



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2006 039 369 A1** 2007.07.05

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2006 039 369.4**

(22) Anmeldetag: **22.08.2006**

(43) Offenlegungstag: **05.07.2007**

(51) Int Cl.⁸: **H01L 33/00** (2006.01)

(66) Innere Priorität:

10 2005 063 105.3 30.12.2005

(71) Anmelder:

**OSRAM Opto Semiconductors GmbH, 93049
Regensburg, DE**

(74) Vertreter:

**Epping Hermann Fischer,
Patentanwaltsgesellschaft mbH, 80339 München**

(72) Erfinder:

**Heidborn, Peter, 93197 Zeitlarn, DE; Wegleiter,
Walter, 93152 Nittendorf, DE; Grönninger, Günther,
92358 Seubersdorf, DE; Windisch, Reiner, Dr.,
93186 Pettendorf, DE; Jung, Christian, Dr., 93161
Sinzing, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht zu
ziehende Druckschriften:

DE10 2004 026125 A1

DE10 2004 015570 A1

DE10 2004 004765 A1

DE 102 13 464 A1

US2005/01 89 551 A1

US2005/00 67 627 A1

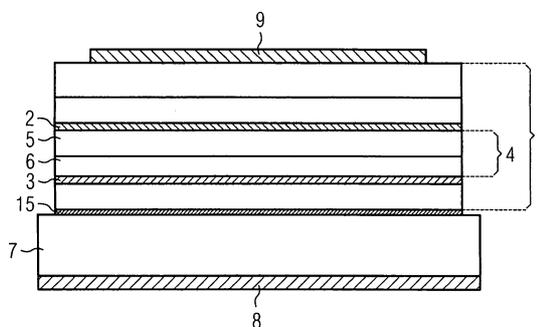
EP 14 03 935 A2

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Rechercheantrag gemäß § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **LED-Halbleiterkörper und Verwendung eines LED-Halbleiterkörpers**

(57) Zusammenfassung: Beschrieben ist ein LED-Halbleiterkörper mit einer ersten strahlungserzeugenden aktiven Schicht und einer zweiten strahlungserzeugenden aktiven Schicht, wobei die erste und die zweite aktive Schicht in vertikaler Richtung übereinander angeordnet sind.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft einen LED-Halbleiterkörper sowie Verwendungen eines LED-Halbleiterkörpers.

[0002] Diese Patentanmeldung beansprucht die Priorität der deutschen Patentanmeldung 102005063105.3, deren Offenbarungsgehalt hiermit durch Rückbezug aufgenommen wird.

[0003] Herkömmliche LED-Halbleiterkörper weisen in der Regel eine Schichtstruktur mit einem pn-Übergang auf. Im Bereich dieses pn-Übergangs befindet sich die aktive Schicht der LED, in der im Betrieb die Strahlungserzeugung stattfindet. Die erzeugte Strahlungsmenge hängt von der Stromstärke ab, mit der der LED-Halbleiterkörper betrieben wird.

[0004] Allerdings sollte die Stromdichte in der aktiven Schicht eine vom jeweils verwendeten Materialsystem abhängige maximale Stromdichte nicht überschreiten, da anderenfalls die Gefahr besteht, dass übermäßige Alterungseffekte die Lebensdauer des LED-Halbleiterkörpers nachteilig verkürzen.

[0005] Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen LED-Halbleiterkörper mit einer erhöhten Strahlungsdichte anzugeben.

[0006] Diese Aufgabe wird durch einen LED-Halbleiterkörper gemäß Patentanspruch 1 gelöst.

[0007] Ferner ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, Verwendungen eines LED-Halbleiterkörpers mit einer erhöhten Strahlungsdichte anzugeben.

[0008] Diese Aufgabe wird durch Verwendungen gemäß den Patentansprüchen 20 bis 22 gelöst.

[0009] Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

[0010] Ein erfindungsgemäßer LED-Halbleiterkörper weist eine erste strahlungserzeugende aktive Schicht und eine zweite strahlungserzeugende aktive Schicht auf, wobei die erste aktive Schicht und die zweite aktive Schicht in vertikaler Richtung übereinander angeordnet sind.

[0011] Unter einer aktiven Schicht ist vorliegend ein strahlungserzeugender pn-Übergang zu verstehen. Dieser pn-Übergang kann im einfachsten Fall mittels einer p-leitenden und einer n-leitenden Halbleiterschicht gebildet sein, die unmittelbar aneinandergrenzen. Bevorzugt ist zwischen der p-leitenden und der n-leitenden aktiven Schicht die eigentliche strahlungserzeugende Schicht, etwa in Form einer dotierten oder undotierten Quantenschicht, ausgebildet. Die Quantenschicht kann als Einfachquanten-

topfstruktur (SQW, Single Quantum Well) oder Mehrfachquantentopfstruktur (MQW, Multiple Quantum Well) oder auch als Quantendraht oder Quantenpunktstruktur ausgeformt sein.

[0012] Vorteilhafterweise stehen bei einem LED-Halbleiterkörper mit übereinander angeordneten aktiven Schichten im Vergleich zu herkömmlichen LED-Halbleiterkörpern der eingangs genannten Art zwei oder auch mehr aktive Schichten gleichzeitig zur Strahlungserzeugung zur Verfügung, so dass die erzeugte Strahlungsmenge insgesamt bzw. die Strahlungsdichte vorteilhaft erhöht ist.

