



| | | |
|--|-----------|---|
| (51) Internationale Patentklassifikation⁶ : H01L 21/306, H01S 3/19 | A1 | (11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 98/14988 (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 9. April 1998 (09.04.98) |
|--|-----------|---|

| | |
|--|--|
| (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE97/02121 (22) Internationales Anmeldedatum: 18. September 1997 (18.09.97) (30) Prioritätsdaten: 196 40 422.3 30. September 1996 (30.09.96) DE (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, D-80333 München (DE). (72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): KLIMARS, Stefan [DE/DE]; Grossprüfening 22 F, D-93049 Regensburg (DE). | (81) Bestimmungsstaaten: US, europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE). Veröffentlicht <i>Mit internationalem Recherchenbericht. Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen Frist. Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen.</i> |
|--|--|

(54) Title: PROCESS FOR WET CHEMICAL ETCHING OR SURFACE CLEANING OF MIXED CRYSTAL COMPOUNDS CONTAINING ARSENIC

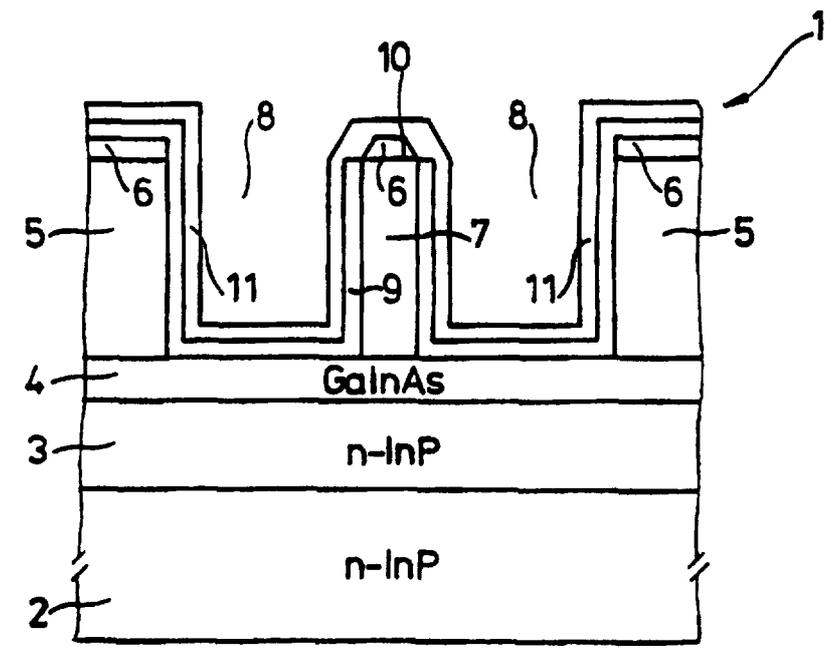
(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR NASS-CHEMISCHEN ÄTZUNG BZW. OBERFLÄCHENREINIGUNG VON ARSENHALTIGEN MISCHKRYSTALLVERBINDUNGEN

(57) Abstract

This invention concerns a process for wet chemical etching or surface cleaning of mixed crystal compounds containing arsenic in III-V-semiconductor systems, which are based, in particular, on InP and/or GaAs. To carry out wet chemical etching or surface cleaning, an etching or cleaning solution containing sulphuric acid and an oxidizing agent is used. The volume concentration of the oxidizing agent in the etching or cleaning solution is lower than 3 %.

(57) Zusammenfassung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur nass-chemischen Ätzung bzw. Oberflächenreinigung von arsenhaltigen Mischkristallverbindungen bei III-V-Halbleitersystemen, welche insbesondere auf InP und/oder GaAs basieren. Zur Durchführung der nass-chemischen Ätzung bzw. Oberflächenreinigung wird eine Ätz- bzw. Reinigungslösung mit den Bestandteilen Schwefelsäure und einem Oxidationsmittel verwendet, wobei die Volumenkonzentration des Oxidationsmittels in der Ätz- bzw. Reinigungslösung kleiner als etwa 3 % beträgt.



(57) Zusammenfassung (continued from above)

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

| | | | | | | | |
|----|------------------------------|----|-----------------------------------|----|---|----|--------------------------------|
| AL | Albanien | ES | Spanien | LS | Lesotho | SI | Slowenien |
| AM | Armenien | FI | Finnland | LT | Litauen | SK | Slowakei |
| AT | Österreich | FR | Frankreich | LU | Luxemburg | SN | Senegal |
| AU | Australien | GA | Gabun | LV | Lettland | SZ | Swasiland |
| AZ | Aserbaidshan | GB | Vereinigtes Königreich | MC | Monaco | TD | Tschad |
| BA | Bosnien-Herzegowina | GE | Georgien | MD | Republik Moldau | TG | Togo |
| BB | Barbados | GH | Ghana | MG | Madagaskar | TJ | Tadschikistan |
| BE | Belgien | GN | Guinea | MK | Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien | TM | Turkmenistan |
| BF | Burkina Faso | GR | Griechenland | ML | Mali | TR | Türkei |
| BG | Bulgarien | HU | Ungarn | MN | Mongolei | TT | Trinidad und Tobago |
| BJ | Benin | IE | Irland | MR | Mauritanien | UA | Ukraine |
| BR | Brasilien | IL | Israel | MW | Malawi | UG | Uganda |
| BY | Belarus | IS | Island | MX | Mexiko | US | Vereinigte Staaten von Amerika |
| CA | Kanada | IT | Italien | NE | Niger | UZ | Usbekistan |
| CF | Zentralafrikanische Republik | JP | Japan | NL | Niederlande | VN | Vietnam |
| CG | Kongo | KE | Kenia | NO | Norwegen | YU | Jugoslawien |
| CH | Schweiz | KG | Kirgisistan | NZ | Neuseeland | ZW | Zimbabwe |
| CI | Côte d'Ivoire | KP | Demokratische Volksrepublik Korea | PL | Polen | | |
| CM | Kamerun | KR | Republik Korea | PT | Portugal | | |
| CN | China | KZ | Kasachstan | RO | Rumänien | | |
| CU | Kuba | LC | St. Lucia | RU | Russische Föderation | | |
| CZ | Tschechische Republik | LI | Liechtenstein | SD | Sudan | | |
| DE | Deutschland | LK | Sri Lanka | SE | Schweden | | |
| DK | Dänemark | LR | Liberia | SG | Singapur | | |
| EE | Estland | | | | | | |

Beschreibung

Verfahren zur nass-chemischen Ätzung bzw. Oberflächenreinigung von arsenhaltigen Mischkristallverbindungen

5

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur nass-chemischen Ätzung bzw. Oberflächenreinigung von arsenhaltigen Mischkristallverbindungen bei III-V-Halbleitersystemen, welche insbesondere auf InP und/oder GaAs basieren. Die Erfindung bezieht sich ferner auf ein Verfahren zur Herstellung eines Stegwellenleiters in III-V-Verbindungshalbleiter-Schichtstrukturen, insbesondere zur Herstellung einer sogenannten Metal-Clad-Ridge-Waveguide - (MCRW-) Laservorrichtung auf InGaAsP/InP-Basis, sowie die Verwendung einer Ätz- bzw. 10 Reinigungslösung mit den Bestandteilen Schwefelsäure und einem Oxidationsmittel. 15

Herkömmliche nass-chemische Ätzverfahren an arsenhaltigen Schichten der III-V-Halbleitersysteme auf der Basis von InP 20 und GaAs beruhen meist auf Lösungen mit den Bestandteilen Schwefelsäure konzentriert (d.h. etwa 96 %-ige wässrige Lösung), Wasserstoffperoxid 30 % und Wasser. Solche Verfahren sind beispielsweise aus J. Electrochem. Soc.: Solid-State Science, Vol. 118, No. 5, Mai 1971, pp 768 - 771 bekannt ge- 25 worden. Bei einem hohen Schwefelsäuregehalt in der Lösung, beispielsweise den Volumen-Mischungsverhältnissen 5:1:1 oder 3:1:1 (jeweils Schwefelsäure konzentriert:Wasserstoffperoxid:Wasser) bilden diese Komponenten hochviskose Mischungen, die polierend ätzen, und dabei außerdem mit steigendem Arsen- 30 gehalt der zu ätzenden Schicht zunehmende Ätzraten aufweisen. Bei jedem Ansatz einer derartigen Ätzlösung tritt aufgrund der Volumenverhältnisse eine erhebliche Erwärmung auf, was sich im Hinblick auf Kontrollierbarkeit und Reproduzierbarkeit der geätzten Strukturen nachteilig auswirken kann. Im 35 Allgemeinen muss daher die bei Schwefelsäure/Wasser- bzw. Schwefelsäure/Wasserstoffperoxid-Ätzlösungen auftretende Hydrationswärme bei der Anwendung bei III-V-Halbleiter-

schichten des InP- oder GaAs-Systems abgeführt werden. Die Ätzlösung wird zumeist bei Raumtemperatur eingesetzt, um die Ätzwirkung kontrollierbar zu halten. Die bei der zum Teil starken Erwärmung der Ätzlösung eintretende thermische Zersetzung des Wasserstoffperoxid-Anteils begrenzt vor allem die Reproduzierbarkeit der Ätzwirkung. Das Ätzergebnis wird abhängig vom Mischungsverfahren der Bestandteile der Ätzlösung und von der Standzeit der Ätzlösung. Da des Weiteren die vorbekannten Zusammensetzungen in der Regel auch als Polierätzlösungen für InP benutzt werden, ist die Ätzselektivität nicht so groß wie gewünscht. Der mit dem Lösungsmittel Wasser volumengleiche Wasserstoffperoxidanteil bedingt relativ hohe Ätzraten. Derartige Ätzlösungen kommen daher für Anwendungen mit hohen Anforderungen an die Strukturgenauigkeiten nicht in Betracht.

