

(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
27. Juni 2002 (27.06.2002)

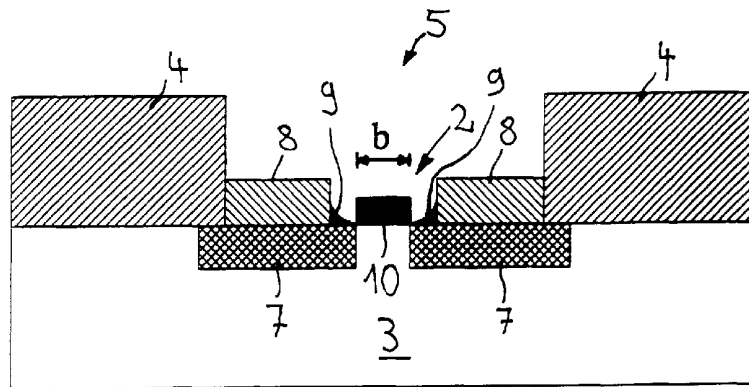
PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 02/50878 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation⁷: **H01L 21/033**, **LEHMANN, Mirko** [DE/DE]; Runzstrasse 71, 79102 Freiburg (DE).
21/768, 21/60, 21/308, 21/336
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP00/13066 (74) **Anwalt: MAUCHER, BÖRJES & KOLLEGEN**;
Dreikönigstrasse 13, 79102 Freiburg (DE).
- (22) Internationales Anmeldedatum: 21. Dezember 2000 (21.12.2000) (81) **Bestimmungsstaat (national)**: US.
- (25) Einreichungssprache: Deutsch (84) **Bestimmungsstaaten (regional)**: europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (71) **Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): MICRONAS GMBH** [DE/DE]; Hans-Bunte-Strasse 19, 79108 Freiburg (DE). **Veröffentlicht:**
— mit internationalem Recherchenbericht
- (72) **Erfinder; und**
(75) **Erfinder/Anmelder (nur für US): IGEL, Günter** [DE/DE]; Scharnhorst-Strasse 32, 79331 Teningen (DE). *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.*

(54) **Title:** METHOD FOR PRODUCING A SOLID BODY COMPRISING A MICROSTRUCTURE

(54) **Bezeichnung:** VERFAHREN ZUM HERSTELLEN EINES EINE MIKROSTRUKTUR AUFWEISENDEN FESTKÖRPERS



(57) **Abstract:** The invention relates to a method for producing a solid body (1) with a microstructure (2), according to which the surface of a substrate (3) is provided with a masking layer (6) that is impermeable to the substance to be applied. The substance is then applied to the areas of substrate that are not covered by the masking layer (6). The substance is then diffused into an area of the substrate that is covered by the masking layer (6) by means of a thermal treatment, in such a way that a concentration gradient of the substance is formed in the substrate area covered by the masking layer (6), said concentration decreasing from the edge of the masking layer (6) towards the interior. The masking layer (6) is subsequently removed to expose the substrate area lying below and a layer of the substrate (3) that lies close to the surface in the exposed substrate area is converted by means of a chemical conversion reaction into a coating (9), which has a layer thickness profile that corresponds to the concentration gradient of the substance contained in the layer that lies close to the surface. An additional treatment is carried out in a subsection of the coating (9), in which the thickness of said coating (9) is reduced.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 02/50878 A1





(57) Zusammenfassung: Bei einem Verfahren zum Herstellen eines Festkörpers (1) mit einer Mikrostruktur (2) wird die Oberfläche eines Substrats (3) mit einer für eine aufzubringende Substanz undurchlässigen Maskierungsschicht (6) versehen. Danach wird die Substanz in von der Maskierungsschicht (6) nicht bedeckte Substratbereiche eingebracht. Mit Hilfe einer Wärmebehandlung wird die Substanz in einen von der die Maskierungsschicht (6) überdeckten Substratbereich eindiffundiert, so daß sich ausgehend vom Rand der Maskierungsschicht (6) mit zunehmendem Abstand vom Rand nach innen in dem von der Maskierungsschicht (6) überdeckten Substratbereich ein Konzentrationsgefälle der Substanz einstellt. Danach wird die Maskierungsschicht (6) zum Freilegen des darunter befindlichen Substratbereichs entfernt und eine in dem freigelegten Substratbereich befindliche oberflächennahe Schicht des Substrats (3) wird mittels einer chemischen Umwandlungsreaktion in eine Beschichtung (9) umgewandelt, die einen dem Konzentrationsgefälle der in der oberflächennahen Schicht enthaltenen Substanz entsprechenden Schichtdickenverlauf aufweist. In einem Teilbereich der Beschichtung (9), in dem die Dicke der Beschichtung (9) reduziert ist, wird eine Zusatzbehandlung durchgeführt.

Verfahren zum Herstellen eines eine Mikrostruktur aufweisenden Festkörpers

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen eines eine Mikrostruktur aufweisenden Festkörpers, insbesondere eines Halbleiterbauelements, wobei die Oberfläche eines Substrats mit einer für eine aufzubringende Substanz undurchlässigen Maskierungsschicht versehen und die Substanz danach in von der Maskierungsschicht nicht bedeckte Substratbereiche eingebracht wird.

Ein derartiges Verfahren ist aus dem Buch Integrierte Digitalbausteine, Siemens AG (1970), Seite 12 und 13 bekannt. Dabei wird zum Herstellen eines Halbleiterbauelement ein Oberflächenbereichs eines Silizium-Substrats mit einer für einen Dotierungsstoff undurchlässigen, aus Siliziumdioxid bestehenden Maskierungsschicht abgedeckt, während andere Oberflächenbereiche frei bleiben. Zum Erzeugen der Maskierungsschicht wird das Substrat zunächst in einem Sauerstoffstrom angeordnet, wobei sich an der Oberfläche des Substrats eine durchgehende Siliziumdioxid-Schicht ausbildet. Danach wird ein lichtempfindlicher Photolack auf die Substratoberfläche aufgetragen. Dieser Photolack wird durch eine Photomaske hindurch belichtet, die an den Stellen lichtdurchlässig ist, an denen das Substrat für die Dotierung offen bleiben soll. Nach dem Belichten wird der Photolack an den belichteten Stellen mit einem Lösungsmittel entfernt, während die für das Lösungsmittel unlöslichen unbelichteten Bereiche des Photolacks auf dem Substrat verbleiben. Mit einem Ätzmittel wird dann an den lackfreien Stellen das Siliziumdioxid abgeätzt und anschließend wird der übrige Photolack entfernt. Das Substrat wird dann bei einer Temperatur von etwa 1000° C einer den Dotierungsstoff enthaltenden Gasphase ausgesetzt, wobei der Dotierungsstoff in die von der Siliziumdioxid-Schicht nicht bedeckten, offenen Substratstellen eindiffundiert. Beim Abkühlen des Substrats kommt der Diffusionsvorgang zum Stillstand. Das Substrat ist dann bereichsweise an

den vorgesehenen Stellen dotiert. Mit Hilfe des Verfahrens lassen sich beispielsweise Transistoren, Dioden oder dergleichen elektronische Funktionsbausteine in das Substrat integrieren.