[0013] Gegenüber einer anderen Möglichkeit zur Erhöhung der Strahlungsmenge, nämlich der Vergrößerung der Querschnittsfläche des Halbleiterkörpers in lateraler Richtung, zeichnet sich ein LED-Halbleiterkörper mit übereinander gestapelten pn-Übergängen durch einen vorteilhaft verringerten Herstellungsaufwand und damit auch durch geringere Herstellungskosten pro LED-Halbleiterkörper aus. Eine Vergrößerung der Querschnittsfläche des Halbleiterkörpers kann demgegenüber zu deutlich höheren Kosten pro LED-Halbleiterkörper führen.

[0014] Weiterhin kann ein LED-Halbleiterkörper mit vertikal übereinander angeordneten aktiven Schichten vereinfacht an eine vorgegebene Versorgungsspannung wie beispielsweise 12 V oder 24 V angepasst werden. Bei gleichsinniger Aneinanderreihung der pn-Übergänge der aktiven Schichten addieren sich im Betrieb die Spannungsabfälle an den aktiven Schichten, so dass durch die Anzahl der aktiven Schichten der LED-Halbleiterkörper an eine vorgegebene Versorgungsspannung, beispielsweise 12 V oder 24 V, anpassbar ist.

[0015] Vorzugsweise sind die erste und die zweite aktive Schicht monolithisch in den Halbleiterkörper integriert. Dadurch entfällt der Herstellungsschritt des Verbindens des ersten Schichtstapels mit dem zweiten Schichtstapel, beispielsweise mittels Bonden.

[0016] Unter einem LED-Halbleiterkörper ist vorliegend ein Halbleiterkörper für eine Leuchtdiode, also ein inkohärente Strahlung emittierendes Halbleiterbauelement gemeint, wobei insbesondere die erste und die zweite aktive Schicht jeweils inkohärente Strahlung erzeugen.

[0017] Bei einer ersten Variante des LED-Halbleiterkörpers emittieren die erste und die zweite aktive Schicht Strahlung gleicher Wellenlänge. Vorteilhafterweise wird so gegenüber herkömmlichen LED-Halbleiterkörpern die Strahlungsmenge und insbesondere die Strahlungsdichte für eine vorgegebene Wellenlänge vorteilhaft erhöht.

[0018] Bei einer zweiten Variante des LED-Halblei-

terkörpers erzeugen die erste und die zweite aktive Schicht Strahlung verschiedener Wellenlänge. Diese Variante weist den Vorteil auf, dass das Emissionsspektrum des LED-Halbleiterkörpers insgesamt verbreitet ist. Dies ist insbesondere vorteilhaft zur Erzeugung mischfarbigen Lichts, bevorzugt weißen Lichts.

[0019] Bei einer vorteilhaften Weiterbildung des LED-Halbleiterkörpers ist zwischen der ersten aktiven Schicht und der zweiten aktiven Schicht ein Tunnelübergang ausgebildet. Dieser Tunnelübergang dient als elektrische Verbindung zwischen der ersten und zweiten aktiven Schicht. Beispielsweise kann ein solcher Tunnelübergang mittels einer hochdotierten Schicht eines ersten Leitfähigkeitstyps und einer hochdotierten Schicht eines zweiten Leitfähigkeitstyps gebildet sein. Es sei angemerkt, dass die Halbleiterschichten nicht notwendigerweise homogen dotiert sein müssen, da bereits eine hohe Dotierung an der Grenzfläche zu der jeweils anderen Halbleiterschicht zur Ausbildung eines Tunnelübergangs ausreichen kann.

[0020] Vorzugsweise sind bei dieser Weiterbildung die erste und die zweite aktive Schicht gleichsinnig angeordnet, so dass also deren pn-Übergänge eine pn-pn- bzw. np-np-Struktur bilden, wobei die pn-Übergänge mittels des dazwischenliegenden Tunnelübergangs elektrisch in Serie geschaltet sind. Es können im Rahmen der vorliegenden Erfindung in ähnlicher Weise auch drei oder mehr aktive Schichten in einem LED-Halbleiterkörper vertikal übereinander angeordnet sein, die in entsprechender Weise durch jeweils einen zwischen zwei benachbarten aktiven Schichten gebildeten Tunnelübergang verbunden sind.

[0021] Ferner ist es möglich, dass der Tunnelübergang aus einer ersten leitfähigen Schicht des ersten Leitfähigkeitstyps und einer zweiten leitfähigen Schicht eines zweiten Leitfähigkeitstyps gebildet ist, wobei zwischen der ersten Schicht und der zweiten Schicht eine Zwischenschicht angeordnet ist, die undotiert oder mit dem ersten oder zweiten Leitfähigkeitstyp niedrig dotiert sein kann.

[0022] Außerdem ist es denkbar, dass zwischen der ersten Schicht und der zweiten Schicht zwei Zwischenschichten angeordnet sind, wobei die an die erste Schicht angrenzende Zwischenschicht den gleichen Leitfähigkeitstyp wie die erste Schicht besitzt, und die an die zweite Schicht angrenzende Zwischenschicht den gleichen Leitfähigkeitstyp wie die zweite Schicht besitzt.

