

(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
10. Mai 2001 (10.05.2001)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 01/33640 A1

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: **H01L 33/00**

(DE). HÄRLE, Volker [DE/DE]; Eichenstraße 35, 93164
Laaber (DE). STATH, Norbert [DE/DE]; Rosinasweg 11,
93049 Regensburg (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: **PCT/DE00/03520**

(22) Internationales Anmeldedatum:
6. Oktober 2000 (06.10.2000)

(74) Anwalt: **EPPING HERMANN & FISCHER GBR**;
Postfach 12 10 26, 80034 München (DE).

(25) Einreichungssprache: **Deutsch**

(81) Bestimmungsstaaten (*national*): CA, CN, JP, KR, US.

(26) Veröffentlichungssprache: **Deutsch**

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

(30) Angaben zur Priorität:
199 52 932.9 3. November 1999 (03.11.1999) **DE**

Veröffentlicht:

- Mit internationalem Recherchenbericht.
- Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden
Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen
eintreffen.

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

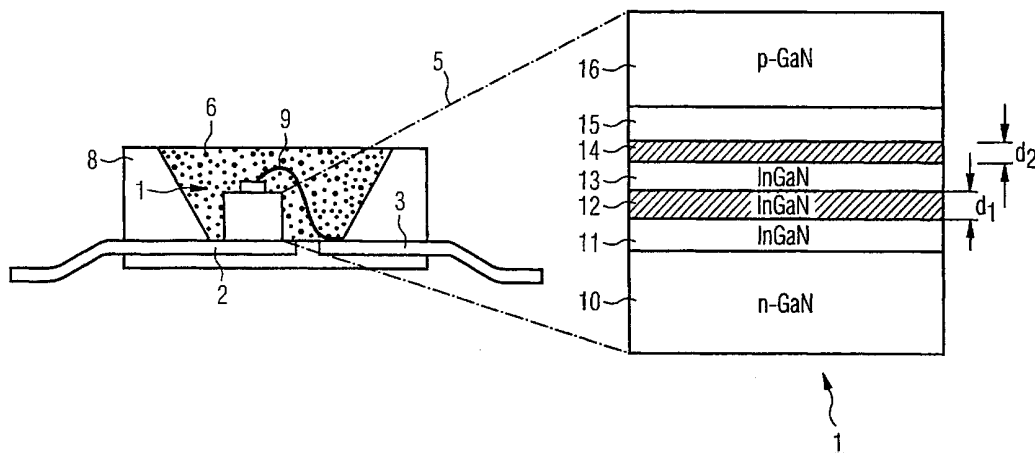
(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **SCHLERETH, Karl-
Heinz** [DE/DE]; Akazienweg 21, 93133 Burglengenfeld

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: **LED WHITE LIGHT SOURCE WITH BROAD BAND STIMULATION**

(54) Bezeichnung: **LED-WEISSLICHTQUELLE MIT BREITBANDIGER ANREGUNG**



(57) Abstract: A white light source comprises a UV-/blue-emitting semi-conductor LED (1), an embedding mass with phosphor particles (6) and several light emitting zones. Said light emitting zones are arranged within a layered structure, on a common substrate (10, 20), whereby the emission maxima of the light emitting zones are energetically staggered by various choices of compound or semi-conductor material thickness.

(57) Zusammenfassung: Eine Weißlichtquelle mit einer UV-/blau emittierenden Halbleiter-LED (1) und einer mit Phosphor-Partikeln (6) versehenen Einbettungsmasse (5) wird mit mehreren lichtemittierenden Zonen versehen, die innerhalb einer Schichtstruktur auf einem gemeinsamen Substrat (10; 20) aufgebracht sind, wobei die Emissionsmaxima der lichtemittierenden Zonen durch unterschiedliche Wahl der Zusammensetzung oder der Schichtdicke des Halbleitermaterials energetisch gegeneinander verstimmt sind.

WO 01/33640 A1

Beschreibung

LED-Weißlichtquelle mit breitbandiger Anregung

5 Die vorliegende Erfindung betrifft eine LED-Weißlichtquelle nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1. Insbesondere be-
trifft die vorliegende Erfindung eine LED-Weißlichtquelle mit
einer Halbleiter-LED auf der Basis von GaN oder InGaN, die
zumindest teilweise von einer Umhüllung aus einem transparen-
10 ten Material umgeben ist, in welchem eine Konvertersubstanz zur mindestens teilweisen Wellenlängenkonversion des von der LED emittierten Lichts enthalten ist, wobei die LED eine
Mehrzahl von lichtemittierenden Zonen aufweist, durch die ein
relativ breitbandiges Lichtemissionsspektrum energetisch
15 oberhalb des Emissionsspektrums der Konvertersubstanz erzeugt wird.

Ein derartiges Bauelement ist beispielsweise aus der Offenle-
gungsschrift DE 38 04 293 A1 bekannt. Darin ist eine Anord-
20 nung mit einer Elektrolumineszenz- oder Laserdiode beschrie-
ben, bei der das von der Diode abgestrahlte Emissionsspektrum mittels eines mit einem phosphoreszierenden, lichtwandelnden organischen Farbstoff versetzten Elements aus Kunststoff zu
größeren Wellenlängen hin verschoben wird. Das von der Anord-
25 nung abgestrahlte Licht weist dadurch eine andere Farbe auf als das von der Leuchtdiode ausgesandte Licht. Abhängig von der Art des dem Kunststoff beigefügten Farbstoffes lassen sich mit ein und demselben Leuchtdiodentyp Leuchtdiodenanord-
nungen herstellen, die in unterschiedlichen Farben leuchten.

30 In vielen potentiellen Anwendungsgebieten für Leuchtdioden, wie z.B. bei Anzeigeelementen im Kfz-Armaturenbereich, Be-
leuchtung in Flugzeugen und Autos und bei vollfarbtauglichen LED-Displays, tritt verstärkt die Forderung nach Leucht-
35 diodenanordnungen auf, mit denen sich mischfarbiges Licht, insbesondere weißes Licht, erzeugen läßt.

