

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
27. März 2003 (27.03.2003)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 03/026029 A1

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: **H01L 33/00**,
H01S 5/343

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE02/03199

(22) Internationales Anmeldedatum:
30. August 2002 (30.08.2002)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
101 42 338.1 30. August 2001 (30.08.2001) DE
101 42 653.4 31. August 2001 (31.08.2001) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **OSRAM OPTO SEMICONDUCTORS GMBH** [DE/DE]; Wernerwerkstr. 2, 93049 Regensburg (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **BADER, Stefan** [DE/DE]; Deutschherrnweg 2, 93053 Regensburg (DE). **DUMITRU, Viorel** [RO/DE]; Allmandring 3G, 70569 Stuttgart (DE). **HÄRLE, Volker** [DE/DE]; Eichenstrasse 35, 93164 Waldetzenberg (DE). **KUHN, Bertram**

[DE/DE]; Goldbergstrasse 49c, 70327 Stuttgart (DE). **LELL, Alfred** [DE/DE]; Virchowstrasse 19, 93142 Maxhütte-Haidhof (DE). **OFF, Jürgen** [DE/DE]; Ziegelstrasse 10, 70734 Fellbach (DE). **SCHOLZ, Ferdinand** [DE/DE]; Wolfenstrasse 47B, 70599 Stuttgart (DE). **SCHWEIZER, Heinz** [DE/DE]; Katzenbachstrasse 123, 70563 Stuttgart (DE).

(74) Anwalt: **EPPING, HERMANN & FISCHER**; Ridlerstrasse 55, 80339 München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (national): CN, JP, US.

(84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SK, TR).

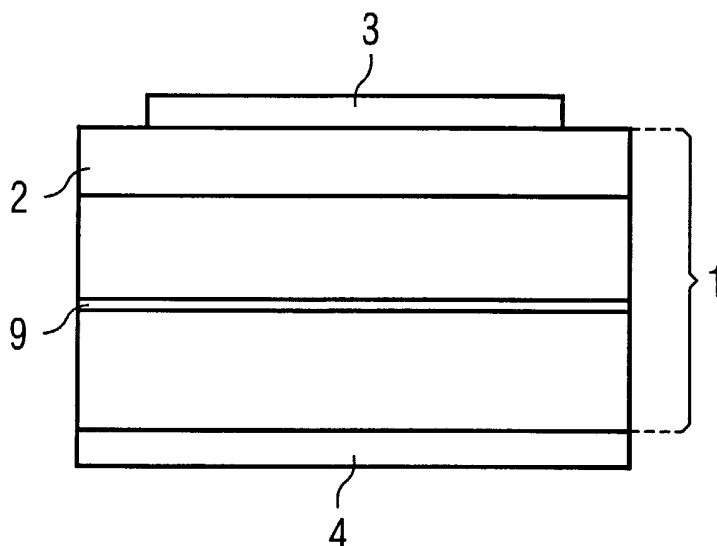
Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(54) Title: RADIATION-EMITTING SEMICONDUCTOR COMPONENT AND METHOD FOR MAKING SAME

(54) Bezeichnung: STAHLUNGSEMITTIERENDES HALBLEITERBAUELEMENT UND VERFAHREN ZU DESSEN HERSTELLUNG



(57) Abstract: The invention concerns a radiation-emitting semiconductor component, comprising a semiconductor body (1), provided with an active layer (9) generating a radiation and a type p conduction contact layer (2) which contains InGaN or AlInGaN and whereon is applied a contact metallization (3). The invention also concerns a method for making such a semiconductor component.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung beschreibt ein strahlungsemitierendes Halbleiterbauelement mit einem Halbleiterkörper (1), der eine strahlungserzeugende aktive Schicht (9) und eine p-leitende Kontaktschicht (2) aufweist, die InGaN oder AlInGaN enthält und auf die eine Kontaktmetallisierung (3) aufgebracht ist. Weiterhin beschreibt die Erfindung ein Verfahren zur Herstellung eines solchen Halbleiterbauelements.

WO 03/026029 A1

Beschreibung

Strahlungsemittierendes Halbleiterbauelement und Verfahren zu dessen Herstellung

5

Die Erfindung beschreibt ein strahlungsemittierendes Halbleiterbauelement nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 sowie ein Verfahren zur Herstellung eines strahlungsemittierenden Halbleiterbauelements nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 16.

10

Strahlungsemittierende Halbleiterbauelemente der genannten Art weisen einen Halbleiterkörper mit einer p-leitenden und einer n-leitenden Seite auf, die jeweils mit einer Kontaktfläche verbunden sind. Die Kontaktflächen sind in der Regel als Metallflächen ausgebildet, an die beispielsweise eine Drahtverbindung angeschlossen oder mit der der Halbleiterkörper auf eine Chipanschlußfläche montiert werden kann. Im Betrieb wird über die Drahtverbindung bzw. die Chipanschlußfläche ein Betriebsstrom in das Bauelement eingeprägt. Üblicherweise ist in dem Halbleiterkörper eine hoch dotierte Kontaktschicht vorgesehen, auf die die Kontaktfläche in Form einer Kontaktmetallisierung aufgebracht ist.