Gleichzeitig mit der Ätzwirkung liegt bei den vorbekannten Ätzlösungen mit hohem Schwefelsäuregehalt im Beisein eines Oxydationsmittels wie Wasserstoffperoxid eine universelle Reinigungswirkung vor, die - wie in der Si-Wafer-Technologie praktiziert - durch hohe Temperaturen unterstützt wird (sogenannte RCA-Reinigung). Der Effekt der Eigenerwärmung bei einer Vermischung der Bestandteile der Ätzlösung ist daher für diese Anwendungen besonders von Nutzen.

Ein weiterer Einsatzbereich bekannter Ätzlösungen betrifft diejenigen Fälle, bei denen die Reaktionsrate im Vergleich zu den vorstehend genannten 5/3:1:1-Ätzlösungen reduziert werden muss und die Anforderungen im Hinblick auf die Strukturgenauigkeiten nicht sonderlich hoch sind. Bei solchen Anwendungen kommen Volumenzusammensetzungen von 1:8:20 oder 1:8:80 oder 1:1:50 (jeweils konzentrierte Schwefelsäure:30 %-iges Wasserstoffperoxid:Wasser) für den selektiven, kontrollierten Ätzabtrag in III-V-Halbleitersystemen zum Einsatz. Häufig ist das Ziel hierbei die Strukturierung von Kontaktschichten. Wegen des im Allgemeinen niedrigen Schwefelsäuregehalts entsteht bei diesen Lösungen während der Mischung keine merkli-

che Hydratationswärme. Aus demselben Grund gehen jedoch einige wichtige chemisch-physikalische Eigenschaften verloren. Hierzu zählt die Reinigungswirkung gegenüber Partikeln, anorganischen und organischen Verbindungen, sowie die relativ hohe Viskosität hochkonzentrierter Schwefelsäure.

Weitere Einzelheiten zu den vorbekannten Verfahren bei der nass-chemischen Ätzung bzw. Oberflächenreinigung von arsenhaltigen Mischkristallverbindungen sind beispielsweise aus D. T. C. Huo, J. D. Wynn, S. G. Napholtz, D. P. Wilt, Preferential Etching of InP Through Photoresist Masks, J. Electrochem. Soc.: SOLID-STATE SCIENCE AND TECHNOLOGY, September 1988, Vol. 135, No. 9, Seiten 2334 bis 2338, sowie L. A. Coldren, K. Furuya, B. I. Miller, On the Formation of Planar-Etched Facets in GaInAsP/InP Double Heterostructures, J. Electrochem. Soc.: SOLID-STATE SCIENCE AND TECHNOLOGY, September 1983, Vol. 130, No. 9, Seiten 1918 bis 1926 bekannt geworden. Ein Verfahren zur Herstellung eines Stegwellenleiters ist beispielsweise aus der US 5 059 552 bekannt.

20

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur nass-chemischen Ätzung bzw. Oberflächenreinigung arsenhaltiger Mischkristallverbindungen der III-V-Halbleitersysteme zur Verfügung zu stellen, welches unabhängig von Unzulänglichkeiten der Maskenhaftung der bei der Ätzung bzw. Reinigung zum Einsatz gelangenden Ätzmaske und unabhängig von sonstigen störenden mechanisch-physikalischen Einflüssen wie beispielsweise Kratzern und dergleichen eine kontrollierte, lateral gleichmäßige Ätzwirkung ermöglicht.

30

Diese Aufgabe wird durch das Verfahren gemäß Anspruch 1 gelöst. Eine bevorzugte Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist im Anspruch 9, eine bevorzugte Verwendung der erfindungsgemäßen Ätz- bzw. Reinigungslösung im Anspruch 21 angegeben.

35

Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass zur Durchführung der nass-chemischen Ätzung bzw. Oberflächenreinigung eine Ätz- bzw. Reinigungslösung mit den Bestandteilen Schwefelsäure und einem Oxidationsmittel verwendet wird, wobei die Volumenkonzentration des Oxidationsmittels in der Ätz- bzw. Reinigungslösung kleiner als etwa 3 % beträgt. Hierbei ist insbesondere vorgesehen, dass die in der Ätz- bzw. Reinigungslösung verwendete Schwefelsäure in nichtkonzentrierter Form vorliegt, insbesondere in 75 %-iger Konzentration. Von besonderem Vorteil stellt das in der Ätz- bzw. Reinigungslösung verwendete Oxidationsmittel Wasserstoffperoxid dar.

Die Erfindung beruht auf der Erkenntnis, eine Ätz- und Reinigungslösung für arsenhaltige Mischkristallverbindungen der III-V-Halbleitersysteme basierend insbesondere auf InP und GaAs mit den Bestandteilen Schwefelsäure, Wasserstoffperoxid, Wasser zu verwenden, bei der anstelle einer konzentrierten Schwefelsäure eine mit Wasser verdünnte Schwefelsäure vorgesehen wird, wobei das Schwefelsäure-Wasser-Verhältnis voreingestellt ist, und darüber hinaus eine nur geringe Konzentration des Oxidationsmittels Wasserstoffperoxid von weniger als etwa drei Volumenprozent vorzusehen. Aufgrund der erfindungsgemäßen Zusammensetzung der Ätz- und Reinigungslösung werden zum Einen die im Hinblick auf die entstehende Hydratationswärme und damit zusammenhängend eintretenden thermischen Zersetzungens insbesondere des Wasserstoffperoxidanteils einhergehenden Nachteile vermieden, und zum Anderen bleiben die günstigen chemischen und physikalischen Eigenschaften einer Ätzlösung mit hohem Schwefelsäuregehalt erhalten. Erfindungsgemäß wird die Ätzaktivität der Ätzlösung an arsenhaltigen Schichten allein durch den variablen Wasserstoffperoxidanteil bestimmt.

Hierdurch bedingt ergeben sich für nass-chemische Ätz- bzw. Reinigungslösungen im angegebenen Anwendungsbereich völlig neuartige vorteilhafte Eigenschaften:

- Die Maskenunterätzung wird nicht mehr durch die Maskenhaftung als schwer zu kontrollierendem Parameter bestimmt.
- Unter der Voraussetzung chemischer Homogenität des Schichtmaterials lässt sich eine kontrollierte, lateral extrem gleichmäßige Ätzwirkung erzielen, die nicht einmal durch mechanisch-physikalische Einflüsse wie etwa Kratzer oder dergleichen zu stören ist (die vertikale Gleichmäßigkeit der Ätzung ist durch die vorhandene Selektivität gegenüber chemisch heterogenen Schichtsystemen vieler III-V-Halbleiterbauelemente ohnehin gegeben).
- Eine Unterätzung als meist unvermeidbare Begleiterscheinung herkömmlicher nass-chemischer Ätzverfahren wird nach der Erfindung zu einem gezielt nutzbaren Effekt. So können beispielsweise komplizierte Verfahrenstechniken für Abhebeprozesse überflüssig gemacht werden.