In der WO 98/12757 A1 ist eine wellenlängenkonvertierende Vergußmasse für ein elektrolumineszierendes Bauelement mit einem ultravioletten, blaues oder grünes Licht aussendenden Körper auf der Basis eines transparenten Epoxidharzes beschrieben, das mit einem Leuchtstoff, insbesondere mit einem anorganischen Leuchtstoffpigmentpulver mit Leuchtstoffpigmenten aus der Gruppe der Phosphore, versetzt ist. Als bevorzugtes Ausführungsbeispiel wird eine Weißlichtquelle beschrieben, bei welcher eine strahlungsemittierende Halbleiter-LED auf der Basis von GaN, GaInN, GaAlN oder GaInAlN mit einem Emissionsmaximum zwischen 420 nm und 460 nm und einem Leuchtstoff beschrieben, der so gewählt ist, daß eine von dem Halbleiterkörper ausgesandte blaue Strahlung in komplementäre Wellenlängenbereiche, insbesondere blau und gelb, oder zu additiven Farbtripeln, z.B. blau, grün und rot, umgewandelt wird. Hierbei wird das gelbe bzw. das grüne und rote Licht von den Leuchtstoffen erzeugt. Der Farbton (Farbort in der CIE-Farbtabelle) des solchermaßen erzeugten weißen Lichts kann dabei durch geeignete Wahl des oder der Leuchtstoffe hinsichtlich Mischung und Konzentration variiert werden.

Ebenso offenbart die WO 98/54929 A2 ein sichtbares Licht emittierendes Halbleiterbauelement mit einer UV-/Blau-LED, welche in einer Vertiefung eines Trägerkörpers angeordnet ist, deren Oberfläche eine lichtreflektierende Schicht aufweist und mit einem transparenten Material gefüllt ist, welches die LED an ihren Lichtaustrittsseiten umgibt. Zur Verbesserung der Lichtauskopplung weist das transparente Material einen Brechungsindex auf, der niedriger als der Brechungsindex der lichtaktiven Region der LED ist.

In der US 5,851,905 und in der JP 0100022525 ist jeweils ein LED-Chip mit gestapelten Quantentöpfen beschrieben, die derart verschiedene Emissionswellenlängen aufweisen, dass der Chip weißes Licht aussendet.

Die bisher bekannten Weißlichtquellen der beschriebenen Art weisen jedoch den Nachteil auf, daß die spektrale Lichtemissionskurve der Weißlichtquellen noch nicht optimal ist, so daß der physiologisch-optische Eindruck einer Weißlichtquelle vielfach nicht hinreichend gegeben ist. Dies liegt nicht etwa an den verwendeten Leuchtstoffen als vielmehr daran, daß bei der Wellenlängenkonversion der energetische Abstand zwischen absorbiertem Photon und emittiertem Photon nicht beliebig verkleinert werden kann. Aus diesem Grund entsteht ein spektrales Loch in der Emissionskurve. In Fig. 3 ist die spektrale Emissionskurve einer von der Firma Hewlett-Packard kommerziell erhältlichen Weißlichtquelle mit der Produktbezeichnung HLMP-CW15/16 dargestellt, welche eine InGaN-LED und eine Vergußmasse mit roten und grünen Phosphorpartikeln verwendet. In der Emissionskurve ist das Emissionsmaximum der LED mit A bezeichnet, während die Emissionsmaxima des Leuchtstoffs mit B₁ und B₂ bezeichnet sind. Ein derartiges Emissionsspektrum kommt regelmäßig dadurch zustande, daß von der von der LED emittierten Lichtstrahlung stets nur ein Anteil in dem Konversionsmaterial absorbiert und in Licht größerer Wellenlänge konvertiert wird. Durch den physikalisch bedingten energetischen Abstand zwischen A und B₁ entsteht das spektrale Loch, durch welches der Blauanteil des Spektrums signifikant reduziert ist.

Dieses Problem könnte durch Anordnung eines zusätzlichen LED-Bauelements mit einem Emissionsmaximum im blauen Wellenlängenbereich gelöst werden. Diese Lösung ist jedoch unbefriedigend, da sie mit einem erheblichen Mehraufwand an Material und Fertigungszeit verbunden ist, da nicht nur ein weiteres Halbleiterbauelement hergestellt werden muß, sondern in der zu fertigenden Weißlichtquelle eigens kontaktiert und verdrahtet werden muß.

Es ist dementsprechend Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Weißlichtquelle der beschriebenen Art derart weiterzubilden, daß das von ihr emittierte Lichtspektrum im Sinne ei-

nes verbesserten optisch-physiologischen Weißlicht-Eindrucks verbessert wird. Insbesondere ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine verbesserte Weißlichtquelle anzugeben, bei der das emittierte Lichtspektrum einen möglichst gleichmäßigen Intensitätsverlauf aufweist.

Diese Aufgabe wird durch die kennzeichnenden Merkmale des Patentanspruchs 1 gelöst.

10 Dementsprechend beschreibt die vorliegende Erfindung eine Weißlichtquelle mit einer Halbleiter-LED, eine die LED zumindest teilweise umgebenden Umhüllung aus einem transparenten Material, in welchem eine Konvertersubstanz zur mindestens teilweisen Wellenlängenkonversion des von der LED emittierten

15 Lichts enthalten ist, wobei die LED mindestens zwei lichtemittierende Zonen aufweist, die derart geformt sind, daß die Maxima ihrer Emissionsspektren energetisch gegeneinander verstimmt sind und oberhalb des Emissionsspektrums der Konvertersubstanz liegen, und die ferner in einer Hauptabstrahl-

20 richtung der LED derart hintereinander angeordnet sind, daß die Photonenenergie des Emissionsmaximums in Richtung auf die Lichtaustrittsseite zunimmt.