20

25

Bei Halbleiterbauelementen auf der Basis von GaN, AlGaN, InGaN und/oder AlInGaN, die im folgenden kurz als "GaN-basierend" bezeichnet werden, wird oftmals auf der p-leitenden Seite des Halbleiterkörpers eine p-GaN-Kontaktschicht verwendet. Hier tritt bei der Verbindung der p-leitenden Kontaktschicht und der Kontaktmetallisierung ein vergleichsweise hoher Kontaktwiderstand auf. Die an dem Kontaktwiderstand abfallende elektrische Leistung wird in Verlustwärme umgewandelt und steht nicht mehr für den funktionellen Betrieb des Bauelements, beispielsweise zur Strahlungserzeugung bei einem strahlungsemittierenden Bauelement zur Verfügung. Bei GaN-basierenden Bauelementen kann der Anteil der an dem Kontaktwiderstand abfallenden Verlustleistung gegenüber der elektri-

30

35

schen Gesamtleistung 50% und mehr betragen. Weiterhin führt die entstehende Verlustwärme zu einer Erwärmung des Bauelements, wobei bei zu hohen Temperaturen die Gefahr einer Beschädigung des Bauelements besteht. Es ist daher wünschenswert, den Kontaktwiderstand möglichst gering zu halten. Dies trifft insbesondere für Laserdiodenbauelemente zu, die mit einem hohen Strom betrieben werden und eine hohe thermische Sensitivität aufweisen. So können Temperaturänderungen zu Instabilitäten der Lasermode und Änderungen der Emissionswellenlänge führen. Weiterhin können durch zu hohe Temperaturen die Laserspiegel beschädigt werden, was in der Regel einen irreversiblen Totalausfall der Laserdiode zur Folge hat.

Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein strahlungsemitterendes Halbleiterbauelement mit einem verbesserten Kontakt zu schaffen, der insbesondere einen geringen Kontaktwiderstand aufweist. Weiterhin ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren zur Herstellung eines Bauelements mit einem verbesserten Kontakt anzugeben.

Diese Aufgabe wird durch ein strahlungsemitterendes Halbleiterbauelement nach Patentanspruch 1 bzw. ein Verfahren nach Patentanspruch 16 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

Erfindungsgemäß ist vorgesehen, ein strahlungsemitterendes Halbleiterbauelement mit einem Halbleiterkörper zu bilden, der eine strahlungserzeugende aktive Schicht und eine p-leitende Kontaktschicht mit einer darauf aufgebrachtten Kontaktmetallisierung aufweist, wobei die Kontaktschicht InGaN oder AlInGaN enthält.

Es hat sich überraschenderweise gezeigt, daß bei einem Halbleiterbauelement mit einer In-haltigen Kontaktschicht der Kontaktwiderstand wesentlich geringer ist als bei einem Bauelement mit einer p-GaN-Kontaktschicht. Der In-Gehalt in der Kontaktschicht ist vorzugsweise größer als 1 Atom% und liegt

vorzugsweise zwischen etwa 1 Atom% und 9 Atom%, besonders bevorzugt in einem Bereich zwischen 3 Atom% und 6 Atom%, jeweils bezogen auf die Gruppe-III-Gitterplätze, wobei die Grenzen des Bereichs eingeschlossen sind.

5

Als p-Dotierung der Kontaktschicht kann beispielsweise Magnesium oder Zink verwendet werden, wobei sich eine Mg-Dotierung hinsichtlich der Reduzierung des Kontaktwiderstands als vorteilhaft erwiesen hat. Insbesondere kann bei der Erfindung
10 eine höhere Mg-Konzentration als bei einer p-GaN-Schicht nach dem Stand der Technik ausgebildet werden.

15

Dabei ist zu berücksichtigen, daß die maximale Mg-Konzentration unter anderem durch Selbstkompensationseffekte limitiert wird, die ab einer gewissen Konzentration derart dominieren, daß eine weitere Erhöhung der Mg-Konzentration nicht sinnvoll ist, da damit keine weitere Erhöhung der Ladungsträgerdichte bewirkt wird. Für p-GaN liegt diese Maximalkonzentration bei etwa $5 \cdot 10^{19} \text{ cm}^{-3}$. Bei der Erfindung hingegen kann die Mg-Konzentration bis über $2 \cdot 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ gesteigert werden.
20

25

Als Kontaktmetallisierung wird bevorzugt eine PdAu- oder NiAu-Schicht auf der Kontaktschicht ausgebildet. Auch andere Metalle wie beispielsweise Platin sind als Kontaktmetallisierung geeignet. Für eine PdAu- oder NiAu-Kontaktmetallisierung wird vorzugsweise zunächst auf die Kontaktschicht eine Pd- bzw. Ni-Schicht und darauf eine Au-Schicht aufgedampft. Nachfolgend werden die Metallschichten einlegiert. Die Legierung der Metallschichten erfolgt typischerweise bei Temperaturen
30 zwischen 200°C und 1000°C , bevorzugt zwischen 200°C und 800°C , da bei Temperaturen über 800°C die Gefahr einer Schädigung der Halbleiterschichten steigt.

35

Allgemein hat es sich überraschenderweise als vorteilhaft erwiesen, die p-leitende Kontaktschicht so auszubilden, daß sie eine möglichst große Defektdichte aufweist. Unter Defekten sind hierbei insbesondere fadenförmige Defekte wie fadenfö-

mige Versetzungen zu verstehen. Die Defektdichte von p-GaN-Kontaktschichten nach dem Stand der Technik liegt typischerweise in der Größenordnung von 10^9 cm^{-2} . Es hat sich bei der Erfindung gezeigt, daß höhere Defektdichten, beispielsweise
5 in der Größenordnung von $5 \cdot 10^9 \text{ cm}^{-2}$ bis $5 \cdot 10^{10} \text{ cm}^{-2}$, zu einem geringeren Kontaktwiderstand führen.

