



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) Veröffentlichungsnummer:

0 000 489
A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(51) Int. Cl.²: H 01 L 21/66, G 01 R 31/28

(21) Anmeldenummer: 78100335.5

(22) Anmeldetag: 10.07.78

(30) Priorität: 25.07.77 US 818908

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

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB

(71) Anmelder: International Business Machines Corporation
Armonk, N.Y. 10504. (US)

(72) Erfinder: Markovits, Gary
7 Spratt Avenue
Poughkeepsie N.Y. 12603. (US)

(74) Vertreter: Oechssler, Dietrich,
Dr.rer.nat. Dipl.-Chem.
Schönaicher Strasse 220
D-7030 Böblingen. (DE)

(54) Verfahren zum zerstörungsfreien Prüfen von Halbleitersubstraten.

(57) Bei dem Verfahren zum zerstörungsfreien Prüfen von Halbleitersubstraten werden diese in eine verdünnte Elektrolytlösung (23) eingetaucht, dann werden die Substrate (21) eine festgelegte Zeit gegenüber der Elektrolytlösung (23) mit einer Spannung im Bereich zwischen etwa 50 und etwa 65 Volt negativ vorgespannt und gleichzeitig werden die Substratoberflächen mit einer Beleuchtungsstärke im Bereich zwischen etwa 538 und etwa 807 1x beleuchtet. Das sich an den Störstellenplätzen entwickelnde Wasserstoffbläschenmuster kann fotografisch registriert werden.

Das Verfahren eignet sich besonders zum Auffinden und Registrieren von elektrisch aktiven Störstellenplätzen an Halbleiteroberflächen, von defekten P/N-Übergängen und von gestörten Bereichen in großflächigen P/N-Übergängen und ist deshalb als Prüfmethode sowohl in der Halbleiterplättchenfertigung als auch bei der Herstellung von integrierten Schaltungen verwendbar.

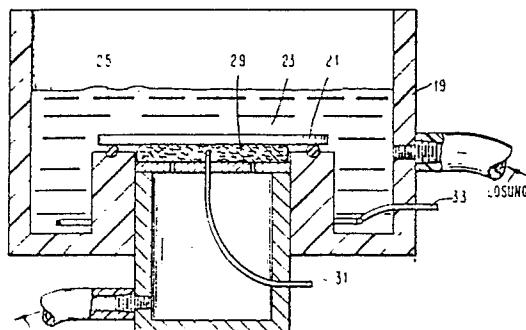


FIG. 2

EP 0 000 489 A1

- 1 -

Verfahren zum zerstörungsfreien Prüfen von Halbleitersubstraten

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Auffinden elektrisch aktiver Störstellen in einem einkristallinen Halbleitersubstrat, wobei das Halbleitersubstrat in eine verdünnte Elektrolytlösung gelegt, gegenüber dieser negativ vorgespannt und beleuchtet wird.

Eine Reihe von Verfahren sind beschrieben worden, um Fehl- oder Störstellen in einkristallinen Halbleitergegenständen, wie z. B. Siliciumplättchen, zu entdecken. Die Entdeckung solcher Störstellen ist von besonderer Wichtigkeit bei der Herstellung von integrierten Schaltkreisen, wo Störstellen in den Oberflächenschichten der Halbleitersubstrate die Ausbeute an verwendbaren Chips mit integrierten Schaltungen reduzieren können. Zu diesen Methoden gehören beispielsweise das Anfertigen von Schrägschliffen und das Anätzen der angeschliffenen Fläche, die Raster-Oszillatoren-Topographie (SOT) und Kondensator-Leckstrommessungen. In letzter Zeit sind Kathodenstrommessungen dazu benutzt worden, um Halbleitersubstrate vom P-Typ zu charakterisieren, wozu das Substrat in einer verdünnten, wässrigen Säureelektrolytlösung mit einer Spannung von wenigen Volt negativ vorgespannt wird. Es wird angenommen, daß unter dem Einfluß des elektrischen Feldes eine Schicht von aus dem Elektrolyten stammenden positiven Ionen sich an der Grenzfläche zwischen

25

FI 977 004

BAD ORIGINAL

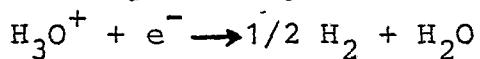
- 2 -

dem Halbleiter und der Lösung bildet, während die Löcher von der Halbleiteroberfläche in das Substratmaterial hinein in eine Tiefe W gestoßen werden. Nur die negativen Akzessorionen bleiben in dieser Verarmungszone, und ihre Ladung

5 gleicht die positive Ladung der Ionenschicht an der Grenzfläche zwischen dem Halbleiter und der Lösung aus. Wird nun unter diesen Bedingungen eine Fehlstelle Elektronen-Lochpaare innerhalb der Verarmungszone erzeugt, werden die Löcher durch das elektrische Feld in das Halbleiter-

10 material hineingestoßen, während die Elektronen zur Grenzfläche zwischen dem Halbleiter und der Lösung gezogen werden, wo sie mit den positiven Ionen in der Lösung an der Grenzfläche reagieren können. Dieser Mechanismus erzeugt einen Strom, welcher außerhalb der Meßzelle gemessen wer-

15 den kann. Es wird angenommen, daß die Reaktion zwischen den Elektronen und den positiven Ionen in der Lösung nach der folgenden Reaktionsgleichung abläuft:



Da die H_3O^+ -Ionenkonzentration größer ist als diejenige der Minoritätsträger an der Grenzfläche zwischen dem Halbleiter und der Lösung wird die Reaktion durch die Geschwindigkeit der Erzeugung von Elektronen-Lochpaaren oder in anderen Worten, durch die elektrisch aktiven Fehlstellen in der Verarmungszone gesteuert. Die Messung des Kathodenstromes kann so für eine Charakterisierung der Qualität des Halbleitersubstrats verwendet werden. Das Halbleitermaterial nimmt nicht an der elektrochemischen Reaktion teil, so daß das Substrat nicht verändert wird. Es ist auch bekannt, daß künstliche Fehlstellen in einem Siliciumplättchen mittels eines hochintensiven Lichtblitzes erzeugt werden können, wenn eine Vorspannung von etwa 5 Volt an das Substrat gelegt wurde. In diesem Fall wurde, wenn die Zelle beleuchtet wurde, eine beachtliche Gasentwicklung auf dem Plättchen beobachtet.