Durch diese Reihenfolge der lichtemittierenden Zonen wird

25 verhindert, daß in den kurzwellig emittierenden Zonen die langwelligeren Photonen wieder absorbiert werden. Durch die Erfindung wird somit das bei Weißlichtquellen gemäß dem Stand der Technik vorhandene spektrale Loch gefüllt. Dies kann durch eine einzige zusätzliche lichtemittierende Zone oder

30 auch durch eine größere Anzahl zusätzlicher lichtemittierender Zonen herbeigeführt werden, die sich energetisch oberhalb des ersten Emissionsmaximums der Konvertersubstanz an dieses anschließen. Die lichtemittierenden Zonen sind auf einem gemeinsamen Substrat und zwischen zwei äußeren elektrischen

35 Kontaktschichten angeordnet, so daß sie mit einer gemeinsamen Spannungsquelle verbunden werden können.

In einer ersten Ausführungsform weist die LED genau einen pn-Übergang auf und die lichtemittierenden Zonen sind durch eine entsprechende Anzahl von Ein- oder Mehrfach-Quantentrog-
schichten unterschiedlicher Dicke und/oder unterschiedlicher
5 Materialzusammensetzung geformt. Die energetische Verschiebung zwischen den Emissionsmaxima ergibt sich in dieser Ausführungsform aus der Verschiebung des untersten Leitungsbandes und des obersten Valenzbandes bei Variation der Dicke und/oder der Materialzusammensetzung in den Quantentrog-
10 schichten. In dem einfachsten denkbaren Ausführungsbeispiel sind zwei lichtemittierende Zonen dadurch gebildet, daß zwei Einfach-Quantentrog-schichten aus InGaN unterschiedlicher Dicke und/oder unterschiedlicher Indium-Konzentration jeweils zwischen zwei Schichten mit größerem Bandabstand eingebettet
15 und hintereinander angeordnet sind.

In einer zweiten Ausführungsform sind die lichtemittierenden Zonen der LED durch eine entsprechende Anzahl von pn-Übergängen gebildet. Dabei können die pn-Übergänge aus Volumenmaterial unterschiedlicher Materialzusammensetzung, d.h. beispielsweise unterschiedlichem Indium-Anteil in der Materialkombination InGaN, gebildet sein. Die pn-Übergänge können jedoch auch ihrerseits jeweils eine Ein- oder Mehrfach-Quantentrog-schicht enthalten und die Quantentrog-schichten verschiedener pn-Übergänge können dabei verschiedene Dicken und/oder
25 Materialzusammensetzungen aufweisen. Jeweils benachbarte pn-Übergänge können in besonders einfacher Weise durch eine metallische Kontaktschicht, wie eine Lotschicht, miteinander elektrisch verbunden sein. Es können jedoch die benachbarten
30 pn-Übergänge auch dadurch monolithisch integriert werden, indem sie durch extrem niederohmige np-Tunnelübergänge voneinander getrennt sind, die aus einer n^+ -dotierten Schicht und einer unmittelbar angrenzenden p^+ -dotierten Schicht bestehen, wobei die n^+ -dotierte Schicht sich an das n-Gebiet des einen
35 pn-Übergangs anschließt und die p^+ -dotierte Schicht sich an das p-Gebiet des anderen pn-Übergangs anschließt, und die n^+ - bzw. p^+ -Dotierungskonzentration derart gewählt ist, daß sich

im Betrieb ein relativ niedriger elektrischer Widerstand des Tunnelübergangs ergibt. Diese Art des Verbindens zweier pn-Übergänge ist an sich im Stand der Technik bekannt (z.B. van der Ziel, et al., "Appl. Phys. Lett." 41, S. 500, 1982) und
5 soll daher an dieser Stelle nicht weiter erörtert werden.

Die Erfindung wird im folgenden anhand der zwei Ausführungsformen in Verbindung mit den Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

10

Fig. 1 eine Querschnittsansicht einer erfindungsgemäßen Weißlichtquelle gemäß einer ersten Ausführungsform mit vergrößert dargestelltem Halbleiterschichtaufbau;

15

Fig. 2 eine Querschnittsansicht einer erfindungsgemäßen Weißlichtquelle gemäß einer zweiten Ausführungsform mit vergrößert dargestelltem Halbleiterschichtaufbau;

20

Fig. 3 ein Emissionsspektrum einer konventionellen, kommerziell erhältlichen Weißlichtquelle;

25

Fig. 4 ein Beispiel für ein Emissionsspektrum einer erfindungsgemäßen Weißlichtquelle.

30

In einer erfindungsgemäßen Weißlichtquelle gemäß Fig. 1 ist eine UV-/blau emittierende Halbleiter-LED 1 mittels eines elektrisch leitenden Verbindungsmittels, z.B. ein metallisches Lot oder ein leitfähiger Klebstoff wie Leitsilber mit seinem Rückseitenkontakt auf einem ersten elektrischen Anschluß 2 befestigt. Der Vorderseitenkontakt ist mittels eines Bonddrahtes 9 mit einem zweiten elektrischen Anschluß 3 verbunden.

35

Die freien Oberflächen der Halbleiter-LED 1 und Teilbereiche der elektrischen Anschlüsse 2 und 3 sind unmittelbar von ei-

ner gehärteten, wellenlängenkonvertierenden Vergußmasse 5 umschlossen. Diese kann beispielsweise zu 80-90 Gew.-% aus Epoxidharz bestehen und Leuchtstoffpartikel 6 aus YAG:Ce zu ≤ 15 Gew.-% enthalten, wobei im übrigen weitere Bestandteile, wie Haftvermittler, Verarbeitungshilfsmittel, Hydrophobiermittel, mineralische Diffusoren sowie Thixotropiermittel, enthalten sind.

