



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

① CH 671 653 A5

⑤ Int. Cl.⁴: H 01 L 21/88
H 01 L 21/84

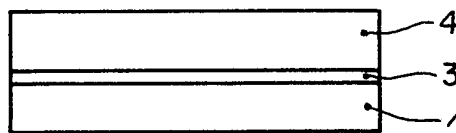
Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ PATENTSCHRIFT A5

<p>⑳ Gesuchsnummer: 4337/86</p> <p>㉒ Anmeldungsdatum: 03.11.1986</p> <p>㉔ Patent erteilt: 15.09.1989</p> <p>④⑤ Patentschrift veröffentlicht: 15.09.1989</p>	<p>⑦③ Inhaber: LGZ Landis & Gyr Zug AG, Zug</p> <p>⑦② Erfinder: Solt, Katalin, Zug</p>
---	--

⑤④ Verfahren zur Herstellung hermetisch dichter elektrischer Leiterbahnen in Halbleiterelementen.

⑤⑦ Es wird ein Verfahren zur Herstellung von hermetisch dichten elektrischen Leiterbahnen in Halbleiterelementen beschrieben, bei dem auf einen gegebenenfalls mit verschiedenen Dotierungen versehenen Siliziumkörper (1) Metallschichten aufgebracht und durch Sintern in Metallsilizidschichten (3) umgewandelt werden, und der Siliziumkörper (1) mit seiner Metallsilizidoberfläche mit einem anorganischen Isolator, vornehmlich mit einem Glaskörper (4), gebondet wird. Besonders empfiehlt sich bei diesem Verfahren die Verwendung von Platinsilizid. Es wird ferner angegeben, wie auf der zu bondenden Fläche die Metallsilizidschicht (3) in Mustern aufgebracht wird, ferner wird die Herstellung von elektrischen Verbindungen von aussen zu der Metallsilizidschicht (3) beschrieben.



PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zur Herstellung hermetisch dichter elektrischer Leiterbahnen in Halbleiterelementen, bei dem ein Siliziumkörper mit einem anorganischen Isolator durch anodisches Bonden verbunden wird, dadurch gekennzeichnet, dass auf dem Siliziumkörper (1) an seiner zum Bonden vorgesehenen Fläche durch Sintern eine aus einer aufgetragenen Metallschicht (2) hergestellte, hermetisch dicht mit dem Siliziumkörper verbundene, elektrisch gut leitende Metallsilizidschicht (3) aufgebracht und anschließend die Oberfläche der Metallsilizidschicht (3) mit dem Isolator durch Bonden verbunden wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Sintern und/oder das Bonden in sauerstofffreier Umgebung vorgenommen wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Sintern und/oder das Bonden bei Temperaturen geschieht, bei denen Dotierungen des Siliziumkörpers (1) in Raumform und Konzentration erhalten bleiben.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass als Metallsilizid Platinsilizid aufgebracht wird.

5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass als Siliziumkörper (1) ein Einkristallkörper verwendet wird, so dass die gesinterte Metallsilizidschicht (3) ebenfalls als Einkristallschicht entsteht.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass in den Siliziumkörper (1) vertiefte Bahnen eingearbeitet werden, in denen die Metallschichten (2) aufgefüllt werden.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass nach dem Sintern die zu bondende Oberfläche des Siliziumkörpers (1) so nachgearbeitet wird, dass sie eine zum anodischen Bonden geeignete Oberflächengüte erhält.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass nach dem Bonden ein Teil der Metallsilizidschicht (3) durch Entfernen eines entsprechenden Teils des Siliziumkörpers (1) freigelegt wird.

9. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass der freigelegte Teil der Metallsilizidschicht (3) durch Auftragen von Metall verstärkt wird.

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zur Erzeugung von in Mustern angeordneten Metallsilizidschichten (3) die dem Muster entsprechende Fläche durch eine Maske abgedeckt, die übrig bleibende Oberfläche oxydiert, danach nach Entfernen der Maske auf der Gesamtfläche Metall aufgetragen und gesintert wird, wobei sich nur auf den nicht-oxydierten Flächenteilen Metallsilizid bildet.

11. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass das nicht-silizierte Metall durch Ätzen mit einem Mittel, das nur das nicht-silizierte Metall angreift, entfernt wird.

12. Verfahren nach den Ansprüchen 4, 9 und 10, dadurch gekennzeichnet, dass als Ätzmittel für das nicht-silizierte Platin Königswasser verwendet wird.