5 Das vorbekannte Verfahren hat jedoch den Nachteil, daß die Kosten für das zur Belichtung des Substrats benötigte Belichtungsgerät mit abnehmender Größe der herzustellenden Mikrostrukturen stark zunehmen, vergleiche F&M, Jahrgang 107 (1994), Heft 4, Seite 57 bis 60 und Heft 9, Seite 40 bis 44. Ungünstig ist dabei vor allem,
10 daß die Auflösung des Belichtungsgerätes für die kleinste auf dem Substrat herzustellende Struktur dimensioniert werden muß, selbst dann, wenn gleichzeitig große Strukturen auf dem Substrat erzeugt werden. Die Herstellung von Festkörpern mit kleinen Strukturen ist deshalb aufwendig und kostenintensiv.

15 Es besteht deshalb die Aufgabe, ein Verfahren der eingangs genannten Art zu schaffen, das eine kostengünstige Herstellung eines Festkörpers mit einer kleinen Struktur ermöglicht.

20 Die Lösung dieser Aufgabe besteht darin, daß mit Hilfe einer Wärmebehandlung die eingebrachte Substanz in einen von der die Maskierungsschicht überdeckten Substratbereich eindiffundiert wird, so daß sich ausgehend vom Rand der Maskierungsschicht mit zunehmendem Abstand vom Rand nach innen in dem von der Maskierungsschicht überdeckten Substratbereich ein Konzentrationsgefälle der Substanz einstellt, daß danach die Maskierungsschicht
25 zum Freilegen des darunter befindlichen Substratbereichs entfernt wird, daß eine in dem freigelegten Substratbereich befindliche oberflächennahe Schicht des Substrats mittels einer chemischen
30 Umwandlungsreaktion in eine Beschichtung mit einem dem Konzentrationsgefälle der in dieser oberflächennahen Schicht enthaltenen Substanz entsprechenden Schichtdickenverlauf umgewandelt wird und daß in einem Teilbereich der Beschichtung, dessen Fläche kleiner ist als die von der ursprünglichen Maskierungsschicht

überdeckten Substratfläche und in dem die Dicke der Beschichtung gegenüber den übrigen Teilbereichen der Beschichtung reduziert ist, eine Zusatzbehandlung durchgeführt wird, bei der das von diesem Teilbereich überdeckte Substratgebiet freigelegt und/oder
5 in dieses Substratgebiet durch die Beschichtung hindurch ein Stoff eingebracht wird.

Mit Hilfe der Wärmebehandlung wird also der die eingebrachte Substanz aufweisende Bereich des Substrates vergrößert, wobei
10 die Substanz bis unter den Rand der Maskierungsschicht unterdiffundiert. In dem von der Maskierungsschicht überdeckten Substratbereich stellt sich dann ein Konzentrationsgefälle mit einer ortsabhängigen Konzentration der Substanz ein, wobei die Konzentration in einer in der Grenzfläche von Maskierungsschicht
15 und Substrat verlaufenden Substratebene mit zunehmender Entfernung vom Rand der Maskierungsschicht zum Inneren der Maskierungsschicht hin abnimmt. Die nach dem Entfernen der Maskierungsschicht auf dem ursprünglich von der Maskierungsschicht überdeckten Substratbereich mittels der chemischen Umwandlungsreaktion
20 erzeugte Beschichtung weist an unterschiedlichen Stellen des Substratbereichs eine der Konzentration der Substanz an der jeweiligen Stelle entsprechende Dicke auf. Dabei kann je nach Wahl der chemischen Umwandlungsreaktion die Schichtdicke der Beschichtung entlang der Substratebene, ausgehend vom Rand des
25 von der Maskierungsschicht ursprünglich überdeckten Substratbereichs zum Inneren dieses Substratbereichs hin entweder ab- oder zunehmen. Entsprechende chemische Umwandlungsreaktionen sind an sich bekannt. In vorteilhafter Weise kann die von der Schichtdicke abhängige Zusatzbehandlung für das Substrat in einem
30 Gebiet durchgeführt werden, das kleiner ist als das ursprünglich von der Maskierungsschicht überdeckte Gebiet. So kann beispielsweise bei der Zusatzbehandlung die Beschichtung an ihrer dem Substrat abgewandten Oberfläche ganzflächig abgetragen werden, bis an den Stellen, an denen die ursprüngliche Dicke der

Beschichtung geringer war als an den übrigen Stellen der Beschichtung ein Teilbereich des von der Beschichtung ursprünglich überdeckten Substratgebiets freigelegt ist. Bei der Zusatzbehandlung kann aber auch durch die Beschichtung hindurch ein chemischer Stoff in einen Teilbereich des von der Beschichtung überdeckten Substratgebiets eingebracht werden, beispielsweise durch Diffusion oder Beschuß mit Teilchen. Dabei ist das Schichtdickenprofil der Beschichtung so an die Diffusionseigenschaften des Stoffes und/oder die kinetische Energie der Teilchen angepaßt, daß der Stoff die Beschichtung nur bereichsweise an Stellen durchdringen kann, an denen die Schichtdicke eine vorbestimmte Dicke nicht überschreitet.

Bei einer Maskierungsschicht, die mittels eines photolithographischen Verfahrens auf dem Substrat erzeugt wurde, kann eine Struktur hergestellt werden, deren Abmessungen kleiner sind als die Abmessungen der kleinsten, aufgrund der begrenzten Auflösung des für das photolithographische Verfahren verwendeten Belichtungsgeräts noch zu belichtenden oder gegen das Licht abzudeckenden Substratoberfläche. In vorteilhafter Weise kann somit ein kostengünstiges Belichtungsgerät zum Einsatz kommen, dessen Auflösung geringer ist als die Abmessungen der kleinsten herzustellenden Struktur. Das Verfahren eignet sich besonders zum Herstellen von Festkörpern, die sowohl kleine als auch große Strukturen aufweisen.