Im rechten Teilbild der Fig. 1 ist der Halbleiterschichtaufbau der LED 1 vergrößert und im Detail dargestellt. Auf einem n-dotierten GaN-Substrat 10 werden durch ein Wachstumsverfahren, wie MOCVD (metallorganische Gasphasenepitaxie) oder MBE (Molekularstrahlepitaxie) Halbleiterschichten aus InGaN mit wechselndem Indium-Anteil mit dem Ziel der Herstellung zweier Einfach-Quantentrogsschichten aufgewachsen. Die Bandlücke des Materials $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ nimmt mit steigendem Indium-Anteil x ab.

Zunächst wird eine nominell undotierte InGaN-Barriereschicht 11 mit relativ kleinem Indium-Anteil x aufgewachsen. Darauf wird eine InGaN-Quantentrogsschicht 12 mit relativ großem Indium-Anteil x und einer Dicke d_1 aufgebracht. Auf diese Quantentrogsschicht 12 folgt eine weitere InGaN-Barriereschicht 13. Durch die Quantentrogsschicht 12 wird somit eine erste lichtemittierende Zone gebildet, deren Emissionsmaximum sowohl durch ihre Dicke als auch durch ihren Indium-Anteil sowie den Indium-Anteil der Barriereschichten bestimmt wird. Auf die Barriereschicht 13 wird nun eine weitere InGaN-Quantentrogsschicht 14 mit einem relativ niedrigem Indium-Anteil x und einer Dicke $d_2 < d_1$ aufgebracht. Auf diese wird wiederum eine InGaN-Barriereschicht 15 relativ großen Indium-Anteils x aufgewachsen, worauf eine p-dotierte GaN-Kontaktschicht 16 die Halbleiterschichtenfolge abschließt.

Somit wird die zweite lichtemittierende Zone durch die InGaN-Quantentrogsschicht 14 gebildet. Die Quantentrogsschichten 12 und 14 können denselben Indium-Anteil aufweisen. In diesem Fall weist die obere Quantentrogsschicht 14 durch den größeren

Abstand zwischen dem untersten Leitungsband und dem obersten Valenzband das energetisch höhere Emissionsmaximum als die Quantentrogsschicht 12 auf. Für die Feinabstimmung der energetischen Verschiebung zwischen den Quantentrogsschichten 12 und 14 kann jedoch auch zusätzlich der Indium-Anteil variiert werden. So kann z.B. in dem anderen Extrem auch die Dicke beider Quantentrogsschichten 12 und 14 identisch sein, jedoch die energetische Verstimung allein durch die unterschiedliche Indium-Konzentration herbeigeführt werden. Die den lichtaktiven Abschnitt der Schichtstruktur bildenden Schichten 11 bis 15 sind nominell undotiert.

Dadurch daß die Quantentrogsschicht 12 mit der kleineren Photonen-Energie des Bandabstands unten angeordnet ist, gelangt das von ihr emittierte Licht durch die einen höheren Bandabstand aufweisenden darüberliegenden Schichten nahezu verlustlos in die die LED 1 umgebene Konversionsmasse 5.

In Fig. 4 ist beispielshalber ein Emissionsspektrum dargestellt, wie es durch eine Weißlichtquelle gemäß Fig. 1 erzielt werden kann. In diesem Emissionsspektrum taucht die von der Quantentrogsschicht 12 emittierte Lichtstrahlung als eine weitere Linie A_2 auf. Dieser Anteil des Emissionsspektrums wird durch Strahlung der Quantentrogsschicht 12 gebildet, die das Konversionsmaterial 5 passiert hat, ohne in den Phosphorpartikeln 6 konvertiert zu werden. Durch die Linie A_2 wird somit das spektrale Loch in dem Emissionsspektrum geschlossen, wodurch eine gleichmäßigere Intensitätsverteilung des Emissionsspektrums herbeigeführt wird.

30

Auf diese Weise können auch mehr als zwei Quantentrogsschichten übereinander angeordnet werden, wobei stets darauf zu achten ist, daß die Lichtstrahlung einer unteren Quantentrogsschicht nicht durch darüberliegendes Halbleitermaterial absorbiert wird. Die Bandlücke der Quantentrogsschichten muß somit in Wachstumsrichtung der Halbleiterschichtstruktur kontinuierlich größer werden, was bedeutet, daß die Schichtdicke

35

kleiner werden muß und/oder der Indium-Anteil kleiner werden muß.

Es können auch in der Fig. 1 die Einfach-Quantentrogsschichten
5 12 und 14 jeweils durch Mehrfach-Quantentrogsschichten ersetzt werden, innerhalb derer die Schichtdicke und der Indium-Anteil konstant bleibt. Dementsprechend können dann auch mehr als zwei Mehrfach-Quantentrogsschichten angeordnet werden.

10 In Fig. 2 ist ein Beispiel für eine zweite Ausführungsform der erfindungsgemäßen Weißlichtquelle im Querschnitt dargestellt. In dieser Ausführungsform sind beispielhaft zwei pn-Übergänge 21 und 26 vertikal übereinander geschichtet und durch einen n⁺p⁺-Tunnelübergang 25 elektrisch miteinander
15 kontaktiert. Der Tunnelübergang 25 besteht aus zwei hochdotierten n⁺- bzw. p⁺-Schichten ($\sim 10^{20}\text{cm}^{-3}$), von denen die n⁺-Schicht an das n-Gebiet des einen benachbarten pn-Übergangs anschließt und die p⁺-Schicht an das p-Gebiet des anderen benachbarten pn-Übergangs anschließt. Jeder pn-Übergang weist
20 eine aktive, lichtemittierende und intrinsische Schicht 23 bzw. 28 auf.