Die genannten vorteilhaften Merkmale der Ätzwirkung hängen unmittelbar mit einigen der folgenden Grundeigenschaften der erfindungsgemäßen Ätz- bzw. Reinigungslösung zusammen:

- Es liegt eine hohe Selektivität zwischen arsenhaltigen und nicht arsenhaltigen Schichten vor, das Ätzratenverhältnis beträgt demzufolge typischerweise mehr als etwa 500:1.
- Der geringe Wasserstoffperoxid-Volumenanteil in der Schwefelsäure-Mischung bedingt eine sehr hohe Selektivität zwischen herkömmlichen Positiv-Lacksystemen und ätzbarem Halbleitermaterial, wobei die Zersetzung der Photolacke aufgrund des Ätzangriffs so gering ist, dass sie nur bei Ätzzeiten im Bereich von Stunden überhaupt nachweisbar wird.
- Der Wirkungsmechanismus an arsenhaltigen Schichten wird über den Wasserstoffperoxidgehalt der Ätz- bzw. Reinigungslösung eindeutig bestimmt. Die Reaktionsrate und damit zusammenhängende Eigenschaften der Ätzlösung wie beispielsweise Richtungsunabhängigkeit der Ätzrate (isotropes Ätzverhalten) können somit gezielt auf spezielle Anwendungen abgestimmt werden.
- Die Ätz- bzw. Reinigungslösung kann wegen des verhältnismäßig hohen Schwefelsäuregehaltes als spezifische Reinigungs-

lösung benutzt werden, in dem der Wasserstoffperoxidgehalt - abhängig vom zu ätzenden arsenhaltigen Schichtmaterial - auf sehr niedrige Werte gesenkt wird (beispielsweise Volumenkonzentrationen im 0,1%-Bereich). Die Reaktionsraten sinken dabei auf nicht mehr feststellbare Werte. Im Übrigen kann die gleiche Ätz- bzw. Reinigungslösung durch eine nachträgliche Wasserstoffperoxidzugabe anschließend wieder zum Ätzen benutzt werden.

- Da der Lösungsansatz ein voreingestelltes Schwefelsäure/Wasser-Verhältnis verwendet, gibt es bei Zusatz des geringen Wasserstoffperoxidanteils keine merkliche Erwärmung.

Aus der fehlenden Eigenerwärmung leiten sich unmittelbar weitere wichtige Eigenschaften der erfindungsgemäßen Ätz- bzw. Reinigungslösung ab:

- Die Lösung ist sofort nach Zugabe des Wasserstoffperoxids und Durchmischung verwendbar.
- Es findet keine nachweisbare Zersetzung des durch Temperaturerhöhung besonders zersetzungsgefährdeten Wasserstoffperoxidanteils statt, da diese Substanz unter gewöhnlichen Lagerbedingungen bei Raumtemperatur stabil bleibt. Eine von selbst erzeugte störende Blasenbildung im Reaktionsmedium wird dadurch verhindert.
- Es ist durch gezielte Wasserstoffperoxid-Zugabe eine definierte Wasserstoffperoxid-Konzentrationseinstellung möglich. Eine Abhängigkeit vom Herstellungs- bzw. Mischungsverfahren (beispielsweise durch Größe des Mengensatzes oder Kühlungsbedingungen während der Mischung der Komponenten) kann nicht bestehen. Weiterhin sind Konzentrationsfehler durch Volumenausdehnungs- und Zersetzungseffekte ausgeschlossen.
- Die erfindungsgemäße Ätz- bzw. Reinigungslösung ermöglicht eine einfache Handhabbarkeit, da die Ätzlösung lediglich zweikomponentig und gefahrlos, d.h. ohne Erwärmung angesetzt werden kann.
- Lange Standzeiten der Lösung in der Größenordnung bis zu 48 Stunden sind durch den Einsatz stabiler bzw. stabil gehal-

tener Lösungskomponenten möglich. Frische Lösungsansätze oder definierte Standzeiten sind somit keine Voraussetzung für die Reproduzierbarkeit des Ätzergebnisses.

- 5 Die erfindungsgemäße Ätz- bzw. Reinigungslösung zeichnet sich aufgrund der vorgenannten Eigenschaften durch ein Höchstmaß an Reproduzierbarkeit und Gleichmäßigkeit in der Ätzwirkung aus. Das erfindungsgemäße nass-chemische Verfahren ist Trok-
- 10 kenätzverfahren in solchen Anwendungsfällen überlegen, bei denen es auf eine sehr hohe laterale Gleichmäßigkeit und definierte Maskenstrukturtreue ankommt. In vorteilhafter Weise tragen hierzu neben den bereits genannten Eigenschaften auch die folgenden günstigen Merkmale nass-chemischer Verfahren bei:
- 15 - Die Flanken der bei der Ätzung/Reinigung zum Einsatz gelangenden Photolackmasken sind im Wesentlichen erosionsfrei, so dass das laterale Ätzmaß unabhängig von Unterschieden in den Photolacksteilheiten eingestellt werden kann.
- Es findet eine Verrundung der Kantenformen bei der Masken-
- 20 struktur statt, was von Vorteil insbesondere bei Ätz- bzw. Reinigungslösungen mit isotropem Ätzverhalten ausgenutzt werden kann.

Die Kombination dieser Merkmale mit den vorstehend genannten

25 vorteilhaften Eigenschaften der erfindungsgemäßen Ätz- bzw. Reinigungslösung ergibt ein außergewöhnliches Ätzverhalten mit folgenden Charakteristika:

- Es ergibt sich eine Ausgleichswirkung bzw. Unempfindlich-
- 30 keit gegenüber lokalen Störungen der Maskengeometrie der verwendeten Photolackmaske.
- Es besteht eine Ausgleichswirkung bzw. Unempfindlichkeit sogar gegenüber lokalen Halbleiter-Strukturstörungen mechanisch-physikalischer Natur, beispielsweise aufgrund von Kratzern, Versetzungsnetzwerken und dergleichen.
- 35 - Das Ergebnis der Ätzung nach Verwendung der erfindungsgemäßen Ätz- bzw. Reinigungslösung zeigt eine außerordentliche

Unabhängigkeit gegenüber Haftungsunterschieden des Maskenmaterials auf der Halbleiteroberfläche.

Dank der extremen Gleichmäßigkeit im Unterätzungsverhalten
5 eignet sich das erfindungsgemäße Ätz- bzw. Reinigungslösungs-
system besonders für alle selbstjustierend hergestellte Bau-
elemente, deren Isolations- bzw. Passivierungsschicht vermit-
tels einem Abhebeschritt (sogenannter „Lift-Off-Prozess“)
strukturiert wird. So kann etwa das Herstellungsverfahren ei-
10 nes MCRW-Halbleiter-Lasers in idealer Weise von den eingangs
genannten vorteilhaften Nass-Ätz-Eigenschaften der erfin-
dungsgemäßen Ätz- und Reinigungslösung profitieren. Eine er-
hebliche Verfahrensvereinfachung, zusammen mit einem Gewinn
an Prozess-Sicherheit ermöglicht beachtliche Fortschritte im
15 Hinblick auf die Ausbeute und die Verkürzung der Durchlauf-
zeit bei der Herstellung derartiger Halbleiterlaservorrich-
tungen.

Demgemäß eignet sich die erfindungsgemäße Ätz- bzw. Reini-
20 gungslösung zur Herstellung eines Stegwellenleiters in III-V-
Verbindungshalbleiter-Schichtstrukturen, insbesondere mit den
Schritten: Fertigen einer auf einem Halbleiter-Substrat ins-
besondere durch epitaktisches Aufwachsen ausgebildeten Grund-
struktur mit einer ersten Mantelschicht, einer auf der ersten
25 Mantelschicht abgeschiedenen aktiven Zone bestehend aus ein-
heitlichem Material oder aus einer Wechselfolge von Quanten-
töpfen und Barrieren, einer auf der aktiven Zone abgeschiede-
nen zweiten Mantelschicht und einer auf der zweiten Mantel-
schicht abgeschiedenen Kontaktschicht; ganzflächiges Abschei-
30 den und Strukturieren einer Grabenmaske zur Festlegung eines
Grabenbereichs, der eine vielfache Breite eines nachfolgend
innerhalb des Grabenbereichs aus der zweiten Mantelschicht
und der Kontaktschicht zu erzeugenden Steges besitzt; Ausbil-
den einer im Wesentlichen streifenförmigen Stegmaske inner-
35 halb des Grabenbereichs; selektives Ätzen der Kontaktschicht
und der zweiten Mantelschicht unter Verwendung der Grabenmas-
ke und der Stegmaske als Abdeckmasken zur Ausbildung des Ste-

ges des Stegwellenleiters bei gleichzeitiger Ausbildung eines Grabens innerhalb des Grabenbereiches; im Wesentlichen kantenkonformes Abscheiden einer Passivierungsschicht aus elektrisch isolierendem Material; Abheben des auf der Stegmaske abgeschiedenen Materials der Passivierungsschicht durch Entfernen des unterliegenden Maskenmaterials der Stegmaske; und Abscheiden einer Metallisierungsschicht für den elektrischen Anschluss des Steges.

10 Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Verfahrens bzw. der erfindungsgemäßen Verwendung ergeben sich aus den weiteren Ansprüchen.