Bei einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, daß zum Entfernen der Maskierungsschicht die seitlich an die Maskierungsschicht angrenzenden Substratbereiche mit einer Ätzmaske abgedeckt und die Maskierungsschicht danach mit einem Ätzmittel in Berührung gebracht wird, und daß die Ätzmaske vorzugsweise mittels einer chemischen Reaktion erzeugt wird, bei der eine oberflächennahe Schicht der mit der Ätzmaske abzudeckenden Substratbereiche in ein Ätzmaskenmaterial umgewandelt

wird. Die Ätzmaske kann dann auf einfache Weise und ohne die Verwendung eines zusätzlichen Photolithographieschrittes auf die von der Maskierungsschicht nicht bedeckten Oberflächenbereiche des Substrats aufgebracht werden. Die oberflächennahe Schicht
5 kann dazu beispielsweise in einer Stickstoffatmosphäre in eine gegen ein entsprechendes Ätzmittel beständige Nitridschicht umgewandelt werden. Die Oberfläche des Festkörpers kann dann zum Entfernen der Maskierungsschicht ganzflächig mit dem Ätzmittel in Berührung gebracht werden. Wenn die Ätzmaske eine größere Dicke
10 aufweist als die Maskierungsschicht kann auch ein Ätzmittel verwendet werden, das außer der Maskierungsschicht auch die Ätzmaske von dem Festkörper abträgt. In diesem Fall müssen die Ätzraten und die Dicken von Maskierungsschicht und Ätzmaske so aufeinander abgestimmt sein, daß nach dem vollständigen Abtragen
15 der Maskierungsschicht mit dem Ätzmittel die Ätzmaske noch eine Restdicke aufweist und somit das Substrat weiterhin bedeckt.

Besonders vorteilhaft ist, wenn die Ätzmaske während der Wärmebehandlung durch thermische Oxidation von Substratmaterial
20 in einer sauerstoffhaltigen Atmosphäre erzeugt wird. Dadurch kann ein zusätzlicher Fertigungsschritt für die Herstellung der Ätzmaske entfallen.

Vorteilhaft ist, wenn die chemische Umwandlungsreaktion eine Oxidationsreaktion ist. Die Beschichtung kann dann auf einfache
25 Weise in einer sauerstoffhaltigen Atmosphäre, gegebenenfalls unter Energiezufuhr erzeugt werden. Dabei wird insbesondere bei einem Silizium-Substrat, in das ein Dotierungsmittel eindiffundiert wurde, eine deutliche Ausprägung eines von dem Konzentrations-
30 gradient des Dotierungsmittels in dem Substratmaterial abhängigen Schichtdickenverlaufs der Beschichtung erreicht.

Bei einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, daß in dem Substratbereich, in dem die Maskierungs-

schicht entfernt wurde, die oberflächennahe Schicht des Substrats durch die chemische Umwandlungsreaktion in eine elektrisch isolierende Beschichtung umgewandelt wird, und daß nach dem bereichsweisen Abtragen der Beschichtung an der freigelegten Oberfläche des elektrisch leitfähigen Substratgebiets eine 5 Metallschicht galvanisch abgeschieden wird. Dadurch ist es beispielsweise möglich, eine Mikroelektrode und/oder eine Leiterbahn mit kleinen Abmessungen auf das Substrat aufzubringen. Das Abscheiden der Metallschicht kann insbesondere stromlos 10 galvanisch erfolgen.

Vorteilhaft ist, wenn auf die Oberfläche des Festkörpers eine vorzugsweise metallische Oberflächenschicht aufgetragen wird, und daß die Hafteigenschaften des Substratmaterials und der 15 Beschichtung so auf das Material der Oberflächenschicht abgestimmt werden, daß diese nur an dem freigelegten Teilbereich des Substratgebietes haften bleibt. Das Material der Oberflächenschicht wird dabei so gewählt, daß es an dem freigelegten Teilbereich des Substratgebietes besser anhaftet als an den dazu 20 benachbarten Oberflächenbereichen der Beschichtung. Eventuell nach dem Beschichten an den benachbarten Oberflächenbereichen anhaftende Schichtbereiche der Oberflächenschicht können dann beispielsweise mechanisch von der Oberfläche des Festkörpers angelöst werden, während der an dem freigelegten Teilbereich des 25 Substratgebietes anhaftende Bereich der Oberflächenschicht weiterhin an diesem anhaften bleibt. Gegebenenfalls kann die Oberflächenschicht durch Incorporation von Fremdatomen mechanisch verspannt werden. Beim Ablösen der an der Beschichtung anhaftenden Schichtbereiche können sich dann entlang des Umgrenzungsrandes 30 der Oberfläche des freigelegten Teilbereiches des Substratgebietes in der Oberflächenschicht Risse ausbilden, die das Ablösen der an der Beschichtung anhaftenden Bereiche dieser Oberflächenschicht erleichtern.

Bei einer Ausführungsform der Erfindung wird die oberflächennahe Schicht des Substrates mittels der chemischen Umwandlungsreaktion in eine für einen aufzubringenden chemischen Stoff undurchlässige Beschichtung umgewandelt und bei der Zusatzbehandlung wird
5 zunächst das von einem Teilbereich dieser Beschichtung überdeckte Substratgebiet freigelegt und der Stoff anschließend in dieses Substratgebiet eingebracht. Das Einbringen des Stoffs, der insbesondere ein Dotierungsmaterial für ein Halbleitersubstrat
10 sein kann, kann beispielsweise durch Diffusion oder Beschuß mit Teilchen erfolgen, wobei der Stoff in das freigelegte Substratgebiet eindringt, während in den von der Beschichtung überdeckten Bereichen des Substrat ein Eindringen des Stoffes in das Substrat durch die Beschichtung verhindert wird.

15 Bei einer Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, daß mit Hilfe einer Wärmebehandlung die eingebrachte Substanz in einen von der die Maskierungsschicht überdeckten Substratbereich eindiffundiert wird, so daß sich ausgehend vom Rand der Maskierungsschicht mit zunehmendem Abstand vom Rand nach innen
20 in dem von der Maskierungsschicht überdeckten Substratbereich ein Konzentrationsgefälle der Substanz einstellt, daß danach die Maskierungsschicht zum Freilegen des darunter befindlichen Substratbereichs entfernt wird, daß eine in dem freigelegten Substratbereich befindliche oberflächennahe Schicht des Substrats
25 mittels einer chemischen Umwandlungsreaktion in eine Beschichtung mit einem dem Konzentrationsgefälle der in dieser oberflächennahen Schicht enthaltenen Substanz entsprechenden Schichtdickenverlauf umgewandelt wird und daß in einem Teilbereich der Beschichtung, dessen Fläche kleiner ist als die von der ursprünglichen
30 Maskierungsschicht überdeckte Substratfläche und in dem die Dicke der Beschichtung gegenüber den übrigen Teilbereichen der Beschichtung reduziert ist, eine Zusatzbehandlung durchgeführt wird, bei der das von diesem Teilbereich überdeckte Substratgebiet freigelegt und/oder in dieses Substratgebiet durch die Beschich-

tung hindurch ein chemischer Stoff eingebracht wird. Dabei werden das Medium, das Material der seitlich an den freigelegten Substratbereich angrenzenden Beschichtung und/oder die Reaktionsbedingungen vorzugsweise so gewählt, daß zwischen dem Medium und dem Material der Beschichtung eine chemische Reaktion nicht stattfindet. Die chemische Reaktion ist dann auf den freigelegten Teilbereich des Substratgebiets beschränkt, so daß dieser gezielt chemisch verändert werden kann.