- 3 -

Obwohl die Kathodenstrommessungen nicht zerstörend sind und schnell durchgeführt werden können, geben solche Messungen keinen Hinweis auf die Natur oder die Lage der Störstellen. Beispielsweise können eine einzelne große Fehlstelle an einem Ort eines Halbleiterplättchens und eine große Anzahl von kleinen, aber wesentlichen Störstellen, welche über ein relativ großes Gebiet eines zweiten Plättchens verteilt sind, denselben Kathodenstrom ergeben. Im ersten Fall würde das Plättchen für die Herstellung integrierter Schaltungen geeignet sein, weil die Störstelle auf ein Chip begrenzt ist oder könnte sogar sich in dem Teil des Plättchens befindet, welcher beim Zerschneiden wegfällt, so daß höchstens ein kleiner Ausbeuteverlust eintreten würde. Dieses Plättchen würde als "gutes" Plättchen angesehen werden, während das zweite Plättchen, welches eine große Anzahl von kleinen Störstellen aufweist, für die Herstellung integrierter Schaltungen ungeeignet sein würde.

Ein Verfahren zum Abbilden der Qualität eines Halbleiterplättchens in Form einer "Landkarte" des Plättchens ist in dem Artikel "Inline Wafer Quality Monitor" im IBM Technical Disclosure Bulletin, Band 18, Nr. 12, Mai 1976, Seite 4012 offenbart. Bei diesem Verfahren wird eine Anordnung von lichtemittierenden Dioden dazu verwendet, unterschiedliche Bereiche des Plättchens zu beleuchten, so daß Kathodenstrominformationen von unterschiedlichen Bereichen des Plättchens erhalten werden. In dem Artikel "Scanning Cathodic Current Spectroscopy" im IBM Technical Disclosure Bulletin, Band 18, Nr. 11, April 1976, Seite 3623 wird die Anwendung eines Leserstrahls zum Rastern des Halbleitermaterials beschrieben, was dazu dient, die Qualität der Verarmungszone in Form einer "Landkarte" abzubilden. Die "Landkarte" der Halbleiterqualität kann erhalten werden, weil die Fehlstellenbereiche unter den genannten Bedingungen eine Stromabnahme verursachen. Es ist auch bekannt, Risse in Deckschichten auf Halbleitern oder Metallen zu lokalisieren,

- 4 -

indem das Substrat in einem Elektrolyt unter Anlegung einer Vorspannung behandelt wird, so daß sich Wasserstoff an den Stellen entwickelt, wo das Substratmaterial der Lösung ausgesetzt ist. Metalle sind auf Spannungs(stress)-Inhomogenitäten geprüft worden, indem man sie in eine Schwefelsäure-elektrolytlösung unter Anlegung einer Vorspannung von 5 6 Volt legte, wobei naszierender Wasserstoff erzeugt wird, welcher von den Inhomogenitäten absorbiert wird. Die Metallocberfläche wird dann mit einem Kunststofffilm bedeckt und anschließend erhitzt, um den Wasserstoff zu desorbieren, was eine Blasenbildung im Film an den Stellen, wo sich Störstellen befinden, verursacht.

10 Es ist die Aufgabe der Erfindung, ein einfaches, nicht zerstörendes und schnell durchführbares Verfahren zum Feststellen und Registrieren insbesondere von elektrisch aktiven Störstellen in Halbleitersubstraten, von defekten P/N-Übergängen und von gestörten Bereichen großflächiger P/N-Übergänge bezüglich ihrer Lage und des Ausmaßes der Störung 15 anzugeben.

20 Diese Aufgabe wird mit einem Verfahren der eingangs genannten mit den Merkmalen des kennzeichnenden Teils des Anspruchs 1 gelöst.

25 Das erfindungsgemäße Verfahren ergibt eine gute Übereinstimmung mit anderen zerstörenden und/oder zeitaufwendigen Verfahren, welche bisher dazu benutzt wurden, um elektrisch aktive Störstellen in der Oberfläche von Halbleitersubstraten zu lokalisieren. Mittels des bei der Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens sich bildenden, aus den an der Substratoberfläche haftenden Wasserstoffbläschen bestehenden Musters lassen sich aber nicht nur die Plätze lokalisieren, an denen sich die Störstellen befinden, vielmehr ist es auch möglich, das Ausmaß 30 35 der Störung festzustellen, indem die Zeitdauer, während

- der die Vorspannung an das Substrat gelegt wird, in dem Maße gelegter Weise variiert wird. Allgemein lässt sich sagen, daß das erfindungsgemäße Verfahren als Prüfmethode sowohl in der Halbleiterplättchen-Fertigung als auch bei der Herstellung von integrierten Schaltkreisen in vorteilhafter Weise verwendbar ist. Außerdem lassen sich mit dem erfindungsgemäßen Verfahren die Wirkung von verschiedenen Getternprozessen auf die elektrisch aktiven Störstellen ermitteln.
- 10 Vorteilhafte Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Verfahrens ergeben sich aus den Unteransprüchen.
- Die Erfindung wird an Hand von durch Zeichnungen erläuterten Ausführungsbeispielen beschrieben. Es zeigen:
- 15 Fig. 1 in schematischer Darstellung eine Vorrichtung, mit welcher das erfindungsgemäße Verfahren durchgeführt werden kann,
- 20 Fig. 2 eine teilweise aufgeschnittene Seitenansicht einer Testzelle, mit welcher das erfindungsgemäße Verfahren durchgeführt werden kann.
- 25 Fig. 3A in Aufsicht ein Halbleiterplättchen, in welches Stufen geätzt worden sind, wobei von außen einanderfolgenden Stufen zunehmende Abstandsmengen entfernt worden sind.
- 30 Fig. 3B einen Querschnitt durch das Plättchen, der zeigte Plättchen entlang einer Linie A-A'
- Fig. 4A-B Fotografien von einem HALBLEITERPLÄTTCHEN P-Typ, in welches Stufen geätzt worden sind, wobei es nicht so wie Fig. 3A am Ende aufzuhören scheint.

