

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(21) Anmeldenummer: 78100268.8

(51) Int. Cl.²: **H 01 L 21/56, H 01 L 23/28**

(22) Anmeldetag: 28.06.78

(30) Priorität: 05.07.77 DE 2730367

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
07.02.79 Bulletin 79/3

(84) Benannte Vertragsstaaten:
CH FR SE

(71) Anmelder: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT** Berlin
Berlin und München
Postfach 261
D-8000 München 22. (DE)

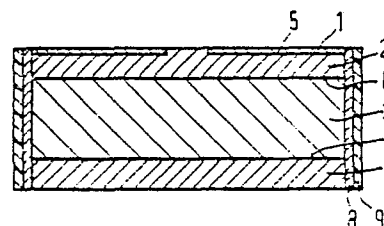
(72) Erfinder: **Krauss, Jürgen**
Weidenstrasse 12
D-8011 Baldham. (DE)

(72) Erfinder: **Ladenhauf, Wilhelm**
Adenauer Strasse 20
D-8031 Puchheim. (DE)

(54) **Verfahren zum Passivieren von Halbleiterelementen durch Aufbringen einer Siliciumschicht**

(57) Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Passivieren der Oberflächen von Halbleiterelementen. Auf die Oberfläche von Halbleiterelementen aufgedampfte Siliciumschichten (8) stabilisieren die Kennlinien der Halbleiterelemente dauerhaft. Zur Absenkung der Sperrströme werden diese Siliciumschichten getempert. Dadurch wurde eine dauerhafte Absenkung des Sperrstromniveaus erreicht. Die Erfindung kann bei allen Halbleiterbauelementen angewendet werden (Figure 1).

Fig.1



EP 0 000 480 A1



BEZEICHNUNG GEÄNDERT
siehe Titelseite

SIEMENS AKTIENGESSELLSCHAFT
Berlin und München

Unser Zeichen
VPA 77 P 1077 EPC

Verfahren zum Passivieren von Halbleiterelementen

5

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Passivieren von Halbleiterelementen durch Aufbringen einer Siliciumschicht.

- 10 Ein wesentliches Problem besteht bei Halbleiterbauelementen darin, die Strom-Spannungskennlinien stabil zu halten. Bei Gleichrichtern und Transistoren sind dies insbesondere die Kennlinien in Sperrrichtung, während Thyristoren das Augenmerk auf die Stabilität der Kenn-
- 15 nien in Sperrrichtung und in Kipprichtung zu lenken. Es ist allgemeiner Stand der Technik, die Oberflächen der Halbleiterelemente der genannten Halbleiterbauelemente dadurch zu passivieren, daß eine oder mehrere organische oder anorganische Deckschichten aufgetragen
- 20 werden. Bekannt hierfür ist beispielsweise die Anwendung von Lacken, Kautschuken oder Gläsern. Mit diesen Schichten lassen sich im allgemeinen eine ausreichende Stabilität der Kennlinien erreichen. Es treten jedoch gelegentlich Instabilitäten auf, deren Ursachen im

Hab 1 Dx / 09.06.1978



— — — — — 1977

ermittelt. Je nach Lage der Eigenschaften der Packschichten und/oder der Oberflächengüte des Halbleiterelements auszuwählen wird. Diese Werte bei der Herstellung dieser Halbleiterbauelemente sind in der Ausbeute an brauchbaren Halbleiterbauelementen.

Es ist bereits ein Verfahren beschrieben worden, durch das ein Halbleiterelement mittels einer thermisch aufwachsenden Siliciumschicht passiviert wird. Dieses Passivierungsverfahren erfordert Temperaturen zwischen 600 und 700 °C, was eine Anwendung bei bereits kontaktierten und eventuell verlöteten Bauelementen unmöglich macht. Das Silicium muß außerdem an denjenigen Stellen, an denen es nicht benötigt wird, abgesätzt werden. Weiterhin ist dieses Verfahren zu einem starken Herabsetzen der Ausbeute an Halbleiterbauelementen in der Halbleiterindustrie geführt worden.

Die Erfindung liegt der Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zu entwickeln, das die erwähnten Nachteile zu überwinden vermag. Insbesondere soll das Silicium möglichst gleichmäßig aufgetragen werden, ohne daß die erwähnten Nachteile auftreten. Außerdem sollen die im gesperrten Zustand des Halbleiterelements fließenden Ströme möglichst gering sein.

Die Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, daß das Silicium aufgedampft wird und dann die aufgedampfte Schicht temperiert wird.