Weitere Merkmale, Vorteile und Zweckmäßigkeiten der Erfindung
15 ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen anhand der Zeichnung. Es zeigen:

Figuren 1 bis 8 in schematischen Schnittansichten die Reihenfolge der Prozess-Schritte eines Verfahrens zur Herstellung eines Stegwellenleiters in III-V-Verbindungshalbleiter-Schichtstrukturen gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung;

Figur 9 eine schematische Draufsicht einer Photolackstruktur, deren ursprüngliche 90°-Kanten infolge der Unterätzung nach einem isotropen nass-chemischen Ätzschritt bei der Strukturierung einer InGaAsP-Kontaktschicht verrundet werden;

30 Figur 10 eine schematische Draufsicht zur Erläuterung des Ausgleiches bzw. Glättung massiver Randstörungen einer Photolackmaske am Beispiel einer kreisförmigen Kontaktbereichsstrukturierung in einem InGaAsP-Schichtmaterial; und

35

Figur 11 eine schematische Draufsicht einer Stegwellenleiter-Struktur zur Erläuterung der Unabhängigkeit des er-

findungsgemäßen Ätzverfahrens gegenüber lokalen Halbleiter-Strukturstörungen mechanisch-physikalischer Natur.

5 Anhand der Figuren 1 bis 8 wird zunächst eine bevorzugte Anwendung des erfindungsgemäßen Ätz- bzw. Reinigungsverfahrens bei der Herstellung einer Metal-Clad-Ridge-Waveguide - (MCRW-) Laservorrichtung gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung beschrieben.

10

Bevor die einzelnen Verfahrensschritte zur Fertigung einer erfindungsgemäßen Halbleiterlaservorrichtung gemäß Ausführungsbeispiel anhand der Figuren 1 bis 7 näher erläutert wird, wird zunächst anhand der schematischen Darstellung nach

15 Figur 8 die fertiggestellte Halbleiterlaservorrichtung erläutert. Das Ausführungsbeispiel nach Figur 8 umfasst eine Metal-Clad-Ridge-Waveguide- (MCRW-) Laservorrichtung 1 mit einer auf einem Halbleiter-Substrat 2 aus n-dotiertem InP insbesondere durch epitaktisches Aufwachsen ausgebildeten Grundstruktur

20 mit einer gleichfalls aus n-dotiertem InP bestehenden ersten Mantelschicht 3, einer auf der ersten Mantelschicht 3 abgeschiedenen aktiven Zone 4, einer auf der aktiven Zone 4 abgeschiedenen zweiten Mantelschicht 5 aus p-dotiertem InP, und einer auf der zweiten Mantelschicht 5 abgeschiedenen Kontaktschicht 6 aus p⁺-dotiertem GaInAs. Die für die Rekombination und Lichterzeugung dienende aktive Zone 4 kann entweder

25 aus einheitlichem Material oder aus einer Wechselfolge von Quantentöpfen und Barrieren bestehen; im dargestellten Ausführungsbeispiel ist die aktive Zone 4 durch eine GaInAs-Doppel-Heterostruktur gebildet. Die aktive Zone 4 ist in an sich bekannter Weise von den ersten und zweiten Mantelschichten 3 und 5 umgeben, welche einen größeren Bandabstand als das Material der aktiven Zone besitzen, und zusammen mit einem streifenförmigen Steg 7 einen Wellenleiter bilden und die

30 notwendige Ladungsträgereingrenzung bewirken. Der Steg 7 des Stegwellenleiters ist hierbei innerhalb eines in der zweiten Mantelschicht 5 und der Kontaktschicht 6 gefertigten Grabens

35

8 gebildet, wobei die Breite des Grabens 8 etwa das zwanzigfache der Breite des Steges 7 besitzt. Der Steg 7 weist beispielsweise eine Breite von etwa 2 bis 3 μm und eine Höhe von etwa 1,5 bis 3 μm auf; die schematische Darstellung nach Figur 8 ist somit nicht streng maßstabsgetreu. Die Bezugsziffer 9 bezeichnet eine Passivierungsschicht aus vorzugsweise Al_2O_3 , welche mit Ausnahme der auf der Oberseite 10 des Steges 7 sämtliche Bestandteile der Laservorrichtung 1 kantenkonform überdeckt. Darauf abgeschieden befindet sich eine Metallisierungsschicht 11 für den elektrischen Anschluss des Steges 7 an Kontaktanschlüsse und äussere Kontaktzuführungen, 5
10
15

15
Nachfolgend werden anhand der Figuren 1 bis 7 in dieser Reihenfolge die aufeinanderfolgenden Prozess-Schritte zur Fertigung der erfindungsgemäßen Laservorrichtung näher erläutert, wobei in diesen Figuren aus Gründen der besseren Übersichtlichkeit das Halbleiter-Substrat 2 und die erste Mantelschicht 3 nicht mehr dargestellt sind. 20

Auf die anhand Figur 8 näher erläuterte Grundstruktur mit den Schichten 3 bis 6 wird zunächst ganzflächig eine Hilfsmaskenschicht 12 aus InP vorzugsweise epitaktisch abgeschieden, was 25
30
35
zweckmäßigerweise in einem Arbeitsgang während des Epitaxiewachstums der gesamten Grundstruktur erfolgt. Die Schicht 12 besteht aus gegenüber der Kontaktschicht 6 selektiv ätzbarem Material und besitzt eine Stärke von etwa 0,2 μm . Die Hilfsmaskenschicht 12 begünstigt bzw. vereinfacht die nachfolgende Fertigung des Steges 7 im Sinne einer Verringerung der Anzahl von Prozess-Schritten, und unterstützt im Übrigen die Definition einer sauberen Abhebekante beim abschließenden Abhebeschritt, kann jedoch auch weggelassen werden, ohne vom erfindungsgemäßen Prinzip abzuweichen. Auf die ganzflächig abgeschiedene Hilfsmaskenschicht 12 wird Photolackmaterial aufgetragen, auf herkömmliche Weise photolithographisch belichtet

- und zur Ausbildung einer Grabenmaske 13 strukturiert, die für die folgenden Ätzschritte den Oberflächenbereich definiert, in welchem der in der umgebenden Grundstruktur versenkte Stegwellenleiter entstehen soll. In einer nachfolgenden nass-chemischen Ätzung wird zunächst die Hilfsmaskenschicht 12 an den von der Grabenmaske 13 nicht abgedeckten Stellen entfernt. Die Strukturierung der Hilfsmaske 12 ist in Figur 1 schematisch dargestellt.
- 10 Daran anschließend kann gemäß Figur 2 unter Verwendung der Grabenmaske 12, 13 die Kontaktschicht 6 zur Dickenkorrektur nass-chemisch wenigstens angeätzt werden, wobei dieser Ätzschritt im Prinzip auch weggelassen werden kann.
- 15 Nachfolgend wird die bei den weiteren Schritten nicht mehr benötigte Fotolackmaske 13 entfernt, wobei die strukturierte Schicht 12 im Folgenden die Funktion der Grabenmaske übernimmt.
- 20 Daran anschließend wird mittels herkömmlicher Phototechnik innerhalb des Grabenbereichs 14, vorzugsweise mittig eine streifenförmige Stegmaske 15 aus Photolack ausgebildet, welche die Lage des zu ätzenden Wellenleitersteges definiert (Figur 3).
- 25 Im nachfolgenden Prozess-Schritt wird gemäß Figur 4 unter Verwendung der Stegmaske 15 und der Hilfsmaskenschicht 12 als Abdeckmasken die Kontaktschicht 6 selektiv durch einen nass-chemischen Prozess mit exakt definierter Stegmaskenunterätzung dahingehend geätzt, dass das Ausmaß der Unterätzung an den mit der Bezugsziffer 16 bezeichneten Stellen weder von der Haftung der Photolackmaske 15 noch von lokalen Störungen der Kontaktschicht 6, noch von mikroskopischen Ungleichmäßigkeiten der Photolackflanken 17 beeinflusst wird. Dieser Ätzprozess definiert die oberen seitlichen Abmessungen sowie die Homogenität der Breite des entstehenden Steges und bewirkt in Folge der Maskierungswirkung der Hilfsmaskenschicht 12 im Au-
- 30
- 35

ßenbereich des Grabens eine Einbettung des Steges durch das unveränderte Epitaxie-Schichtensystem angrenzend an die in der ersten Phototechnik definierten Grabenabschnitte seitlich des Steges.