tels des erfindungsgemäßen Verfahrens erhalten wurde, und bei der Fig. 4B um eine Aufnahme, welche mittels der Raster-Oszillations-Topographie (SOT) erhalten wurde,

5

Fign. 5A-D Fotografien eines Siliciumplättchens, in welches Stufen geätzt sind, wobei die Figuren 5A bis 5C Wasserstoffbläschenmuster zeigen, welche unter unterschiedlichen Beleuchtungs- und Vorspannungsbedingungen erhalten worden sind, und die Fig. 5D zum Vergleich eine Raster-Oszillations-Topographie-Aufnahme desselben Siliciumplättchens vom P-Typ zeigt,

15 Fign. 6A

Fotografien eines Siliciumplättchens, wobei und 6B Fig. 6A ein Wasserstoffbläschenmuster zeigt und die Fig. 6B zum Vergleich eine retuschierte Aufnahme desselben Siliciumplättchens vom P-Typ zeigt, aus welcher die Bereiche elektrischer Defekte, wie sie mittels Kondensator-Leckstrommessungen ermittelt worden sind, zu ersehen sind,

20

25 Fign. 7A und 7B

Fotografien eines Siliciumplättchens vom P-Typ, wobei die Fig. 7A ein Wasserstoffbläschenmuster zeigt und die Fig. 7B zum Vergleich eine retuschierte Fotografie, aus welcher die Bereiche elektrischer Effekte, wie sie mittels Kondensator-Leckstrommessungen ermittelt worden sind, zu ersehen sind, zeigt, und

30

Fig. 8

eine retuschierte Fotografie eines Siliciumplättchens vom P-Typ, welches einen Subkollektorbereich vom N^+ -Typ und eine oberflächliche Epitaxieschicht vom N^- -Typ aufweist, wobei aus

35

47. Ein elektrisches
Befahrer- und Beleuchtungsgerät für
Autofahrzeuge, bestehend aus einer
Scheinwerferanordnung.

5

In der Fig. 1 ist eine "Leuchtkombination" 10 dargestellt, die aus
das erfindungsgemäßen Anordnungen 11 und 12 besteht. Die beiden
Vorrichtungen gehören eine Gleichstromversorgung 13, welche in
der Lage ist, eine Spannung bis zu etwa 45 Volt zu liefern.
10 ein Amperemeter 14, eine Batterie 15 und eine Kugellampe 16
Zum Lichtes 17, die während des Betriebsstromes durch eine
15 einer Beleuchtungsschaltung mit Verdauung 180 im Betrieb verbraucht
den kann. Eine geeignete Quelle ist ein Leistungsfähiger
17 Scheinwerfer, welcher eine Leistung von 15 Watt erfordert. Die Kugel-
18 Lampe 17 ist nach vorgesehenen Art abgestimmt auf Wellenlänge
19, welche aus Fahrzeugtechnischen Gründen 5500 Å beträgt. In
der Fig. 2 zeigt die Fig. 2 ist ebenfalls dargestellt,
daß eine vollständige Scheinwelt 20 nach Bildung eines
21 Lichtstrahlverlaufs 22 aufgewirkt ist. Durch
das Wasserstoffgasstrahl 23 wird die Strahlung 24
gleichen Winkel α unter der horizontalen Richtung 25
ist die Sicht 26 auf die Scheinwelt 20
O-Ring aufweist und so aufgestellt, daß dieser
verschenkt ist. Die Scheinwelt 20 wird durch den
25 Stutzens 27 festgestellt und die Scheinwelt 20
Ausprägungen 28 auf die Scheinwelt 20 aufgewirkt. Einheitlich
einheitlich ist die Scheinwelt 20 auf die Scheinwelt 20 aufgewirkt.
Pilotschlag 30 auf die Scheinwelt 20 aufgewirkt.
35 Kugel 31 auf die Scheinwelt 20 aufgewirkt.
30 verbunden sind.
35 verbleiben sich auf die Scheinwelt 20 aufgewirkt.

Die Illustrationen:

50 Abbildung 1 zeigt

35 Abbildung 2 zeigt die Scheinwelt 20 aufgewirkt.

40 Abbildung 3 zeigt

45 Abbildung 4 zeigt

- 8 -

1 bis 2 1/2 Vol.%ige Lösung von 96 %iger Schwefelsäure in deionisiertem Wasser brauchbar. Andere Konzentrationen könnten auch angewendet werden. Andere Elektrolyte, welche eine Quelle von H_3O^+ -Ionen sind, wie z. B. Flußsäure und
5 Essigsäure, können auch benutzt werden.

Materialien, welche mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens geprüft werden können, sind einkristalline Halbleitermaterialien, wie z. B. Silicium oder Germanium vom
10 P-Typ, und Halbleitersubstrate vom P-Typ, welche eine entweder epitaxial oder durch Diffusion erzeugte Oberflächenschicht vom N-Typ aufweisen. Das Halbleitersubstrat, wie z. B. ein Siliciumplättchen, sollte eine Oberfläche haben, welche sauber und oxidfrei ist. Infolgedessen wird
15 das Substrat zuerst gereinigt, um irgendwelche Oxide, Ablagerungen von organischen Materialien oder andere Filme und Schmutz von der Oberfläche zu entfernen. Dabei kann jeder übliche Halbleiterreinigungsprozess angewandt werden, mit dem eine saubere, schmutzfreie Oberfläche erhalten
20 werden kann.