Die Erfindung wird vorzugsweise bei Temperaturen zwischen der Umgebungstemperatur und der Kristallisations-temperatur des aufgetragenen Siliciums ausgeführt. Bei bereits kontaktierten Halbleiterelementen empfiehlt es sich, das Silicium nach dem Auftragen zu temperieren, um die Kontaktwiderstände zu verringern.

auf das Halbleiterelement aufgetragenen Metallisierung liegen, zu tempern. Besonders günstige Ergebnisse lassen sich erzielen, wenn in sauerstoffhaltiger Atmosphäre getempert wird.

5

Die Erfindung wird an Hand eines Ausführungsbeispiels in Verbindung mit den Fig. 1 und 3 und an Hand eines Diagramms (Fig. 2) näher erläutert:

- 10 In Fig. 1 ist das Halbleiterelement eines Thyristors im Schnitt dargestellt. Es hat vier Zonen, von denen die kathodenseitige Emitterzone mit 1, die kathodenseitige Basiszone mit 2, die innere Basiszone mit 3 und die anodenseitige Emitterzone mit 4 bezeichnet ist. Zwischen
15 den genannten Zonen liegen pn-Übergänge 5, 6, 7. Das Halbleiterelement besteht aus Silicium und die genannten Zonen sind in üblicher Weise je nach Verwendungszweck des Halbleiterbauelements dotiert.
- 20 Auf den Rand des Halbleiterelements wird wenigstens an den Stellen, an denen die pn-Übergänge an die Oberfläche treten, eine Schutzschicht 8 aus Silicium aufgedampft, die beispielsweise $0,1 \mu\text{m}$ oder auch dicker sein kann, beispielsweise $1 \mu\text{m}$. Die nicht zu bedamp-
25 fenden Flächen des Halbleiterelements werden vor dem Bedampfen abgedeckt. Zur Erhöhung der dielektrischen Überschlagsfestigkeit und zur Verbesserung des mechanischen Schutzes kann auf die aufgedampfte Siliciumschicht 8 eine weitere Schutzschicht 9 aufgebracht wer-
30 den, die beispielsweise aus normalem Kautschuk oder einem anderen Schutzlack bestehen kann.

- 2 -

- Die aufgedampfte Siliciumschicht 8 kann zur Einstellung des spezifischen Widerstands Dotierstoffe wie zum
35 Beispiel Bor oder Phosphor enthalten. Einen Gehalt an den genannten Dotierstoffen erhält man dadurch, daß

mit dem Silicium einer oder mehrere dieser Stoffe verdampft werden. Die Schicht 8 kann zur Einstellung des spezifischen Widerstands auch ein oder mehrere Metalle wie zum Beispiel Aluminium enthalten. Die Metalle können ebenfalls durch Aufdampfen mit dem Silicium in dieses eingebaut werden. Mit Änderung des spezifischen Widerstands der Schicht 8 lassen sich die Potentialverhältnisse am Rand des Halbleiterelements einstellen. So kann die Schicht 8 beispielsweise mit Phosphor dotiert sein und einen spezifischen Widerstand von 10^8 Ohm cm haben.

Die Siliciumschicht 8 wurde in einer Vakuum-Bedampfungsanlage bei einem Druck von ca. $6,5 \cdot 10^{-4}$ PA ($5 \cdot 10^{-6}$ Torr) aufgedampft. Als Siliciumquelle kann beispielsweise ein Siliciumblock verwendet werden. Das Silicium kann mittels eines Elektronenstrahls verdampft werden. Mit einer Beschleunigungsspannung von 8 kV und einem Strom von rund 0,5 A wurde eine Aufdampftrate von 0,25 $\mu\text{m}/\text{min}$ erzielt. Sie läßt sich durch Erhöhung der Energie des Elektronenstrahls auch beispielsweise auf 0,5 $\mu\text{m}/\text{min}$ und darüber steigern.

Das Silicium kann auch durch einen Ionenstrahl, durch direkten Stromdurchfluß oder durch induktive Erhitzung verdampft werden. Es ist auch möglich, das Silicium durch Strahlungswärme zu verdampfen.

Die Schicht 8 kann auch aus mehreren nacheinander aufgedampften Schichten mit jeweils verschiedenen Eigenschaften bestehen. Damit erhält man eine Änderung des spezifischen Widerstands über die Dicke und eine Beeinflussung der Potentialverhältnisse an der Randfläche des Halbleiterelements.