Im einzelnen wird auf ein n-dotiertes GaN-Substrat 20 eine n-dotierte InGaN-Schicht 22, eine p-dotierte InGaN-Schicht 24,
25 der n⁺p⁺-Tunnelübergang 25, eine n-dotierte InGaN-Schicht 27 und schließlich eine p-dotierte InGaN-Schicht 29 aufgewachsen. Zwischen den Schichten 22 und 24 bzw. 27 und 29 befinden sich die lichtaktiven Zonen 23 bzw. 28, die entweder bei Verwendung von Volumen-pn-Übergängen durch die Raumladungszonen
30 zwischen den n- und p-Schichten oder durch eigens aufgebraachte Einfach- oder Mehrfach-Quantentrogsschichten gebildet sein können. Falls die pn-Übergänge 21 und 26 aus Volumenmaterial gebildet sind, muß die energetische Verstimmung zwischen den lichtaktiven Zonen 23 und 28 über den Indium-Anteil
35 eingestellt werden. Das bedeutet, daß die lichtaktive Zone 28 einen geringeren Indium-Anteil aufweist. Im Falle der Verwendung von Volumenmaterial können auch die jeweils angrenzenden

Schichten 22, 24 bzw. 27, 29 denselben Indium-Anteil wie die lichtaktiven Zonen 23 bzw. 28 aufweisen. Im Falle der Verwendung von Einfach- oder Mehrfach-Quantentrogsschichten wird auf die Ausführungen bezüglich der ersten Ausführungsform verwiesen.
5

Es ist darauf zu achten, daß der n^+p^+ -Tunnelübergang 25 aus einem Material mit ausreichend hohem Bandabstand, z.B. GaN, gewählt wird, so daß keine Absorption der Lichtstrahlung der lichtaktiven Zone 23 stattfindet.
10

Gewünschtenfalls können auch mehr als zwei pn-Übergänge übereinander geschichtet und jeweils durch n^+p^+ -Tunnelübergänge elektrisch miteinander kontaktiert werden.
15

Der Vorteil der Verwendung von hochdotierten Tunnelübergängen liegt darin, daß somit die gesamte Halbleiter-LED 1 gemäß der zweiten Ausführungsform monolithisch hergestellt und somit in einem Wachstumsdurchgang hergestellt werden kann. Alternativ dazu kann jedoch auch vorgesehen sein, daß die pn-Übergänge flächig miteinander verlötet oder auf andere Weise durch eine metallische Kontaktschicht miteinander elektrisch kontaktiert werden.
20

Auch mit einer Ausführungsform gemäß Fig. 2 kann ein Emissionsspektrum entsprechend Fig. 4 herbeigeführt werden.
25

Die Erfindung ist gemäß der Fig. 1 und 2 anhand einer SMD (surface mounted design)-Bauform beschrieben worden, wobei sie jedoch ebenso in einer sogenannten Radialdiode verwirklicht werden kann.
30

Patentansprüche

1. Weißlichtquelle, mit
- einer Halbleiter-LED (1),
- 5 - einer die LED (1) zumindest teilweise umgebenden Umhüllung (5) aus einem transparenten Material, in welchem eine Konvertersubstanz (6) zur mindestens teilweisen Wellenlängenkonversion des von der LED (1) emittierten Lichts enthalten ist,
- 10 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß
- die LED (1) mindestens zwei lichtemittierende Zonen aufweist, die derart ausgeführt sind, daß
 - die Maxima ihrer Emissionsspektren energetisch gegeneinander verstimmt sind und oberhalb des Emissionsspektrums
- 15 der Konvertersubstanz (6) liegen,
- und die ferner in Hauptabstrahlrichtung der LED (1) derart hintereinander angeordnet sind, daß die Energie des Emissionsmaximums in Richtung auf die Lichtaustrittsseite der LED (1) zunimmt.
- 20
2. Weißlichtquelle nach Anspruch 1,
- d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß
- die LED (1) genau einen pn-Übergang aufweist und die lichtemittierenden Zonen durch eine entsprechende Anzahl von
- 25 Ein- oder Mehrfach-Quantentrogsschichten (12, 14) unterschiedlicher Dicke und/oder unterschiedlicher Materialzusammensetzung ausgeführt sind.
3. Weißlichtquelle nach Anspruch 1,
- 30 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß
- die lichtemittierenden Zonen der LED (1) durch eine entsprechende Anzahl von pn-Übergängen (21, 26) gebildet sind.
4. Weißlichtquelle nach Anspruch 3,
- 35 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß
- die pn-Übergänge (21, 26) aus Volumenmaterial unterschiedlicher Materialzusammensetzungen gebildet sind.

5. Weißlichtquelle nach Anspruch 3,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß
- mindestens einer der pn-Übergänge (21, 26) eine Ein- oder
Mehrfach-Quantentrogsschicht enthält.

5

6. Weißlichtquelle nach Anspruch 5,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß
- die pn-Übergänge (21, 26) jeweils eine Ein- oder Mehrfach-
Quantentrogsschicht enthalten,

10 - und die Quantentrogsschichten verschiedener pn-Übergänge
verschiedene Dicken und/oder verschiedene Materialzusammen-
setzungen aufweisen.