5

Zur nass-chemischen Ätzung der Kontaktschicht 6 wird vorzugsweise eine Schwefelsäure-Wasserstoffperoxid-Wasser-Ätzlösung verwendet, wobei die Ätzung selektiv gegenüber dem Material der zweiten Mantelschicht 5 erfolgt, d.h. der Ätzvorgang kommt in vertikaler Richtung an der zu ätzenden Schicht 6 unmittelbar folgenden Grenzfläche der zweiten Mantelschicht 5 aufgrund der materialspezifischen Selektivität der Ätzlösung zum Stehen (Ätzstopwirkung der zweiten Mantelschicht 5 gegenüber der gewählten Ätzlösung). Gleichzeitig besteht ausreichende chemische Selektivität der gewählten Ätzlösung gegenüber der Grabenmaske 12, so dass das Material der Hilfsmaskenschicht 12 bei der Ätzung der Kontaktschicht 6 innerhalb der Nachweisgrenze nicht angegriffen wird. Vorteilhafterweise sind die Seitenwände der streifenförmigen Photolack-Stegmaske 15, und im Übrigen auch die Seitenwände der Grabenmaske 12 parallel zu den kristallographischen Richtungen $[011]$ oder $[0\bar{1}1]$ orientiert. Mit diesem Ätzschritt gelingt eine gleichmäßig laterale Unterätzung der Photolack-Stegmaske 15, wobei die Flankenwinkel der geätzten Kontaktschicht 6 an den mit der Bezugsziffer 15 angedeuteten Stellen eindeutig durch die kristallographisch bedingten Eigenschaften des Kontaktschichtmaterials vorgegeben bzw. bestimmt werden. Der Grad der Unterätzung der Kontaktschicht 6 an den Stellen 16 bestimmt gleichzeitig in eindeutiger Weise die Breite des nachfolgend vervollständigten Wellenleitersteges 7. Die erfindungsgemäß von Vorteil ausgenutzte Unterätzung der Kontaktschicht 6 kann dabei so gewählt werden, dass es beim nachfolgenden Abscheiden der Passivierungsschicht 9 nicht zu einer unerwünschten Verkleinerung der ohmschen Kontaktfläche auf der Oberseite 10 des Steges kommt. Im Zuge der mehr oder weniger ausgeprägten Flankenbildung an den Stellen 16 wird effektiv die Grenzfläche zwischen der später aufgebracht

tallisierung 11 und der Kontaktschicht 6 an der Oberseite 10 vergrößert, so dass der Kontaktwiderstand letztlich sogar geringer eingestellt werden kann.

5 Daran anschließend erfolgt gemäß Figur 5 eine selektive nass-chemische Ätzung der zweiten Mantelschicht 5 zur Ausformung des Stegwellenleiters mit in weiten Grenzen veränderbarer Flankenform. Hierbei wird die reproduzierbar erzielbare Stegform außer durch die festgelegte Kristallrichtung und die
10 vorgehende Kontaktschichtätzung insbesondere durch die Ätzlösung, die Ätzzeit und die Ätztemperatur, im Hinblick auf die Tiefe des Steges unter Umständen auch durch den konkreten Aufbau der Epitaxie-Schichtenfolge bestimmt. Aufgrund einer geeignet aufeinander abgestimmten Ätzlösung und Materialzusammensetzung wird bei diesem Prozess-Schritt gleichzeitig
15 die restliche Hilfsmaskenschicht 12 im Außenbereich des Grabens entfernt. Wegen der chemischen Selektivität dieses Ätzprozesses übernimmt nach vollständiger Auflösung der Hilfsmaskenschicht 12 die noch verbleibende Kontaktschicht 6 die
20 weitere Maskierungsfunktion. Zur nass-chemischen Ätzung der zweiten Mantelschicht 5 wird in bevorzugter Weise eine Phosphor-Salzsäure-Lösung verwendet, wobei aufgrund der chemischen Selektivität das Material der Kontaktschicht 6 und die unterhalb der zweiten Mantelschicht 5 angeordnete Schicht 4
25 von dieser Ätzlösung nicht angegriffen wird. Die Schicht 4 dient somit bei diesem Ätzschritt wiederum als Ätzstop. Bei der nass-chemischen Ätzung der zweiten Mantelschicht 5 findet keine Überätzung gegenüber der als Maske wirkenden Kontaktschicht 6 statt, so dass die im vorhergehenden Ätzschritt
30 eingestellte Unterätzung der Kontaktschicht 6 an den Stellen 16 eindeutig die Stegbreite des Wellenleitersteges 7 bestimmt.

Daran anschließend wird gemäß Figur 6 eine Passivierungsschicht aus Al_2O_3 ganzflächig und kantenkonform auf die sich
35 ergebende Gesamtstruktur vermittels einem ionenstrahlgestützten Sputter-Prozess aufgebracht, wobei an den mit der Bezugs-

ziffer 16 bezeichneten Stellen technologisch sauber definierte Lücken in der Passivierungsschicht 9 verbleiben, durch die im nachfolgenden Abhebeschritt das im Abhebeprozess zum Einsatz gelangende Lösungsmittel ohne Weiteres eindringen kann.

5

Figur 7 zeigt den entsprechenden Zustand nach dem Abheben des auf der Photolackoberfläche gesputterten Al_2O_3 -Materials durch Auflösen des Photolacks der Stegmaske 15 in einem geeigneten Lösungsmittel unter Ausnutzung der gezielten Unterätzung des Photolacks während der vorhergehenden Kontaktschichtätzung.

In einem abschließenden Metallisierungsschritt wird gemäß Figur 8 eine Metallisierungsschicht 11 für den elektrischen Anschluss des Steges 7 aufgebracht.

15

Die Figuren 9, 10 und 11 stellen nachgezeichnete Abbildungen von fotografierten Mikroskopiebildern dar, die in Draufsicht von mit einer strukturierten Photolackmaske überdeckten Halbleiterstrukturen aufgenommen wurden.

20

Figur 9 zeigt in schematischer Draufsicht die Strukturierung einer InGaAsP-Kontaktschicht 18 mittels der erfindungsgemäßen Ätz- und Reinigungslösung unter Verwendung einer Photolackstruktur 19 als Abdeckmaske bei der isotropen Nassätzung. Die Breite der ursprünglichen Photolackbedeckung vor Anwendung des nass-chemischen Ätzschrittes ist in Figur 9 schematisch anhand des Bezugszeichens b angedeutet. Nach Durchführung der isotropen Nassätzung mit Unterätzung mittels einer 60:1 (75 %-ige Schwefelsäure:Wasserstoffperoxid) -Ätzlösung nach einer Gesamtätzzeit von 2 min zeigte sich eine Ver-

25
30
35

rundung der ursprünglichen 90°-Kanten der Photolackstruktur 19 in Folge der Unterätzung bei dem nass-chemischen Ätzschritt. Die Verrundung des geätzten Kontaktschichtmaterials gegenüber der ursprünglichen Photolackkante ist schematisch an den Stellen 20 angedeutet.

Figur 10 zeigt die Ausgleichswirkung bzw. Unempfindlichkeit des erfindungsgemäßen Verfahrens bei Anwendung des bevorzugten Ätz- bzw. Reinigungslösungssystems gegenüber lokalen Störungen der Maskengeometrie am Beispiel einer kreisförmigen Kontaktbereichsstrukturierung 21 in einem InGaAsP-Schichtmaterial 22. Man erkennt in Figur 10 ohne Weiteres, dass trotz massiver Randstörungen 23 der Photolackmaske 24 der Boden der Kontaktbereichsstrukturierung 21 nach Durchführung der Ätzung im Wesentlichen streng kreisförmig (Kreislinie 25) ausgebildet ist, die Randstörungen 23 der Photolackmaske 24 somit vollständig ausgeglichen bzw. geglättet wurden. Es wurde eine Ätzlösung mit derselben Zusammensetzung wie bei dem Ausführungsbeispiel nach Figur 9 verwendet, die Gesamtätzzeit betrug 5,5 min.

Die schematische Draufsicht nach Figur 11 zeigt schließlich die Unempfindlichkeit des erfindungsgemäßen nass-chemischen Ätzverfahrens gegenüber lokalen Halbleiter-Strukturstörungen mechanisch-physikalischer Natur, beispielsweise aufgrund von Kratzern oder Versetzungsnetzwerken. Die schematische Draufsicht in Figur 11 entspricht dem Bearbeitungszustand nach Figur 7 bei der Herstellung einer Halbleiterlaservorrichtung nach der zweistufigen Strukturierung der Wellenleiterstege 7, ganzflächigem Abscheiden der Oxidüberformung mittels Sputtern, und Entfernung der Oxidüberformung mittels Abheben auf den Stegen und den Ritzrahmen 26. Die Bezugsziffer 27 bezeichnet die Kanten der Oxidüberformung bzw. der Passivierungsschicht 9 (vgl. Figuren 6 und 7), die Bezugszeichen 28 bezeichnen Kratzer bzw. mechanische Störungen in der Halbleiterstruktur. Trotz einer deutlich sichtbaren Störung der Ridge-Oberfläche durch mechanische Kratzer ist kein Einfluss auf die lateralen Abmessungen der Laser-Wellenleiter zu erkennen. Bei der zweistufigen Strukturierung des Wellenleitersteiges 7 wurde in einer ersten Stufe eine nass-chemische Ätzung mittels einer Schwefelsäure (75 %-ige Konzentration):Wasserstoffperoxid der Zusammensetzung 60:1 mit einer Ätzzeit von 40 s, und in einer zweiten Stufe eine nass-

chemische Ätzung vermittels einer Phosphorsäure:Salzsäure-Lösung der Zusammensetzung 3:1 in einer Ätzzeit von 3 min durchgeführt.