Anschließend an das Bedampfen des Halbleiterelements wird die aufgedampfte Siliciumschicht getempert. Das Tempern findet bei einer Temperatur zwischen Zimmertemperatur und der Kristallisationstemperatur des Siliciums statt. Die Kristallisationstemperatur des Siliciums liegt nach Literaturangaben zwischen 700 und 900 K. Bei bereits kontaktierten Halbleiterelementen wird das Tempern bei einer Temperatur vorgenommen, die unterhalb der Schmelztemperatur des zum Kontaktieren verwendeten Materials, zum Beispiel Weichlot, oder einer anderen Metallisierung liegt. Durch das Tempern lassen sich der Sperrstrom in Sperrrichtung und der Sperrstrom in Kipprichtung des Halbleiterelements drastisch absenken. In Fig. 2 ist dargestellt, daß der Sperrstrom bei einem bestimmten Halbleitertyp ohne das Tempern bei $2 \cdot 10^3$ nA lag. Nach einer Temperzeit von drei Stunden bei 280°C lag der Sperrstrom für drei Meßexemplare zwischen 3 und $5 \cdot 10^1$ nA. Nach 23 und 41 Stunden Temperzeit bei 280°C wurden weitere Absenkungen der Sperrströme beobachtet.

Das Aufdampfen des Siliciums selbst kann bei Zimmertemperatur durchgeführt werden. Die Temperatur der anschließenden Wärmebehandlung kann dann so gewählt werden, daß die gewünschte Absenkung der Sperrströme erreicht wird, ohne daß zum Beispiel bereits kontaktierte Bauelemente in Mitleidenschaft gezogen werden. Damit ist es möglich, bereits aufgelötete und kontaktierte Chips zu passivieren, so daß keine Maskierung oder kein selektives Ätzen der Chips erforderlich ist.

Halbleiterelemente, die durch Aufdampfen einer Siliciumschicht und nachfolgendes Tempern passiviert wurden, wiesen eine Überraschend gute Stabilität der Kennlinien bei niedrigem Stromniveau auf. Dies galt sowohl

für die Sperrkennlinien in Rückwärtsrichtung bei Dioden und Transistoren als auch für die Sperrkennlinien in Rückwärtsrichtung und Kipprichtung bei Thyristoren. Bei Thyristoren trat auch der sogenannte Yoshida-Effekt
5 nicht mehr auf, der eine drastische Erhöhung der Sperrströme nach vorhergehender Durchlaßbelastung bewirkt.

Die Stabilität der Kennlinien läßt sich anschaulich an Hand der Fig. 3 erklären, in der die Gestalt der Raumladungszone dargestellt ist, wenn der pn-Übergang 7 in
10 Sperrrichtung beansprucht ist. Zu Anfang der Sperrbelastung verlaufen die Grenzen 11, 12 der Raumladungszone 10 zum Beispiel parallel zu den pn-Übergängen. Liegt längere Zeit Sperrbelastung an, so weitet sich die
15 Raumladungszone dadurch auf, daß sich die Grenze 12 der Raumladungszone 10 am Rand des Halbleiterelements in Richtung auf den pn-Übergang 6 verschiebt. Gleichzeitig entfernt sich die Grenze 11 der Raumladungszone 10 vom pn-Übergang 7, jedoch nur in erheblich schwächerem Maße,
20 da die Zone 4 stärker als die Zone 3 dotiert ist. Die Aufweitung der Raumladungszone ist in der Fig. gestrichelt dargestellt. Mit größer werdender Aufweitung der Raumladungszone nimmt der Sperrstrom zu, bis mit Erreichen des pn-Übergangs 6 am Rand der sogenannte Punch-
25 Through-Effekt eintritt, wo der pn-Übergang 7 seine Sperrfähigkeit verliert. Die Aufweitung findet auch am pn-Übergang 6 statt, wenn das Halbleiterelement in der umgekehrten Richtung, das heißt der Kipprichtung, mit einer Spannung belastet wird.

30

Mit der Passivierungsschicht gemäß der Erfindung weitet sich die Raumladungszone 10 am Rand nicht mehr auf. Dies läßt sich beispielsweise mit der bekannten lichtelektrischen Methode zur Untersuchung der Raumladungszonen am

Rand eines Halbleiterelements feststellen. Dies bedeutet, daß sich die Sperrströme nicht erhöhen, mit anderen Worten, daß die Kennlinien in Sperrrichtung stabil bleiben.