7. Weißlichtquelle nach einem der Ansprüche 3 bis 6,

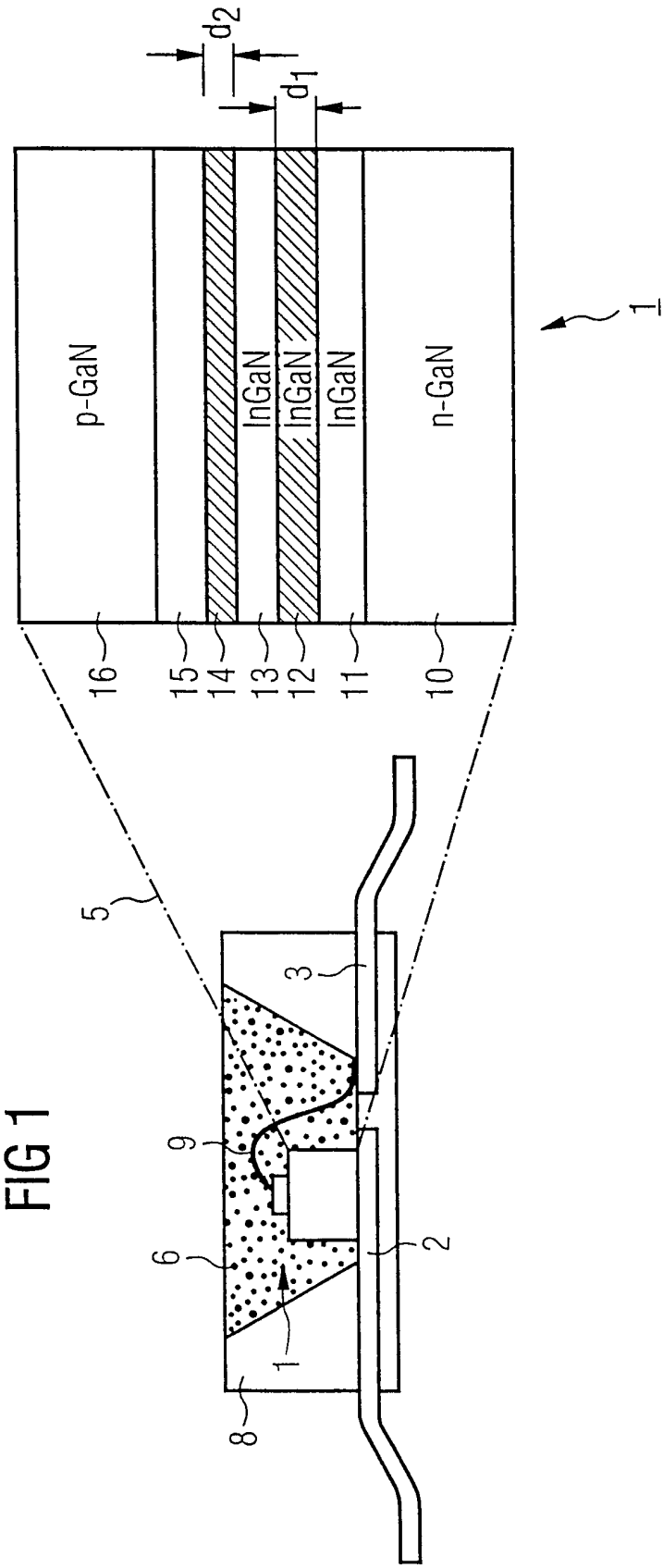
15 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß
- jeweils benachbarte pn-Übergänge (21, 26) durch n^+p^+ -Tun-
nelübergänge (25) miteinander kontaktiert sind, die aus ei-
ner n^+ -dotierten Schicht und einer unmittelbar angrenzenden
 p^+ -dotierten Schicht bestehen, wobei die n^+ -dotierte
20 Schicht sich an das n-Gebiet des einen pn-Übergangs (21)
anschließt und die p^+ -dotierte Schicht sich an das p-Gebiet
des anderen pn-Übergangs (26) anschließt, und die n^+ - bzw.
 p^+ -Dotierungskonzentration derart gewählt ist, daß sich im
Betrieb ein relativ niedriger elektrischer Widerstand des
25 Tunnelübergangs ergibt.

8. Weißlichtquelle nach einem der Ansprüche 3 bis 6,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß
- jeweils benachbarte pn-Übergänge (21, 26) durch eine metal-
30 lische Kontaktschicht, wie eine Lotschicht, miteinander
elektrisch verbunden sind.

9. Weißlichtquelle nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß

35 - die Halbleiter-LED (1) auf der Basis von GaN oder InGaN
aufgebaut ist.