Nach der Reinigung wird das Substrat in der Zelle befestigt und der Elektrolyt in die Zelle gegossen. Es sollte darauf geachtet werden, daß während der Prüfung der Elektrolyt
25 nicht bewegt wird. Eine Bewegung des Elektrolyten kann Wasserstoffbläschen von ihrem Platz auf der Oberfläche entfernen, was einen Informationsverlust zur Folge hat. Das Substrat wird einheitlich mit weißem Licht bestrahlt, dessen Lichtintensität an der Substratoberfläche im Bereich zwischen etwa 538 und etwa 805 lx liegt. Es wurde gefunden,
30 daß Lichtintensitäten unter etwa 538 lx - außer an den am stärksten beschädigten Stellen - überhaupt keine Bläschen an den Stellen, wo sich die elektrischen Defekte befinden, erzeugen. Auf der anderen Seite werden bei Lichtintensitäten von etwa 860 lx und darüber im wesentlichen
35 Umfang auch in den Bereichen Wasserstoffbläschen ent-
FI 977 004

WANDERUNG

VOGLER

Substanz: Wand

aktivität: Wand

- 15 wickeln, Wand,
umreichen, Wand,
den Balken, Wand,
vergleich Wand,
entsprechen, Wand, Wand
- 20 etwa Wand,
Fallen Wand,
von Wand,
und Wand,
das Wand,
15 obachtet Wand,
nun Wand.

Das Wand kann

noch Wand,

- 20 aber nicht
schränkt Wand,

Wand kann Wand,

aber Wand kann,

- 25 Wand kann,
Wand kann,
Wand kann,
Wand kann.

- 10 -

Das Plättchen wurde dann gereinigt, um irgendwelche Oxide und Filme aus organischem Material zu entfernen. Oxid kann die Entwicklung von Bläschen verhindern und Filme aus organischem Material können Bläschen an Plätzen hervorrufen,
5 wo sich keine Störstellen befinden.

???

Das Plättchen wurde gereinigt, indem es in Flußsäure getaucht, unter Ultraschallerregung 10 Min. lang in 5%iger Natriumhypochloritlösung getaucht und in deionisiertem Wasser gespült wurde. Das Plättchen wurde dann 5 Min. lang unter Ultraschallerregung in eine 10 : 1 Mischung aus Wasser und HCl getaucht, wieder mit deionisiertem Wasser gespült, dann 30 Sek. lang in eine 10 : 1 Mischung aus Wasser und Flußsäure getaucht und schließlich in deionisiertem Wasser gespült. Nach dem Reinigen wurde das Plättchen in die Testzelle 19 gelegt und dann wurde eine 2 1/2 Vol.%ige wässrige Schwefelsäureelektrolytlösung zugegeben. Die Beleuchtung erfolgte mittels eines 75-Watt-Wolfram-Scheinwerfers, welcher so eingestellt war, daß er eine Beleuchtungsstärke von 753,48 lx an der Plättchenoberfläche erzeugte. Der Schalter 17 wurde geschlossen, um an das Plättchen 5 Sek. lang eine negative Vorspannung von 60 Volt zu legen. Das Bläschenmuster wurde fotografiert. Die Fotografie ist in der Fig. 4A wiedergegeben. Man kann erkennen, daß Wasseroberflächenbläschen auf den ersten vier Stufen sich gebildet haben. Eine Raster-Oszillatoren-Topographie (SOT)-Aufnahme, welche in der Fig. 4B wiedergegeben ist, wurde auch aufgenommen, (Einzelheiten dazu siehe beispielsweise in dem Artikel "New X-Ray Diffraction Microscopy Technique for the Study of Imperfections in Semiconductor Crystals", von Schwittke im Journal of Applied Physics, Band 36, Nr. 9, September 1965, Seiten 2712 - 2721). Die dunkleren Bereiche der Topographie zeigen an, daß Fehlstellen in den ersten vier Stufen vorkommen, was dem Bläschenmuster in der Fig. 4A entspricht.

35

FI 977 004

- 11 -

Das Plättchen wurde dann senkrecht zu den Stufen zerschnitten, dann wurde die freiliegende Schnittfläche schräg abgeschliffen und schließlich wurde eine verdünnte Sirtl-Ätzlösung (Stammlösung = 1 Gramm Cr_2O_3 in 4 ml deionisiertem Wasser, verdünnte Sirtl-Ätzlösung = 1 Teil Stammlösung auf ein Teil Flußsäure) aufgebracht, um die Fehlstellen sichtbar zu machen. Das Ätzmittel wird hergestellt, indem ein Teil einer Stammlösung, welche 1 Gramm Cr_2O_3 pro 4 Milliliter deionisiertem Wasser enthält, mit einem Teil Flußsäure gemischt wird. Ausgehend von einer Stelle, ungefähr 2 Millimeter von der Plättchenkerbe, welche in der Fotografie als ein V-förmiger Einschnitt im Plättchenrand zu erkennen ist, wurden die Tiefen der Fehlstellen optisch gemessen, wobei ungefähr im Abstand von einem Millimeter gemessen wurde, so daß pro Stufe 4 bis 5 Messungen durchgeführt wurde. Die Ergebnisse sind in der folgenden Tabelle zu sehen:

| Tabelle 17 | |
|------------|--------|
| | Stufen |
| 20 | 36 |
| | 36 |
| | 36 |
| 25 | 36 |
| | 36 |
| | 36 |
| | 36 |
| | 36 |
| 30 | 36 |
| | 36 |
| | 36 |
| | 36 |

FI 977 OC4

- 12 -

Tabelle II - Fortsetzung

| | <u>Stufe</u> | <u>Störstellentiefe (μm)</u> |
|----|--------------|--|
| | 4 | 10 14 12 10 10 |
| 5 | | — |
| | 5 | 0 0 0 0 0 |
| 10 | | — |
| | 6 | — — — — |

Man sieht, daß die Bestimmung mittels Schrägschliffs und Ätzens auch Fehlstellen in den ersten vier Stufen sichtbar macht, so daß die Ergebnisse eine gute Übereinstimmung zwischen allen drei Methoden aufzeigen.