Bei einem erfindungsgemäßen Verfahren zur Herstellung eines strahlungsemittierenden Bauelements wird auf einem Halbleiterkörper, in dem eine aktive strahlungserzeugende Schicht
10 ausgebildet ist, zunächst eine p-leitende In-haltige GaN-basierende Kontaktschicht aufgebracht und nachfolgend auf dieser Schicht eine Kontaktmetallisierung ausgebildet.

15 Vorzugsweise wird die p-leitende Kontaktschicht epitaktisch aufgewachsen. Hierbei hat es sich als vorteilhaft erwiesen, die Epitaxie bei einer vergleichsweise geringen Temperatur durchzuführen. p-GaN-Kontaktschichten werden nach dem Stand der Technik üblicherweise bei etwa $1000 \text{ }^\circ\text{C}$ aufgewachsen. Es
20 hat sich gezeigt, daß der Kontaktwiderstand gesenkt werden kann, indem die Kontaktschicht bei einer geringeren Temperatur, beispielsweise bei $800 \text{ }^\circ\text{C}$ oder $770 \text{ }^\circ\text{C}$, aufgewachsen wird. Vorzugsweise wird bei der Erfindung die Kontaktschicht epitaktisch bei einer Temperatur im Bereich zwischen $700 \text{ }^\circ\text{C}$
25 und $950 \text{ }^\circ\text{C}$, besonders bevorzugt zwischen $750 \text{ }^\circ\text{C}$ und $850 \text{ }^\circ\text{C}$ abgeschieden.

Weiterhin ist es zur Reduzierung des Kontaktwiderstands vorteilhaft, Stickstoff als Trägergas bei der Epitaxie der Kontaktschicht zu verwenden.
30

Weitere Merkmale, Vorzüge und Zweckmäßigkeiten der Erfindung werden nachfolgend anhand von vier Ausführungsbeispielen in Verbindung mit den Figuren 1 und 4 näher erläutert.

35

Es zeigen

Figur 1 eine schematische Schnittdarstellung eines ersten Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Halbleiterbauelements,

5 Figur 2 eine schematisch Schnittdarstellung eines zweiten Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Halbleiterbauelements,

10 Figur 3 eine schematisch Darstellung einer I-U-Kennlinie eines dritten Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Halbleiterbauelements im Vergleich zu einer I-U-Kennlinie eines Bauelements nach dem Stand der Technik und

15 Figur 4 eine schematisch Darstellung einer I-U-Kennlinie eines vierten Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Halbleiterbauelements im Vergleich zu einer I-U-Kennlinie eines Bauelements nach dem Stand der Technik.

20

Gleiche oder gleich wirkende Elemente sind in den Figuren mit denselben Bezugszeichen versehen.

Das in Figur 1 dargestellte Halbleiterbauelement weist einen Halbleiterkörper 1 auf GaN-Basis mit einer p-leitenden und einer n-leitenden Seite sowie einer aktiven strahlungserzeugenden Schicht 9 auf. Auf einer Hauptfläche auf der p-leitenden Seite ist eine Kontaktmetallisierung 3 und gegenüberliegend auf einer Hauptfläche der n-leitenden Seite als Gegenkontakt eine weitere Kontaktmetallisierung 4 aufgebracht. Der n-seitige Kontaktwiderstand ist bei GaN-basierenden Halbleiterkörpern in der Regel wesentlich geringer als der p-seitige Kontaktwiderstand. Da die Kontaktwiderstände über den dazwischenliegenden Halbleiterkörper in Serie geschaltet sind, ist es zur Erniedrigung des Gesamtkontaktwiderstands insbesondere erforderlich, auf der p-leitenden Seite den Kontaktwiderstand zu verringern.

25
30
35

Dazu ist bei der Erfindung auf der p-leitenden Seite des Halbleiterkörpers eine den Halbleiterkörper 1 begrenzende p-leitende InGaN- oder AlInGaN-Kontaktschicht 2 ausgebildet. Der In-Gehalt liegt vorzugsweise zwischen 1 Atom% und 9 Atom%, besonders bevorzugt zwischen 3 Atom% und 6 Atom%, jeweils bezogen auf die Gruppe-III-Gitterplätze. Als Kontaktmetallisierung dient beispielsweise eine PdAu-Legierung. Hierzu wird zunächst auf die p-leitende InGaN- oder AlInGaN-Kontaktschicht 2 eine Pd-Schicht und darauf eine Au-Schicht aufgedampft und nachfolgend bei einer erhöhten Temperatur in eine PdAu-Legierung umgewandelt. Der p-seitige Kontaktwiderstand ist bei diesem Ausführungsbeispiel deutlich geringer als bei einer entsprechenden Anordnung einer Kontaktmetallisierung auf einer indiumfreien p-GaN-Kontaktschicht nach dem Stand der Technik.