13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass in dem anorganischen Isolator Bohrungen (10) angebracht werden, die nach dem anodischen Bonden zu den Metallsilizidschichten (3) führen und diese Bohrungen (10) an ihren Mantelflächen mit einem Metallauftrag versehen werden, der eine elektrisch leitende Verbindung zu den Metallsilizidschichten (3) herstellt.

14. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zur Herstellung eines thermischen Druckelementes auf einem Siliziumkörper (1) durch Auftragen einer Metallschicht (2) und Sintern zu einer Metallsilizidschicht (3) ein elektrischer Widerstand erzeugt wird, der bei gegebener elektrischer Spannung den endgültig geformten Siliziumkörper (1) auf eine vorgegebene Temperatur aufheizt, dass mindestens ein solcher

Körper auf einen anorganischen Isolator gebondet wird und dass Vorrichtungen angebracht werden, um die Metallsilizidschichten (3) mit dem entsprechenden Heizstrom zu versorgen.

15. Halbleiterelement mit einem Siliziumkörper (1), einem Isolator und elektrischen Leiterbahnen aus Metallsilizid, hergestellt nach dem Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12.

BESCHREIBUNG

Anwendungsgebiet

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Herstellung von elektrischen Leiterbahnen in Halbleiterelementen der im Oberbegriff des Anspruchs 1 genannten Art. Sie ist hauptsächlich in der Mikroelektronik anwendbar. Dort verwendete Halbleiterelemente bestehen aus verschiedenen dotierten Halbleiterregionen, die von einem isolierenden Körper getragen werden und bei dem die Halbleiterregionen durch vornehmlich metallische Leiterbahnen untereinander oder mit dem Äusseren stromleitend verbunden sind.

Stand der Technik

In der Mikroelektronik verwendete Halbleiterelemente bestehen aus Halbleiterschichten, die in verschiedenen Regionen in verschiedener Weise dotiert oder undotiert sind. Zu diesen Regionen führen Zu- und Ableitungen für Ströme und Spannungen. Es können aber auch leitende Verbindungen zwischen verschiedenen Regionen des Halbleiters angebracht sein und leitende Verbindungen, die das ganze Bauelement in der Art eines Faraday'schen Käfigs umschliessen.

Anfänglich wurde zu solchen Leiterbahnen Aluminium benutzt, das beispielsweise auf die betreffenden Stellen durch Aufdampfen oder Aufputtern aufgebracht wurde und das gegebenenfalls durch Ätzen wieder teilweise entfernt werden konnte. Unter Sputtern wird die Übertragung von Metall von einer Metallfläche, von der es durch einen auftreffenden Strom von Ionen abgetragen wird, auf eine andere Fläche verstanden. Da die Metallquelle beim Sputtern flächenhaft sein kann, ist im Gegensatz zum Aufdampfen, wo die Metallfläche oft ein Draht ist, das Herstellen von gleichmässigen Auflagen auf der Fläche, auf der das Metall abgeschieden wird, einfacher. Da beim Sputtern mit der Übertragung des Materials keine merkliche Temperatureinwirkung verbunden ist, lassen sich auch Gemische mit merklich auseinander liegendem Siedepunkt in der richtigen Zusammensetzung übertragen. Es werden mit solchen Verfahren Verbindungsnetze hoher Leitfähigkeit erhalten, gleichzeitig muss in Kauf genommen werden, dass beim Übertragen von Aluminium bei der hohen Korrosionsfähigkeit dieses Metalles korrodierende Stoffe längs der Verbindungsflächen eindringen können. Solcherart aufgebaute Elemente benötigen daher gesonderte, hermetisch dichte Gehäuse, in denen sie eingeschlossen werden müssen. Darüber hinaus macht die elektrische Zuführung oder Ableitung von oder nach aussen Schwierigkeiten, da die Verbindung solcher Zuleitungen mit der dünnen Aluminiumschicht besondere Techniken erfordert. Es ist ferner bis jetzt noch nicht gelungen, eine auf der Unterlage durch Aufdampfen oder Aufputtern aufgebraute Aluminiumschicht auf ihrer Oberfläche mit einer weiteren isolierenden Schicht oder einer Halbleiterschicht sicher zu verbinden.