5 Bei Durchführung einer zweistufigen Ätzung zeigt sich insbesondere auch die außergewöhnliche Unempfindlichkeit des erfindungsgemäßen Ätzverfahrens gegenüber Haftungsunterschieden des Maskenmaterials auf der Halbleiteroberfläche. Während bei der ersten selektiven Schichtätzung durch stellenweise massive Unterätzung erhebliche Abweichungen von der linearen Geometrie des Maskenrandes der Abdeckmaske entstehen können, wobei als Ursache hierfür unter anderem eine verminderte Lackhaftung der Abdeckmaske an bestimmten Stellen in Frage kommen kann, wird demgegenüber bei der nachfolgend durchgeführten selektiven Ätzung der zweitobersten Schicht diese aufgrund eines bei der ersten Ätzung entstandenen Spaltes mit etwa 150 nm Breite (entsprechend der Schichtdicke der Oberflächenschicht) überhaupt nicht beeinflusst. Trotz eines vorhandenen makroskopischen Spalts aus dem ersten Ätzschritt findet somit bei Durchführung der erfindungsgemäßen Ätzung keine Unterkriechung und folglich keine Unterätzung des Photolacks statt.

Die Erfindung ermöglicht darüber hinaus eine beliebige Folge von Unterbrechungen und Wiederholungen des Ätzschrittes bis zur Erzielung des gewünschten Ätzergebnisses. Üblicherweise eintretende Veränderungen bzw. Einbußen der Maskenhaftung setzen einer vielfachen Wiederholung oder Nachbesserung einer Ätzung keine Grenzen.

30 Die Maskenformähnlichkeit geht auch bei erheblicher Unterätzung - chemische Homogenität des Schichtmaterials vorausgesetzt - nicht verloren. Auf schnelle und kostensparende Weise können daher Optimierungen oder nachträgliche Korrekturen von Bauelement-Dimensionierungen auch ohne exakte Anpassung der Maskenmaße vorgenommen werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zur nass-chemischen Ätzung bzw. Oberflächenreinigung von arsenhaltigen Mischkristallverbindungen bei III-V-Halbleitersystemen, welche insbesondere auf InP und/oder GaAs basieren, unter Verwendung einer strukturierten Ätzmaske, wobei zur Durchführung der nass-chemischen Ätzung bzw. Oberflächenreinigung eine Ätz- bzw. Reinigungslösung mit den Bestandteilen Schwefelsäure und einem Oxidationsmittel verwendet wird, wobei die Volumenkonzentration des Oxidationsmittels in der Ätz- bzw. Reinigungslösung kleiner als etwa 3 % ist,
dadurch gekennzeichnet, dass die in der Ätz- bzw. Reinigungslösung verwendete Schwefelsäure in einer nichtkonzentrierten, mit Wasser verdünnten Form vorliegt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die in der Ätz- bzw. Reinigungslösung verwendete Schwefelsäure in 75 %-iger Konzentration vorliegt.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das in der Ätz- bzw. Reinigungslösung verwendete Oxidationsmittel Wasserstoffperoxid darstellt.
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Grad der Richtungsabhängigkeit der Ätzrate durch den Anteil der Wasserstoffperoxid-Volumenkonzentration eingestellt wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass für den Ansatz der Ätz- bzw. Reinigungslösung eine Schwefelsäure-Wasser-Lösung mit einem voreingestellten Schwefelsäure-Wasser-Verhältnis verwendet wird, und dem Ansatz zur Ätzung einer arsenhaltigen Schicht ein Oxidationsmittel zugegeben wird, dessen Volumenanteil in Abhängig-

keit der gewünschten Ätzaktivität der arsenhaltigen Schicht variabel eingestellt wird.

5 6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die nass-chemische Ätzung bzw. Oberflächenreinigung vermittelt einer strukturierten Ätzmaske aus Photolackmaterial durchgeführt wird.

10 7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass bei der nass-chemischen Ätzung bzw. Oberflächenreinigung das von der strukturierten Ätzmaske überdeckte Material unterätzt wird.

15 8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7 zur Herstellung eines Stegwellenleiters in III-V-Verbindungshalbleiter-Schichtstrukturen mit einer auf einem Halbleiter-Substrat (2) ausgebildeten Grundstruktur mit einer ersten Mantelschicht (3), einer auf der ersten Mantelschicht (3) abgeschiedenen aktiven Zone (4) bestehend aus einheitlichem Material oder
20 aus einer Wechselfolge von Quantentöpfen und Barrieren, einer auf der aktiven Zone (4) abgeschiedenen zweiten Mantelschicht (5) und einer auf der zweiten Mantelschicht (5) abgeschiedenen Kontaktschicht (6), wobei das Ätzen der Kontaktschicht (6) nass-chemisch mit der Ätz- bzw. Reinigungslösung erfolgt.

25

9. Verfahren zur Herstellung eines Stegwellenleiters in III-V-Verbindungshalbleiter-Schichtstrukturen, mit den Schritten:

• Fertigen einer auf einem Halbleiter-Substrat (2) insbesondere durch epitaktisches Aufwachsen ausgebildeten Grundstruktur mit einer ersten Mantelschicht (3), einer auf der
30 ersten Mantelschicht (3) abgeschiedenen aktiven Zone (4) bestehend aus einheitlichem Material oder aus einer Wechselfolge von Quantentöpfen und Barrieren, einer auf der aktiven Zone (4) abgeschiedenen zweiten Mantelschicht (5) und
35 einer auf der zweiten Mantelschicht (5) abgeschiedenen Kontaktschicht (6);

- ganzflächiges Abscheiden und Strukturieren einer Grabenmaske (12, 13) zur Festlegung eines Grabenbereichs (14), der eine vielfache Breite eines nachfolgend innerhalb des Grabenbereichs (14) aus der zweiten Mantelschicht (5) und der Kontaktschicht (6) zu erzeugenden Steges (7) besitzt;
 - Ausbilden einer im Wesentlichen streifenförmigen Stegmaske (15) innerhalb des Grabenbereichs (14);
 - selektives Ätzen der Kontaktschicht (6) und der zweiten Mantelschicht (5) unter Verwendung der Grabenmaske und der Stegmaske (15) als Abdeckmasken zur Ausbildung des Steges (7) des Stegwellenleiters bei gleichzeitiger Ausbildung eines Grabens (8) innerhalb des Grabenbereichs (14), wobei die Abdeckmasken in vorbestimmter Weise unterätzt werden;
 - im Wesentlichen kantenkonformes Abscheiden einer Passivierungsschicht (9) aus elektrisch isolierendem Material;
 - Abheben des auf der Stegmaske (15) abgeschiedenen Materials der Passivierungsschicht (9) durch Entfernen des unterliegenden Maskenmaterials der Stegmaske (15); und
 - Abscheiden einer Metallisierungsschicht (11) für den elektrischen Anschluss des Steges (7);
- d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass
- das Ätzen der Kontaktschicht (6) nass-chemisch mit einer Ätz- bzw. Reinigungslösung erfolgt, die eine nichtkonzentrierte, mit Wasser verdünnte Schwefelsäure und ein Oxidationsmittel aufweist, wobei die Volumenkonzentration des Oxidationsmittels in der Ätz- bzw. Reinigungslösung kleiner als etwa 3 % ist.

10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass das Ätzen der Kontaktschicht (6) und der zweiten Mantelschicht (5) in zwei voneinander getrennten Ätzschritten mit unterschiedlichen Ätzlösungen durchgeführt wird, wobei die Ätzung der jeweiligen Schicht selektiv gegenüber dem jeweils unterliegenden Material durchgeführt wird.

11. Verfahren nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, dass beim nass-chemischen Ätzen der Kontaktschicht (6)

das von der Stegmaske (15) abgedeckte Material unterätzt wird.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass zur nass-chemischen Ätzung der zweiten Mantelschicht (5) eine Phosphorsäure-Salzsäure-Ätzlösung verwendet wird.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass bei der Ätzung der zweiten Mantelschicht (5) keine Unterätzung gegenüber der als Ätzmaske wirkenden, strukturierten Kontaktschicht (6) erfolgt.

14. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 9 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass sämtliche nass-chemische Ätzvorgänge in vertikaler Richtung an der zu ätzenden Schicht unmittelbar folgenden Grenzsicht aufgrund der materialspezifischen Selektivität der Ätzlösungen zu stehen kommen.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Flankenwinkel der Kontaktschicht (6) eindeutig durch die kristallographisch bedingten Eigenschaften des Kontaktschichtmaterials vorgegeben bzw. bestimmt werden.

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass durch die Stegmaske (15) in einem selbstjustierendem Prozess die Stegposition innerhalb des Grabens festgelegt wird, bezüglich der Breite des Steges aber lediglich der maximale Wert vorbestimmt wird.

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Grabenmaske eine aus Halbleitermaterial bestehende Schicht aufweist und die Stegmaske (15) eine Photolackmaske darstellt.

18. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass die Orientierung der Stegmaske (15) und/oder Grabenmaske parallel zu den kristallographischen Richtungen (011(oder (011(ausgerichtet wird.