Zur weiteren Erniedrigung des Kontaktwiderstands ist es bei der Herstellung des Halbleiterkörpers mittels eines Epitaxieverfahrens vorteilhaft, die Kontaktschicht bei einer vergleichsweise niedrigen Temperatur von etwa 800 °C aufzuwachsen und/oder Stickstoff als Trägergas bei der Abscheidung der p-leitenden Kontaktschicht zu verwenden. Dadurch wird eine vergleichsweise hohe Dichte von Defekten, insbesondere fadenförmiger Versetzungen in der p-leitenden Kontaktschicht erzeugt, die typischerweise bei 10^{10} cm^{-2} liegt und damit etwa um einen Faktor 10 größer ist als die Defektdichte einer herkömmlichen Kontaktschicht. Dies bewirkt eine vorteilhafte Erniedrigung des Kontaktwiderstands.

In Figur 2 ist ein weiteres Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Halbleiterbauelements gezeigt. Der Halbleiterkörper ist hier als Halbleiterlaser strukturiert. Auf einem Substrat 5, beispielsweise einem SiC-Substrat, ist eine n-leitende erste Mantelschicht 7, eine n-leitende erste Wellenleiterschicht 8, eine aktive Schicht 9, eine p-leitende zweite Wellenleiterschicht 10, eine p-leitende zweite Mantelschicht 11 und eine p-leitende InGaN-Kontaktschicht 2 aufge-

bracht. Die p-leitende Kontaktschicht 2 ist mit einer Kontaktmetallisierung 3 versehen. Vorzugsweise ist zwischen dem Substrat 5 und der ersten Mantelschicht 7 eine Pufferschicht 6 ausgebildet, die dem Ausgleich der verschiedenen Gitterkonstanten von Substrat und den Halbleiterschichten der Halbleiterlaserstruktur dient.

Das Substrat wird bei dem Ausführungsbeispiel als Teil des Halbleiterkörpers aufgefaßt, wobei das Substrat selbst im Gegensatz zu den darauf aufgebrachtten Schichten auch aus einem Material bestehen kann, das kein Halbleiter ist. So kann der Halbleiterkörper auch ein anderes Substrat wie beispielsweise ein Saphirsubstrat enthalten. Bei einem solchen elektrisch nichtleitenden Substrat ist allerdings eine veränderte Anordnung des Gegenkontakts 4 erforderlich (nicht dargestellt).

Die erste und die zweite Mantelschicht können beispielsweise aus AlGaN, die erste und die zweiten Wellenleiterschicht aus GaN bestehen. Zur Ausbildung der n-Leitung ist die erste Mantelschicht 7 und die erste Wellenleiterschicht 8 Si-dotiert. Die p-Leitung in der zweiten Mantelschicht 11 und der zweiten Wellenleiterschicht 10 wird durch Mg-Dotierung erreicht.

Die aktive Schicht 9 umfaßt eine Mehrzahl von Quantenfilmen 12, die beispielsweise aus einer Folge von dünnen InGaN- und GaN-Schichten gebildet sein können. Weitergehend können die Quantenfilme auch AlGaN oder AlInGaN enthalten.

Als Kontaktmetallisierung eignet sich wiederum insbesondere eine PdAu- oder eine NiAu-Legierung, die wie bei dem ersten Ausführungsbeispiel hergestellt sein kann. Aber auch andere Kontaktmetallisierungen, beispielsweise eine Pt-Schicht, kann bei der Erfindung verwendet werden.

In Figur 3 ist die eine I-U-Kennlinie eines Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Bauelements im Vergleich zu einer I-U-Kennlinie eines Bauelements nach dem Stand der

Technik dargestellt. Aufgetragen ist die an dem Bauelement anliegende Spannung U in Abhängigkeit eines in das Bauelement eingepprägten Stroms I . Die Linie 13 bzw. die zugehörigen Meßpunkte geben die Messergebnisse des erfindungsgemäßen Bauelements wieder, die Meßpunkte 14 die entsprechenden Ergebnisse nach dem Stand der Technik.

Die Struktur der Bauelemente entspricht dabei im wesentlichen Figur 2. Im einzelnen wurden auf ein SiC-Substrat 5 eine 100 nm dicke Pufferschicht 6 aus $\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{N}$, eine 500 nm dicke erste Mantelschicht 7 aus $\text{Al}_{0.09}\text{Ga}_{0.91}\text{N}$, eine 100 nm dicke erste Wellenleiterschicht 8 aus GaN, eine aktive Schicht, eine 126 nm dicke zweite Wellenleiterschicht 10 aus GaN und eine 400 nm dicke zweite Mantelschicht 11 aus $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$ aufgebracht. Die Pufferschicht 5, die erste Mantelschicht 6 und die erste Wellenleiterschicht 7 sind Si-dotiert und entsprechend n-leitend, die zweite Wellenleiterschicht 10 und die zweite Mantelschicht 11 Mg-dotiert und daher p-leitend.

Die aktive Schicht 9 umfaßt eine Quantenfilmstruktur, die im einzelnen in Richtung der Kontaktschicht aus einer 3 nm dicken InGaN-Schicht, einer 5 nm dicken GaN-Barriereschicht, einer 3 nm dicken InGaN-Schicht, einer 5 nm dicken GaN-Barriereschicht, einer 3 nm dicken InGaN-Schicht und einer 15 nm dicken, Mg-dotierten $\text{Al}_{0.09}\text{Ga}_{0.91}\text{N}$ -Barriereschicht besteht.