Eine Verbesserung brachte für Silizium-Halbleiterelemente das Ersetzen des Aluminiums durch Metallsilizide als leitfähige Schicht. Ihre elektrische Leitfähigkeit liegt in der Nähe der von Metallen. Sie lassen sich hermetisch dicht auf dem Silizium herstellen und haben eine hohe chemische Beständigkeit. Eine Darstellung der Eigenschaften der Metallsilizide in bezug auf ihre Verwendung in der Mikroelektronik findet man bei S.P. Mura-

ka, Refractory silicides for integrated circuits, J. Vac. Sci. Technol. Bd. 17, Heft 4, S. 775-792, 1980. Daraus sind in der untenstehenden Tabelle 1 die für die Mikroelektronik wichtigsten Daten für die am häufigsten gebrauchten Metallsilizide und zum Vergleich für das Silizium angegeben. Als Sintertemperatur ist das Temperaturgebiet wiedergegeben, bei der man an der Grenzfläche zwischen den beiden getrennten Bestandteilen des Silizids dieses durch einfaches Sintern herstellen kann. Bei Silizium wird als höchster elektrischer Widerstand der von reinem Silizium, als niedrigster Widerstand der von dotiertem Silizium angegeben. Die genannten Silizide besitzen eine metallische Leitfähigkeit, der Temperaturkoeffizient des Widerstandes ist positiv.

TABELLE 1
Daten von Metallsiliziden und Silizium.

Verbindung	Schmelz-Temperatur	Sinter-Temperatur	Widerstand
TiSi	1540°C	900°C	13-16 $\mu\Omega\text{cm}$
TaSi	2200°C	1000°C	35-45 $\mu\Omega\text{cm}$
WSi	2165°C	1000°C	70 $\mu\Omega\text{cm}$
MoSi	1880°C	1000°C	100 $\mu\Omega\text{cm}$
PtSi	1229°C	400-800°C	30-35 $\mu\Omega\text{cm}$
Si	1410°C		10^2 bis 10^4 $\mu\Omega\text{cm}$

Hergestellt werden Metallsilizide durch Aufdampfen oder Sputtern des Metalls auf Silizium, wobei letzteres sowohl als Einkristall wie auch in polykristalliner Form vorliegen kann. Anschliessend werden die Metallschichten bei den in der Tabelle 1 angegebenen Sintertemperaturen mit dem Silizium zu Siliziden verbunden. Beim Sinterprozess dringt das Silizium in das Metall ein. Ist das Silizium im Überschuss vorhanden, entsteht nach genügender Sinterzeit eine kompakte Metallsilizidschicht auf reinem Silizium, die mechanisch nicht abgetrennt werden kann.

Eine besondere Bedeutung hat das Platinsilizid, da es gut bei Temperaturen gebildet werden kann, die unter den zur Dotierung von Silizium verwendeten Temperaturen liegen. Das Silizium kann also zuerst dotiert werden, dann lässt sich eine Platinsilizidschicht aufbringen. Das Platinsilizid ist chemisch resistent, lässt sich nicht wie das reine Platin in Königswasser, sondern nur in einer Lösung von HF und HNO₃ in Wasser ätzen, während reines Silizium mit KOH geätzt werden kann. Darüber hinaus besitzt das Platinsilizid einen niedrigen Widerstand. Hat das Silizium, mit dem das Platin siliziert werden soll, eine oxydierte Oberfläche, so gelingt an diesen Stellen die Herstellung des Platinsilizids durch Sintern nicht, das aufgebrauchte Platin lässt sich durch Königswasser lösen. Es ist möglich, Platinsilizid, nachdem es elektroplattiert wurde, mit anderen Metallen zu verlöten oder zu verschweissen.

In der US-PS 3 397 278 sowie in G. Wallis und D.I. Pomerantz, Field assisted glass-metal sealing, J. appl. Physics, Bd. 40, Heft 10, S. 3946-3949, wird das anodische Bonden, d.h. das Herstellen von mechanisch nicht zerstörbaren Verbindungen aus einem elektrisch leitenden Teil und einem anorganisch isolierenden Teil beschrieben. Der isolierende Teil muss bei erhöhter Temperatur eine gewisse Leitfähigkeit durch Ionen einer Polarität besitzen, die Ionen der anderen Polarität müssen bei dieser Temperatur noch ortsfest bleiben. Solche Verhältnisse finden sich bei einer Reihe von anorganischen Isolatoren, z.B. bei Gläsern, Quarz und gewissen Keramiken. Die zu verbindenden Oberflächen müssen ferner so gut parallel bearbeitet sein, dass

ihr Abstand überall kleiner als etwa 1 μm ist. Die beiden Teile werden mit den zu verbindenden Oberflächen aneinandergelagert, auf eine Temperatur von einigen hundert Grad Celsius erhitzt, so dass im Isolator eine gewisse Leitfähigkeit im oben genannten Sinne entsteht. Dabei wird eine Gleichspannung von 200 bis 2000 V an beide zu verbindenden Teile so gelegt, dass der isolierende Teil an demjenigen Pol liegt, der die beweglich gewordenen Ionen aus ihm absaugt. Die ortsfesten Ionen bilden dann in der Gegend der zu verbindenden Oberfläche eine Raumladung, es entsteht eine elektrostatische Kraft zwischen den Oberflächen des Leiters und des Isolators, die beiden Oberflächen werden aneinandergesogen und vereinen sich zu einer festen mechanischen Verbindung. Auch eine durch anodisches Bonden in dieser Weise gebildete Verbindung zwischen einem Isolator und einem leitenden Teil ist in dem Sinne hermetisch, als sie jedes Eindringen in die beim Bonden beteiligten Materialien durch angreifende Stoffe in die Verbindungsschicht verhindert.