5

19. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass die Passivierungsschicht (9) Al₂O₃ aufweist und vermittels einem ionenstrahlgestützten Sputter-Prozess-Schritt (16) ganzflächig abgeschieden wird.

10

20. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass auf die Grundstruktur für die Ausbildung der Grabenmaske ganzflächig eine Hilfmaskenschicht (12) abgeschieden wird, die zur Festlegung des Grabenbereiches (14) selektiv geätzt wird.

15

21. Verwendung einer Ätz- bzw. Reinigungslösung mit den Bestandteilen Schwefelsäure und einem Oxidationsmittel zur nass-chemischen Ätzung bzw. Oberflächenreinigung von arsenhaltigen Mischkristallverbindungen bei III-V-Halbleitersystemen, wobei die Volumenkonzentration des Oxidationsmittels in der Ätz- bzw. Reinigungslösung kleiner als etwa 3 % beträgt, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass die in der Ätz- bzw. Reinigungslösung verwendete Schwefelsäure in einer nichtkonzentrierten, mit Wasser verdünnten Form vorliegt.

20

25

22. Verwendung nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, dass die in der Ätz- bzw. Reinigungslösung verwendete Schwefelsäure in 75 %-iger Konzentration vorliegt.

30

23. Verwendung einer Ätz- bzw. Reinigungslösung nach Anspruch 21 oder 22, dadurch gekennzeichnet, dass das in der Ätz- bzw. Reinigungslösung verwendete Oxidationsmittel Wasserstoffperoxid darstellt.

35

Fig1

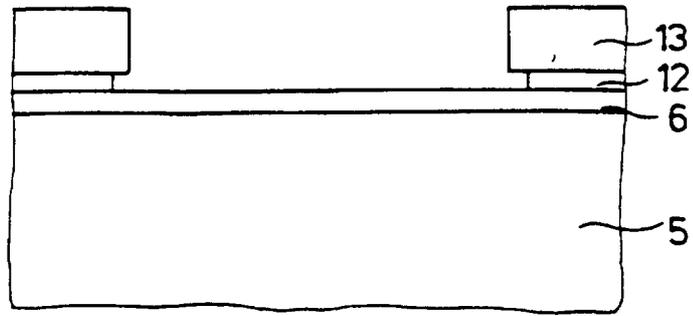


Fig2

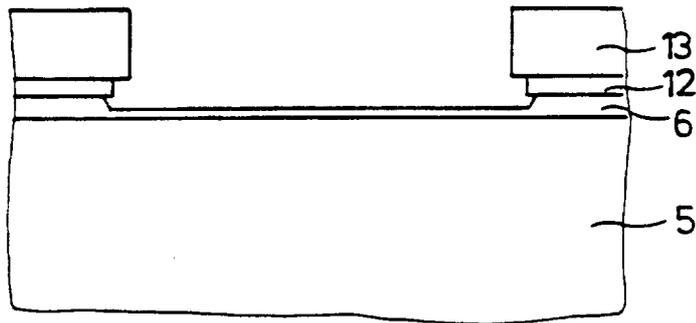


Fig3

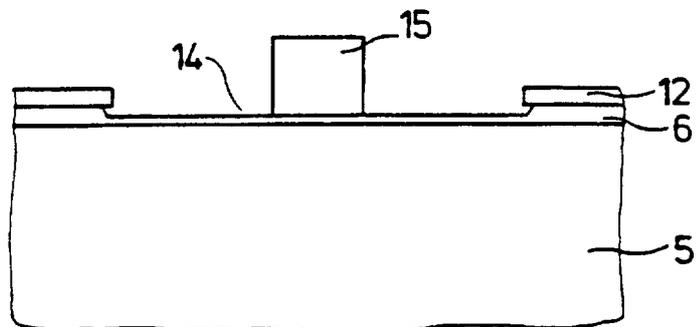


Fig4

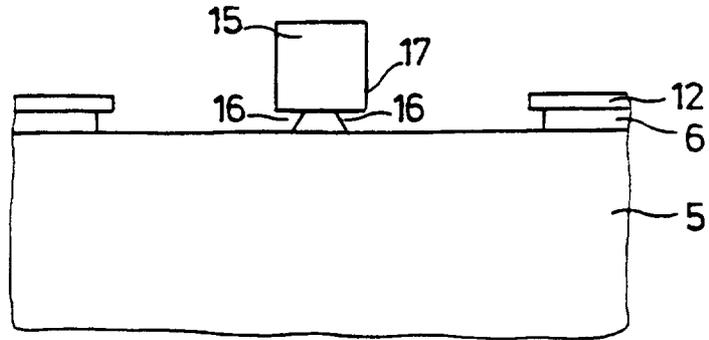


Fig5

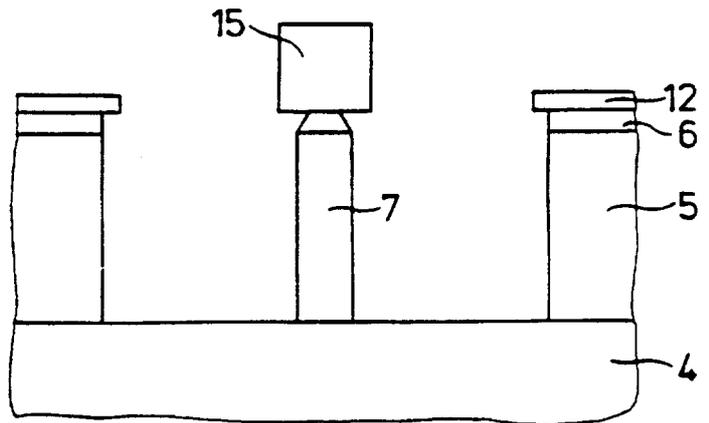
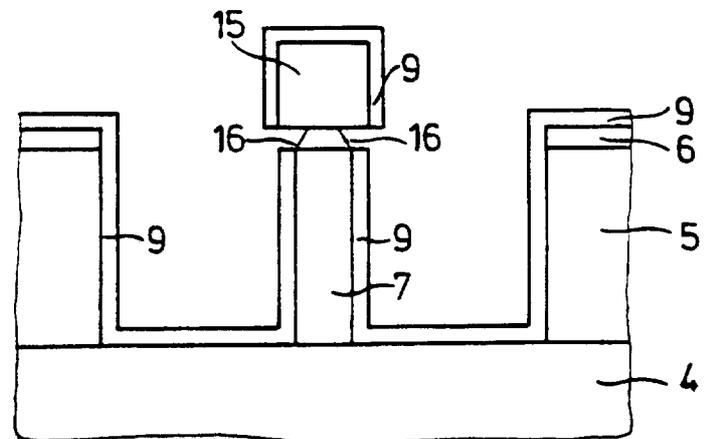