Bei einer Ausführungsform der Erfindung wird nach dem Freilegen des Substratgebiets zum Einbringen einer Vertiefung in das Substratgebiet das Substratgebiet mit einem Ätzmittel für das Substratmaterial in Kontakt gebracht, gegen das die das Substratgebiet umgrenzende Beschichtung im wesentlichen chemisch beständig ist. Die Beschichtung bildet dann eine Ätzmaske für das Ätzmittel. Zum Einbringen eines im Querschnitt etwa V-förmigen Grabens in das Substratgebiet kann ein anisotropes Ätzmittel verwendet werden. Der Festkörper kann ein Teil eines Mikroreaktors sein, wobei die eingeätzte Vertiefung beispielsweise als Zuführkanal für eine in die Kammer des Mikroreaktors einzubringende Substanz und/oder als Abführkanal für eine aus der Kammer abzuleitende Substanz ausgebildet sein kann. Als Substrat wird für einen Teil eines Mikroreaktors vorzugsweise ein metallisches Material verwendet, beispielsweise Aluminium oder Silber, das eine gute Wärmeableitung aus der oder in die Kammer des Mikroreaktors ermöglicht. Nachfolgend sind Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand der Zeichnung näher erläutert. Es zeigen zum Teil stärker schematisiert:

Fig. 1 einen Querschnitt durch einen zum Herstellen eines Halbleiterbauelements vorgesehenen Festkörper, in dessen Substrat seitlich beidseits einer Maskierungsschicht Dotierungsbereiche eingebracht wurden,

- Fig. 2 der in Fig. 1 gezeigte Festkörper nach einer Wärmebehandlung, bei der das Dotierungsmaterial unter die Maskierungsschicht diffundiert ist,
- 5 Fig. 3 der in Fig. 2 gezeigte Festkörper nach dem Entfernen der Maskierungsschicht und dem anschließenden Aufbringen einer ein Dickenprofil aufweisenden Beschichtung,
- 10 Fig. 4 der in Fig. 3 gezeigte Festkörper nach einem Ätzprozeß, bei dem die Beschichtung bereichsweise von dem Substrat entfernt wurde,
- Fig. 5 der in Fig. 4 gezeigte Festkörper nach dem selektiven
15 Aufbringen einer Metallbeschichtung und
- Fig. 6 einen Querschnitt durch eine DMOS-Transistorzelle.

Bei einem Verfahren zum Herstellen eines als Halbleiterbauelement
20 ausgebildeten Festkörpers 1 mit einer Mikrostruktur 2 wird ein vorzugsweise aus Silizium bestehendes Substrat 3 bereitgestellt, das an seiner Oberfläche eine vorzugsweise aus Siliziumoxid bestehende Passivierungsschicht 4 aufweist, die das Substrat 3 durchgehend bedeckt. In die Passivierungsschicht 4 wird mit einem
25 an sich bekannten Verfahren, beispielsweise durch photolithographisches Aufbringen einer ätzbeständigen Maske und einen anschließend Naßätzprozeß, eine Öffnung 5 eingebracht, die einen Teilbereich des Substrats 3 freilegt. Zum Herstellen einer Maskierungsschicht 6 wird in der Öffnung 5 mittels eines
30 Beschichtungsverfahrens, wie zum Beispiel Chemical-Vapour-Deposition, auf den in der Öffnung 5 freigelegten Substratbereich ganzflächig eine Siliziumnitrid-Schicht aufgetragen. Anschließend wird auf diese Schicht mittels eines Photolithographie-Schrittes eine gegen ein Ätzmittel, wie zum Beispiel Phosphorsäure,

beständige Ätzmaske aufgetragen, welche die Siliziumnitrid-Schicht bereichsweise abdeckt. Dann wird der Festkörper 1 zum Entfernen der nicht durch die Ätzmaske abgedeckten Bereiche der Siliziumnitrid-Schicht mit dem Ätzmittel in Berührung gebracht. Danach wird die Ätzmaske entfernt. In Fig. 1 ist erkennbar, daß die auf dem Substrat 3 verbleibenden Bereiche der Siliziumnitrid-Schicht einen Teilbereich des in der Öffnung 5 befindlichen Substratbereiches überdeckende Maskierungsschicht 6 bilden und daß diese Maskierungsschicht 6 seitlich beidseits von der Passivierungsschicht 4 beabstandet ist. Das Material der Maskierungsschicht 6 ist so gewählt, daß die Maskierungsschicht 6 für eine zum Dotieren des Substrats vorgesehene Substanz, wie zum Beispiel Bor oder Phosphor, undurchlässig ist.

Nach dem Fertigstellen der Maskierungsschicht 6 wird diese Substanz zum Dotieren der nicht von der Maskierungsschicht 6 überdeckten Substratbereiche in die Öffnung 5 eingebracht. Dies kann beispielsweise in der Weise geschehen, daß der Festkörper 1 einem Gasstrom ausgesetzt wird, in dem die Substanz enthalten ist. Die Substanz diffundiert dann in die von der Maskierungsschicht 6 nicht bedeckten Substratbereiche und bildet dort Dotierungszonen 7 (Fig. 1).

Nach dem Einbringen und/oder während des Einbringens der Substanz in die Dotierungsbereiche 7 wird eine Wärmebehandlung durchgeführt, bei der die eingebrachte Substanz in einen von der Maskierungsschicht 6 überdeckten Substratbereich eindiffundiert. Die Wärmebehandlung kann beispielsweise bei einer Temperatur von etwa 1000° C erfolgen. In Fig. 2 ist deutlich erkennbar, daß sich die Dotierungsbereiche 7 gegenüber Fig. 1 aufgeweitet haben und daß das Dotierungsmaterial bis unter den Rand der Maskierungsschicht 6 unterdiffundiert ist. Nach Beendigung der Wärmebehandlung ergibt sich in der Erstreckungsebene der Dotierungsbereiche 7, jeweils ausgehend vom Rand der Maskierungsschicht

6 in den von der Maskierungsschicht 6 überdeckten Substratbereich mit zunehmendem Abstand vom Rand der Maskierungsschicht eine Abnahme der Konzentration der Substanz.