Der Oberbegriff des Anspruchs 1 bezieht sich auf den aus der US-PS 3 397 278 bekannten Stand der Technik.

Aufgabe und Lösung

Es ist die Aufgabe der Erfindung, einen Weg aufzuzeigen, wie beim Aufbau eines Halbleiterelementes Leiterbahnen hergestellt werden können, die gegen störende Einflüsse von aussen völlig geschützt, also hermetisch dicht sind, eine hohe Verbindungsfestigkeit zwischen den Schichten ergeben und in der Mikroelektronik angewendet werden können. Die Lösung dieser Aufgabe geschieht durch die im Kennzeichen des Anspruchs 1 angegebenen Merkmale. Obwohl anodisches Bonden seit langem bekannt ist, wurde es noch nie auf durch Sintern gewonnene dünne Metallsilizidschichten auf einem Halbleiterkörper angewendet. Die weiteren Patentansprüche geben Einzelheiten dieses Verfahrens wieder und beschreiben Einrichtungen, die mit Hilfe dieses Verfahrens hergestellt werden können.

Zeichnungen

Das Verfahren wird beispielhaft in den Zeichnungen erläutert und einige Ausführungsbeispiele für mit dem Verfahren herzustellende Einrichtungen gegeben. Dabei zeigen:

Fig. 1 einen Siliziumkörper mit Metallbeziehungsweise Metallsilizidschicht,

Fig. 2 eine Vorrichtung zum anodischen Bonden,

Fig. 3 ein durch Sintern und anodisches Bonden gewonnenes Bauelement,

Fig. 4 ein Halbleiterelement in verschiedenen Herstellungsstufen,

Fig. 5 einen Halbleiterkörper mit elektrischen Zuleitungen, die durch Bohrungen im Glas gehen,

Fig. 6 ein Halbleiterbauelement und

Fig. 7 ein thermisches Druckelement.

In allen Figuren sind gleichartige Teile mit denselben Bezugszeichen bezeichnet.

Ausführung des Verfahrens, Beispiele für damit herstellbare Einrichtungen:

Die Grundlagen des Verfahrens werden beispielhaft in den Figuren 1 bis 3 erläutert. Die Fig. 1 zeigt im Prinzip den Aufbau eines leitenden Teiles, das zum anodischen Bonden mit einem Isolator benutzt wird. Auf einem Siliziumkörper 1 an der zum Bonden vorgesehenen Fläche wird eine Metallschicht 2 möglichst gleichmässig aufgetragen, was durch Aufbringen eines dünnen Filmes durch Aufdampfen oder Aufputtern geschehen kann. Der Siliziumkörper 1 wird nun auf die in der Tabelle 1 angegebene Sintertemperatur erhitzt und so das Metall in das entsprechende Metallsilizid überführt. Soll das Metall vollständig in das Metallsilizid überführt werden, so muss Silizium in Überschuss gegenüber dem stöchiometrischen Verhältnis der betreffenden intermetallischen Verbindung vorhanden sein.

Es bildet sich dann eine kompakte Metallsilizidschicht 3 über dem verbleibenden Silizium, die sich mechanisch nicht mehr von diesem trennen lässt, also hermetisch dicht ist. Die Dauer der notwendigen Einwirkung der Sintertemperatur hängt im wesentlichen von der Dicke der Metallschicht 2 ab und liegt zwischen einigen Minuten und wenigen Stunden, letzteres bei dicken Metallschichten 2. Der Sintervorgang ist beendet, wenn sich der elektrische Widerstand der Metallsilizidschicht 2 nicht mehr ändert.

Ist der Siliziumkörper 1 ein Einkristall und hat das darauf zu erzeugende Metallsilizid ähnliche Kristallformen, so besitzt die nach diesem Verfahren erzeugte Metallsilizidschicht ebenfalls einen Einkristallaufbau, was in gewissen Fällen erwünscht ist.