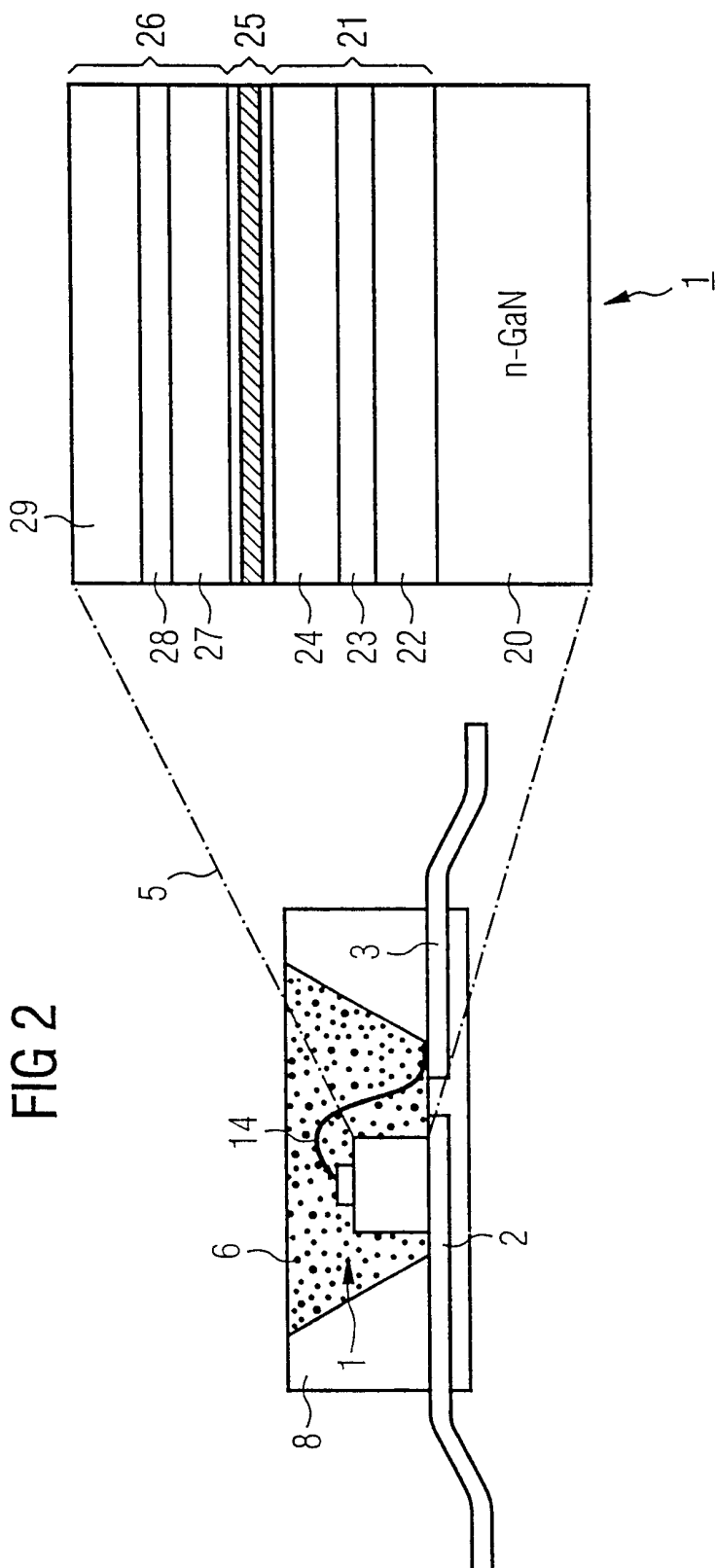


FIG 3

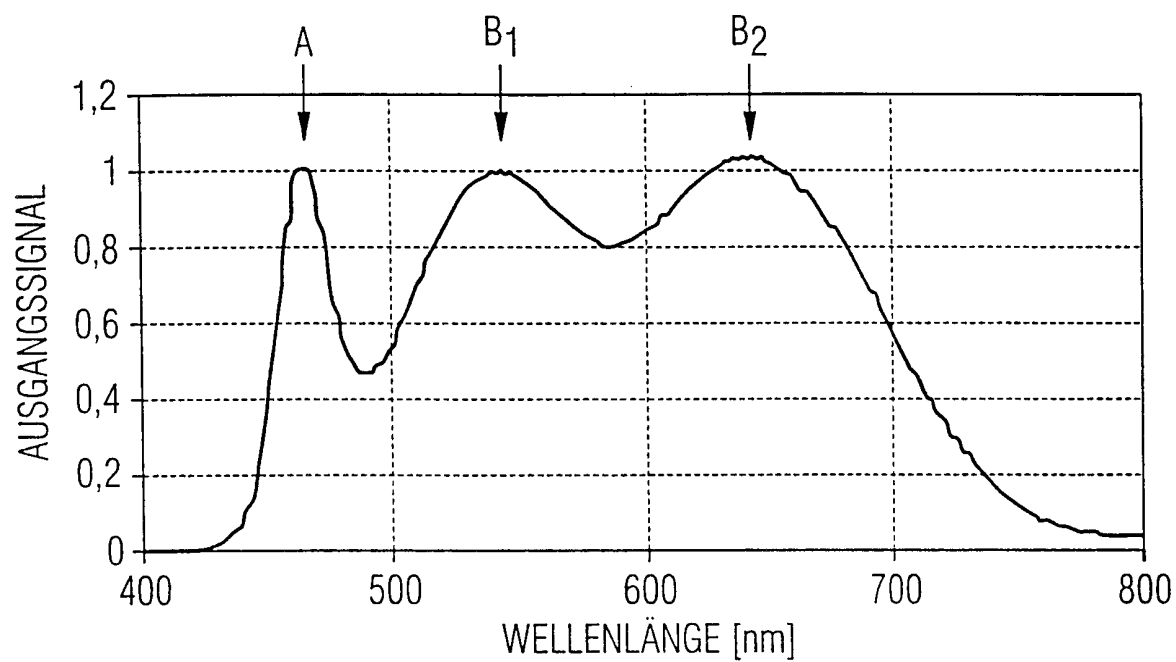
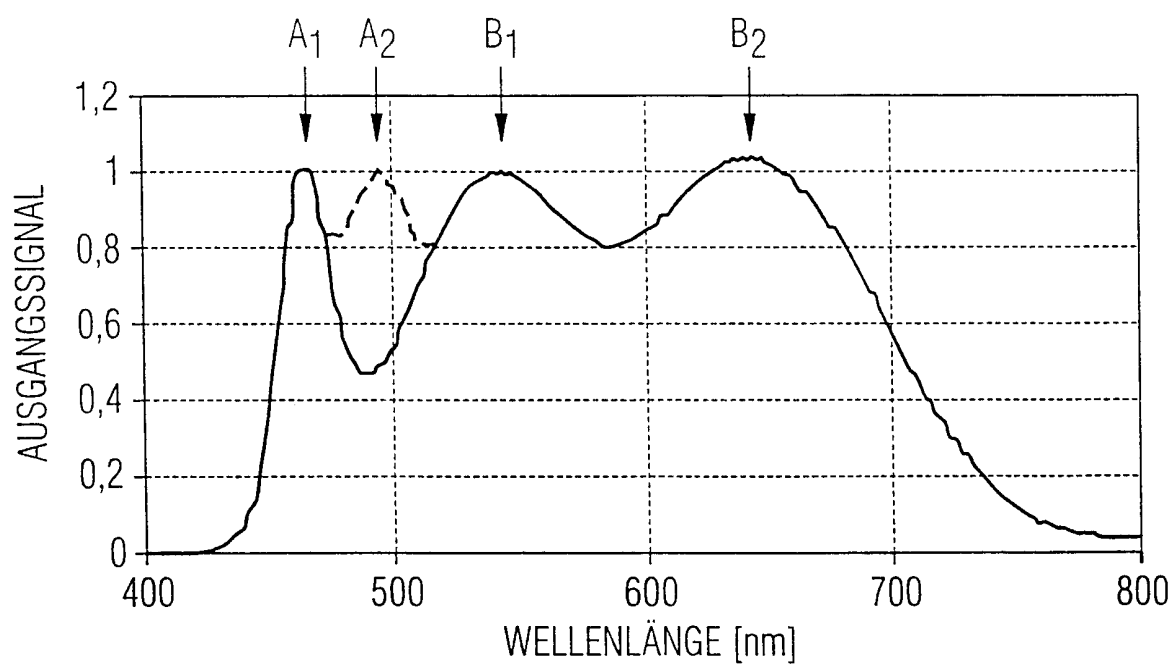


