



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2007 003 282 A1** 2008.07.24

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2007 003 282.1**

(22) Anmeldetag: **23.01.2007**

(43) Offenlegungstag: **24.07.2008**

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

(71) Anmelder:

**OSRAM Opto Semiconductors GmbH, 93055
Regensburg, DE**

(74) Vertreter:

**Epping Hermann Fischer,
Patentanwalts-gesellschaft mbH, 80339 München**

(72) Erfinder:

**Sabathil, Matthias, Dr., 93059 Regensburg, DE;
Höppel, Lutz, Dr., 93087 Alteglofsheim, DE;
Eichler, Christoph, Dr., 93105 Tegernheim, DE;
Engl, Karl, Dr., 93051 Regensburg, DE; Peter,
Matthias, Dr., 93087 Alteglofsheim, DE; Straßburg,
Martin, Dr., 93105 Tegernheim, DE**

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

DE10 2005 031612 A1

DE10 2004 061865 A1

DE10 2004 050891 A1

DE 196 48 309 A1

DE 102 44 986 A1

DE 101 62 914 A1

US2006/02 84 190 A1

US2005/00 93 428 A1

US2005/00 87 884 A1

US2002/01 17 681 A1

US 65 41 797 B1

EP 15 92 072 A2

EP 14 03 935 A2

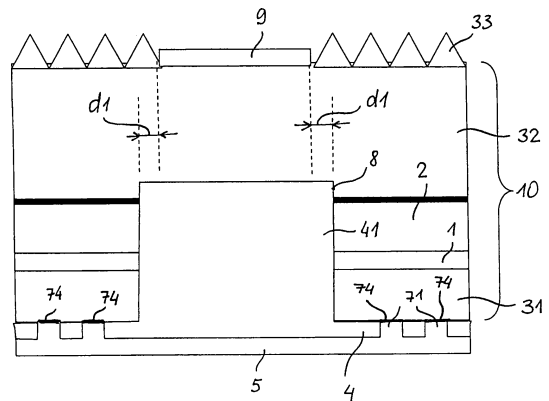
EP 08 86 326 A2

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

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

(54) Bezeichnung: **Leuchtdiodenchip**

(57) Zusammenfassung: Es wird ein Leuchtdiodenchip mit einer Schichtenfolge (10) angegeben, die mindestens eine n-leitende Schicht aufweist. Der Leuchtdiodenchip weist eine leitend mit der n-leitenden Schicht verbundene Spiegelschicht auf. Zwischen der n-leitenden Schicht und der Spiegelschicht ist mindestens eine transparente dielektrische Schicht angeordnet.



Beschreibung

[0001] Es wird ein Leuchtdiodenchip, d. h. ein optoelektronischer Halbleiterchip, angegeben.

[0002] Eine zu lösende Aufgabe besteht darin, einen Leuchtdiodenchip mit hoher Strahlungseffizienz anzugeben, der niedrige Verluste aufweist.

[0003] Gemäß einer ersten bevorzugten Ausführungsform wird ein Leuchtdiodenchip mit einer Schichtenfolge angegeben, die mindestens eine n-leitende Schicht aufweist. Der Leuchtdiodenchip umfasst einen Spiegel, der mit der Schichtenfolge fest verbunden ist. Der Spiegel weist eine leitend mit der n-leitenden Schicht verbundene, elektrisch leitende Spiegelschicht auf. Der Spiegel umfasst ferner mindestens eine dielektrische Schicht, die zwischen der n-leitenden Schicht und der elektrisch leitenden Spiegelschicht angeordnet ist. Die dielektrische Schicht ist vorzugsweise transparent.

[0004] Der Brechungsindex der dielektrischen Schicht ist kleiner als derjenige der an die dielektrische Schicht angrenzenden Schicht der Schichtenfolge. Durch die Verwendung der dielektrischen Schicht mit einem kleinen Brechungsindex können die auf die dielektrische Schicht flach einfallenden Strahlungskomponenten vollständig reflektiert werden. Somit ist es sogar möglich, eine Ag-freie Spiegelschicht einzusetzen. Ein silberfreier Spiegel enthält beispielsweise Al, Rh, Rt. Somit gelingt es, die Feuchtestabilität sowie die Langzeitstabilität des Chips zu erhöhen.

[0005] Die mindestens eine dielektrische Schicht weist in einer Variante mindestens zwei übereinander angeordnete Schichten mit unterschiedlich großen Brechungsindizes auf, die zusammen einen Bragg-Spiegel bilden. Bei mehr als zwei dielektrischen Schichten sind die Schichten mit einer relativ hohen und einer relativ niedrigen Brechzahl in abwechselnder Reihenfolge angeordnet. Die Dicke der jeweiligen Schicht beträgt vorzugsweise eine Viertelwellenlänge der in der aktiven Zone erzeugten Strahlung. Das Verhältnis der Brechzahlen der aufeinander folgenden Schichten beträgt vorzugsweise mindestens 1,25.

[0006] Der Spiegel kann alternativ eine Abfolge von dielektrischen und elektrisch leitenden Schichten aufweisen, wobei die Schichten mit einer relativ hohen und einer relativ niedrigen Brechzahl in abwechselnder Reihenfolge angeordnet sind.

[0007] Bei der Variante mit dem Bragg-Spiegel ist es möglich, eine elektrisch leitende Spiegelschicht zu verwenden, deren Reflektivität nicht besonders hoch ist, wobei sie z. B. 95% nicht übersteigt.

[0008] Die jeweilige n-leitende Schicht der Schichtenfolge kann durch die dielektrische Schicht oder die dielektrischen Schichten des Bragg-Spiegels hindurch z. B. über vertikale elektrische Verbindungen kontaktiert werden. Die vertikalen elektrischen Verbindungen werden nachstehend als Durchkontaktierungen bezeichnet.

[0009] Besonders vorteilhaft ist eine Variante der Schichtenfolge mit einer ersten und einer zweiten n-leitenden Schicht. Die Schichtenfolge weist eine p-leitende Schicht auf, die zwischen den beiden n-leitenden Schichten angeordnet ist (n-pn-Schichtaufbau). Die n-leitenden Schichten sind vorzugsweise die endständigen Schichten der Schichtenfolge. Zumindest ist die aktive Zone und die p-leitende Schicht zwischen den beiden n-leitenden Schichten angeordnet.

[0010] Die erste n-leitende Schicht ist eine an die strahlungserzeugende aktive Zone angrenzende Schicht. Die zweite n-leitende Schicht bildet einen Tunnelkontakt mit der p-leitenden Schicht der Schichtenfolge. Die erste und zweite n-leitende Schicht können in allen Ausführungsbeispielen gegeneinander ausgetauscht werden. Dies bedeutet, dass die Reihenfolge der Schichten der Schichtenfolge bei fixer Lage des Spiegels umgedreht werden kann.

[0011] Der Spiegel ist entweder mit der ersten oder mit der zweiten n-leitenden Schicht leitend verbunden. Die dielektrische Schicht ist in einer Variante zwischen der ersten n-leitenden Schicht und der Spiegelschicht angeordnet. Die dielektrische Schicht ist in einer weiteren Variante zwischen der zweiten n-leitenden Schicht und der Spiegelschicht angeordnet.

[0012] Mindestens eine der n-leitenden Schichten wird als eine Kontaktschicht benutzt. Als Kontaktschicht wird eine Schicht bezeichnet, die durch einen Anschlussdraht kontaktiert wird, der an eine Stromquelle angeschlossen ist. In einer Variante werden beide n-leitenden Schichten als jeweils eine Kontaktschicht benutzt. Alternativ kann eine der n-leitenden Schichten als eine erste Kontaktschicht und die Spiegelschicht als eine zweite Kontaktschicht benutzt werden.

[0013] Gemäß einer zweiten bevorzugten Ausführungsform wird ein Leuchtdiodenchip mit einer Schichtenfolge angegeben, die in einer Wachstumsrichtung in der angegebenen Reihenfolge aufeinander folgende Schichten aufweist: eine erste n-leitende Schicht, eine strahlungserzeugende aktive Zone, eine gleitende Schicht und eine zweite n-leitende Schicht. Zwischen der p-leitenden Schicht und der zweiten n-leitenden Schicht ist ein Tunnelkontakt gebildet.