[0023] Bei einer weiteren Ausführungsform des LED-Halbleiterkörpers ist zwischen der ersten und der zweiten aktiven Schicht eine Verbindungsschicht eines ersten Leitfähigkeitstyps und auf der der Verbindungsschicht abgewandten Seite der ersten und der zweiten aktiven Schicht jeweils eine Schicht ei-

nes zweiten Leitfähigkeitstyps angeordnet.

[0024] Bei dieser Variante sind die pn-Übergänge der ersten und der zweiten aktiven Schicht gegensinnig zueinander ausgebildet, so dass also eine pn-np- bzw. np-pn-Struktur entsteht, wobei die beiden pn-Übergänge mittels einer n-leitenden bzw. p-leitenden Verbindungsschicht verbunden sein können. Vorteilhafterweise bleibt mittels einer Parallelschaltung die Vorwärtsspannung gegenüber einer herkömmlichen LED unverändert.

[0025] Vorzugsweise ist die Verbindungsschicht derart angeordnet und ausgebildet, dass sie mittels eines Kontakts elektrisch anschließbar ist. Zur elektrischen Parallelschaltung der ersten und der zweiten aktiven Schicht können die außenliegenden Schichten des zweiten Leitfähigkeitstyps mittels einer vorzugsweise externen, das heißt außerhalb des Halbleiterkörpers angeordneten Kontaktierung elektrisch verbunden sein.

[0026] Zweckmäßigerweise ist der LED-Halbleiterkörper auf einem Trägerelement angeordnet. Bevorzugt wird hierzu ein elektrisch leitfähiges Trägerelement verwendet. Dies ermöglicht die Ausbildung eines vertikal leitfähigen Bauelements, bei dem der Stromfluss im Wesentlichen in vertikaler Richtung verläuft. Derartige Bauelemente zeichnen sich durch eine vergleichsweise homogene Stromverteilung innerhalb des LED-Halbleiterkörpers aus. Zur Kontaktierung ist zweckmäßigerweise auf einer dem LED-Halbleiterkörper abgewandten Seite des leitfähigen Trägerelements ein Rückseitenkontakt angeordnet.

[0027] Alternativ oder zusätzlich kann das Trägerelement für die erzeugte Strahlung durchlässig sein, so dass eine Strahlungsauskopplung durch das Substrat möglich ist.

[0028] Der LED-Halbleiterkörper kann auf dem Trägerelement epitaktisch aufgewachsen sein. Das Aufwachssubstrat dient dann zugleich als Trägerelement. Für das epitaktische Aufwachsen können die bekannten und etablierten Epitaxie-Techniken, beispielsweise für das AlGaAs- oder InAlGaAs-Materialsystem, herangezogen werden.

[0029] Alternativ ist der LED-Halbleiterkörper auf einem von dem Aufwachssubstrat verschiedenen Trägerelement montiert, wobei bevorzugt das Aufwachssubstrat von dem Halbleiterkörper entfernt worden ist. Dann kann der Halbleiterkörper auch als Dünnschicht-Halbleiterkörper bezeichnet werden.

[0030] Ein Dünnschicht-Halbleiterkörper zeichnet sich insbesondere durch mindestens eines der folgenden charakteristischen Merkmale aus:

– an einer zu einem Trägerelement hin gewandten

ersten Hauptfläche einer strahlungserzeugenden Epitaxieschichtenfolge ist eine reflektierende Schicht aufgebracht oder ausgebildet, die zumindest einen Teil der in der Epitaxieschichtenfolge erzeugten elektromagnetischen Strahlung in diese zurückreflektiert;

– die Epitaxieschichtenfolge weist eine Dicke im Bereich von 20µm oder weniger, insbesondere im Bereich von 10 µm auf; und

– die Epitaxieschichtenfolge enthält mindestens eine Halbleiterschicht mit zumindest einer Fläche, die eine Durchmischungsstruktur aufweist, die im Idealfall zu einer annähernd ergodischen Verteilung des Lichtes in der epitaktischen Epitaxieschichtenfolge führt, d.h. sie weist ein möglichst ergodisch stochastisches Streuverhalten auf.

[0031] Ein Grundprinzip eines Dünnschicht-Leuchtdiodenchips ist beispielsweise in I. Schnitzer et al., Appl. Phys. Lett. 63 (16), 18. Oktober 1993, 2174–2176 beschrieben, deren Offenbarungsgehalt insofern hiermit durch Rückbezug aufgenommen wird.

[0032] Ein Dünnschicht-Leuchtdioden-Chip ist in guter Näherung ein Lambert'scher Oberflächenstrahler und eignet sich insbesondere für die Anwendung in einem Scheinwerfer.

[0033] Bei dem als Dünnschicht-Halbleiterkörper ausgebildeten LED-Halbleiterkörper ist die Intensität ausgekoppelter Strahlung vorteilhaft erhöht.

[0034] Je nach Materialsystem kann die Entfernung des Aufwachssubstrats mechanisch, thermisch oder mittels eines Laserabhebeverfahrens erfolgen. Dünnschicht-Halbleiterkörper zeichnen sich durch eine vorteilhafte geringe Vorwärtsspannung und eine hohe Effizienz bei der Strahlungserzeugung aus. Weiterhin sind Dünnschicht-Halbleiterkörper hinsichtlich der Auswahl des Trägerelements nicht durch die für die Epitaxie notwendigen Randbedingungen limitiert, so dass die Trägerelemente beispielsweise hinsichtlich ihrer thermischen Leitfähigkeit oder auch ihrer Kosten optimiert sein können. Dünnschicht-Halbleiterkörper der oben genannten Art eignen sich insbesondere für das InGaAlP- oder InGaAlN-Materialsystem.