5 Während der Wärmebehandlung ist der Festkörper 1 einer sauerstoffhaltigen Atmosphäre ausgesetzt, in der auf den nicht von der Maskierungsschicht 6 überdeckten Substratbereich in der Öffnung 5 eine Oxidschicht aufwächst, die eine Ätzmaske 8 bildet, die gegen ein zum Entfernen der Maskierungsschicht 6 vorgesehenes
10 Ätzmittel, wie zum Beispiel Phosphorsäure, beständig ist. Mit diesem Ätzmittel wird die Maskierungsschicht 6 nach Beendigung der Wärmebehandlung zum Entfernen der Maskierungsschicht 6 in Berührung gebracht, wobei der unter der Maskierungsschicht 6 befindliche Substratbereich freigelegt wird.

15 Danach wird eine in dem freigelegten Substratbereich befindliche oberflächennahe Schicht des Substrats 3 mittels einer chemischen Umwandlungsreaktion in einer sauerstoffhaltigen Atmosphäre in eine Siliziumdioxid-Beschichtung 9 umgewandelt. Die lokale Dicke dieser Beschichtung 9 ist von der Konzentration der in den an
20 der chemischen Umwandlungsreaktion jeweils beteiligten Substratbereich eindiffundierten Substanz in dem Substratmaterial abhängig. In Fig. 3 ist deutlich erkennbar, daß die Dicke der Beschichtung 9 in der Erstreckungsebene der Beschichtung 9 ausgehend vom Rand der Beschichtung 9 zur Mitte der Beschichtung
25 9 hin abnimmt, und zwar entsprechend der jeweiligen Konzentrationsabnahme der Substanz in dem Substrat 3.

Bei dem Ausführungsbeispiel nach Fig. 4 wird die Beschichtung 9 einem Ätzmittel ausgesetzt, daß das Material von der dem
30 Substrat 3 abgewandten Oberfläche der Beschichtung 9 wegätzt. Der Ätzprozeß wird gestoppt, wenn ein Teilbereich der Beschichtung 9, in dem die ursprüngliche Dicke der Beschichtung 9 gegenüber den benachbarten Teilbereichen der ursprünglichen Beschichtung

9 reduziert ist, vollständig abgetragen und das von diesem Teilbereich überdeckte Substrat 3 freigelegt ist. In Fig. 4 ist erkennbar, daß nach Beendigung des Ätzprozesses der von der ursprünglichen Maskierungsschicht 6 überdeckte Substratbereich nur noch an seinen Randbereichen von der Beschichtung 9 überdeckt ist und daß ein Substratbereich, der kleiner ist als der von der ursprünglichen Maskierungsschicht 6 überdeckte Substratbereich freigelegt ist. Während des Ätzens der Beschichtung 9 werden zwar auch oberflächennahe Schichten von der Passivierungsschicht 4 und der Ätzmaske 9 abgetragen, jedoch ist die Dicke der Passivierungsschicht 4 und die der Ätzmaske 9 so groß gewählt, daß diese nur über einen Teil ihrer Dicke weggeätzt werden und somit das darunter befindliche Substrat-Material nach Beendigung des Ätzvorganges weiterhin abgedeckt bleibt.

Bei dem Ausführungsbeispiel nach Fig. 5 besteht die Beschichtung 9 aus einem elektrisch isolierenden Material. Nach dem bereichsweisen Abtragen der Beschichtung 9 wird an der freigelegten Oberfläche des Substrats 3 eine Metallschicht 10 galvanisch abgeschieden, die beispielsweise eine Elektrode oder eine Leiterbahn bilden kann. In Fig. 5 ist deutlich erkennbar, daß die Abmessungen a der Metallschicht 10 kleiner sind als die Abmessungen b der ursprünglichen Maskierungsschicht 6. Mit dem Verfahren kann also eine Mikrostruktur 2 hergestellt werden, deren Abmessungen kleiner sind als die Auflösung einer zum Herstellen der photolithographisch aufgetragenen Maskierungsschicht 6 verwendeten Belichtungseinrichtung. Somit können die zusätzlichen Kosten für eine hochauflösende Belichtungseinrichtung eingespart werden.

In das durch das bereichsweise Entfernen der Beschichtung 9 freigelegte Substratgebiet kann ein Stoff eingebracht werden. Das Material der Beschichtung 9 wird dazu so gewählt, daß der nach dem Freilegen des Substratgebiets auf dem Substrat 3

verbleibende Rest der Beschichtung 9 für den einzubringenden Stoff
zumindest bereichsweise undurchlässig ist. Zum Einbringen des
Stoffes wird der Festkörper mit dem beispielsweise in einer
Gasphase befindlichen Stoff in Kontakt gebracht, wobei der Stoff
5 im wesentlichen nur in die freigelegten Substratbereiche
eindiffundiert, während die übrigen Substratbereiche von dem Stoff
freibleiben.

In Fig. 6 ist eine nach dem Verfahren hergestellte DMOS-
10 Transistorzelle gezeigt, bei welcher der Stoff ein Dotierungs-
material ist, das in eine p⁺-Zone für eine Freilaufdiode
eingebracht wurde. Die beidseits der p⁺-Zone 15 angeordneten
Dotierungsbereiche 7 sind als n⁺-Sourcegebiete ausgebildet, die
in einen p-dotierten Substratbereich 11 eingebettet sind. Dieser
15 p-dotierte Substratbereich 11 ist seinerseits in einen n-dotierten
Substratbereich 12 eingelassen. Außerdem sind in Fig. 6 Gate-
Kontakte 13, eine Passivierungsschicht 4, ein Source-Kontakt 14
und eine Gateoxid-Schicht 16 erkennbar.

20 Bei dem Verfahren zum Herstellen eines Festkörpers 2 mit einer
Mikrostruktur 2 wird also die Oberfläche eines Substrats 3 mit
einer für eine aufzubringende Substanz undurchlässigen Maskie-
rungsschicht 6 versehen. Danach wird die Substanz in von der
Maskierungsschicht 6 nicht bedeckte Substratbereiche eingebracht.
25 Mit Hilfe einer Wärmebehandlung wird die Substanz in einen von
der die Maskierungsschicht 6 überdeckten Substratbereich
eindiffundiert, so daß sich ausgehend vom Rand der Maskierungs-
schicht 6 mit zunehmendem Abstand vom Rand nach innen in dem von
der Maskierungsschicht 6 überdeckten Substratbereich ein
30 Konzentrationsgefälle der Substanz einstellt. Danach wird die
Maskierungsschicht 6 zum Freilegen des darunter befindlichen
Substratbereichs entfernt und eine in dem freigelegten Substrat-
bereich befindliche oberflächennahe Schicht des Substrats 3 wird
mittels einer chemischen Umwandlungsreaktion in eine Beschichtung

9 umgewandelt, die einen dem Konzentrationsgefälle der in der oberflächennahen Schicht enthaltenen Substanz entsprechenden Schichtdickenverlauf aufweist. In einem Teilbereich der Beschichtung 9, in dem die Dicke der Beschichtung 9 reduziert ist, wird eine Zusatzbehandlung durchgeführt.