[0014] Die zweite n-leitende Schicht dient als eine Stromaufweitungsschicht, die an eine Stromquelle angeschlossen wird. Durch die Einführung der Stromaufweitungsschicht kann der Spiegel vom elektrischen Kontakt entkoppelt werden. Dadurch wird es zum einen ermöglicht, einen hochreflektierenden Spiegel mit einer dielektrischen Schicht zu verwenden, und zum anderen kann der Kontaktwiderstand beim Kontaktieren der Schichtenfolge in hohem Maße reduziert werden. Somit kann die Gesamteffizienz des Leuchtdiodenchips deutlich erhöht werden.

[0015] Gemäß einer dritten bevorzugten Ausführungsform wird ein Leuchtdiodenchip mit einer Schichtenfolge angegeben, die zwei Schichten des gleichen Leitfähigkeitstyps aufweist, zwischen denen eine strahlungserzeugende aktive Zone angeordnet ist.

[0016] Die zwei Schichten des gleichen Leitfähigkeitstyps weisen eine erste Schicht und eine zweite Schicht des ersten Leitfähigkeitstyps auf, wobei die vorzugsweise relativ dünne zweite Schicht des ersten Leitfähigkeitstyps als ein Ladungsträger-Reservoir zur Erhöhung der Ladungsträgerkonzentration des ersten Leitfähigkeitstyps in der Nähe der aktiven Zone vorgesehen ist. Die Schichtenfolge weist eine Schicht des zweiten Leitfähigkeitstyps auf, die an die zweite Schicht des ersten Leitfähigkeitstyps angrenzt. Der erste Leitfähigkeitstyp ist n-Typ und der zweite Leitfähigkeitstyp p-Typ, oder umgekehrt.

[0017] Die Schichtenfolge weist in einer Variante eine weitere Schicht des zweiten Leitfähigkeitstyps auf, die mit der ersten Schicht des ersten Leitfähigkeitstyps einen Tunnelkontakt bildet.

[0018] Die Wachstumsrichtung bei der Erzeugung der Schichtenfolge kann im Prinzip beliebig sein.

[0019] Die Dicke der zweiten Schicht des ersten Leitfähigkeitstyps ist vorzugsweise kleiner als diejenige der ersten Schicht. Die Dicke der zweiten Schicht beträgt vorzugsweise maximal 20% derjenigen der ersten Schicht. Die zweite Schicht des ersten Leitfähigkeitstyps ist vorzugsweise maximal 20 nm dick.

[0020] In einer vorteilhaften Variante weist die Schichtenfolge die in der angegebenen Reihenfolge aufeinander folgende Schichten auf: eine p-leitende erste Schicht, eine strahlungserzeugende aktive Zone, eine weitere p-leitende zweite Schicht, die als Löcherreservoir dient, und eine n-leitende Schicht.

[0021] Die beiden p-leitenden Schichten bilden eine p-leitende Zone. Die aktive Zone ist in dieser Variante nicht an einem pn-Übergang, sondern in der Nähe des pn-Übergangs innerhalb der p-leitenden Zone angeordnet. Das Verlagern der aktiven Zone von der Grenzfläche des pn-Übergangs in die Zone mit einem

bestimmten Leitfähigkeitstyp, in diesem Fall p-Typ, erhöht die Effizienz bei der Strahlungserzeugung.

[0022] In einer weiteren vorteilhaften Variante weist die Schichtenfolge die in der angegebenen Reihenfolge aufeinander folgende Schichten auf: eine n-leitende erste Schicht, eine strahlungserzeugende aktive Zone, eine n-leitende zweite Schicht, die als Elektronenreservoir dient, und eine p-leitende Schicht.

[0023] Die beiden n-leitenden Schichten bilden eine n-leitende Zone. Die aktive Zone ist in dieser Variante nicht an einem pn-Übergang, sondern in der Nähe des pn-Übergangs innerhalb der n-leitenden Zone angeordnet.

[0024] Gemäß einer vierten bevorzugten Ausführungsform wird ein Leuchtdiodenchip angegeben mit einer Schichtenfolge, die folgende Schichten aufweist: zwei n-leitende Schichten, eine strahlungserzeugende aktive Zone und eine p-leitende Schicht. Auf der in Auskopplungsrichtung obersten der n-leitenden Schichten ist eine Anschlussfläche angeordnet. In der Schichtenfolge ist zumindest unterhalb der Anschlussfläche eine Aussparung ausgebildet, die sich in Auskopplungsrichtung zumindest bis zur obersten der n-leitenden Schichten erstreckt. Die Aussparung ist zumindest im Bereich ihrer Mantelflächen durch ein dielektrisches Material ausgekleidet. Der Boden der Aussparung ist in Vertikalrichtung von der Anschlussfläche beabstandet.

[0025] In der Aussparung ist in einer Variante eine Durchkontaktierung zur elektrischen Kontaktierung der in Auskopplungsrichtung obersten der n-leitenden Schichten angeordnet.

[0026] Die Schichtenfolge ist vorzugsweise mit einem Spiegel fest verbunden, der zumindest eine elektrisch leitfähige Spiegelschicht aufweist, die vorzugsweise mit einer der n-leitenden Schichten der Schichtenfolge elektrisch verbunden ist. Der Spiegel kann darüber hinaus eine transparente dielektrische Schicht umfassen, die zwischen der Spiegelschicht und der Schichtenfolge angeordnet ist.

[0027] In der dielektrischen Schicht ist in einer Variante eine Durchkontaktierung zur elektrischen Kontaktierung der in Auskopplungsrichtung untersten der n-leitenden Schichten angeordnet.

[0028] Die angegebenen Ausführungsformen sind beliebig miteinander kombinierbar.

[0029] Nachstehend werden vorteilhafte Ausgestaltungen des Leuchtdiodenchips erläutert.

[0030] Der Leitfähigkeitstyp der Schichten der Schichtenfolge kann z. B. n-Typ oder p-Typ sein. In einer Halbleiterschicht mit der Leitfähigkeit des

n-Typs sind die Elektronen und in einer Halbleiterschicht mit der Leitfähigkeit des p-Typs die Löcher die Majoritätsladungsträger.

[0031] Die Schichten mit der Leitfähigkeit des n-Typs werden als n-leitende Schichten und die Schichten mit der Leitfähigkeit des p-Typs als p-leitende Schichten bezeichnet.

[0032] Die Schichtenfolge umfasst eine p-leitende Schicht und eine strahlungserzeugende aktive Zone, die zwischen der p-leitenden Schicht und der ersten n-leitenden Schicht angeordnet.

[0033] Die Schichten der Schichtenfolge sind vorzugsweise epitaktisch aufgewachsen. Die Schichtenfolge ist beispielsweise auf der Basis von GaN gebildet. Die aktive Zone ist in einer Variante durch eine Schicht gebildet, die InGaN oder InGaAlN enthält. Der In-Gehalt beträgt vorzugsweise bis 50%. Der genaue Spektralbereich der in der aktiven Zone erzeugten Strahlung hängt vom In-Gehalt ab und kann im Prinzip beliebig sein. Zur Erzeugung eines Weißlichtes kann auf der Auskoppelseite ein Converter vorgesehen sein.

[0034] Die Schichtenfolge weist in einer vorteilhaften Variante eine p-leitende Schicht, eine weitere p-leitende Schicht und eine zwischen den p-leitenden Schichten angeordnete strahlungserzeugende aktive Zone auf. Die weitere p-leitende Schicht ist zwischen der aktiven Zone und der ersten n-leitenden Schicht angeordnet. Die Dicke der weiteren p-leitenden Schicht beträgt beispielsweise 0,1 nm bis 100 nm, in einer Variante 0,1 nm bis 10 nm. Der Mindestwert für Dotierung bei der weiteren p-leitenden Schicht beträgt vorzugsweise 10^{18} Mg-Atome pro cm^3 .

[0035] Die Schichtenfolge umfasst in einer bevorzugten Variante eine zweite n-leitende Schicht. Die p-leitende Schicht ist vorzugsweise zwischen der zweiten n-leitenden Schicht und der aktiven Zone angeordnet. Zwischen der p-leitenden Schicht und der zweiten n-leitenden Schicht ist ein Tunnelkontakt gebildet.

[0036] Die Spiegelschicht ist mit der ersten n-leitenden Schicht über mindestens eine erste Durchkontaktierung, in einer vorteilhaften Variante über mehrere Durchkontaktierungen, die in der dielektrischen Schicht angeordnet sind, leitend verbunden.