[0035] Als Halbleitermaterial eignen sich für den LED-Halbleiterkörper und gegebenenfalls für ein Trägerelement, auf dem der Halbleiterkörper angeordnet ist, beispielsweise InAlGaAs ($\text{Al}_n\text{Ga}_m\text{In}_{1-n-m}\text{As}$ mit $0 \leq n \leq 1$, $0 \leq m \leq 1$ und $n + m \leq 1$), InGaAlP ($\text{Al}_n\text{Ga}_m\text{In}_{1-n-m}\text{P}$ mit $0 \leq n \leq 1$, $0 \leq m \leq 1$ und $n + m \leq 1$) und/oder InGaAlN ($\text{Al}_n\text{Ga}_m\text{In}_{1-n-m}\text{N}$ mit $0 \leq n \leq 1$, $0 \leq m \leq 1$ und $n + m \leq 1$), wobei die jeweiligen binären und ternären Verbindungen wie zum Beispiel GaAs, AlGaAs, GaP, InP, GaAlP, GaN oder InGaN eingeschlossen sind.

[0036] Dabei muss das jeweilige Material nicht zwingend eine mathematisch exakte Zusammensetzung nach obiger Formel aufweisen. Vielmehr kann es ein oder mehrere Dotierstoffe sowie zusätzliche Bestandteile aufweisen, die die physikalischen Eigenschaften des Materials im Wesentlichen nicht ändern. Der Einfachheit halber beinhaltet obige Formel jedoch nur die wesentlichen Bestandteile des Kristallgitters (Al, Ga, In, P), auch wenn diese teilweise durch geringe Mengen weiterer Stoffe ersetzt sein können.

[0037] Vorzugsweise emittiert der LED-Halbleiterkörper im Betrieb Strahlung in vertikaler Richtung, wobei die von der ersten und zweiten aktiven Schicht emittierte Strahlung typischerweise durchmischt ist.

[0038] Ein LED-Halbleiterkörper mit übereinander angeordneten aktiven Schichten kann zur Allgemeinbeleuchtung verwendet werden. Durch die erhöhte Strahlungsdichte ist ein derartiger Halbleiterkörper dafür besonders geeignet.

[0039] Desweiteren kann der LED-Halbleiterkörper zur Hinterleuchtung, beispielsweise von Displays, verwendet werden.

[0040] Vorzugsweise wird der LED-Halbleiterkörper für Projektionsanwendungen verwendet.

[0041] Weitere Merkmale, Vorzüge und Zweckmäßigkeiten der Erfindung ergeben sich aus den in Verbindung mit den [Fig. 1](#) bis [Fig. 4](#) nachfolgend beschriebenen Ausführungsbeispiele.

[0042] Es zeigen:

[0043] [Fig. 1](#) eine schematische Schnittansicht eines ersten Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen LED-Halbleiterkörpers,

[0044] [Fig. 2](#) eine schematische Schnittansicht eines zweiten Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen LED-Halbleiterkörpers,

[0045] [Fig. 3](#) ein Schaubild darstellend Strom/Leistungs-Kennlinien zweier im sichtbaren Bereich abstrahlender LED-Halbleiterkörper gemäß der Erfindung,

[0046] [Fig. 4](#) ein Schaubild darstellend Strom/Leistungs-Kennlinien zweier im infraroten Bereich abstrahlender LED-Halbleiterkörper gemäß der Erfindung.

[0047] Gleiche oder gleichwirkende Elemente sind in den Figuren mit den selben Bezugszeichen versehen.

[0048] Der in [Fig. 1](#) dargestellte LED-Halbleiterkörper

per **1** eines ersten Ausführungsbeispiels weist eine erste strahlungserzeugende aktive Schicht **2** und eine zweite strahlungserzeugende aktive Schicht **3** auf, wobei die aktiven Schichten in vertikaler Richtung, das heißt senkrecht zu einer Hauptstreckungsrichtung der aktiven Schichten übereinander angeordnet sind. Zwischen den aktiven Schichten **2**, **3** ist ein Tunnelübergang **4** ausgebildet, der mittels einer ersten Halbleiterschicht **5** eines ersten Leitfähigkeitstyps, beispielsweise einer n-leitenden Halbleiterschicht, und einer zweiten Halbleiterschicht **6** eines zweiten Leitfähigkeitstyps, beispielsweise einer p-leitenden Halbleiterschicht gebildet ist. Vorzugsweise sind diese beiden Halbleiterschichten **5**, **6** hochdotiert ausgeführt, so dass im Betrieb ein effizienter Tunnelübergang mit einem geringen elektrischen Übergangswiderstand entsteht.

[0049] Durch die Anordnung zweier aktiver Schichten in einem LED-Halbleiterkörper wird vorteilhafterweise die insgesamt erzeugte Strahlungsmenge erhöht. Da sich die Abmessungen des LED-Halbleiterkörpers gegenüber einem LED-Halbleiterkörper mit nur einer einzigen aktiven Schicht nur unmaßgeblich ändern und insbesondere der Querschnitt des LED-Halbleiterkörpers von der Zahl der aktiven Schichten unabhängig ist, wird weitergehend auch die Strahlungsdichte vorteilhaft erhöht.