Bei dem erfindungsgemäßen Bauelement ist auf die zweite Mantelschicht 11 eine 100 nm dicke, Mg-dotierte Kontaktschicht 2 aus InGaN mit einem Indiumanteil von 3% abgeschieden, die bei einer vergleichsweise niedrigen Temperatur von 800°C epitaktisch aufgewachsen wurde. Bei dem Bauelement nach dem Stand der Technik wurde zum Vergleich eine 100 nm dicke p-GaN-Kontaktschicht bei 1000°C epitaktisch aufgebracht. Als Kontaktmetallisierung wurde jeweils auf die Kontaktschicht 2 eine Pd-Schicht mit einer Dicke von 50 nm und eine Au-Schicht mit einer Dicke von 100 nm aufgedampft und nachfolgend einlegiert.

Die Kontakte wurden zur Messung der I-U-Kennlinie als sogenannte CTLM-Kontakte (CTLM: circular transmission line method) ausgeführt. Gemessen wurde die I-U-Kennlinie eines kreisförmigen Kontakts mit einem Durchmesser von $310\ \mu\text{m}$ zu einem großflächigen Kontakt, wobei die Kontakte durch einen $45\ \mu\text{m}$ breiten Ring getrennt sind.

Wie aus Figur 3 hervorgeht, ist die I-U-Kennlinie bei dem erfindungsgemäßen Bauelement deutlich linearer und schwächer gekrümmt als bei dem Bauelement nach dem Stand der Technik. Der Kontakt bei dem erfindungsgemäße Bauelement weist daher vorteilhafterweise ein besseres ohmsches Verhalten auf. Zudem ist insbesondere in der Umgebung des Nullpunkts ($I=0\text{A}$, $U=0\text{V}$) sowohl der absolute Widerstand U/I als auch der differentielle Widerstand dU/dI geringer als bei dem Bauelement nach dem Stand der Technik.

In Figur 4 sind die I-U-Kennlinien ähnlicher Bauelemente dargestellt. Im Unterschied zum zuvor beschriebenen Ausführungsbeispiel ist jeweils auf der Kontaktschicht 2 eine Kontaktmetallisierung 3 mit einer lateralen Größe von $750\ \mu\text{m} \times 50\ \mu\text{m}$ aufgebracht. Auf der von der Halbleiterschichtenfolge abgewandten Seite ist das Substrat 5 ganzflächig mit einem Gegenkontakt 4 versehen, die laterale Probengröße beträgt typischerweise $3\ \text{mm} \times 3\ \text{mm}$. Der übrige Aufbau und insbesondere die Zusammensetzung und Herstellung der Kontaktschicht entsprechen dem zuvor beschriebenen Ausführungsbeispiel.

Die zugehörigen I-U-Kennlinien sind in Figur 4 dargestellt. Linie 15 gibt die Messwerte für das erfindungsgemäße Bauelement mit einer InGaN-Kontaktschicht, Linie 16 die Messwerte für das Bauelement nach dem Stand der Technik mit einer p-GaN-Kontaktschicht wieder. Beide Kennlinien weisen in der Nähe des Nullpunkts einen steilen Anstieg auf, dem mit wachsendem Strom ein wesentlich flacherer Verlauf folgt. In diesem zweiten, flacheren Abschnitt ist bei dem erfindungsgemä-

10

ßenn Bauelement die anliegende Spannung U zu einem bestimmten Strom I deutlich geringer als bei dem Bauelement nach dem Stand der Technik. Somit weist das erfindungsgemäße Bauelement in diesem Bereich einen deutlich geringeren absoluten
5 Widerstand U/I auf.

Die Erläuterung der Erfindung anhand der beschriebenen Ausführungsbeispiele stellt selbstverständlich keine Beschränkung der Erfindung auf diese dar. Die Erfindung bezieht sich
10 auf strahlungsemitterende Bauelemente wie beispielsweise Leuchtdioden (LEDs) und Laserdioden, ist aber allgemein auch für andere GaN-basierende Bauelemente geeignet.

Patentansprüche

1. Strahlungsemittierendes Halbleiterbauelement mit einem Halbleiterkörper (1), der eine strahlungserzeugende aktive Schicht (9) und eine p-leitende Kontaktschicht (2) aufweist, wobei auf die p-leitende Kontaktschicht (2) eine Kontaktmetallisierung (3) aufgebracht ist, dadurch gekennzeichnet, daß die Kontaktschicht (2) $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$, $0 < x \leq 1$ oder $\text{Al}_y\text{In}_x\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$, $0 < x \leq 1$, $0 \leq y < 1$, $0 < x + y \leq 1$ enthält.
2. Strahlungsemittierendes Halbleiterbauelement nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Kontaktschicht (2) mit Magnesium dotiert ist.
3. Strahlungsemittierendes Halbleiterbauelement nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Indiumanteil in der Kontaktschicht (2) größer 1 Atom% bezogen auf die Gruppe-III-Gitterplätze ist, bevorzugt zwischen 1 Atom% und 9 Atom% und insbesondere zwischen einschließlich 3 Atom% und einschließlich 6 Atom%, jeweils bezogen auf die Gruppe-III-Gitterplätze, liegt.
4. Strahlungsemittierendes Halbleiterbauelement einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Kontaktmetallisierung (3) mindestens eines der Elemente Pd, Ni, Au oder Pt oder eine Legierung von mindestens zwei dieser Elemente enthält.
5. Strahlungsemittierendes Halbleiterbauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Dicke der Kontaktschicht (2) zwischen $0,01 \mu\text{m}$ und $1,0 \mu\text{m}$, insbesondere zwischen $0,1 \mu\text{m}$ und $0,2 \mu\text{m}$ liegt.