[0037] Mit mehreren Durchkontaktierungen gelingt es, den Kontaktwiderstand zu reduzieren und somit den Potentialunterschied zwischen der Spiegelschicht und der leitend mit ihr verbundenen n-leitenden Schicht gegenüber der Variante mit nur einer Durchkontaktierung zu verringern. An der Grenzfläche der jeweiligen ersten Durchkontaktierung und der n-leitenden Schicht ist ein vorzugsweise niede-

rohmer elektrischer Kontakt gebildet. Die Gesamtfläche dieser Kontakte beträgt vorzugsweise maximal 10%, in einer vorteilhaften Variante maximal 5% der Grundfläche der Schichtenfolge.

[0038] Der laterale Abstand zwischen den ersten Durchkontaktierungen beträgt vorzugsweise 20–30 Mikrometer, was gegenüber der Dicke der dielektrischen Schicht, die beispielsweise 10 bis 2000 nm, in einer bevorzugten Variante 400–600 nm beträgt, relativ groß ist.

[0039] Die dielektrische Schicht wirkt für Strahlungskomponenten, die einen relativ flachen Einfallswinkel – beispielsweise über 30° – aufweisen, als ein nahezu perfekter Spiegel, dessen Reflexionskoeffizient annähernd 100% beträgt (Totalreflexion). Da bei der Totalreflexion an der dielektrischen Schicht keine Absorption stattfindet, können Absorptionsverluste für die flachen Einfallswinkel praktisch ausgeschlossen werden.

[0040] Die dielektrische Schicht ist für die in der aktiven Zone erzeugte Strahlung vorzugsweise transparent. Die Strahlungskomponenten, die im Wesentlichen senkrecht auf die Grenzfläche der dielektrischen Schicht und der an diese angrenzenden n-leitenden einfallen, werden im Wesentlichen nicht an dieser Grenzfläche, sondern an der Grenzfläche der dielektrischen Schicht und der Spiegelschicht reflektiert.

[0041] Der Brechungsindex der dielektrischen Schicht ist vorzugsweise um mindestens einen Faktor 1,5 kleiner als derjenige der zu ihr gewandten Schicht der Schichtenfolge, z. B. der ersten oder zweiten n-leitenden Schicht. Als Materialien für die dielektrische Schicht kommen insbesondere Siliziumdioxid, Siliziumnitrid und Spin-On Glas in Betracht. Weitere transparente, in einer Variante poröse, dielektrische Materialien, deren Brechungsindex kleiner als 1,5 ist, sind auch geeignet. Vorteilhaft sind transparente poröse Materialien, deren Brechungsindex annähernd demjenigen der Luft gleich ist.

[0042] Der Gewinn an Auskoppelleffizienz durch die Verwendung der dielektrischen Schicht mit der Brechzahl 1,5 beträgt mindestens 10% gegenüber der Variante mit einem Spiegel, der nur Metallschichten, d. h. keine dielektrische Schicht, aufweist.

[0043] Die Spiegelschicht enthält vorzugsweise Metall, z. B. Al, Ag, PtAg und/oder andere geeignete Metalle oder Metalllegierungen, inklusive deren Kombination. Die Dicke der Pt-Schicht bei PtAg beträgt vorzugsweise maximal 3 nm, in einer vorteilhaften Variante maximal 0,3 nm.

[0044] Durch den Einsatz der dielektrischen Schicht werden die Unterschiede in der Auskoppelleffizienz

für Spiegelschichten aus unterschiedlichen Materialien nahezu beseitigt. Somit ist es möglich, den Silbergehalt in der Spiegelschicht zu reduzieren und den Aluminiumanteil zu erhöhen. Auf Ag kann unter Umständen sogar komplett verzichtet werden.

[0045] Die Spiegelschicht kann durch das Aufdampfen oder Abscheiden eines Metalls hergestellt werden. Die Durchkontaktierungen und/oder eine strukturierte Spiegelschicht können auch durch das Aufdampfen oder Abscheiden eines Metalls unter Verwendung einer geeigneten Maske hergestellt werden.

[0046] Die zweite n-leitende Schicht ist in einer vorteilhaften Variante als eine Auskoppelschicht zur Auskopplung der in der aktiven Zone erzeugten Strahlung vorgesehen. Auf der zweiten n-leitenden Schicht ist vorzugsweise eine Anschlussfläche angeordnet, die von außen z. B. durch einen Anschlussdraht kontaktierbar ist.

[0047] Die frei liegende Oberfläche der zweiten n-leitenden Schicht ist vorzugsweise aufgeraut. Anstelle der Aufrauung kann auf der Oberfläche der zweiten n-leitenden Schicht eine andere Auskoppelstruktur wie z. B. photonische Kristall- oder Quasikristallstrukturen mit einer periodischen Anordnung von Unebenheiten der Oberfläche angeordnet sein. Nichtperiodische Auskoppelstrukturen kommen auch in Betracht. Z. B. kann an dieser Stelle eine zusätzliche zumindest teilweise transparente Schicht mit einer rauhen Oberfläche vorgesehen sein. Eine matte Schicht kommt auch in Betracht.

[0048] Die mit einer aufgerauten Oberfläche nicht identischen Auskoppelstrukturen können z. B. Vertiefungen der Tiefe 100 bis 1000 nm, vorzugsweise 150 bis 500 nm darstellen. Die Vertiefungen können einen kreisrunden oder rechteckigen, insbesondere quadratischen Querschnitt aufweisen. Der Durchmesser bzw. die lineare Querschnittsgröße der Vertiefung beträgt in einer Variante 50 bis 800 nm, vorzugsweise 80 bis 500 nm.

[0049] Nicht nur die n-leitende, sondern auch eine andere Auskoppelschicht, z. B. ein durchsichtiges Substrat, kann die Oberflächenrauigkeit oder die Auskoppelstrukturen aufweisen.

[0050] Die Oberfläche der Auskoppelschicht ist vorzugsweise nicht überall, sondern mit Ausnahme eines Bereichs, in dem die Anschlussfläche angeordnet ist, aufgeraut. Das auf die Unterseite der Anschlussfläche einfallende Licht kann somit reflektiert werden. Dadurch ergibt sich eine verbesserte Lichtauskopplung.

[0051] In einer Variante ist eine Aussparung vorgesehen, die sich vertikal zum Schichtaufbau bis zur

zweiten n-leitenden Schicht erstreckt. Die Aussparung ist zumindest teilweise mit einem dielektrischen Material gefüllt. Insbesondere sind die Seitenwände der Aussparung mit dem Dielektrikum ausgekleidet. Dadurch wird insbesondere die Erzeugung bzw. Ausbreitung der in der aktiven Zone erzeugten Strahlung in einem Bereich der Schichtenfolge verhindert, der unterhalb der Anschlussfläche liegt und folglich durch die Anschlussfläche abgeschattet ist. In diesem Fall können Stromverluste beim Betrieb des Leuchtdiodenchips gering gehalten werden, da der Stromverbrauch für die Erzeugung einer Strahlung, die nicht ausgekoppelt werden kann, vermieden werden.

[0052] Die Aussparung ist vorzugsweise als eine Sackloch-Aussparung ausgebildet. Der Boden der Aussparung reicht zumindest bis zur Grenzfläche der zweiten n-leitenden Schicht. Der Boden der Aussparung kann aber auch in einer Ebene liegen, die sich zwischen den beiden Grenzflächen der zweiten n-leitenden Schicht erstreckt.

[0053] In einer Variante ist die Spiegelschicht über mindestens eine zweite Durchkontaktierung mit der zweiten n-leitenden Schicht leitend verbunden. Die Gesamtfläche eines an der Grenzfläche der mindestens einen zweiten Durchkontaktierung und der zweiten n-leitenden Schicht gebildeten elektrischen Kontakts beträgt vorzugsweise maximal 10%, in einer Variante maximal 5% der Grundfläche des Schichtaufbaus.

[0054] Die zweite Durchkontaktierung ist vorzugsweise von den ersten Durchkontaktierungen umgeben. Die Grundfläche der zweiten Durchkontaktierung ist vorzugsweise größer als diejenige der jeweiligen ersten Durchkontaktierung.

[0055] Die zweite Durchkontaktierung ist vorzugsweise in der Aussparung angeordnet. Zwischen der zweiten Durchkontaktierung und den halbleitenden Schichten des Schichtaufbaus ist in beliebiger Lateralrichtung ein Mantel aus einem dielektrischen Material angeordnet.

[0056] Die jeweilige erste Durchkontaktierung ist in einer Variante an eine leitende Fläche angeschlossen, die als die Spiegelschicht vorgesehen ist. Die zweite Durchkontaktierung ist vorzugsweise von den ersten Durchkontaktierungen elektrisch isoliert.