[0050] Der Halbleiterkörper **1** ist auf einem Trägerelement **7** angeordnet. Eine dem Trägerelement **7** zugewandte Oberfläche des Halbleiterkörpers **1** ist bevorzugter Weise mit einer reflektierenden Schicht **15** versehen. Besonders bevorzugt sind sowohl die reflektierende Schicht **15** als auch das Trägerelement **7** elektrisch leitend. Weitergehend ist das Trägerelement **7** auf einer dem Halbleiterkörper **1** abgewandten Seite mit einem Rückseitenkontakt **8** versehen. Entsprechend ist auf einer dem Trägerelement **7** gegenüberliegenden Seite des LED-Halbleiterkörpers **1** ein Vorderseitenkontakt **9** ausgebildet. Somit wird ein vertikal leitfähiges Bauelement gebildet, das sich durch eine vergleichsweise homogene Stromverteilung innerhalb des LED-Halbleiterkörpers auszeichnet.

[0051] Der LED-Halbleiterkörper **1** wird auf einem gesonderten Aufwachssubstrat aufgewachsen und nachfolgend auf das Trägerelement montiert, beispielsweise mittels Löten, Bonden oder Kleben, wobei vorzugsweise das Aufwachssubstrat von dem LED-Halbleiterkörper abgelöst ist. Die reflektierende Schicht **15** kann beispielsweise als ein Bragg-Spiegel, eine metallische Schicht, eine TCO-Schicht (Transparent Conductive Oxide) wie beispielsweise eine ITO- oder ZnO-schicht oder ein Verbund einer metallischen Schicht und einer TCO-Schicht ausgebildet sein. Strahlungsanteile, die in Richtung des Trägerelements **7** emittiert werden, können somit in Richtung der Strahlungsauskopplungsseite zurück re-

flektiert werden.

[0052] Auf der Strahlungsauskopplungsseite kann der LED-Halbleiterkörper zur Erhöhung der Strahlungsausbeute mit einer Aufrauung, einer Oberflächenstrukturierung, etwa in Form von Mikroprismen, oder einem anderen Mittel zur Reduzierung von (Total-)reflexionsverlusten an der Strahlungsauskopplungsfläche versehen sein.

[0053] Das in [Fig. 2](#) dargestellte Ausführungsbeispiel zeigt einen LED-Halbleiterkörper **1**, der wie das Ausführungsbeispiel gemäß [Fig. 1](#) eine erste strahlungserzeugende aktive Schicht **2** und eine zweite strahlungserzeugende aktive Schicht **3** aufweist und auf einem Trägerelement **7** angeordnet ist, welches mit einem Rückseitenkontakt **8** versehen ist.

[0054] Im Unterschied zu dem Ausführungsbeispiel gemäß [Fig. 1](#) ist zwischen der ersten aktiven Schicht **2** und der zweiten aktiven Schicht **3** eine Verbindungsschicht **12** eines ersten Leitfähigkeitstyps, beispielsweise eine p-leitende Halbleiterschicht angeordnet. Die Ausbildung eines Tunnelübergangs ist hierbei nicht zwingend erforderlich. Auf der dieser Verbindungsschicht **12** abgewandten Seite der ersten aktiven Schicht **2** und der zweiten aktiven Schicht **3** ist jeweils eine Halbleiterschicht **13**, **14** eines zweiten Leitfähigkeitstyps, beispielsweise eine n-leitende Halbleiterschicht gebildet. Im Unterschied zu dem Ausführungsbeispiel gemäß [Fig. 1](#) sind bei dem LED-Halbleiterkörper gemäß [Fig. 2](#) somit die pn-Übergänge der aktiven Schichten **2** und **3** gegenseitig angeordnet, so dass eine np-pn-Struktur entsteht.

[0055] Selbstverständlich können im Rahmen der Erfindung sämtliche Leitfähigkeitstypen miteinander vertauscht werden, so dass beispielsweise bei dem Ausführungsbeispiel gemäß [Fig. 2](#) die Verbindungsschicht **12** n-leitend und die außenliegenden Schichten **13**, **14** p-leitend sind und somit eine pn-np-Struktur entsteht.

[0056] Zur Kontaktierung ist in der oberseitigen Halbleiterschicht **13** des zweiten Leitfähigkeitstyps, beispielsweise der n-leitenden Halbleiterschicht, eine Ausnehmung gebildet, die bis zur Verbindungsschicht **12** reicht. Innerhalb dieser Ausnehmung ist ein Vorderseitenkontakt **9** angeordnet, über den die Verbindungsschicht **12** elektrisch anschließbar ist.

[0057] Die hinsichtlich der Verbindungsschicht **12** außenliegenden Halbleiterschichten **13**, **14** des zweiten Leitfähigkeitstyps sind über eine externe Verbindung **10**, beispielsweise eine Metallisierung oder eine elektrisch leitfähige TCO-Beschichtung, und das Trägerelement **7** elektrisch leitend miteinander und mit dem Rückseitenkontakt **8** verbunden.

[0058] Zwischen der externen Verbindung **10** und dem Halbleiterkörper **1** ist eine Isolierschicht **11** vorgesehen. Hiermit kann verhindert werden, dass die externe Verbindung **10** die aktive Schichten **2** und **3** elektrisch kurzschließt.

[0059] Der Halbleiterkörper **1** ist auf das Trägerelement **7** aufgewachsen.