6. Strahlungsemittierendes Halbleiterbauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß
5 der Halbleiterkörper (1) eine Halbleiterschichtenfolge aufweist, in der der Reihe nach in Richtung der Kontaktmetallisierung (3) eine n-leitende erste Mantelschicht (7), eine n-leitende erste Wellenleiterschicht (8), eine aktive Schicht (9), eine p-leitende zweite Wellenleiterschicht (10), eine p-
10 leitende zweite Mantelschicht (11) und die Kontaktschicht (2) angeordnet sind.

7. Strahlungsemittierendes Halbleiterbauelement nach Anspruch 6,
15 dadurch gekennzeichnet, daß die erste Mantelschicht (7) n-AlGaN und die zweite Mantelschicht p-AlGaN (11) enthält.

8. Strahlungsemittierendes Halbleiterbauelement nach Anspruch 6 oder 7,
20 dadurch gekennzeichnet, daß die erste Wellenleiterschicht (8) n-GaN und die zweite Wellenleiterschicht (10) p-GaN enthält.

25 9. Strahlungsemittierendes Halbleiterbauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die aktive Schicht (9) mindestens einen $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$, $0 \leq x \leq 1$ oder $\text{Al}_y\text{In}_x\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$, $0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, $0 \leq x+y \leq 1$ enthaltenden Quantenfilm
30 (12) umfaßt.

10. Strahlungsemittierendes Halbleiterbauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß
35 die Kontaktschicht (2) eine Defektdichte aufweist, die gleich oder größer als $5 \cdot 10^9 \text{ cm}^{-2}$, insbesondere gleich oder größer als $1 \cdot 10^{10} \text{ cm}^{-2}$ ist.

11. Strahlungsemittierendes Halbleiterbauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 10,
dadurch gekennzeichnet, daß
5 der Halbleiterkörper (1) auf der von der Kontaktschicht (2) abgewandten Seite ein Substrat (5) aufweist.
12. Strahlungsemittierendes Halbleiterbauelement nach Anspruch 11,
10 dadurch gekennzeichnet, daß das Substrat (5) SiC enthält.
13. Strahlungsemittierendes Halbleiterbauelement nach Anspruch 11,
15 dadurch gekennzeichnet, daß das Substrat (5) Saphir enthält.
14. Strahlungsemittierendes Halbleiterbauelement nach einem der Ansprüche 11 bis 13,
20 dadurch gekennzeichnet, daß der Halbleiterkörper eine an das Substrat (5) angrenzende Pufferschicht (6) enthält.
15. Strahlungsemittierendes Halbleiterbauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 14,
25 dadurch gekennzeichnet, daß das Bauelement eine Lumineszenzdiode, insbesondere eine Laserdiode oder eine LED ist.
- 30 16. Verfahren zur Herstellung eines strahlenemittierenden Halbleiterbauelements mit den Schritten:
- a) Bereitstellen einer Halbleiteroberfläche,
 - b) Aufbringen einer p-leitenden Kontaktschicht (2), die $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$, $0 < x \leq 1$ oder $\text{Al}_y\text{In}_x\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$, $0 < x \leq 1$, $0 < y < 1$, $0 < x+y \leq 1$
35 enthält, auf die Halbleiteroberfläche, und
 - c) Aufbringen einer Kontaktmetallisierung (3) auf die p-leitende Kontaktschicht (2).

17. Verfahren nach Anspruch 16,
dadurch gekennzeichnet, daß
in Schritt a) eine Mehrzahl von Halbleiterschichten epitak-
5 tisch auf einem Substrat (5) abgeschieden werden, so daß die
Oberfläche der zuletzt abgeschiedenen Halbleiterschicht die
Halbleiteroberfläche bildet.
18. Verfahren nach Anspruch 16 oder 17,
10 dadurch gekennzeichnet, daß
in Schritt b) die p-leitende Kontaktschicht (2) epitaktisch
auf der Halbleiteroberfläche abgeschieden wird.
19. Verfahren nach Anspruch 18,
15 dadurch gekennzeichnet, daß
in Schritt b) die Kontaktschicht (2) bei einer Temperatur
zwischen 700°C und 1000°C, insbesondere zwischen 750°C und
850°C abgeschieden wird.
- 20 20. Verfahren nach Anspruch 18 oder 19,
dadurch gekennzeichnet, daß
während der Abscheidung der Kontaktschicht (2) Stickstoff als
Trägergas verwendet wird.