Ansprüche

1. Verfahren zum Herstellen eines eine Mikrostruktur aufweisenden Festkörpers (1), insbesondere eines Halbleiterbauelements, wobei die Oberfläche eines Substrats (3) mit einer für eine aufzubringende Substanz undurchlässigen Maskierungsschicht (6) versehen und die Substanz danach in von der Maskierungsschicht (6) nicht bedeckte Substratbereiche eingebracht wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß mit Hilfe einer Wärmebehandlung die eingebrachte Substanz in einen von der die Maskierungsschicht (6) überdeckten Substratbereich eindiffundiert wird, so daß sich ausgehend vom Rand der Maskierungsschicht (6) mit zunehmendem Abstand vom Rand nach innen in dem von der Maskierungsschicht (6) überdeckten Substratbereich ein Konzentrationsgefälle der Substanz einstellt, daß danach die Maskierungsschicht (6) zum Freilegen des darunter befindlichen Substratbereichs entfernt wird, daß eine in dem freigelegten Substratbereich befindliche oberflächennahe Schicht des Substrats (3) mittels einer chemischen Umwandlungsreaktion in eine Beschichtung (9) mit einem dem Konzentrationsgefälle der in dieser oberflächennahen Schicht enthaltenen Substanz entsprechenden Schichtdickenverlauf umgewandelt wird und daß in einem Teilbereich der Beschichtung (9), dessen Fläche kleiner ist als die von der ursprünglichen Maskierungsschicht (6) überdeckte Substratfläche und in dem die Dicke der Beschichtung (9) gegenüber den übrigen Teilbereichen der Beschichtung (9) reduziert ist, eine Zusatzbehandlung durchgeführt wird, bei der das von diesem Teilbereich überdeckte Substratgebiet freigelegt und/oder in dieses Substratgebiet durch die Beschichtung (9) hindurch ein Stoff eingebracht wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zum

Entfernen der Maskierungsschicht (6) die seitlich an die Maskierungsschicht (6) angrenzenden Substratbereiche mit einer Ätzmaske (8) abgedeckt und die Maskierungsschicht (6) danach mit einem Ätzmittel in Berührung gebracht wird, und daß die Ätzmaske (8) vorzugsweise mittels einer chemischen Reaktion erzeugt wird, bei der eine oberflächennahe Schicht der mit der Ätzmaske (8) abzudeckenden Substratbereiche in ein Ätzmaskenmaterial umgewandelt wird.

- 5
- 10 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Ätzmaske (8) während der Wärmebehandlung durch thermische Oxidation von Substratmaterial in einer sauerstoffhaltigen Atmosphäre erzeugt wird.
- 15 4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die chemische Umwandlungsreaktion eine Oxidationsreaktion ist.
- 20 5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß in dem Substratbereich, in dem die Maskierungsschicht (6) entfernt wurde, die oberflächennahe Schicht des Substrats (3) durch die chemische Umwandlungsreaktion in eine elektrisch isolierende Beschichtung (9) umgewandelt wird, und daß nach dem bereichsweisen Abtragen der Beschichtung (9) an der freigelegten Oberfläche des elektrisch leitfähigen Substratgebiets eine Metallschicht (10) galvanisch abgeschieden wird.
- 25
- 30 6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß auf die Oberfläche des Festkörpers (1) eine vorzugsweise metallische Oberflächenschicht aufgetragen wird, und daß die Hafteigenschaften des Substratmaterials und der Beschichtung so auf das Material der Oberflächenschicht abgestimmt werden, daß diese nur an dem freigelegten

Teilbereich des Substratgebiets haften bleibt.

- 5 7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch
gekennzeichnet, daß die oberflächennahe Schicht des Substrats
(3) mittels der chemischen Umwandlungsreaktion in eine für
einen aufzubringenden chemischen Stoff undurchlässige
Beschichtung (9) umgewandelt wird, und daß bei der
10 Zusatzbehandlung zunächst das von einem Teilbereich dieser
Beschichtung (9) überdeckte Substratgebiet freigelegt und
der Stoff anschließend in dieses Substratgebiet eingebracht
wird.
- 15 8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch
gekennzeichnet, daß der Festkörper (1) mit einem Medium,
insbesondere einem Gas, in Kontakt gebracht wird, und daß
dabei das in dem freigelegten Substratgebiet befindliche
Substratmaterial durch eine chemische Reaktion mit diesem
Medium in ein anderes Material umgewandelt wird.
- 20 9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch
gekennzeichnet, daß nach dem Freilegen des Substratgebiets
zum Einbringen einer Vertiefung in das Substratgebiet das
Substratgebiet mit einem Ätzmittel für das Substratmaterial
25 in Kontakt gebracht wird, gegen das die das Substratgebiet
umgrenzende Beschichtung (9) im wesentlichen chemisch
beständig ist.