[0057] In einer weiteren Variante ist die zweite Durchkontaktierung von den ersten Durchkontaktierungen elektrisch isoliert. In diesem Fall ist die mit den ersten Durchkontaktierungen verbundene Spiegelschicht vorzugsweise mit Aussparungen versehen, in denen mit der zweiten Durchkontaktierung leitend verbundene Anschlussflächen angeordnet sind. Gemäß dieser Variante wird sowohl die erste n-leitende Schicht als auch die zweite n-leitende Schicht

von nur einer Seite, und zwar von der Seite der Spiegelschicht elektrisch kontaktiert.

[0058] Zumindest ein Bereich der mit dem dielektrischen Material zumindest teilweise gefüllte Aussparung ist unterhalb der Anschlussfläche angeordnet. Die Grundfläche der Aussparung ist vorzugsweise größer als diejenige der Anschlussfläche. In einer lateralen Projektionsebene beträgt der Abstand zwischen den Kanten der Anschlussfläche und den Seitenflächen der Aussparung allseitig beispielsweise mindestens 5 Mikrometer, in einer Variante mindestens 10 Mikrometer.

[0059] Der Leuchtdiodenchip umfasst in einer Ausführungsform ein mit der Schichtenfolge fest verbundenes Substrat. Gemäß einer ersten Variante ist die zweite n-leitende Schicht zwischen dem Substrat und der p-leitenden Schicht angeordnet. Gemäß einer zweiten Variante ist die erste n-leitende Schicht zwischen dem Substrat und der aktiven Zone angeordnet.

[0060] Ein im optischen Bereich transparentes Substrat kann zur Auskoppelung der in der aktiven Zone erzeugten Strahlung verwendet werden. Das Substrat kann, muss aber nicht ein Wachstumssubstrat für die epitaktisch aufgewachsene Schichtenfolge sein.

[0061] Die Schichtenfolge kann darüber hinaus mit einem Trägersubstrat fest verbunden sein, das eine Abfolge von verschiedenen Metallschichten, darunter z. B. Ge, Mo, Ni und/oder Cu, aufweist. Der Verbund der Spiegelschicht und der dielektrischen Schicht ist dabei zwischen dem Trägersubstrat und der Schichtenfolge angeordnet.

[0062] Um den Kontaktwiderstand elektrischer Kontakte an der Grenzfläche der Durchkontaktierungen und der Schichten der Schichtenfolge bzw. der Spiegelschicht gering zu halten, wird für die Durchkontaktierungen und die Spiegelschicht vorzugsweise ein Metall oder eine Metalllegierung mit einer relativ hohen elektrischen Leitfähigkeit wie z. B. Ag, Al usw. verwendet.

[0063] Im Folgenden wird das angegebene Bauelement und seine vorteilhaften Ausgestaltungen anhand von schematischen und nicht maßstabgetreuen Figuren erläutert. Es zeigen:

[0064] [Fig. 1](#), [Fig. 2](#), [Fig. 3](#) im Querschnitt jeweils einen Leuchtdiodenchip mit zwei n-leitenden Schichten, einer dielektrischen Schicht und einer Spiegelschicht;

[0065] [Fig. 4](#) im Querschnitt einen Leuchtdiodenchip mit der zweiten n-leitenden Schicht als Auskoppelschicht;

[0066] [Fig. 5](#) die Ansicht der dielektrischen Schicht im Leuchtdiodenchip gemäß der [Fig. 4](#);

[0067] [Fig. 6](#) im Querschnitt einen Leuchtdiodenchip mit einer Aussparung unterhalb einer Anschlussfläche;

[0068] [Fig. 7](#) die Ansicht der Aussparung und der Anschlussfläche von oben;

[0069] [Fig. 8](#) im Querschnitt einen Leuchtdiodenchip, bei dem die beiden n-leitenden Schichten von einer Seite kontaktiert werden und bei dem ein transparentes Substrat zur Auskoppelung der Strahlung dient;

[0070] [Fig. 9](#) die Ansicht der dielektrischen Schicht im Leuchtdiodenchip gemäß der [Fig. 8](#);

[0071] [Fig. 10](#) die Ansicht der Unterseite des Leuchtdiodenchips gemäß der [Fig. 8](#);

[0072] [Fig. 11](#) im Querschnitt einen Leuchtdiodenchip, bei dem die beiden n-leitenden Schichten von einer Seite kontaktiert werden und bei dem die zweite n-leitende Schicht zur Auskoppelung der Strahlung dient.

[0073] In den [Fig. 1](#), [Fig. 2](#), [Fig. 3](#), [Fig. 4](#), [Fig. 6](#), [Fig. 8](#), [Fig. 11](#) ist jeweils ein optoelektronischer Halbleiterchip mit einer Schichtenfolge **10** zur Strahlungserzeugung gezeigt. Die Schichtenfolge **10** umfasst eine p-leitende Schicht **2**, eine erste n-leitende Schicht **31**, eine zweite n-leitende Schicht **32** und eine strahlungserzeugende aktive Zone **1**. Die aktive Zone **1** ist durch eine beispielsweise mit Indium dotierte Schicht gebildet, die zwischen der p-leitenden Schicht **2** und der ersten n-leitenden Schicht **31** angeordnet ist. Zwischen der p-leitenden Schicht **2** und der zweiten n-leitenden Schicht **32** ist ein Tunnelkontakt **23** gebildet.

[0074] Die Schichtenfolge **10** ist auf einem Substrat **6** vorzugsweise epitaktisch aufgewachsen. In den [Fig. 1](#), [Fig. 2](#), [Fig. 3](#) ist die Wachstumsrichtung (von oben nach unten) mit einem Pfeil angedeutet.

[0075] In der Variante gemäß der [Fig. 1](#) wird auf dem Substrat **6** zunächst die zweite n-leitende Schicht **32**, danach die p-leitende Schicht, dann die lichterzeugende Schicht **1** und die erste n-leitende Schicht **31** aufgewachsen.

[0076] In der Variante gemäß der [Fig. 2](#) wird auf dem Substrat **6** zunächst die erste n-leitende Schicht **31**, danach die lichterzeugende Schicht **1**, dann die p-leitende Schicht und die zweite n-leitende Schicht **32** aufgewachsen.

[0077] In der Variante gemäß der [Fig. 3](#) wird auf

dem Substrat **6** zunächst die zweite n-leitende Schicht **32**, danach die p-leitende Schicht, dann die lichterzeugende Schicht **1**, eine weitere p-leitende Schicht und auf dieser die erste n-leitende Schicht **31** aufgewachsen.

[0078] Die Wachstumsrichtung (nach unten) verläuft in den Varianten gemäß den [Fig. 1–Fig. 3](#) antiparallel zur Lichtauskopplungsrichtung (nach oben). Die Wachstumsrichtung kann im Prinzip umgedreht werden, so dass die Wachstumsrichtung und die Lichtauskopplungsrichtung übereinstimmen bzw. parallel zueinander sind.

[0079] Die in den [Fig. 1](#) bis [Fig. 3](#) vorgestellten Schichtenfolgen **10** sind mit nachstehend erläuterten Varianten des Leuchtdiodenchips beliebig kombinierbar. Insbesondere ist die Anordnung der aktiven Zone **1** zwischen zwei p-leitenden Schichten **2**, **21** in beliebigen Ausführungsformen möglich.

[0080] Die Schichtenfolge **10** ist fest mit einem Spiegel verbunden, der eine durchsichtige dielektrische Schicht und eine Spiegelschicht **5** aufweist. Die dielektrische Schicht **4** wird auf der in Wachstumsrichtung gesehen obersten Schicht der Schichtenfolge (in [Fig. 1](#), [Fig. 3](#) die Schicht **31**, in [Fig. 2](#) die Schicht **32**) aufgebracht, z. B. aufgedampft oder aufgesputtert. Die in einer Variante metallische Spiegelschicht **5** wird dann auf die dielektrische Schicht **4** aufgetragen, vorzugsweise aufgedampft.

[0081] Alle Schichten der Schichtenfolge **10** sind durchsichtig. Das Substrat **6** ist vorzugsweise durchsichtig und kann wie z. B. in der Variante gemäß der [Fig. 8](#) zur Auskoppelung der Strahlung dienen. Im Prinzip besteht die Möglichkeit, das Substrat **6** zu entfernen und den in [Fig. 1–Fig. 3](#) gezeigten Schichtaufbau auf der Seite des Spiegels **4**, **5** mit einem Trägersubstrat zu verbinden.

[0082] Die Schichten **4**, **5** können im Prinzip mehrere übereinander liegende Teilschichten aufweisen. Dies gilt auch für das Substrat **6** und alle Schichten der Schichtenfolge **10**.