[0060] Auf der Strahlungsauskopplungsseite kann der LED-Halbleiterkörper wiederum zur Erhöhung der Strahlungsausbeute mit einer Aufrauung, einer Oberflächenstrukturierung, etwa in Form von Mikropirismen, oder einem anderen Mittel zur Reduzierung von (Total-)reflexionsverlusten an der Strahlungsauskopplungsfläche versehen sein.

[0061] In [Fig. 3](#) sind Kennlinien I, II und III eines ersten, zweiten und dritten LED-Halbleiterkörpers dargestellt. Die Halbleiterkörper unterscheiden sich in der Anzahl der aktiven Schichten voneinander. Der die Kennlinie I aufweisende erste Halbleiterkörper umfasst eine aktive Schicht. Der die Kennlinie II aufweisende zweite Halbleiterkörper umfasst zwei aktive Schichten, zwischen denen ein Tunnelübergang angeordnet ist. Der die Kennlinie III aufweisende dritte Halbleiterkörper umfasst drei aktive Schichten, wobei zwischen zwei aktiven Schichten jeweils ein Tunnelübergang angeordnet ist.

[0062] Die Halbleiterkörper enthalten InGaAlP und emittieren Strahlung im sichtbaren Bereich, vorzugsweise mit einer Wellenlänge $\lambda = 630$ nm.

[0063] Aus dem Schaubild geht hervor, dass die Strahlungsleistung P der Halbleiterkörper mit zunehmender Stromstärke I_f des zugeführten Stroms ansteigt. Ferner ist zu sehen, dass der dritte Halbleiterkörper, zumindest im Bereich $I_f > 10$ mA, bei gleicher Stromstärke eine größere Strahlungsleistung aufweist als der erste und der zweite Halbleiterkörper. Da die Halbleiterkörper eine etwa identische Größe aufweisen, ist somit die Strahlungsdichte beim dritten Halbleiterkörper am größten. Weiterhin ist die Strahlungsdichte des zweiten Halbleiterkörpers größer als die Strahlungsdichte des ersten Halbleiterkörpers, der als Referenz dient.

[0064] In [Fig. 4](#) sind Kennlinien IV, V und VI eines ersten, zweiten und dritten LED-Halbleiterkörpers dargestellt. Die Halbleiterkörper unterscheiden sich in der Anzahl der aktiven Schichten voneinander. Der die Kennlinie IV aufweisende erste Halbleiterkörper umfasst eine aktive Schicht. Der die Kennlinie V aufweisende zweite Halbleiterkörper umfasst zwei aktive Schichten, zwischen denen ein Tunnelübergang angeordnet ist. Der die Kennlinie VI aufweisende dritte Halbleiterkörper umfasst fünf aktive Schichten, wobei zwischen zwei aktiven Schichten jeweils ein Tunnelübergang angeordnet ist.

[0065] Die Halbleiterkörper emittieren Strahlung im infraroten Bereich, insbesondere mit einer Wellenlänge $\lambda = 950$ nm. Bevorzugter Weise umfasst die aktive Schicht einen GaAs/AlGaAs-Heteroübergang. Besonders bevorzugt sind die Halbleiterkörper als Dünnschicht-Halbleiterkörper ausgebildet.

[0066] Weiterhin sind die Halbleiterkörper Hochstrom-Halbleiterkörper.

[0067] Entsprechend der [Fig. 3](#) geht aus dem in [Fig. 4](#) dargestellten Schaubild hervor, dass die Strahlungsleistung P der Halbleiterkörper mit zunehmender Stromstärke I_f des zugeführten Stroms ansteigt. Ferner ist zu sehen, dass der dritte Halbleiterkörper, zumindest im Bereich $I_f > 50$ mA, bei gleicher Stromstärke eine größere Strahlungsleistung aufweist als der erste und der zweite Halbleiterkörper. Da die Halbleiterkörper eine etwa identische Größe aufweisen, ist somit die Strahlungsdichte beim dritten Halbleiterkörper am größten. Weiterhin ist die Strahlungsdichte des zweiten Halbleiterkörpers größer als die Strahlungsdichte des ersten Halbleiterkörpers.

[0068] Die Erfindung ist nicht durch die Beschreibung anhand der Ausführungsbeispiele beschränkt. Insbesondere können im Rahmen der Erfindung nicht nur zwei aktive strahlungserzeugende Schichten, sondern auch drei, vier oder mehr strahlungserzeugende Schichten vertikal übereinander angeordnet sein, die bevorzugt jeweils mittels eines Tunnelübergangs oder einer Verbindungsschicht elektrisch miteinander verbunden sind.

[0069] Weiterhin umfasst die Erfindung jedes neue Merkmal sowie jede Kombination von Merkmalen, insbesondere jede Kombination von Merkmalen in den Patentansprüchen, auch wenn diese Merkmale oder diese Kombination von Merkmalen selbst nicht explizit in den Patentansprüchen oder Ausführungsbeispielen angegeben sind.

Patentansprüche

1. LED-Halbleiterkörper mit einer ersten strahlungserzeugenden aktiven Schicht und einer zweiten strahlungserzeugenden aktiven Schicht, wobei die erste aktive Schicht und die zweite aktive Schicht in vertikaler Richtung übereinander angeordnet sind.