Fig6



4/5

Fig 9

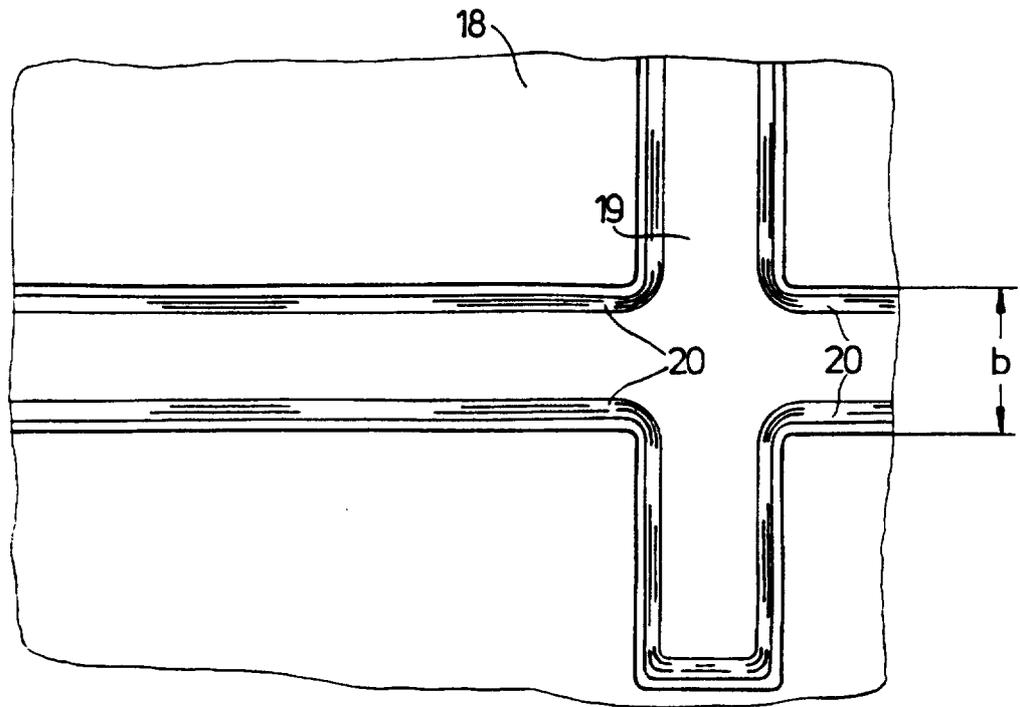


Fig 10

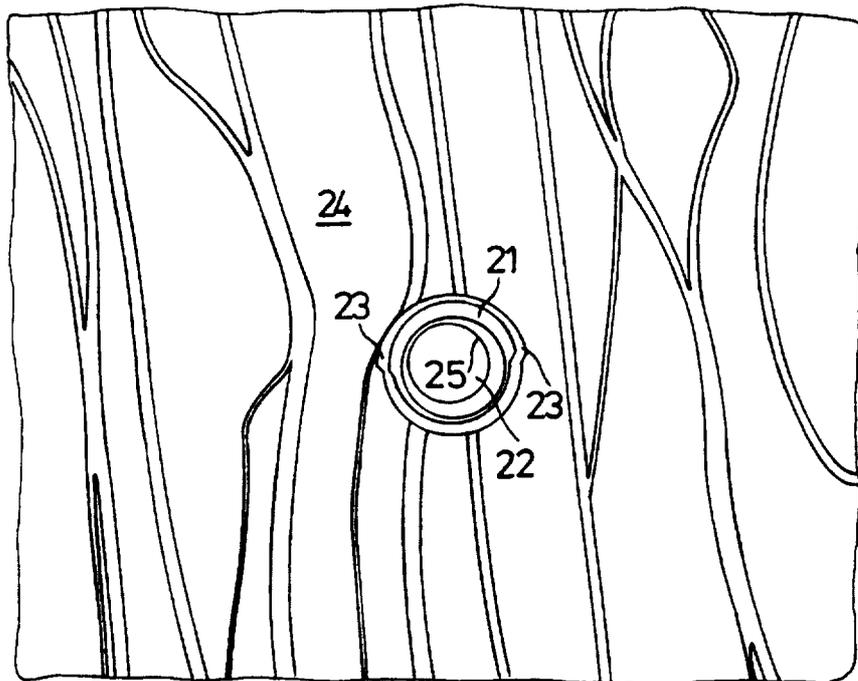
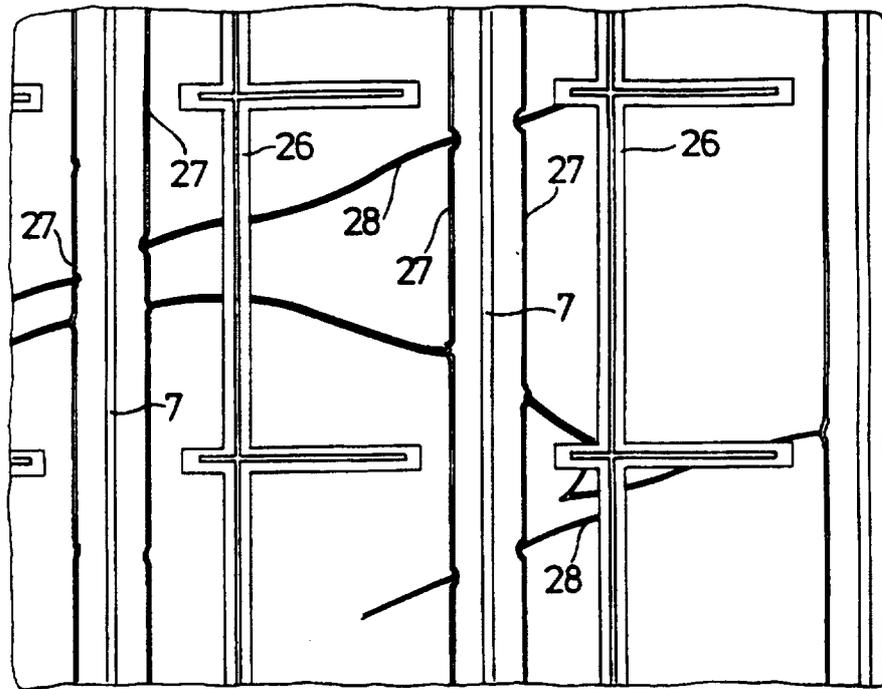


Fig 11



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Int. lonal Application No

PCT/DE 97/02121

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 IPC 6 H01L21/306 H01S3/19

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 6 H01L H01S

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)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category ° | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|------------|--|-----------------------|
| X | US 4 316 765 A (THIEL) 23 February 1982 see column 2, line 43 - line 57 | 1-3,5 |
| Y | --- | 4,6-23 |
| Y | US 4 830 986 A (PLUMB) 16 May 1989 see figures | 4,6-23 |
| A | FERRANTE ET AL: "A slow selective etch for GaInAsP on InP" JOURNAL OF THE ELECTROCHEMICAL SOCIETY., vol. 130, no. 5, May 1983, MANCHESTER, NEW HAMPSHIRE US, pages 1222-1224, XP002052137 see the whole document | 1-7 |
| | --- -/-- | |

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

15 January 1998

Date of mailing of the international search report

28/01/1998

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

Gori, P

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/DE 97/02121

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category ° | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|------------|--|-----------------------|
| A | <p>HOBSON W S ET AL: "INGAAS/ALGAAS RIDGE WAVEGUIDE LASERS UTILIZING AN INGAP ETCH-STOP LAYER" SEMICONDUCTOR SCIENCE AND TECHNOLOGY, vol. 7, no. 11, 1 November 1992, pages 1425-1427, XP000336276 see page 1425, right-hand column, last paragraph - page 1426, left-hand column, paragraph 1; figure 1</p> <p style="text-align: center;">----</p> | 8-23 |
| A | <p>HUO D T C ET AL: "CHEMICAL CLEANING OF GRATINGS IN DISTRIBUTED FEEDBACK INP LASERS" JOURNAL OF THE ELECTROCHEMICAL SOCIETY, vol. 137, no. 11, 1 November 1990, pages 3639-3642, XP000161442 see figure 4; table 1</p> <p style="text-align: center;">----</p> | 1-7 |
| A | <p>KENJI SATO ET AL: "SELF-ALIGNED RIDGE-WAVEGUIDE DFB LASERS EMITTING AT 1.55 UM: RIDGE-WIDTH DEPENDENCE" JAPANESE JOURNAL OF APPLIED PHYSICS, vol. 29, no. 10, 1 October 1990, pages 1946-1950, XP000223985 see figure 1</p> <p style="text-align: center;">-----</p> | 8-23 |

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

information on patent family members

International Application No

PCT/DE 97/02121

| Patent document cited in search report | Publication date | Patent family member(s) | Publication date |
|--|------------------|--|----------------------------------|
| US 4316765 A | 23-02-82 | NONE | |
| US 4830986 A | 16-05-89 | GB 2175442 A AU 5712986 A US 4949352 A | 26-11-86 20-11-86 14-08-90 |

| C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN | | |
|--|--|--------------------|
| Kategorie | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile | Betr. Anspruch Nr. |
| A | <p>HOBSON W S ET AL: "INGAAS/ALGAAS RIDGE WAVEGUIDE LASERS UTILIZING AN INGAP ETCH-STOP LAYER" SEMICONDUCTOR SCIENCE AND TECHNOLOGY, Bd. 7, Nr. 11, 1.November 1992, Seiten 1425-1427, XP000336276 siehe Seite 1425, rechte Spalte, letzter Absatz - Seite 1426, linke Spalte, Absatz 1; Abbildung 1</p> <p style="text-align: center;">----</p> | 8-23 |
| A | <p>HUO D T C ET AL: "CHEMICAL CLEANING OF GRATINGS IN DISTRIBUTED FEEDBACK INP LASERS" JOURNAL OF THE ELECTROCHEMICAL SOCIETY, Bd. 137, Nr. 11, 1.November 1990, Seiten 3639-3642, XP000161442 siehe Abbildung 4; Tabelle 1</p> <p style="text-align: center;">----</p> | 1-7 |
| A | <p>KENJI SATO ET AL: "SELF-ALIGNED RIDGE-WAVEGUIDE DFB LASERS EMITTING AT 1.55 UM: RIDGE-WIDTH DEPENDENCE" JAPANESE JOURNAL OF APPLIED PHYSICS, Bd. 29, Nr. 10, 1.Oktober 1990, Seiten 1946-1950, XP000223985 siehe Abbildung 1</p> <p style="text-align: center;">-----</p> | 8-23 |

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 97/02121

| Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument | Datum der Veröffentlichung | Mitglied(er) der Patentfamilie | Datum der Veröffentlichung |
|--|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| US 4316765 A | 23-02-82 | KEINE | |
| US 4830986 A | 16-05-89 | GB 2175442 A | 26-11-86 |
| | | AU 5712986 A | 20-11-86 |
| | | US 4949352 A | 14-08-90 |