Um den Siliziumkörper 1 mit der Metallsilizidschicht an einen anorganischen Isolator, zum Beispiel an einen Glaskörper 4, anodisch zu bonden, müssen zunächst mit den in der Mikroelektronik bekannten Verfahren die zu bondenden Oberflächen so bearbeitet werden, dass der kleinste Abstand zwischen den zum Bonden aneinandergelagerten Flächen kleiner als $1\ \mu\text{m}$ ist.

In der Figur 2 ist das Schema einer Anlage zum anodischen Bonden wiedergegeben. Der Siliziumkörper 1 mit der Metallsilizidschicht 3 liegt einem anorganischen Isolator, z.B. einem Glaskörper 4 gegenüber. Der Abstand der zu bondenden Unterseite des Glaskörpers 4 von der Metallsilizidschicht 3 ist in vergrößerter Masstab gezeichnet, man sieht, dass der Glaskörper 4 die Metallsilizidschicht 3 nur an wenigen Punkten berührt. Auf dem Glaskörper 4 liegt eine flächenhafte Elektrode 5, die mit einer Hochspannungsquelle 6 verbunden ist, deren anderer Pol an den Siliziumkörper 1 führt. Die ganze Anordnung lässt sich aufheizen, beispielsweise mit einem Ofen 7, der mit einer Stromquelle 8 verbunden ist.

Ist die Temperatur im Ofen 8 niedrig, so fließt kein Strom von der Hochspannungsquelle 6 über den Siliziumkörper 1, die Metallsilizidschicht 3 nach dem Glaskörper 4 und über die Elektrode 5 zurück zur Hochspannungsquelle 6, da der Glaskörper 4 isoliert. Erst, wenn im Glaskörper 4 die Temperatur so weit angestiegen ist, dass in ihm die Ionen der einen Polarität eine gewisse Beweglichkeit erhalten (in den bekannt gewordenen Fällen sind dies stets die positiven Ionen), bildet sich ein Strom aus und durch das Zurückbleiben der ortsfesten Ionen der anderen Polarität eine Raumladung, die eine elektrostatische Anziehung zwischen der Unterseite des Glaskörpers 4 und der Oberseite der Metallsilizidschicht 3 zur Folge hat. Infolge des sehr geringen Abstands der zu bondenden Flächen ist diese Kraft sehr gross und verbindet, von den Berührungspunkten 9 ausgehend, sukzessive die Oberfläche der Metallsilizidschicht 3 mit der Unterseite des Glaskörpers 4 in inniger Weise, so dass eine mechanische Trennung nicht möglich ist. Da Metallsilizidschichten 3 chemisch sehr resistent sind, wird eine Verbindung zwischen dem Siliziumkörper 1 und dem Glaskörper 4 geschaffen, zwischen denen eine Schicht mit hoher Leitfähigkeit, nämlich die Metallsilizidschicht 3, hermetisch dicht mit ihnen verbunden liegt.

Die Fig. 3 zeigt ein nach dem angegebenen Verfahren hergestelltes Produkt, bei dem ein Siliziumkörper 1 mit einem anorganischen Isolator, hier ein Glaskörper 4, durch anodisches Bonden verbunden ist, wobei auf dem Siliziumkörper 1 an seiner zum Bonden vorgesehenen Fläche eine durch Sintern einer aufgetragenen Metallschicht 2 hergestellte hermetisch dichte, gut leitende Metallsilizidschicht 3 aufgebracht wurde.

Ist die Affinität des Siliziums zu dem Metall kleiner als die zu Sauerstoff, so wird kein Metallsilizid durch Sintern gebildet, wenn der Siliziumkörper 1 mit einer SiO_2 -Haut bedeckt ist. Wird ferner bei einem solchen Metall das Sintern in sauerstoffhaltiger Atmosphäre ausgeführt, so verbindet sich das an der freien Oberfläche der Metallsilizidschicht 3 angekommene Silizium

mit dem Sauerstoff zu einer SiO_2 -Haut, die das anschließende anodische Bonden hindert. Auch beim anodischen Bonden eines solchen Metallsilids in sauerstoffhaltiger Umgebung ist die Gefahr gross, dass sich zwischen der Metallsilizidschicht 3 und dem Glaskörper 4 eine SiO_2 -Haut bildet, die das Bonden verhindert. Es gibt daher Metalle, bei denen das Sintern und/oder das Bonden bei sauerstofffreier Atmosphäre durchgeführt werden muss.