Beispiel 2:

Um das erfindungsgemäße Verfahren noch genauer zu erläutern und um die Wichtigkeit der Einhaltung der richtigen Spannungs- und Beleuchtungsbedingungen aufzuzeigen, wurde ein mit Stufen versehenes Siliciumplättchen vom P-Typ mit einem Durchmesser von 82,5 Millimeter und einem spezifischen Widerstand von $2 \Omega \text{ cm}$ geprüft. Vorangegangen war das Abschneiden des Plättchens von einem großen Kristall und das Ätzen der Stufen.

Die Höhen der Stufen sind in der Tabelle III aufgelistet.

Tabelle III

| | <u>Stufe</u> | <u>Höhe (μm)</u> |
|----|--------------|--|
| | 1 | 0 |
| | 2 | 5,0 |
| | 3 | 5,5 |
| 35 | 4 | 6,5 |
| | 5 | 5,0 |
| | 6 | 7,0 |
| | 7 | 7,5 |
| | 8 | 8,5 |

- Das Ergebnis der Flugprüfung ist wie folgt erfasst:
1. Der Flug ist als gut eingestuft und darf ausgewertet werden.
2. Der Flug ist als gut eingestuft und darf mit einer Auszeichnung für mehrere weitere Flüge benutzt werden. Es sind jedoch nur die Flüge an der Teststrecke zu benutzen. Die Strecke ist von der Strecke 30 bis 50 zu reiseigen. Das Ergebnis der Flüge ist auf den Dokumenten zum Erleichterung der Bewertung einzutragen. Eine Flug- SK zeigt die Plättchenbeschaffung für den Flug. Ein
3. Motor: Der Motor ist als gut eingestuft und darf sichtbar auf der Strecke 30 bis 50 benutzt werden. Es muss ein Stator im Motor vorhanden sein. SK wurde erhalten.
4. RILLE: Der RILLE ist als gut eingestuft und darf das
5. Motor: Der Motor ist als gut eingestuft und darf sichtbar auf der Strecke 30 bis 50 benutzt werden.

Flugprüfungsergebnis

6. Motor: Der Motor ist als gut eingestuft und darf sichtbar auf der Strecke 30 bis 50 benutzt werden.
7. RILLE: Der RILLE ist als gut eingestuft und darf das
8. Motor: Der Motor ist als gut eingestuft und darf sichtbar auf der Strecke 30 bis 50 benutzt werden.
9. RILLE: Der RILLE ist als gut eingestuft und darf das
10. Motor: Der Motor ist als gut eingestuft und darf sichtbar auf der Strecke 30 bis 50 benutzt werden.



- 14 -

führt. Die Ergebnisse, welche unter verschiedenen Spannung- und Beleuchtungsbedingungen erhalten worden sind, werden zum Vergleich zusammen mit Kondensator-Leckstrommessungen dargestellt.

- 5 Auf dem Substrat wurde bei 1000° C eine 5000 Angström dicke Siliciumdioxidschicht thermisch aufgewachsen. Aluminiumpunkte, welche einen Durchmesser von ungefähr 1,5 mm hatten, wurden auf der Oxidschicht abgeschieden und anschließend wurden die Kondensator-Leckströme an jedem
10 dritten Punkt gemessen. Eine Karte der Punkte, an denen die Leckströme größer als 6 Nanoampere waren, ist in der Fig. 6B dargestellt. Da nur jeder dritte Punkt geprüft wurde, wurde immer dann, wenn an einem geprüften Punkt 6 Nanoampere überschritten wurden, eine Anordnung von neun
15 Punkten, welche die 8 den Meßpunkt umgebenden Punkte einschloß, in der Fotografie mit Tinte schwarz gemacht. Dies ergibt eine flächentreue Gewichtung der Bauteile mit Leckströmen ober- und unterhalb des 6 Nanoampere-Niveaus.
Die Aluminiumpunkte wurden mittels eines Aluminiumätz-
20 mittels entfernt und das Oxid wurde mit Flußsäure abgelöst. Das Substrat wurde gereinigt, indem es 5 Min. lang in ein ultraschallergregtes Halbleiterreinigungsbad gelegt wurde, anschließend wurde in deionisiertem Wasser gespült. Es folgte ein 30 bis 60 Sek. dauerndes zweites Ein-
25 tauchen in verdünnte Flußsäure (10 Vol.% HF in Wasser), eine Spülung in deionisiertem Wasser, ein 1 Min. dauerndes Eintauchen in das Reinigungsbad und eine abschließende Wasserspülung.

30 Das gereinigte Substrat wurde in die Testzelle 19 gelegt, in welcher sich eine 2 Vol.%ige Schwefelsäurelösung befand, und dann wurde 5 Sek. lang im Dunkeln eine Vorspannung von -5 Volt an das Substrat gelegt. Unter diesen Bedingungen konnte keine Wasserstoffentwicklung festgestellt

werden. Es floß ein Strom von 9 Milliampere. Als nächstes wurde 5 Sek. lang eine negative Vorspannung von 5 Volt an das Substrat gelegt und außerdem wurde die Plättchenoberfläche mit einer Beleuchtungsstärke, welche größer als 5 2690 lx war, beleuchtet. Es floß ein Strom von 112 mA. Unter diesen Bedingungen fand in zwei Quadranten der Oberfläche eine Wasserstoffentwicklung statt. Es war aber so, daß die Wasserstoffentwicklung in einem dieser Quadranten nicht mit den Störstellen, welche aufgrund von 10 Kondensator-Leckstrommessungen in der Fig. 6D eingetragen worden sind, übereinstimmen. Als nächstes wurde an das Plättchen eine negative Vorspannung von 60 Volt 5 Sek. lang gelegt, wobei die Plättchenoberfläche mit einer Beleuchtungsstärke von etwa 645 lx beleuchtet wurde. Bei 15 Spannungen und Beleuchtungsstärken, welche in dieser Größenordnung liegen, wird das erfindungsgemäße Verfahren durchgeführt. Das Wasserstoffbläschenmuster, welches sich entwickelte, wurde fotografiert. Das Ergebnis zeigt die Fig. 6A. Man sieht, daß die Störstellenplätze, welche 20 mittels des Bläschenests bestimmt wurden (siehe Fig. 6A), gut mit denjenigen, die in der Fig. 6B gezeigt sind, übereinstimmen. Die Fehlstellen befinden sich entlang der Peripherie des Substrats und erstrecken sich in den oberen rechten Quadranten des Substrats hinein.