1/2

FIG 1

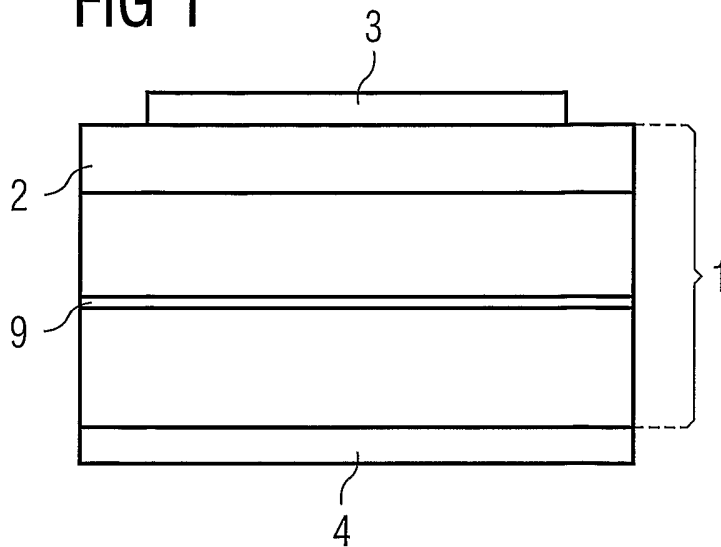


FIG 2

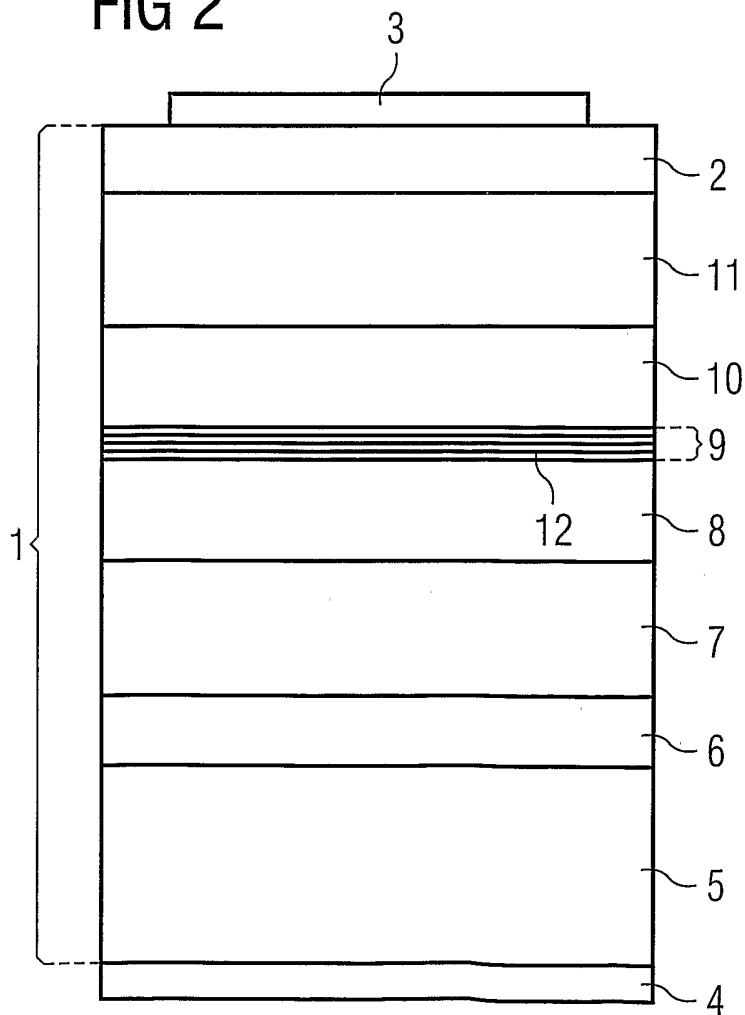


FIG 3

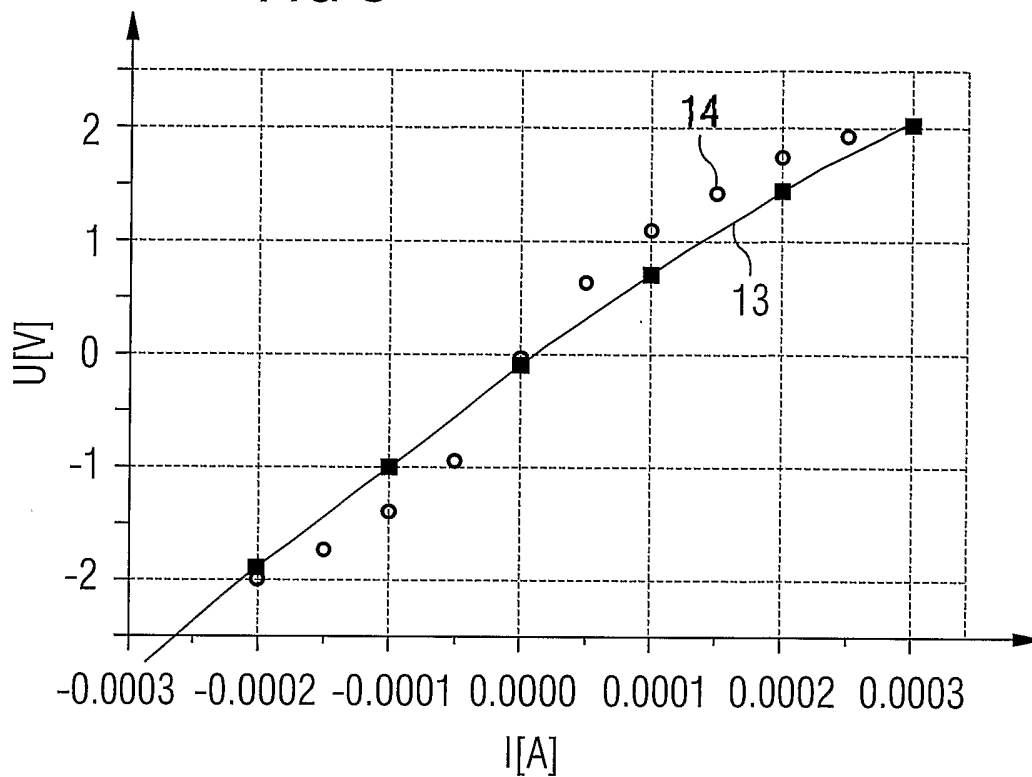
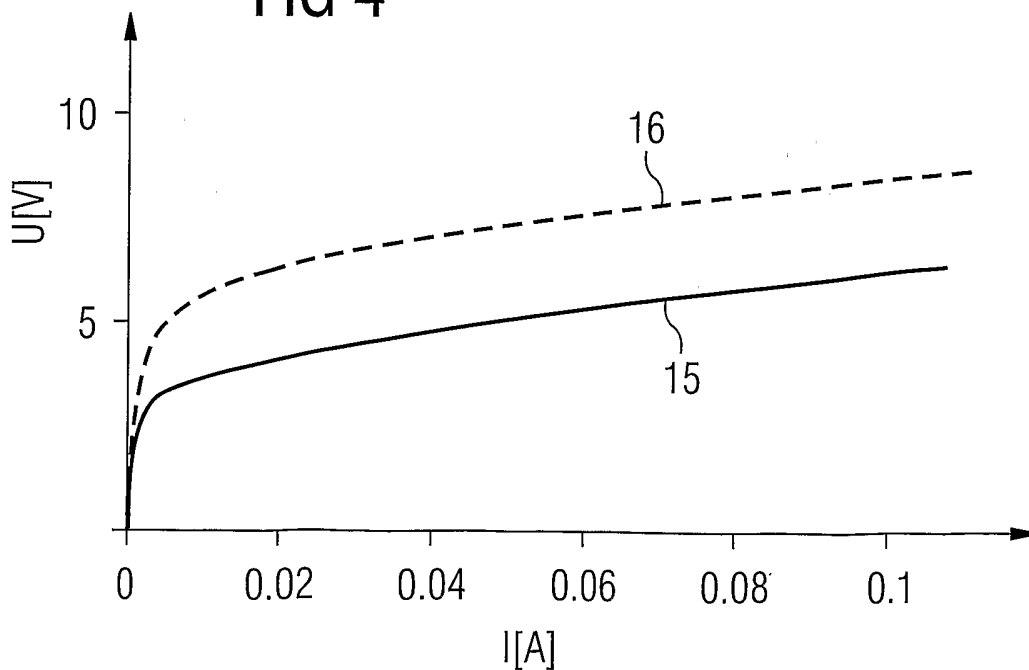