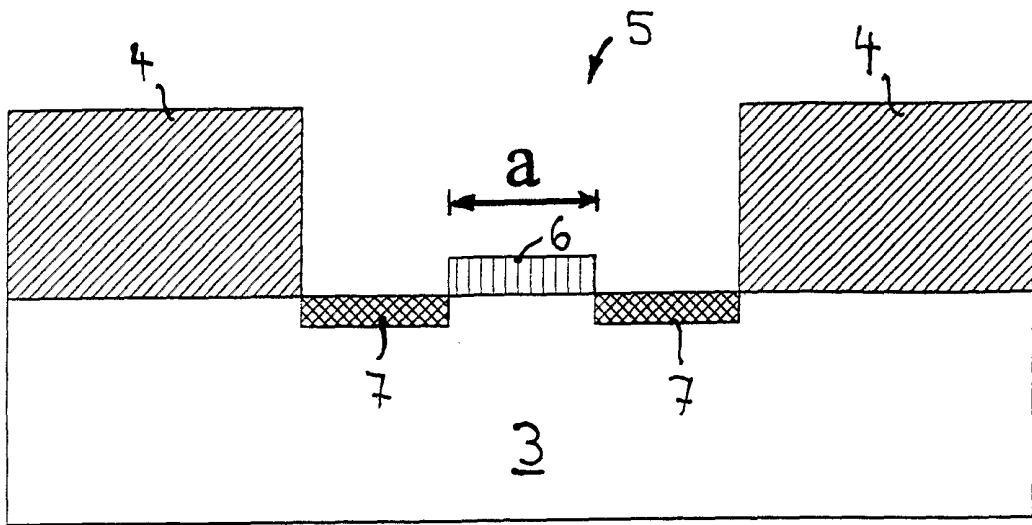


Fig.1

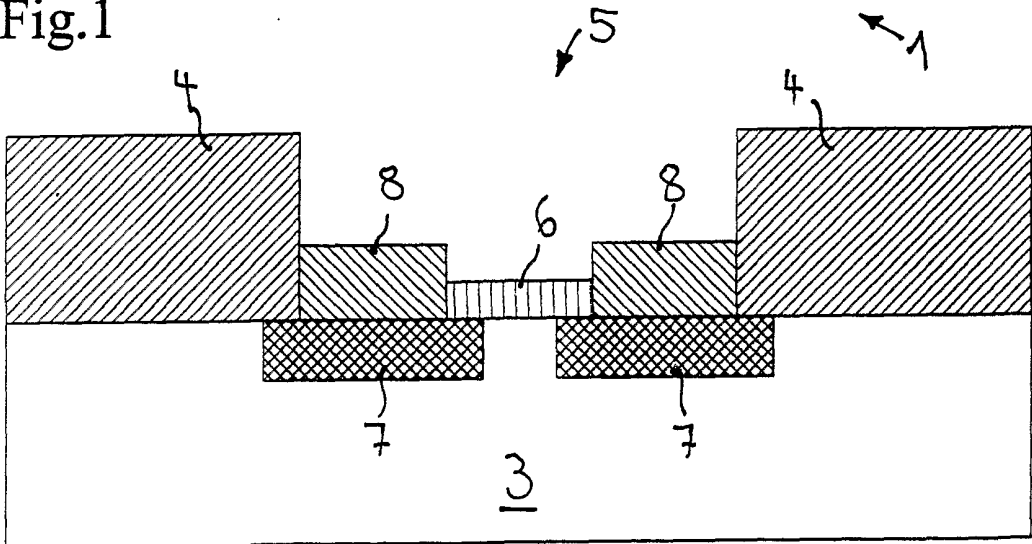


Fig.2

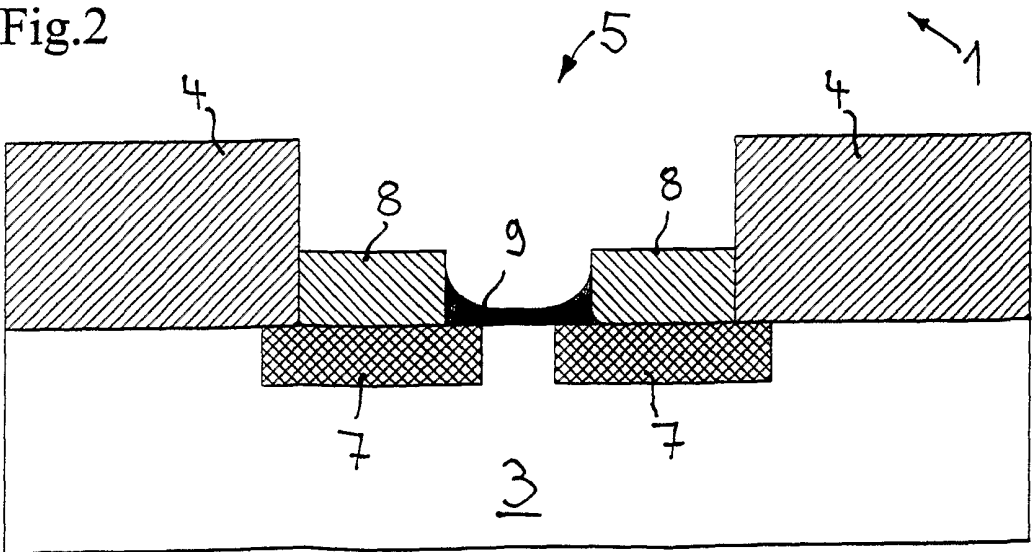


Fig.3

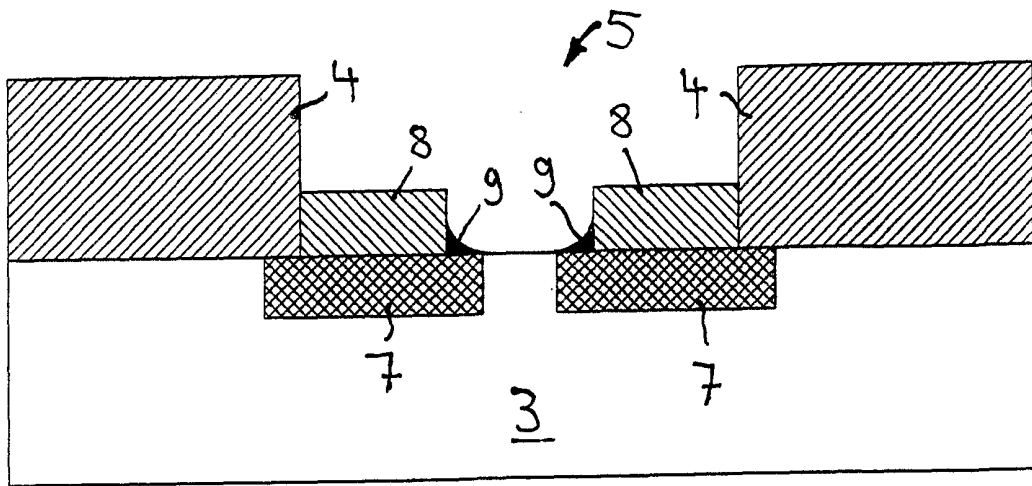


Fig.4

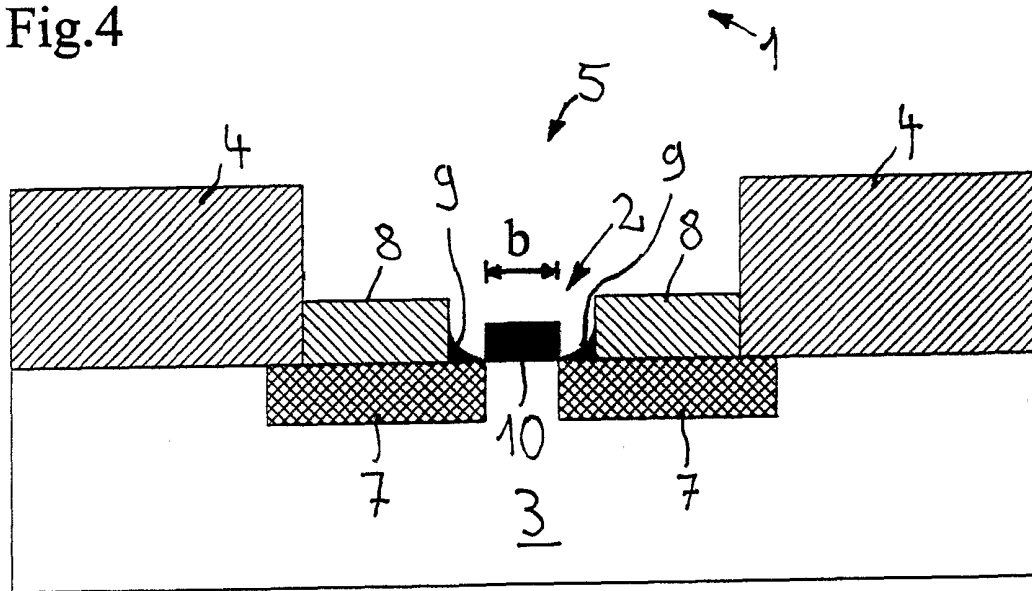


Fig.5

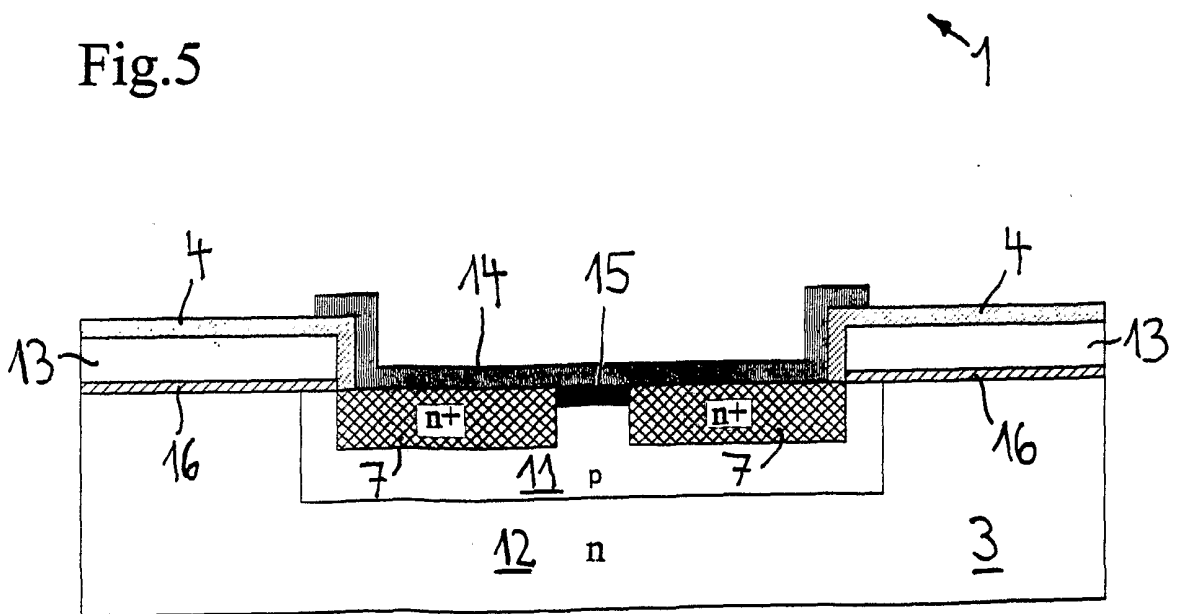


Fig. 6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Intern. Application No

PCT/EP 00/13066

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 H01L21/033 H01L21/768 H01L21/60 H01L21/308 H01L21/336

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 7 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)

INSPEC, EPO-Internal, WPI Data, IBM-TDB

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 0 412 263 A (KK TOSHIBA) 13 February 1991 (1991-02-13) column 2, line 40 -column 3, line 55; figures 1A-1E	1,4-9
X	---- "METHOD OF FORMING A SUBSTRATE CONTACT FOR A BIPOLAR MEMORY CELL" IBM TECHNICAL DISCLOSURE BULLETIN, vol. 27, no. 11, April 1985 (1985-04), pages 6533-6536, XP000806676 IBM CORP, NEW YORK, USA ISSN: 0018-8689 * Seite 6533, Absatz 1 - Seite 6535, Absatz 1; Abbildungen 1-3 * ---- -/--	1,4-9

 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.
- * & * document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

29 August 2001

Date of mailing of the international search report

10/09/2001

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

Morvan, D

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Intern: Application No
PCT/EP 00/13066

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 014, no. 257 (E-0936), 4 June 1990 (1990-06-04) -& JP 02 077135 A (NEC CORP), 16 March 1990 (1990-03-16) abstract; figure 1 -----	1-3,7
A	US 5 171 705 A (CHOY B C K) 15 December 1992 (1992-12-15) column 2, line 31 -column 3, line 23; figures 1,2 -----	1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

Intern

Application No

PCT/EP 00/13066

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0412263	A	13-02-1991	JP 2726502 B	11-03-1998
			JP 3070125 A	26-03-1991
			DE 69029068 D	12-12-1996
			DE 69029068 T	03-04-1997
			KR 9307755 B	18-08-1993