25 Die oben beschriebenen Prüfungen wurden wiederholt mit einer Probe, welche auch ein kupferpoliertes Siliciumsubstrat mit einem Durchmesser von 82,5 mm und einem spezifischen Widerstand von $2 \Omega \text{ cm}$ war. Auf dem Substrat befand sich eine 5.000 Angström dicke Siliciumdioxidschicht, welche bei 1.000° C thermisch aufgewachsen worden war. Aluminiumpunkte waren auf der Oxidschicht abgeschieden und Kondensator-Leckströme wurden an jedem dritten Punkt gemessen. Eine Karte mit den Kondensator-Leckströmen, welche 30 größer als 6 Nanoampere sind, ist in der Fig. 7B gezeigt. Nachdem Ablösen des Aluminiums und des Oxids wurde das 35 FI 977 004

Substrat im Reinigungsbad und in Flußsäure gereinigt, wie es oben beschrieben worden ist. Mit der Probe wurde dann der Bläschen test in der Testzelle 19 durchgeführt, wobei ein Elektrolyt verwendet wurde, welcher eine 2 Vol.%ige
5 Lösung von Schwefelsäure in deionisiertem Wasser war. Zunächst wurde im Dunkeln 5 Min. lang eine negative Vorspannung von 5 Volt an das Siliciumsubstrat gelegt. Dabei wurde keine Wasserstoffentwicklung festgestellt. Es floß ein Strom von 3 mA. Bei einer 5 Sek. lang dauernden Be-
10 strahlung der Plättchenoberfläche mit einer Beleuchtungsstärke, welche größer 2690 lx war, wobei eine negative Vorspannung von 5 Volt angelegt wurde, wurde nur eine sehr kleine Wasserstoffmenge gebildet. Es floß ein Strom von 120 mA. Unter erfindungsgemäßen Prüfbedingungen, wobei
15 5 Sek. lang eine negative Vorspannung von 60 Volt an das Siliciumsubstrat angelegt wurde und die Substratoberfläche mit einer Beleuchtungsstärke von etwa 645 lx bestrahlt wurde, wurde ein Wasserstoffbläschenmuster erzeugt, wie es die Fig. 7A wiedergibt. Man sieht, daß eine gute Übereinstim-
20 mung zwischen dem in der Fig. 7A gezeigten Bläschenmuster und der aufgrund der Kondensator-Leckstrommessungen er- stellt und in der Fig. 7B dargestellten Karte vorhanden ist.

25 Beispiel 4:

Dieses Beispiel soll die Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens beim Lokalisieren von elektrisch aktiven Stellen in einer Struktur mit P/N-Übergängen erläutern.
30 Ein Siliciumsubstrat vom P-Typ mit einem spezifischen Widerstand von $20 \Omega \text{ cm}$, welche einen ganzflächig eindiffundierten Subkollektorbereich vom N⁺-Typ und eine über abdeckenden Epitaxieschicht vom N⁻-Typ hatt, wurde nach thermischer Oxydation mit einer ungefähr 100 mikron dicken Schicht vom Siliciumdioxid bedeckt, auf welchen Aluminiumpunkte niedergeschlagen wurden. Die Kondensatoren

Leckströme wurden gemessen und eine Karte der Leckströme, welche größer als 6 Nanoampere sind, wurde erstellt. Die Karte ist in der Fig. 8 gezeigt. Die Punkte, an welchen mehr als 6 Nanoampere gemessen wurden, sind mit Tinte 5 in der Fotografie dunkel gemacht worden.

Die Aluminiumpunkte und ein Teil der Oxidschicht wurden vom Substrat abgelöst. Ein Oxdiring, welcher sich um die ganze Peripherie des Substrats, und zwar von der unteren 10 bis zur oberen Oberfläche, erstreckte, wurde stehengelassen, um zu verhindern, daß der Elektrolyt die Epitaxieschicht mit dem Substrat kurzschießt. Ein solcher Kurzschluß würde der Prüfung in die Quere kommen. Das Substrat wurde mittels des Verfahrens, welches im Beispiel 3 beschrieben 15 worden ist, gereinigt und dann in die Testzelle 19 gelegt. An das Substrat wurde 1 Sek. lang eine negative Vorspannung von 60 Volt gelegt und die Substratoberfläche wurde dabei mit einer Beleuchtungsstärke von etwa 645 lx beleuchtet. Das (nicht gezeigte) Wasserstoffbläschenmuster 20 wurde fotografiert. Auf der Fotografie kann man den Oxdiring am Substratrand, an welchem die Bläschen aufhören, sehen. Es besteht eine gute Korrelation zwischen den beiden Prüfungen, welche besonders deutlich ist in dem großen Störstellenbereich in dem unteren rechten Quadranten 25 des in der Fig. 8 gezeigten Substrats.

Im Obengesagten wurde ein nicht zerstörendes Verfahren zur raschen Bestimmung der elektrischen Qualität von Halbleitersubstraten und großflächigen P/N-Übergängen dargestellt. 30 Es kann, wie sich aus den Darlegungen ergibt, leicht an die Erfordernisse bei der Herstellung integrierter Schaltungen angepaßt werden. Es ist eine gute Übereinstimmung mit anderen Prüfungsverfahren, wie z. B. der Raster-Oszilloskop-Topographie und den Kondensator-Leckstrommessungen. Vorchil 35 den und das erfindungsgemäße Verfahren erfordert nur einen Bruchteil der Zeit, welche für die genannten anderen Ver-

- 18 -

- 5 fahren benötigt werden. Für die Verfahren wird eine relativ einfache Testvorrichtung benötigt und mittels üblicher fotografischer Methoden kann die Plättchenqualität leicht dokumentiert werden. Es ist mit dem erfindungsgemäßen Verfahren möglich, zwischen verschiedenen Graden der Störung
10 zu unterscheiden, indem die Zeitdauer, während der die Vorspannung an das Substrat angelegt wird, in festgelegter Weise variiert wird. Die Prüfung kann nicht nur dazu benutzt werden, um die Plättchenqualität und den Grad der Störung nach dem Versägen, dem chemischen Dünnen, dem Polieren usw. festzustellen, sondern es kann auch dazu benutzt werden, um die Qualität von Epitaxieschichten und/ oder P/N-Übergängen zu überprüfen und um den Einfluß von verschiedenen Getterprozessen auf die elektrischen Defekte zu ermitteln.