FIG 4



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

In national Application No
PCT/DE 02/03199

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 H01L33/00 H01S5/343

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 H01L 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)

PAJ, EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 2000, no. 03, 30 March 2000 (2000-03-30) -& JP 11 340505 A (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD), 10 December 1999 (1999-12-10) paragraphs '0049!-'0053!	1-20
X	US 6 078 064 A (BIING-JYE LEE ET AL) 20 June 2000 (2000-06-20) column 3, line 24; figure 5	1
X	GB 2 344 461 A (ARIMA OPTOELECTRONICS CORP) 7 June 2000 (2000-06-07) abstract	1

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

7 January 2003

Date of mailing of the international search report

14/01/2003

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
Werner, A

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/DE 02/03199

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1999, no. 14, 22 December 1999 (1999-12-22) & JP 11 243251 A (TOSHIBA CORP), 7 September 1999 (1999-09-07) abstract -----	6
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1998, no. 05, 30 April 1998 (1998-04-30) & JP 10 022586 A (SONY CORP), 23 January 1998 (1998-01-23) abstract -----	6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International Application No
PCT/DE 02/03199

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)	Publication date
JP 11340505	A	10-12-1999	US	6307219 B1	23-10-2001
US 6078064	A	20-06-2000	NONE		
GB 2344461	A	07-06-2000	JP	2000188422 A	04-07-2000
JP 11243251	A	07-09-1999	NONE		
JP 10022586	A	23-01-1998	NONE		

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/DE 02/03199

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 H01L33/00 H01S5/343

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchiertes Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 7 H01L H01S

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)
PAJ, EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 2000, no. 03, 30. März 2000 (2000-03-30) -& JP 11 340505 A (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD), 10. Dezember 1999 (1999-12-10) Absätze '0049!-'0053! ----	1-20
X	US 6 078 064 A (BIING-JYE LEE ET AL) 20. Juni 2000 (2000-06-20) Spalte 3, Zeile 24; Abbildung 5 ----	1
X	GB 2 344 461 A (ARIMA OPTOELECTRONICS CORP) 7. Juni 2000 (2000-06-07) Zusammenfassung ----- -/--	1

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

- *A* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- *E* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- *L* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- *O* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- *P* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

7. Januar 2003

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

14/01/2003

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Werner, A

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie ^o	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1999, no. 14, 22. Dezember 1999 (1999-12-22) & JP 11 243251 A (TOSHIBA CORP), 7. September 1999 (1999-09-07) Zusammenfassung -----	6
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1998, no. 05, 30. April 1998 (1998-04-30) & JP 10 022586 A (SONY CORP), 23. Januar 1998 (1998-01-23) Zusammenfassung -----	6

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 02/03199

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
JP 11340505	A	10-12-1999	US 6307219 B1	23-10-2001
US 6078064	A	20-06-2000	KEINE	
GB 2344461	A	07-06-2000	JP 2000188422 A	04-07-2000
JP 11243251	A	07-09-1999	KEINE	
JP 10022586	A	23-01-1998	KEINE	