[0083] In der Variante gemäß der [Fig. 4](#) ist die erste n-leitende Schicht **31** mit der leitfähigen Spiegelschicht **5** über in der dielektrischen Schicht **4** angeordnete erste Durchkontaktierungen **71** leitend verbunden. Eine Ansicht der dielektrischen Schicht **4** mit den ersten Durchkontaktierungen **71** ist in der [Fig. 5](#) gezeigt.

[0084] Zur Erzeugung von ersten Durchkontaktierungen **71** werden in der dielektrischen Schicht **4** noch vor der Erzeugung der Spiegelschicht **5** unter Verwendung einer geeigneten Maske durchgehende Öffnungen geätzt. Die Öffnungen werden mit einem elektrisch leitenden Material mit einer hohen Leitfähigkeit

gefüllt. Nach dem Füllen der Öffnungen wird die Spiegelschicht **5** aufgedampft.

[0085] Die zweite n-leitende Schicht **32** ist hier als eine Auskoppelschicht vorgesehen. Auf der zweiten n-leitenden Schicht **32** ist eine Anschlussfläche **9** angeordnet, die zur elektrischen Kontaktierung der Schicht **32** durch einen hier nicht gezeigten Anschlussdraht vorgesehen ist.

[0086] Auf der frei liegenden Oberfläche der zweiten n-leitenden Schicht **32** außerhalb des durch die Anschlussfläche **9** verdeckten Bereichs ist eine Auskoppelungsstruktur **33** angeordnet, die in einer Variante durch eine aufgeraute Oberfläche der Schicht **32** gebildet sein kann.

[0087] Die ersten Durchkontaktierungen **71** sind in einer lateralen Projektionsebene außerhalb des durch die Anschlussfläche **9** verdeckten Bereichs angeordnet, um eine Lichterzeugung unterhalb der Anschlussfläche **9** zu reduzieren. Dies wird in allen Varianten als Vorteil betrachtet.

[0088] In der [Fig. 6](#) ist eine Weiterbildung der in der [Fig. 4](#) gezeigten Ausführungsform gezeigt. In der Schichtenfolge **10** wird vor der Aufbringung der dielektrischen Schicht **4** eine Aussparung **8** in Form eines Sacklochs erzeugt. Zur Erzeugung der Aussparung **8** werden zumindest einige der Schichten der Schichtenfolge **10** unter Verwendung einer geeigneten Maske bis zu einer vorgegebenen Tiefe der in Lichtauskopplungsrichtung obersten n-leitenden Schicht, in [Fig. 6](#) der Schicht **32**, geätzt. Der Tunnelkontakt **23** wird durch die Aussparung **8** unterbrochen.

[0089] Die dabei gebildete Vertiefung wird mit einem dielektrischen Material **41** gefüllt. Danach wird die dielektrische Schicht **4** vorzugsweise aus dem gleichen dielektrischen Material aufgetragen.

[0090] Mit der elektrisch isolierenden Aussparung **8**, die insbesondere in der hochleitenden, an die aktive Zone **1** angrenzenden Schicht **31** einen lateralen Stromfluss unterhalb der Anschlussfläche **9** unterbindet, kann eine Bestromung der Schichtenfolge und somit auch die Lichterzeugung unterhalb der Anschlussfläche vermieden werden. Somit gelingt es, den Energieverbrauch für die Strahlung, die wegen der Abschattung durch die Anschlussfläche **9** nicht ausgekoppelt sein könnte, zu reduzieren. Somit wird die Auskoppelleffizienz bzw. der Wirkungsgrad des Chips erhöht.

[0091] Eine „Deaktivierung“ des Materials der Schichtenfolge im Sinne der unterbrochenen Bestromung unterhalb der Anschlussfläche kann alternativ durch eine Materialmodifikation erreicht werden, wobei ein unterhalb der Anschlussfläche liegender Be-

reich der jeweiligen halbleitenden Schicht elektrisch isolierend gemacht wird.

[0092] In einer in [Fig. 7](#) gezeigten lateralen Projektionsebene wird ein gewisser Abstand d_1 zwischen den Kanten der Anschlussfläche **9** und den Seitenflächen der Aussparung **8** vorzugsweise allseitig eingehalten. Der Abstand d_1 beträgt z. B. 5–10 Mikrometer.

[0093] In den Varianten gemäß den [Fig. 8](#) und [Fig. 11](#) werden beide n-leitende Schichten **31**, **32** von der Seite des Spiegels **4**, **5** kontaktiert. In der Aussparung **8** wird dafür eine zweite Durchkontaktierung **72** erzeugt, die sich bis zum Boden der Aussparung bzw. bis in das Innere der letzten hochleitenden Schicht **32** erstreckt. An der Grenzfläche der Durchkontaktierung **72** und der Schicht **32** ist ein vorzugsweise niederohmiger elektrischer Kontakt **73** gebildet.

[0094] Zur Erzeugung von zweiten Durchkontaktierungen **72** wird die Schicht **4** und das dielektrische Material **41** der Aussparung **8** unter Verwendung einer geeigneten Maske zumindest bis zum Boden der Aussparung **8** geätzt. Die dabei gebildete Vertiefung oder Öffnung wird mit einem elektrisch leitenden Material mit einer hohen Leitfähigkeit gefüllt.

[0095] Die Anschlussfläche **9** ist in diesem Fall auf der Unterseite der zweiten Durchkontaktierung **72** erzeugt. Die jeweilige Anschlussfläche **9** ist in einer Aussparung **81** der Spiegelschicht **5** angeordnet, siehe [Fig. 10](#).

[0096] Die Anordnung der Durchkontaktierungen **71**, **72** in der dielektrischen Schicht **4** ist in der [Fig. 9](#) zu sehen.

[0097] Zur Verbesserung der elektrischen Kontakte **73**, **74** der Durchkontaktierungen **71**, **72** und der n-leitenden Schichten **31**, **32** wird für die Durchkontaktierungen ein hochleitendes Material verwendet, z. B. Aluminium und/oder Silber, das in der Lage ist, eine niederohmige elektrische Verbindung zwischen der jeweiligen Durchkontaktierung und der jeweiligen n-leitenden Schicht und eine gute Reflektivität zu gewährleisten. Der Reflexionskoeffizient der elektrischen Kontakte **73**, **74** beträgt vorzugsweise mindestens 90%.

[0098] In der Variante gemäß der [Fig. 8](#) dient das in diesem Fall transparente Substrat **6** zur Auskopplung der Strahlung. In der Variante gemäß der [Fig. 11](#), die sich auch durch eine einseitige Kontaktierung der n-leitenden Schichten **31**, **32** auszeichnet, wird die Strahlung aus der zweiten n-leitenden Schicht **32** ausgekoppelt. Der Schichtaufbau des Leuchtdiodenchips und der Typ der Lichtauskopplung entspricht in diesem Fall der [Fig. 4](#) oder [Fig. 6](#).

[0099] Der Verbund der Schichtenfolge **10** und des Spiegels **4**, **5** ist in den Varianten gemäß den [Fig. 4](#), [Fig. 6](#) und [Fig. 11](#) mit dem in [Fig. 11](#) gezeigten Trägersubstrat **6** verbunden. Zur Verbindung der Schichtenfolge mit dem Spiegel kommt ein Waferbonding oder eine in den Figuren nicht gezeigte Verbindungsschicht in Betracht.

[0100] Auch wenn in den [Fig. 4](#), [Fig. 6](#), [Fig. 8](#), [Fig. 11](#) stets die zweite n-leitende Schicht **32** als die in Auskopplungsrichtung oberste Schicht gezeigt ist, ist es im Prinzip möglich, die Reihenfolge der Schichten der Schichtenfolge **10** umzukehren, wie z. B. in der [Fig. 2](#). In diesem Fall wird die erste n-leitende Schicht **31** durch die zweiten Durchkontaktierungen **72** und die erste n-leitende Schicht **31** durch die ersten Durchkontaktierungen **71** elektrisch kontaktiert.

Patentansprüche

1. Leuchtdiodenchip

- mit einer Schichtenfolge (**10**), die mindestens eine n-leitende Schicht (**31**, **32**) aufweist,
- mit einem Spiegel, der eine elektrisch leitende Spiegelschicht (**5**) und mindestens eine dielektrische Schicht (**4**) umfasst,
- wobei die mindestens eine dielektrische Schicht (**4**) zwischen der n-leitenden Schicht (**31**, **32**) und der elektrisch leitenden Spiegelschicht (**5**) angeordnet ist,
- wobei die elektrisch leitende Spiegelschicht (**5**) leitend mit der n-leitenden Schicht (**31**, **32**) verbunden ist.