In Halbleiterelementen der Mikroelektronik besitzen die Halbleiterkörper Regionen, die in verschiedener Weise dotiert sind, das heisst, die Fremdatome verschiedener Art in verschiedener räumlicher Anordnung und verschiedener Konzentration aufweisen. Die räumliche Anordnung und die Konzentration der Fremdatome kann durch erhöhte Temperatur beeinflusst werden. Die Dotierung der Halbleiterkörper ist in vielen Fällen schon durchgeführt, bevor das Halbleiterelement im einzelnen aufgebaut wird. Es ist daher vorteilhaft, die verwendeten Metallsilide so auszuwählen, dass das Sintern und Bonden bei Temperaturen erfolgen kann, bei denen im Siliziumkörper 1 die Konzentration und Raumform der Dotierung erhalten bleibt.

Grosse Vorteile bringt es daher, wenn als Metallsilizidschicht 3 eine Platinsilizidschicht verwendet wird, da Platinsilizid

- verhältnismässig niedere Sinter- und Bondtemperaturen benötigt, so dass der Dotierungszustand des Siliziumkörpers 1 sich nicht ändert,
- eine hohe Leitfähigkeit besitzt,
- gegen alle chemischen Reagenzien mit Ausnahme der Lösung von HF mit HNO_3 in Wasser beständig ist,
- sich durch Sintern nur auf dem Silizium, nicht auf SiO_2 bildet,
- nicht von dem für reines Platin verwendeten Ätzmittel Königswasser angegriffen wird.

Mit Platinsilizid kann das Sintern schon bei Temperaturen um 400°C , das Bonden bei Temperaturen deutlich unter 500°C vorgenommen werden.

Eine typische Herstellungsart eines Halbleiterelements nach dem beschriebenen Verfahren zeigen die Figuren 4a bis 4f. In der Fig. 4a ist ein Siliziumkörper 1 gezeichnet, in dem dotierte Regionen in einer ersten Vertiefung 14 eindiffundiert sind. Somit muss in diesem Falle beachtet werden, dass das Sintern und das anodische Bonden bei Temperaturen ausgeführt werden, die den Dotierungszustand des Siliziumkörpers 1 nicht stören. In der Fig. 4b sind in den Siliziumkörper flach vertiefte Bahnen, z.B. durch Ätzen, eingearbeitet worden, die mit Metallschichten 2, zum Beispiel durch Sputtern bei Abdeckung der Umgebung mit einer Maske, aufgefüllt wurden. Der Siliziumkörper 1 wird nun, gegebenenfalls in einer sauerstofffreien Umgebung, eine ausreichende Zeit bei der Sintertemperatur gehalten. Dadurch wird in der Fig. 4c die Metallschicht 2 in eine Metallsilizidschicht 3 umgewandelt. Die in Fig. 4d nach vorne weisende Fläche des Siliziumkörpers 1 und die nach oben weisende Fläche des Glaskörpers 4, der eine zweite Vertiefung 15 trägt, werden mit bekannten Mitteln so bearbeitet, dass sie eine zum anodischen Bonden geeignete Oberflächengüte erhält. Es können nun nach der Fig. 4f Teile der Metallsilizidschicht freigelegt werden, was durch Entfernen, beispielsweise durch Wegätzen eines Teiles des Siliziums geschehen kann. Diese freigelegten Teile der Metallsilizidschicht können durch Auftragen von Metall, etwa durch Elektroplattieren, so verstärkt werden, dass zum Beispiel drahtförmige elektrische Verbindungen daran angebracht werden können. Es ist in dieser Weise ein hermetisch dichtes Halbleiterelement entstanden, das eine aus Metallsilizid bestehende Leiterbahn mit niederem Widerstand enthält, welche die dotierten Regionen mit Strom oder Spannung versorgt.

In vielen Fällen ist es bei der Herstellung von Halbleiterelementen für die Mikroelektronik notwendig, die leitenden Schichten in Mustern aufzubringen, um elektrische Verbindun-

gen zu verschiedenen dotierten Regionen herzustellen. Dies lässt sich beispielsweise durch Masken erreichen, mit deren Hilfe die Metallschicht 2 nur auf vorgegebenen Teilen der Oberfläche des Siliziumkörpers 1 abgeschieden wird. Dies ist ein in der Mikroelektronik schon lange angewandtes Verfahren. Es kann aber auch die dem Muster entsprechende Fläche durch eine Maske abgedeckt, die übrig bleibende Fläche oxydiert und dann nach Entfernen der Maske auf die gesamte Fläche Metall aufgebracht werden. Wird dann gesintert, so wird nur an den nichtoxydierten Stellen das Metall in das Metallsilizid überführt. Der andere Teil der Metallschicht 2 wird wegen der darunter liegenden SiO_2 -Haut nicht umgewandelt. Dieser nicht-siliziierte Metallanteil kann dann durch Ätzen mit einem Mittel, das das reine Metall, nicht aber das zugehörige Metallsilizid angreift, entfernt werden. Im Falle der Verwendung von Platinsilizid ist das geeignete Mittel zur Entfernung des nicht-siliziierten Platins das Königswasser. In der Fig. 5 ist ein Halbleiterelement dargestellt, bei dem auf einem Siliziumkörper 1 ein Muster von Metallsilizidschichten 3 aufgebracht ist, die verschiedene dotierte Regionen (nicht gezeichnet) mit elektrischen Zuleitungen versehen sollen. Dazu sind in dem aufgebondeten Glaskörper 4 Bohrungen 10 angebracht, die an den Metallsilizidschichten 3 enden. Werden nach dem Bonden die Bohrungen 10 mit Metall gefüllt oder auf ihren Mantelflächen Metall aufgebracht, so werden in einfacher Weise lötl- oder schweißbare elektrisch leitende Zuleitungen zu den Metallsilizidschichten 3 und damit zu den dotierten Regionen des Siliziumkörpers 1 erhalten.

