPI); weitere siehe WIPO-Appl. Codes</p>		

Datum der Beendigung der Recherche: 29. Feber 2000

Prüfer: Dipl.-Ing. Heinrich

**ÖSTERREICHISCHES PATENTAMT**

A-1014 Wien, Kohlmarkt 8-10, Postfach 95  
TEL. +43/(0)1/53424; FAX +43/(0)1/53424-535; TELEX 136847 OEPA A  
Postscheckkonto Nr. 5.160.000; UID-Nr. ATU38266407; DVR: 0078018

**Folgeblatt zu 15 GM 598/99**

Kategorie	Bezeichnung der Veröffentlichung (Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur (soweit erforderlich))	Betreffend Anspruch
A	US 5 308 787 A (UNITED MICROELECTRONICS) 3. Mai 1994 (03.05.94) Siehe ganzes Dokument, insbesondere Zusammenfassung	1-5
A	US 5 447 885 A (SAMSUNG ELECTRONICS) 5. September 1995 (05.09.95) Siehe ganzes Dokument, insbesondere Zusammenfassung	1-5
A	US 4 564 394 A (SIEMENS) 14. Jänner 1986 (14.01.86) Siehe ganzes Dokument, insbesondere Zusammenfassung	1-5
<input type="checkbox"/> Fortsetzung siehe Folgeblatt		