2. Leuchtdiodenchip nach Anspruch 1,

- wobei die mindestens eine n-leitende Schicht (**31**, **32**) eine erste leitende Schicht (**31**) aufweist,
- wobei die Schichtenfolge (**10**) eine p-leitende Schicht (**2**) und eine strahlungserzeugende aktive Zone (**1**) umfasst, die zwischen der p-leitenden Schicht (**2**) und der ersten n-leitenden Schicht (**31**) angeordnet ist.

3. Leuchtdiodenchip nach Anspruch 1,

- wobei die mindestens eine n-leitende Schicht (**31**, **32**) eine erste leitende Schicht (**31**) aufweist,
- wobei die Schichtenfolge (**10**) eine p-leitende Schicht, eine weitere p-leitende Schicht und eine zwischen den p-leitenden Schichten angeordnete strahlungserzeugende aktive Zone umfasst,
- wobei die weitere p-leitende Schicht zwischen der aktiven Zone und der ersten n-leitenden Schicht angeordnet ist.

4. Leuchtdiodenchip nach Anspruch 2 oder 3,

- wobei die Schichtenfolge (**10**) eine zweite n-leitende Schicht umfasst,
- wobei zwischen der p-leitenden Schicht und der zweiten n-leitenden Schicht ein Tunnelkontakt gebildet ist.

5. Leuchtdiodenchip nach Anspruch 4,
– wobei die p-leitende Schicht zwischen der zweiten n-leitenden Schicht und der aktiven Zone angeordnet ist.

6. Leuchtdiodenchip nach einem der Ansprüche 2 bis 5,
– wobei die Spiegelschicht mit der ersten n-leitenden Schicht über erste Durchkontaktierungen leitend verbunden ist, die in der dielektrischen Schicht angeordnet sind.

7. Leuchtdiodenchip nach einem der Ansprüche 1 bis 6,
– wobei der Brechungsindex der dielektrischen Schicht um mindestens einen Faktor 1,25 kleiner ist als derjenige der zu ihr gewandten Schicht der Schichtenfolge (10).

8. Leuchtdiodenchip nach einem der Ansprüche 4 bis 7,
– mit einer Aussparung, die sich vertikal zum Schichtaufbau bis zur zweiten n-leitenden Schicht erstreckt.

9. Leuchtdiodenchip nach Anspruch 8,
– wobei die Aussparung zumindest teilweise mit einem dielektrischen Material gefüllt ist.

10. Leuchtdiodenchip nach einem der Ansprüche 4 bis 9,
– wobei die Spiegelschicht über mindestens eine zweite Durchkontaktierung mit der zweiten n-leitenden Schicht leitend verbunden ist.

11. Leuchtdiodenchip nach Anspruch 8 und 10,
– wobei die zweite Durchkontaktierung in der Aussparung angeordnet ist,
– wobei zwischen der Seitenfläche der zweiten Durchkontaktierung und halbleitenden Schichten der Schichtenfolge ein umlaufender Mantel (41) aus einem dielektrischen Material angeordnet ist.

12. Leuchtdiodenchip nach Anspruch 10 oder 11,
– wobei die zweite Durchkontaktierung mit den ersten Durchkontaktierungen leitend verbunden ist.

13. Leuchtdiodenchip nach Anspruch 10 oder 11,
– wobei die zweite Durchkontaktierung von den ersten Durchkontaktierungen elektrisch isoliert ist.

14. Leuchtdiodenchip nach einem der Ansprüche 10 bis 12,
– wobei die zweite Durchkontaktierung an eine leitende Fläche angeschlossen ist, die als die Spiegelschicht vorgesehen ist.

15. Leuchtdiodenchip nach einem der Ansprüche 10 bis 14,
– wobei die jeweilige erste Durchkontaktierung an

eine leitende Fläche angeschlossen ist, die als die Spiegelschicht vorgesehen ist.

16. Leuchtdiodenchip nach einem der Ansprüche 4 bis 15,
– wobei die zweite n-leitende Schicht als eine Auskoppelschicht zur Auskopplung der in der aktiven Zone erzeugten Strahlung vorgesehen ist,
– wobei auf der zweiten n-leitenden Schicht eine Anschlussfläche angeordnet ist.

17. Leuchtdiodenchip nach Anspruch 4 und einem der Ansprüche 8 bis 16,
– wobei die Aussparung unterhalb der Anschlussfläche angeordnet ist.

18. Leuchtdiodenchip nach Anspruch 17,
– wobei die Grundfläche der Aussparung größer ist als diejenige der Anschlussfläche.

19. Leuchtdiodenchip nach Anspruch 18,
– wobei in einer lateralen Projektionsebene der Abstand zwischen den Kanten der Anschlussfläche und den Seitenflächen der Aussparung mindestens 5 Mikrometer beträgt.

20. Leuchtdiodenchip nach einem der Ansprüche 1 bis 19,
– mit einem Substrat, das mit der Schichtenfolge (10) fest verbunden ist,
– wobei die zweite n-leitende Schicht zwischen dem Substrat und der p-leitenden Schicht angeordnet ist.

21. Leuchtdiodenchip nach einem der Ansprüche 1 bis 19,
– mit einem Substrat, das mit der Schichtenfolge (10) fest verbunden ist,
– wobei die erste n-leitende Schicht zwischen dem Substrat und der aktiven Zone angeordnet ist.

22. Leuchtdiodenchip nach Anspruch 20 oder 21,
– wobei das Substrat im optischen Bereich transparent ist.

23. Leuchtdiodenchip nach einem der Ansprüche 1 bis 22,
– wobei die Schichten der Schichtenfolge (10) epitaktisch aufgewachsen sind.

24. Leuchtdiodenchip nach einem der Ansprüche 1 bis 23,
– wobei die Schichtenfolge (10) auf der Basis von GaN gebildet ist.

25. Leuchtdiodenchip nach einem der Ansprüche 1 bis 24,
– wobei die mindestens eine dielektrische Schicht (4) mindestens zwei übereinander angeordnete Schichten mit unterschiedlichen Brechungsindizes aufweist, die zusammen einen Bragg-Spiegel bilden.

26. Leuchtdiodenchip

– mit einer Schichtenfolge (10), die in einer Wachstumsrichtung in der angegebenen Reihenfolge aufeinander folgende Schichten aufweist: eine erste n-leitende Schicht, eine strahlungserzeugende aktive Zone, eine p-leitende Schicht und eine zweite n-leitende Schicht.

27. Leuchtdiodenchip

– mit einer Schichtenfolge (10), die zwei Schichten des gleichen Leitfähigkeitstyps aufweist, zwischen denen eine strahlungserzeugende aktive Zone angeordnet ist.

28. Leuchtdiodenchip nach Anspruch 27,

– wobei die zwei Schichten des gleichen Leitfähigkeitstyps eine erste Schicht und eine zweite Schicht des ersten Leitfähigkeitstyps aufweisen,
– wobei die zweite Schicht des ersten Leitfähigkeitstyps als Ladungsträger-Reservoir zur Erhöhung der Ladungsträgerkonzentration des ersten Leitfähigkeitstyps in der Nähe der aktiven Zone vorgesehen ist,
– wobei die Schichtenfolge (10) eine Schicht des zweiten Leitfähigkeitstyps aufweist, die an die zweite Schicht des ersten Leitfähigkeitstyps angrenzt,
– wobei der erste Leitfähigkeitstyp n-Typ und der zweite Leitfähigkeitstyp p-Typ ist, oder umgekehrt.

29. Leuchtdiodenchip nach Anspruch 28,

– wobei die Dicke der zweiten Schicht des ersten Leitfähigkeitstyps maximal 20% derjenigen der ersten Schicht des ersten Leitfähigkeitstyps beträgt.

30. Leuchtdiodenchip nach einem der Ansprüche 1 bis 25,

– wobei die Spiegelschicht Metall enthält.