FIG 4



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Internat. Application No

PCT/DE 00/03520

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 H01L33/00

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

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)

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	US 3 875 456 A (KANO TSUYOSHI ET AL) 1 April 1975 (1975-04-01)	1,3,4
Y	example 8	2,7,9
Y	--- PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1998, no. 05, 30 April 1998 (1998-04-30) & JP 10 022525 A (TOYODA GOSEI CO LTD), 23 January 1998 (1998-01-23) cited in the application	2,9
A	abstract --- -/--	5,6



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

18 April 2001

Date of mailing of the international search report

24/04/2001

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

van der Linden, J.E.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Internatic Application No

PCT/DE 00/03520

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	V D ZIEL J ET AL: "Integrated multilayer GaAs lasers separated by tunnel junctions" APPLIED PHYSICS LETTERS, 1982, vol. 41, pages 499-501, XP000706198 ISSN: 0003-6951 cited in the application	7
A	the whole document	3-6
X	US 3 875 473 A (LEBAILLY J) 1 April 1975 (1975-04-01) column 7, line 57 -column 8, line 26	1,2,8
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 013, no. 558 (E-858), 12 December 1989 (1989-12-12) -& JP 01 231380 A (SHIN ETSU HANDOTAI CO), 14 September 1989 (1989-09-14) abstract; figure 4	1,3,4,8
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1995, no. 02, 31 March 1995 (1995-03-31) & JP 06 326364 A (SANYO ELECTRIC CO), 25 November 1994 (1994-11-25) abstract	1
P,X	DE 299 14 941 U (EVERLIGHT ELECTRONICS CO) 25 November 1999 (1999-11-25) page 2, line 25 -page 5	1,3,4,8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

Internatic Application No

PCT/DE 00/03520

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 3875456 A	01-04-1975	JP 48102585 A	22-12-1973
JP 10022525 A	23-01-1998	NONE	
US 3875473 A	01-04-1975	FR 2248663 A	16-05-1975
		CA 1011440 A	31-05-1977
		DE 2361531 A	20-06-1974
		GB 1459455 A	22-12-1976
		IT 1001409 B	20-04-1976
		JP 49100988 A	24-09-1974
		JP 52009994 B	19-03-1977
		US 3942185 A	02-03-1976
JP 01231380 A	14-09-1989	JP 1986219 C	08-11-1995
		JP 7010003 B	01-02-1995
JP 06326364 A	25-11-1994	NONE	
DE 29914941 U	25-11-1999	NONE	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 00/03520

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 H01L33/00

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 H01L

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)

EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 3 875 456 A (KANO TSUYOSHI ET AL) 1. April 1975 (1975-04-01)	1,3,4
Y	Beispiel 8	2,7,9
Y	--- PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1998, no. 05, 30. April 1998 (1998-04-30) & JP 10 022525 A (TOYODA GOSEI CO LTD), 23. Januar 1998 (1998-01-23) in der Anmeldung erwähnt	2,9
A	Zusammenfassung --- -/--	5,6



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 nahelegend ist

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

18. April 2001

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

24/04/2001

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

van der Linden, J.E.

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internat. Aktenzeichen

PCT/DE 00/03520

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	V D ZIEL J ET AL: "Integrated multilayer GaAs lasers separated by tunnel junctions" APPLIED PHYSICS LETTERS, 1982, Bd. 41, Seiten 499-501, XP000706198 ISSN: 0003-6951 in der Anmeldung erwähnt	7
A	das ganze Dokument ---	3-6
X	US 3 875 473 A (LEBAILLY J) 1. April 1975 (1975-04-01) Spalte 7, Zeile 57 -Spalte 8, Zeile 26 ---	1,2,8
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 013, no. 558 (E-858), 12. Dezember 1989 (1989-12-12) -& JP 01 231380 A (SHIN ETSU HANDOTAI CO), 14. September 1989 (1989-09-14) Zusammenfassung; Abbildung 4 ---	1,3,4,8
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1995, no. 02, 31. März 1995 (1995-03-31) & JP 06 326364 A (SANYO ELECTRIC CO), 25. November 1994 (1994-11-25) Zusammenfassung ---	1
P,X	DE 299 14 941 U (EVERLIGHT ELECTRONICS CO) 25. November 1999 (1999-11-25) Seite 2, Zeile 25 -Seite 5 -----	1,3,4,8

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 00/03520

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 3875456 A	01-04-1975	JP 48102585 A	22-12-1973
JP 10022525 A	23-01-1998	KEINE	
US 3875473 A	01-04-1975	FR 2248663 A	16-05-1975
		CA 1011440 A	31-05-1977
		DE 2361531 A	20-06-1974
		GB 1459455 A	22-12-1976
		IT 1001409 B	20-04-1976
		JP 49100988 A	24-09-1974
		JP 52009994 B	19-03-1977
		US 3942185 A	02-03-1976
JP 01231380 A	14-09-1989	JP 1986219 C	08-11-1995
		JP 7010003 B	01-02-1995
JP 06326364 A	25-11-1994	KEINE	
DE 29914941 U	25-11-1999	KEINE	