20

- 1 -

P A T E N T A N S P R Ü C H E

1. Verfahren zum Auffinden elektrisch aktiver Störstellen in einem einkristallinen Halbleitersubstrat, wobei das Halbleitersubstrat in eine verdünnte Elektrolytlösung gelegt, gegenüber dieser negativ vorgespannt und beleuchtet wird, dadurch gekennzeichnet, daß die Substratoberfläche mit einer Beleuchtungsstärke im Bereich zwischen etwa 538 und etwa 807 lx beleuchtet wird, daß das Substrat (21) eine festgelegte Zeit gegenüber der Elektrolytlösung (23) mit einer Spannung im Bereich zwischen etwa 50 und etwa 65 Volt vorgespannt wird, so daß sich an den elektrisch aktiven Störstellenplätzen Wasserstoffbläschen entwickeln, und daß die Lage der Wasserstoffbläschen registriert wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß als Elektrolytlösung eine wässrige Säurelösung verwendet wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß eine Säure aus der Gruppe Schwefelsäure, Flußsäure und Essigsäure verwendet wird.

- 2 -

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß eine wässrige, etwa 1 bis etwa 2,5 Vol.%ige Schwefelsäurelösung verwendet wird.
5. 5. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Spannung zwischen etwa 1 und etwa 15 Sek. lang angelegt wird.
- 10 6. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Wasserstoffbläschen und ihre Lage fotografisch registriert werden.
- 15 7. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß es auf ein Halbleitersubstrat vom P-Typ angewandt wird.
8. 20 Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß es auf Substrate aus Silicium oder Germanium angewandt wird.
9. 25 Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß es auf ein Halbleitersubstrat angewandt wird, welches mindestens einen P/N-Übergang enthält.
10. 30 Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß es auf ein Halbleitersubstrat vom P-Typ angewandt wird, auf welches eine Epitaxieschicht vom N-Typ aufgebracht ist.