2. LED-Halbleiterkörper nach Anspruch 1, wobei die erste und die zweite aktive Schicht in dem Halbleiterkörper monolithisch integriert sind.

3. LED-Halbleiterkörper nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die erste und die zweite aktive Schicht jeweils inkohärente Strahlung erzeugen.

4. LED-Halbleiterkörper nach einem der vorher-

gehenden Ansprüche, wobei die erste und zweite aktive Schicht Strahlung gleicher Wellenlänge erzeugen.

5. LED-Halbleiterkörper nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die erste und die zweite aktive Schicht Strahlung verschiedener Wellenlänge erzeugen.

6. LED-Halbleiterkörper nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei zwischen der ersten und der zweiten aktiven Schicht ein Tunnelübergang ausgebildet ist.

7. LED-Halbleiterkörper nach Anspruch 6, wobei der Tunnelübergang mittels einer hochdotierten Schicht eines ersten Leitfähigkeitstyps und einer hochdotierten Schicht eines zweiten Leitfähigkeitstyps gebildet ist.

8. LED-Halbleiterkörper nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei zwischen der ersten und der zweiten aktiven Schicht eine Verbindungsschicht eines ersten Leitfähigkeitstyps angeordnet ist, und auf der der Verbindungsschicht abgewandten Seite der ersten und der zweiten aktiven Schicht jeweils eine Schicht eines zweiten Leitfähigkeitstyps angeordnet ist.

9. LED-Halbleiterkörper nach Anspruch 8, wobei die Verbindungsschicht mittels eines Kontakts elektrisch anschließbar ist.

10. LED-Halbleiterkörper nach Anspruch 8 oder 9, wobei die außenliegenden Schichten des zweiten Leitfähigkeitstyps mittels einer externen Kontaktierung elektrisch verbunden sind.

11. LED-Halbleiterkörper nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der LED-Halbleiterkörper auf einem Trägerelement angeordnet ist.

12. LED-Halbleiterkörper nach Anspruch 11, wobei das Trägerelement elektrisch leitfähig und/oder für die erzeugte Strahlung durchlässig ist.

13. LED-Halbleiterkörper nach Anspruch 11 oder 12, wobei auf einer dem LED-Halbleiterkörper abgewandten Seite des Trägerelements ein Rückseitenkontakt angeordnet ist.

14. LED-Halbleiterkörper nach einem der Ansprüche 11 bis 13, wobei der LED-Halbleiterkörper auf dem Trägerelement aufgewachsen ist.

15. LED-Halbleiterkörper nach einem der Ansprüche 11 bis 13, wobei der LED-Halbleiterkörper auf einem von dem Trägerelement verschiedenen Aufwachssubstrat aufgewachsen ist.

16. LED-Halbleiterkörper nach Anspruch 15, wobei das Aufwachssubstrat von dem Halbleiterkörper entfernt ist.

17. LED-Halbleiterkörper nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Halbleiterkörper, vorzugsweise eine der beiden aktiven Schichten oder beide aktive Schichten, InGaAlAs oder InGaAlP enthalten.

18. LED-Halbleiterkörper nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Halbleiterkörper, vorzugsweise eine der beiden aktiven Schichten oder beide aktive Schichten, InGaAlN enthält.

19. LED-Halbleiterkörper nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Halbleiterkörper in vertikaler Richtung Strahlung emittiert.

20. Verwendung eines LED-Halbleiterkörpers nach einem der Ansprüche 1 bis 19 zur Allgemeinbeleuchtung.

21. Verwendung eines LED-Halbleiterkörpers nach einem der Ansprüche 1 bis 19 zur Hinterleuchtung, beispielsweise von Displays.

22. Verwendung eines LED-Halbleiterkörpers nach einem der Ansprüche 1 bis 19 für Projektionsanwendungen.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