5

- Die Erfindung wurde in Verbindung mit einem Halbleiterelement für einen Thyristor beschrieben. Sie läßt sich jedoch auch bei Dioden, Transistoren und anderen Halbleiterbauelementen verwenden. Sie ist gleichermaßen
- 10 für Mesa- oder Planarstrukturen verwendbar. Wesentlich ist, daß auf mindestens denjenigen Bereich, in dem die pn-Übergänge an die Oberfläche des Halbleiterelements treten, Silicium aufgedampft wird.

4 Patentansprüche

3 Figuren



Patentansprüche

1. Verfahren zum Passivieren von Halbleiterelementen durch Aufbringen einer Siliciumschicht, d a d u r c h
5 g e k e n n z e i c h n e t , daß das Silicium aufgedampft wird und dann die aufgedampfte Schicht (8) getempert wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, d a d u r c h g e -
10 k e n n z e i c h n e t , daß die Schicht (8) bei Temperaturen zwischen der Raumtemperatur und der Kristallisationstemperatur des aufgedampften Siliciums getempert wird.
- 15 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß die Schicht (8) bei Temperaturen getempert wird, die unterhalb der Schmelztemperatur einer auf das Halbleiterelement auf-
gebrachten Metallisierung liegen.
- 20 4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß in sauerstoffhaltiger Atmosphäre getempert wird.