Die Fig. 6 zeigt einen Querschnitt durch einen Halbleiterkörper. Er besteht aus einem Siliziumkörper 1, der n-dotiert und in den eine p-dotierte Region eindiffundiert ist. Auf ihm liegt eine SiO_2 -Schicht 11 mit einem Fenster 12, das gerade die p-dotierte Region des Siliziumkörpers 1 freigibt. Auf ihm ist eine Metallsilizidschicht 3 aufgetragen, darüber liegt ein Glaskörper 4, der eine Bohrung 10 trägt, die bis zur Metallsilizidschicht 3 herabreicht. Durch sukzessive Anwendung des beschriebenen Verfahrens wird der Glaskörper 4 mit der Metallsilizidschicht 3

gebondet. Um eine Zuleitung zur Metallsilizidschicht 3 zu schaffen, wird schliesslich die Bohrung 10 mit Kontaktmetall 13 versehen. Auf diese Weise wird eine zuverlässige und hermetisch dichte Leiterbahn von aussen bis zur p-dotierten Region geschaffen.

Nach dem beschriebenen Verfahren kann man ferner thermische Druckelemente herstellen, wie sie nach dem schweizerischen Patentgesuch 02 222/85-2 zur Lösung von Wertmarkierungen auf als Zahlungsmittel verwendeten Kreditkarten verwendet werden. Die Fig. 7 zeigt einen Druckstock mit zwei solchen Druckelementen nach der Fertigstellung. Sie bestehen jeweils aus einem Siliziumkörper 1, der keine Dotierung enthält und daher niedrige Leitfähigkeit aufweist. Auf ihm wird eine Metallsilizidschicht 3 aufgesintert. Dabei wird die Metallsilizidschicht 3 in ihren Abmessungen so bemessen, dass sie den als thermisches Druckelement dienenden Siliziumkörper 1 in seiner endgültigen Form bei vorgegebener elektrischer Spannung durch Widerstandsheizungen gerade auf die gewünschte Temperatur bringt. Die Siliziumkörper 1 werden dann, in der Fig. 7 zu zweien, auf einen Glaskörper 4 aufgebondet. Anschliessend wird der Siliziumkörper 1 durch Ätzen in die endgültige Form gebracht. Der Glaskörper 4 besitzt für jede aufgebondete Metallsilizidschicht 3 an deren Enden zwei Bohrungen 10, mit denen in der in Fig. 5 dargestellten Art die Durchführungen für den Heizstrom hergestellt werden.

Das beschriebene Verfahren hat den Vorteil, dass beim anodischen Bonden eines Halbleiterkörpers mit einem anorganischen Isolator eine gut leitende Metallsilizidschicht 3 zwischengelegt und gleichzeitig eine hermetisch dichte Verbindung des Siliziumkörpers 1 mit dem Isolator geschaffen wird. Diese gut leitenden Schichten können in Mustern hergestellt, so dass verschieden dotierte Regionen des Siliziums mit getrennten Leiterbahnen versehen werden. Ist die Sinter- und Bondtemperatur tief genug, so werden Raumform und Konzentration der dotierten Regionen nicht beeinflusst. Besonders empfiehlt sich daher die Verwendung von Platinsilizid für solche Verbindungen.