FIG 1

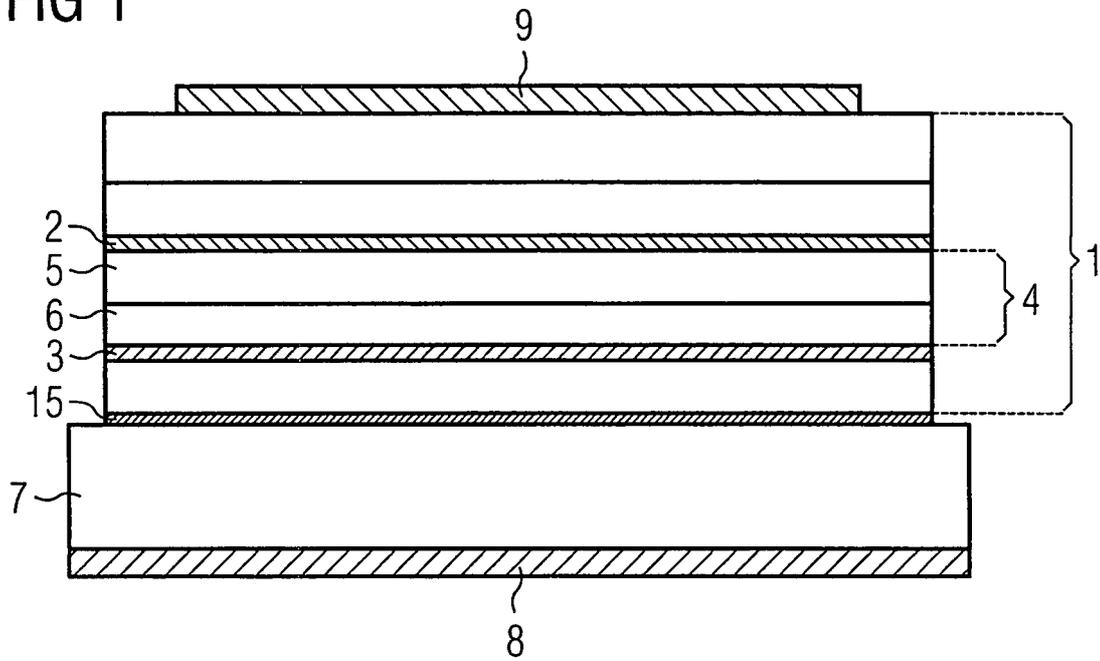


FIG 2

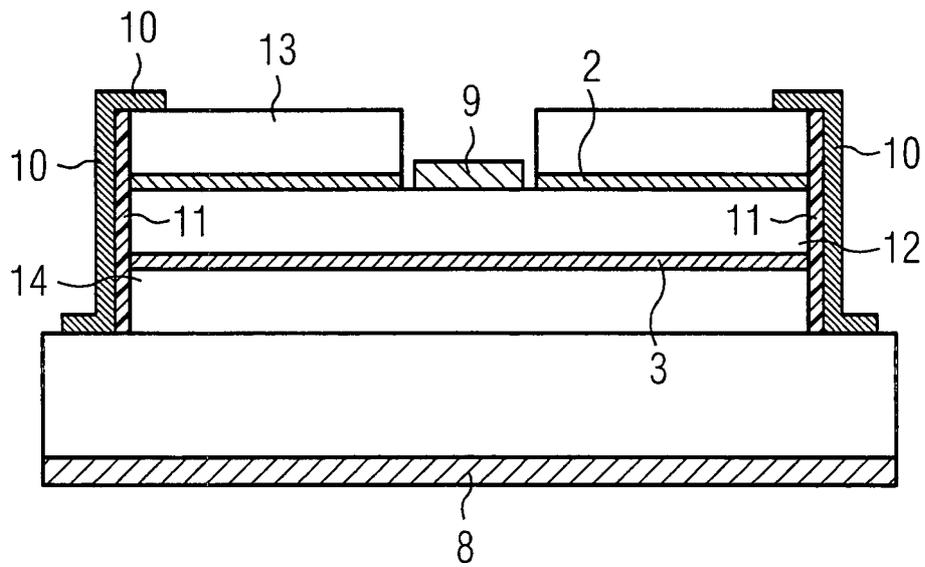


FIG 3

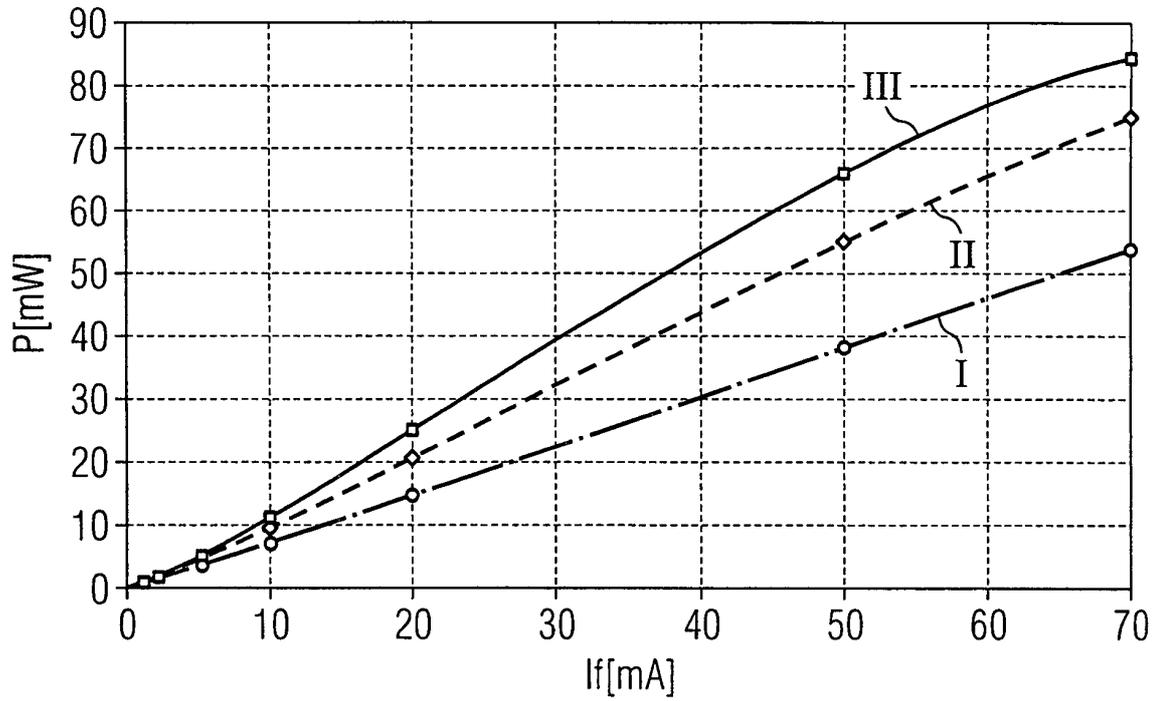


FIG 4