0000409

1/3

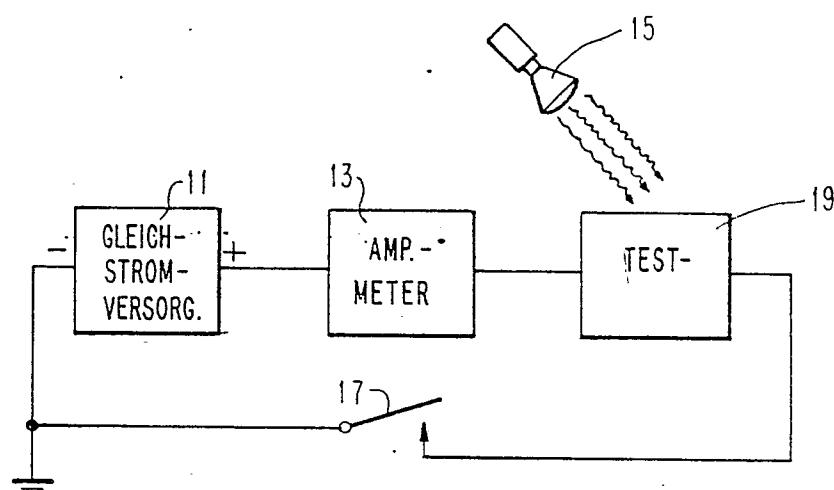


FIG.1

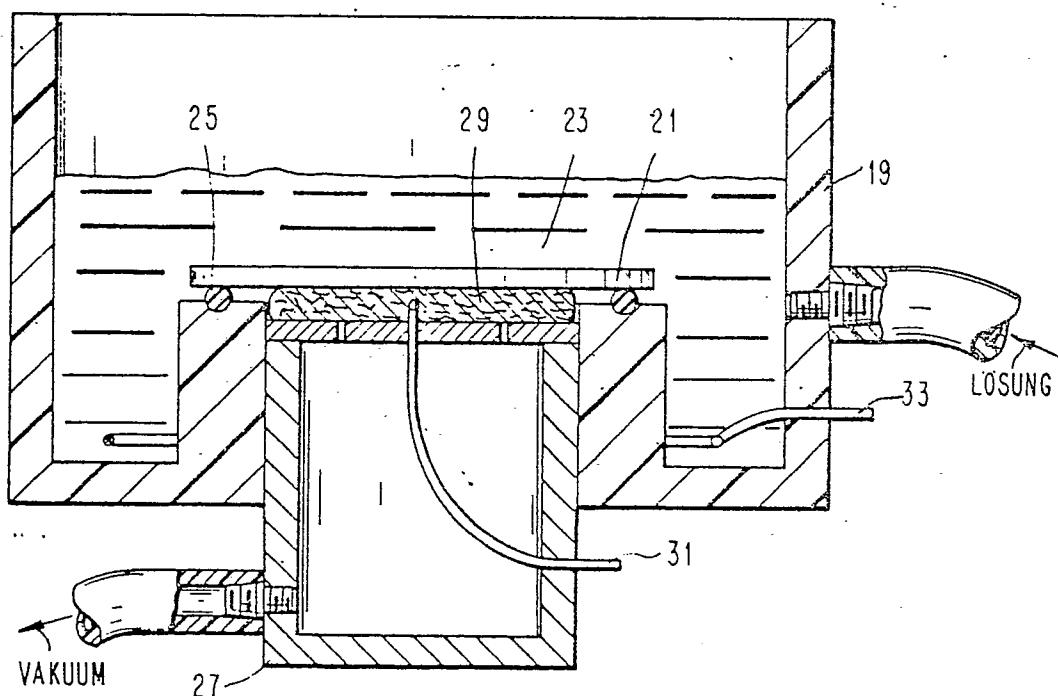


FIG.2

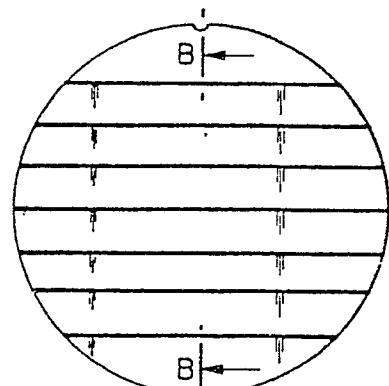


FIG. 3A



FIG. 3B

3000489

273

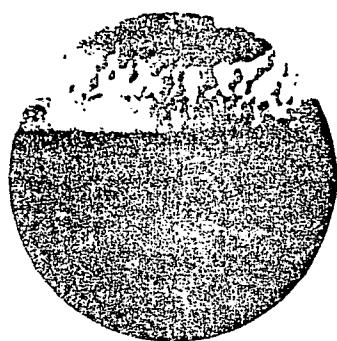


FIG. 4A



FIG. 4B

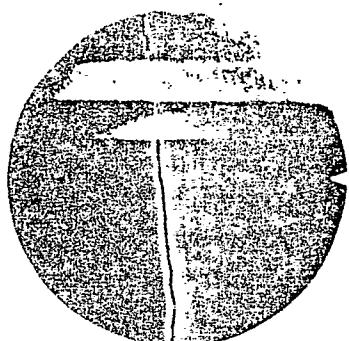


FIG. 5A



FIG. 5B

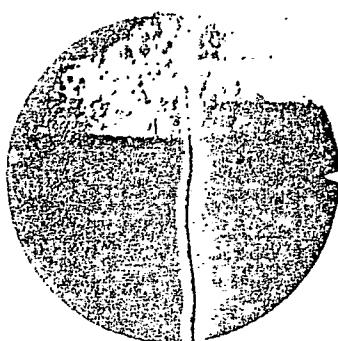


FIG. 5C



FIG. 5D



100-19463

3/3

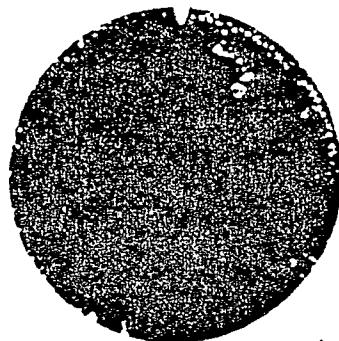


FIG. 6A

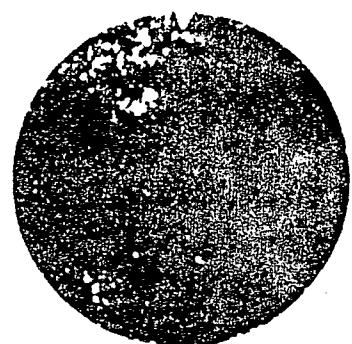


FIG. 7A

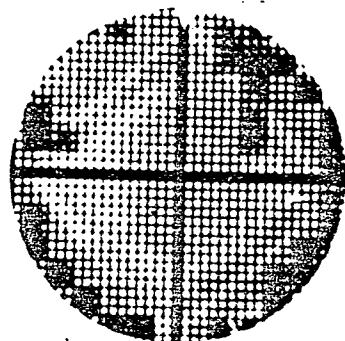


FIG. 6B

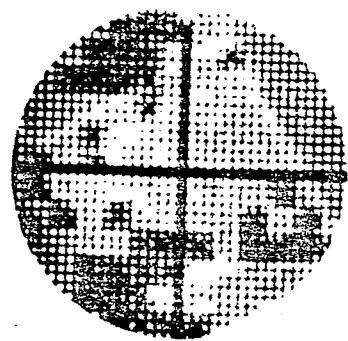


FIG. 7B

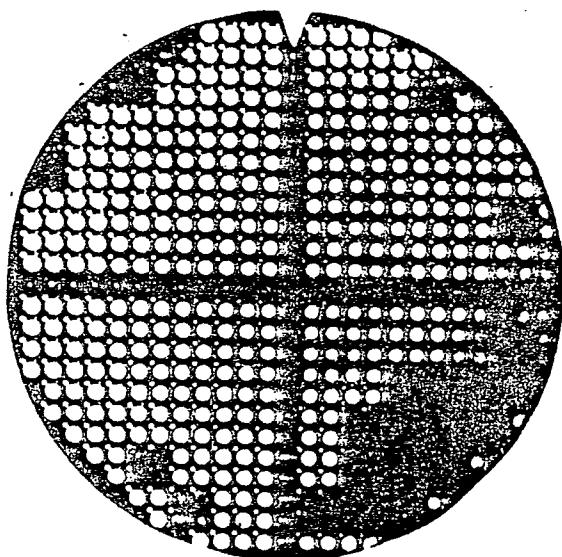


FIG. 8



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EF 78 10 0335

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE

| EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE | | | KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl. ²) |
|---|--|-------------------|--|
| Kategorie | Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile | betrifft Anspruch | |
| | <p>ELECTRONICS, Vol. 42, Nr. 13, 23.Juni 1969, New York (USA) Reports Pinholes "Finding pesky flaws in oxide", Seiten 45-46 * Seite 45, Absatz "Gas test"; Figuren *</p> <p>-----</p> | 1 | H 01 L 21/66 G 01 R 31/28 |
| | | | RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl. ²) |
| | | | H 01 L 21/66 G 01 R 31/28 |
| | | | KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE |
| <p>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 &: Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument</p> | | | |
| <p> Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt.</p> | | | |
| Recherchenort | Abschlußdatum der Recherche | Prüfer | |
| Den Haag | 26-10-1978 | PELTERS | |

N

Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt.

| | | |
|---------------------------|---|-------------------|
| Recherchenort Den Haag | Abschlußdatum der Recherche 26-10-1978 | Prüfer PELTERS |
|---------------------------|---|-------------------|