			US 5032528 A	16-07-1991

JP 02077135	A	16-03-1990	NONE	

US 5171705	A	15-12-1992	NONE	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Inter es Aktenzeichen
PCT/EP 00/13066

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 H01L21/033 H01L21/768 H01L21/60 H01L21/308 H01L21/336

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 7 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)
INSPEC, EPO-Internal, WPI Data, IBM-TDB

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 0 412 263 A (KK TOSHIBA) 13. Februar 1991 (1991-02-13) Spalte 2, Zeile 40 -Spalte 3, Zeile 55; Abbildungen 1A-1E	1,4-9
X	--- "METHOD OF FORMING A SUBSTRATE CONTACT FOR A BIPOLAR MEMORY CELL" IBM TECHNICAL DISCLOSURE BULLETIN, Bd. 27, Nr. 11, April 1985 (1985-04), Seiten 6533-6536, XP000806676 IBM CORP, NEW YORK, USA ISSN: 0018-8689 * Seite 6533, Absatz 1 - Seite 6535, Absatz 1; Abbildungen 1-3 * --- -/--	1,4-9

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen Siehe Anhang Patentfamilie

* 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 erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer 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

G Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche 29. August 2001	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts 10/09/2001
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 Morvan, D

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 014, no. 257 (E-0936), 4. Juni 1990 (1990-06-04) -& JP 02 077135 A (NEC CORP), 16. März 1990 (1990-03-16) Zusammenfassung; Abbildung 1 -----	1-3,7
A	US 5 171 705 A (CHOY B C K) 15. Dezember 1992 (1992-12-15) Spalte 2, Zeile 31 -Spalte 3, Zeile 23; Abbildungen 1,2 -----	1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Inter
les Aktenzeichen
PCT/EP 00/13066

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0412263 A	13-02-1991	JP 2726502 B	11-03-1998
		JP 3070125 A	26-03-1991
		DE 69029068 D	12-12-1996
		DE 69029068 T	03-04-1997
		KR 9307755 B	18-08-1993
		US 5032528 A	16-07-1991

JP 02077135 A	16-03-1990	KEINE	

US 5171705 A	15-12-1992	KEINE	