Fig. 1

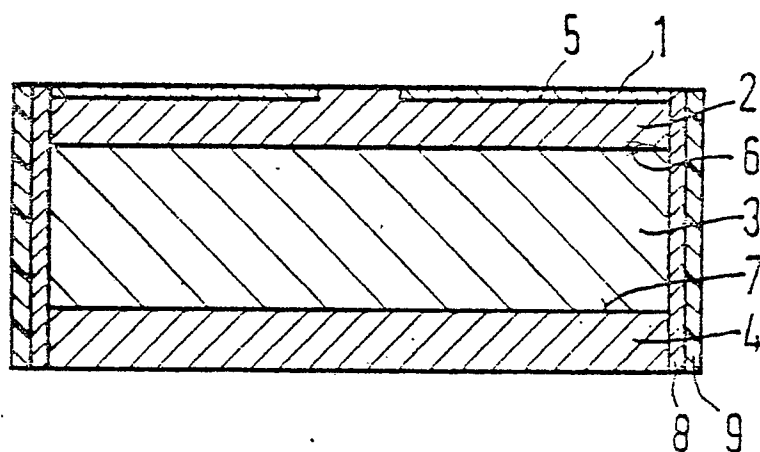


Fig. 3

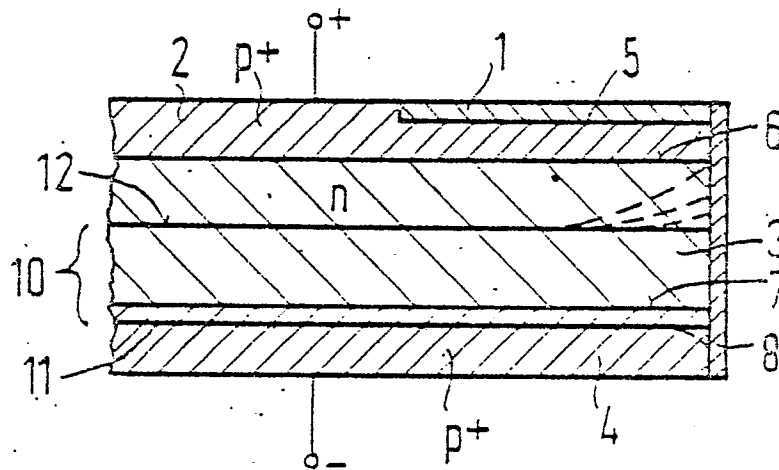
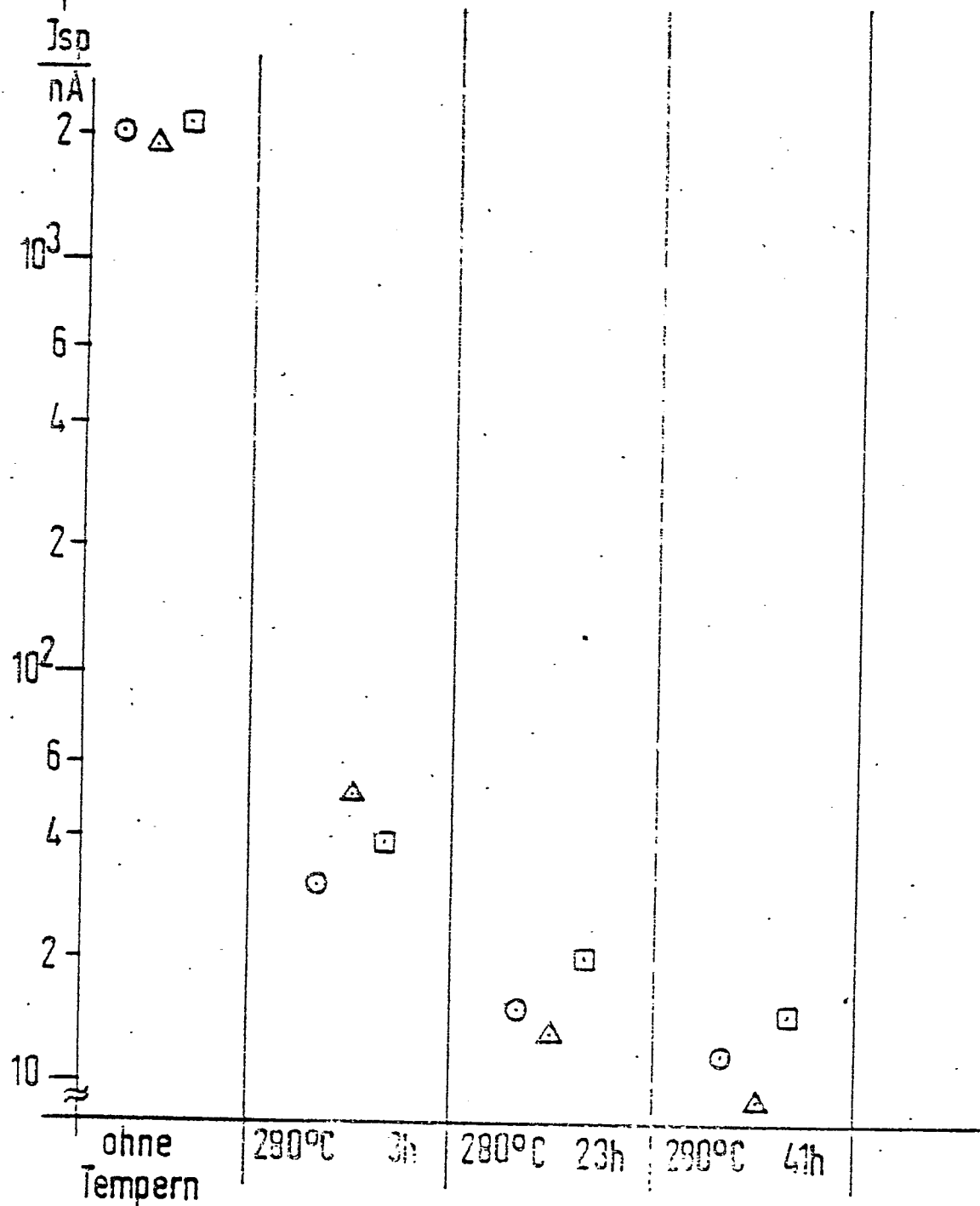


Fig. 2





0000480

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl. ¹)
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	
	DE - A - 2 618 733 (SONY) * Figur 7D; Seite 8, Paragraph 1 * --- FR - A - 2 290 040 (SONY) * Patentansprüche 1,24 * --- NL - A - 76 13893 (PHILIPS) * Figuren 1,2; Patentansprüche 1,4,8 * & FR - A - 2 335 951 (R.T.C. LA RADIO-TECHNIQUE COMPELEC) --- P, E FR - A - 2 359 510 (SIEMENS) * Patentansprüche 1,2 * & DE - A - 2 632 647 --- P DE - A - 2 642 413 (SIEMENS) * Patentansprüche 1,2 * -----	1 1 1 1 1	H 01 L 21/56 H 01 L 23/28 RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl. ¹) H 01 L 21/56 H 01 L 23/28 KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X: von besonderer Bedeutung A: technologischer Hintergrund O: nichtschriftliche Offenbarung P: Zwischenliteratur T: der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E: kollidierende Anmeldung D: in der Anmeldung angeführtes Dokument L: aus andern Gründen angeführtes Dokument Δ: Mitglied der gleichen Patent- familie, übereinstimmendes Dokument
X	Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt.		
Recherchenort		Abschlußdatum der Recherche	Prüfer
Den Haag		10-10-1978	DE RAEVE