Fig. 1

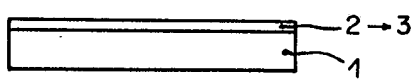


Fig. 2

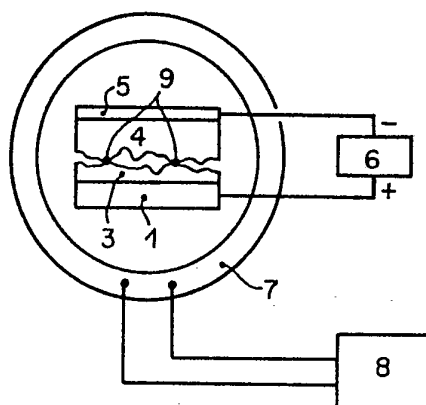


Fig. 3

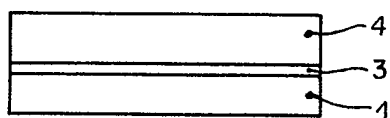


Fig.4 a

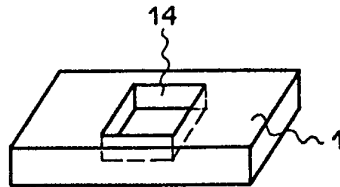


Fig. 4 b

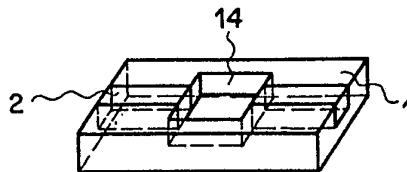


Fig. 4 c

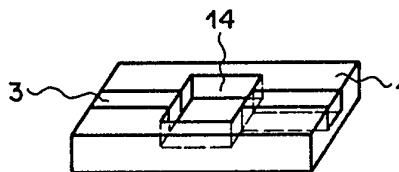


Fig. 4 d

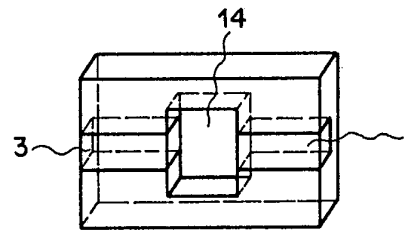


Fig. 4 e

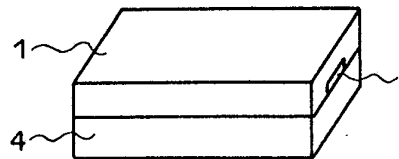


Fig. 4 f

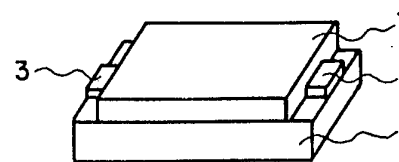


Fig. 5

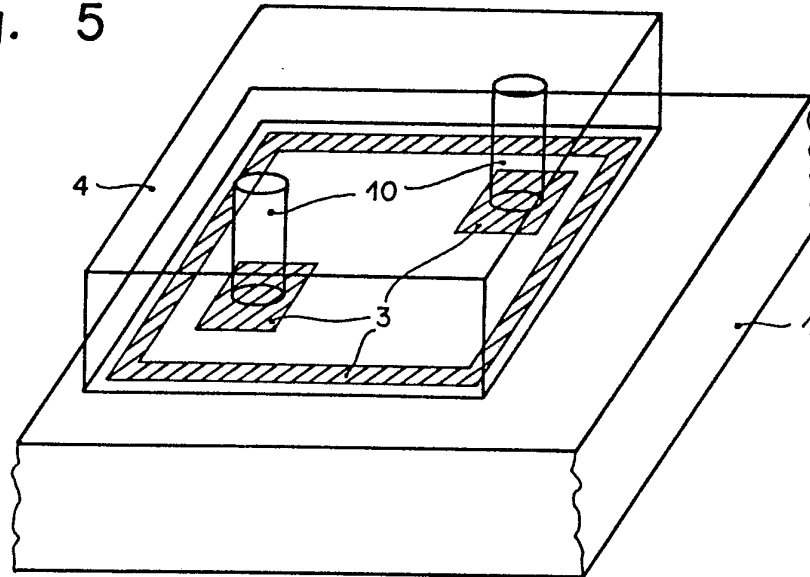


Fig. 6

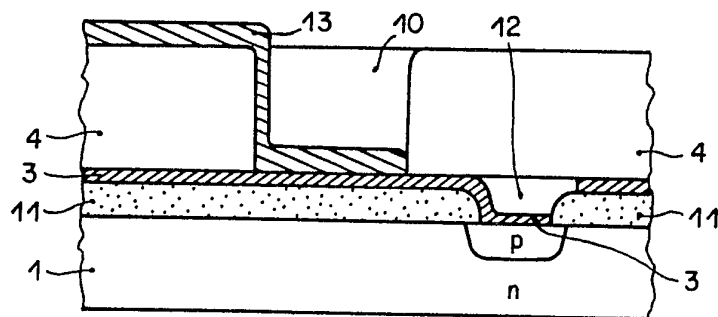


Fig. 7