31. Leuchtdiodenchip

– mit einer Schichtenfolge (10), die folgende Schichten aufweist: zwei n-leitende Schichten, eine strahlungserzeugende aktive Zone und eine p-leitende Schicht,
– wobei auf der in Auskopplungsrichtung obersten der n-leitenden Schichten eine Anschlussfläche (9) angeordnet ist,
– wobei in der Schichtenfolge (10) zumindest unterhalb der Anschlussfläche (9) eine Aussparung (8) ausgebildet ist, die sich in Auskopplungsrichtung zumindest bis zur obersten der n-leitenden Schichten erstreckt,
– wobei die Aussparung (8) zumindest im Bereich ihrer Mantelflächen durch ein dielektrisches Material ausgekleidet ist,
– wobei der Boden der Aussparung (8) in Vertikalrichtung von der Anschlussfläche (9) beabstandet ist.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

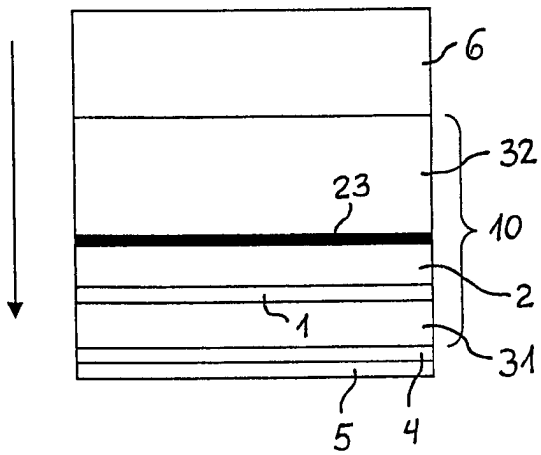


Fig. 1

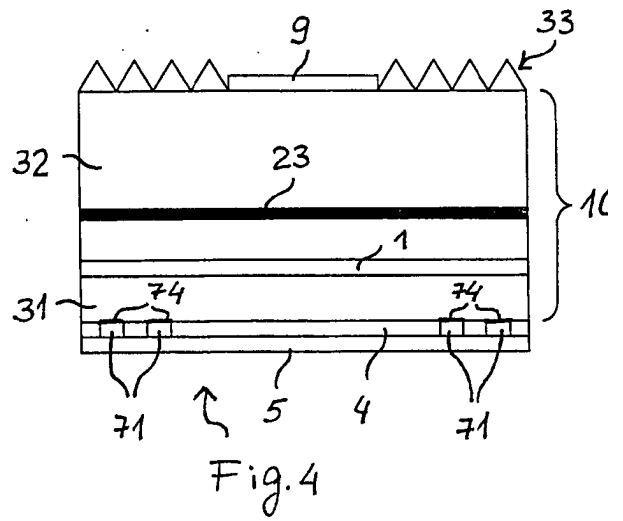


Fig. 4

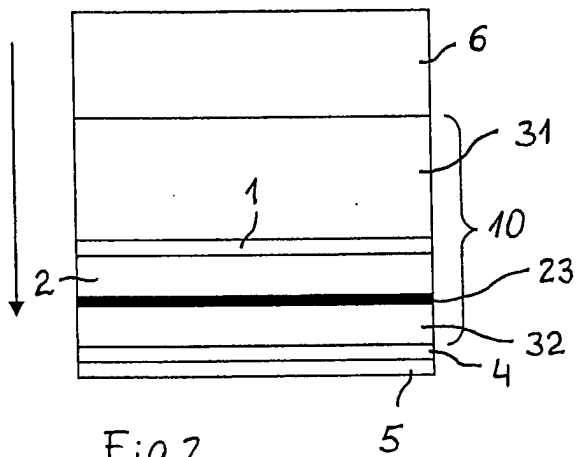


Fig. 2

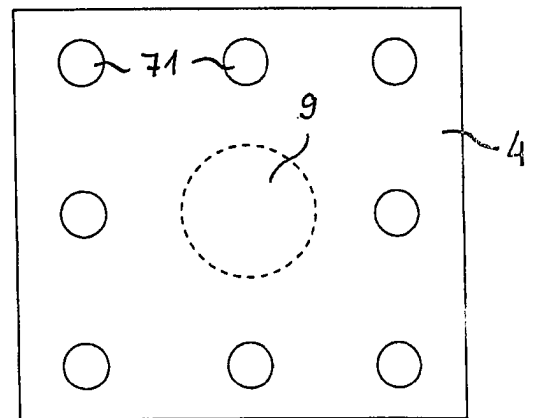


Fig. 5

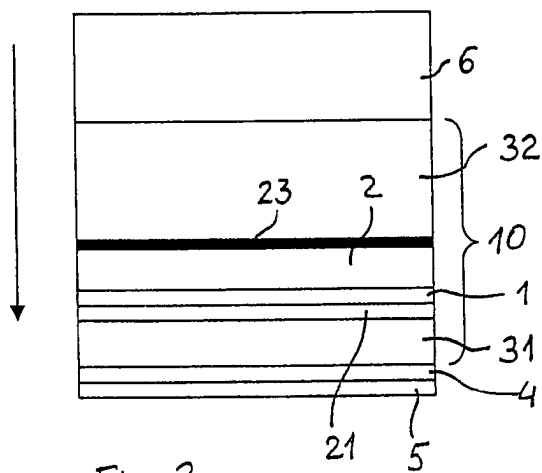


Fig. 3

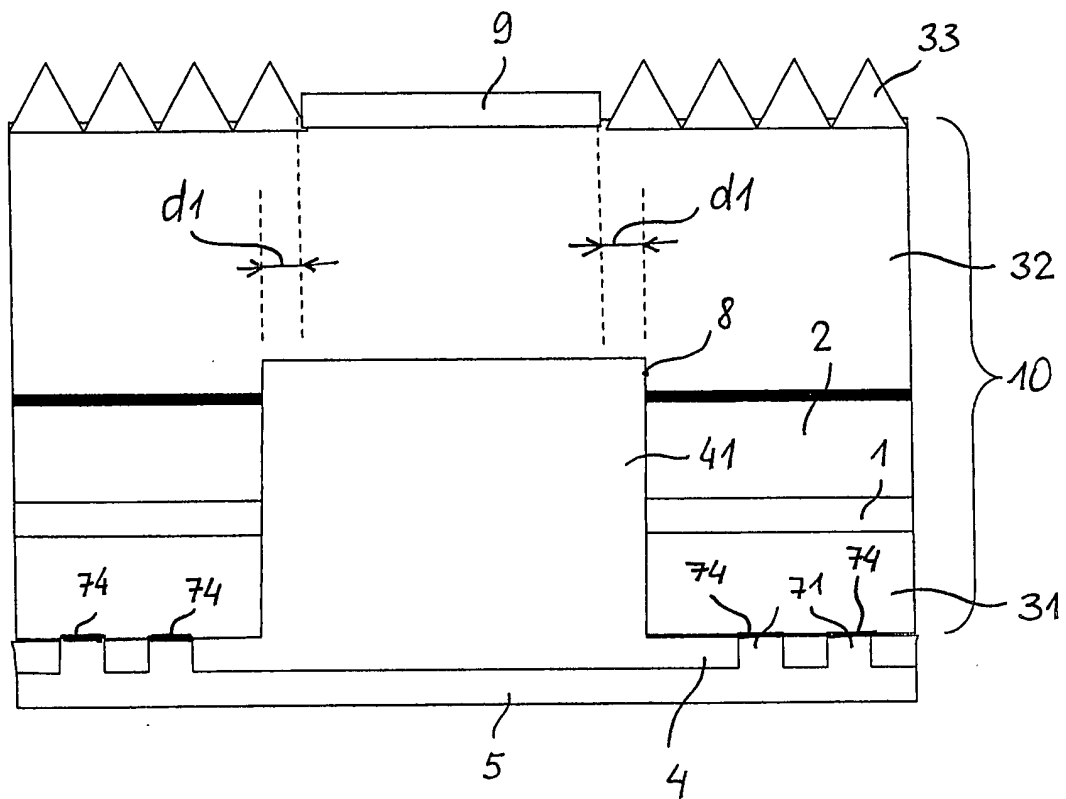


Fig. 6

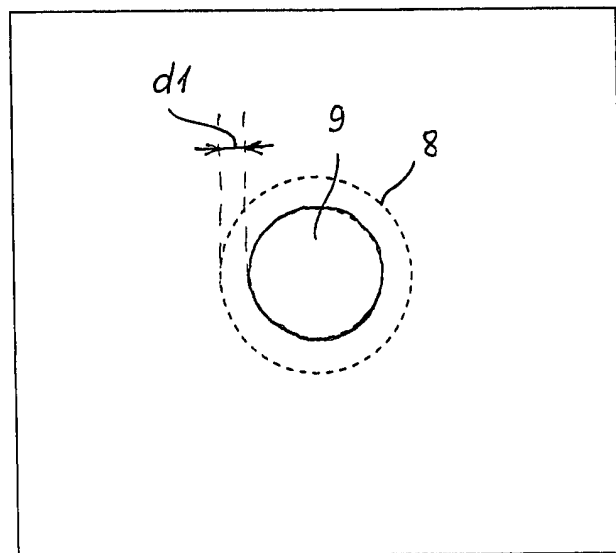


Fig. 7

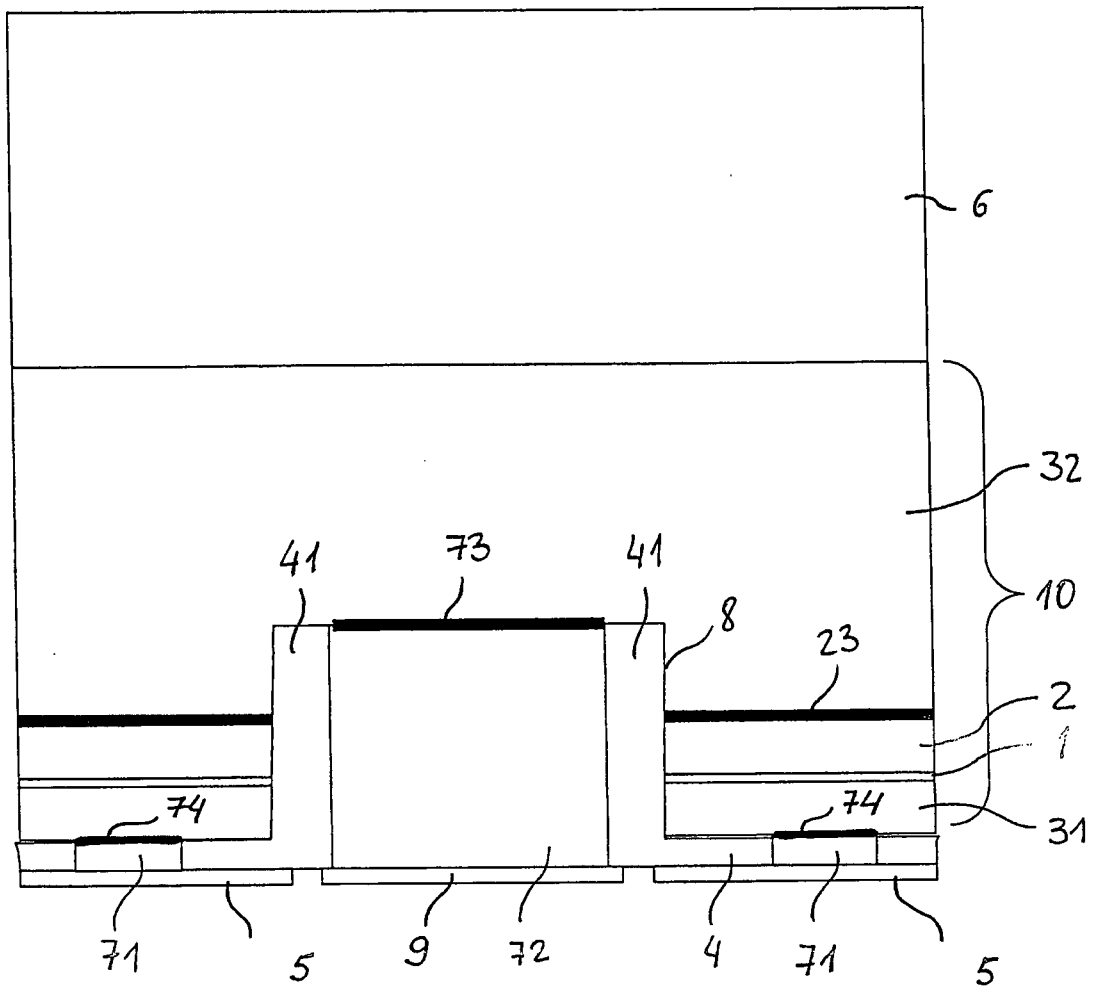


Fig. 8

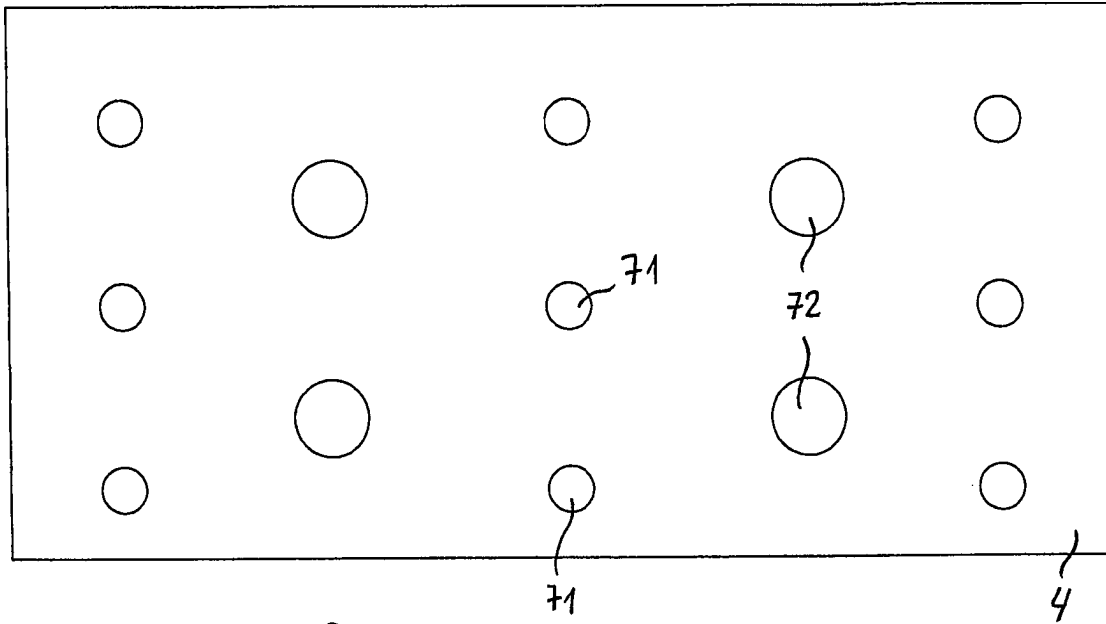


Fig. 9

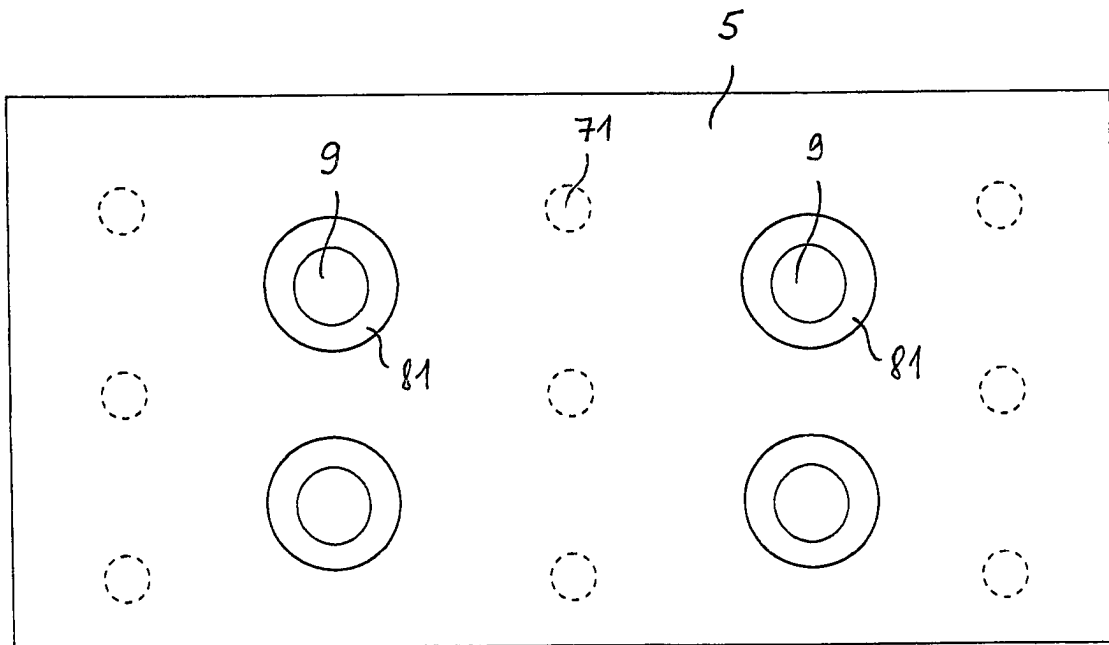


Fig. 10

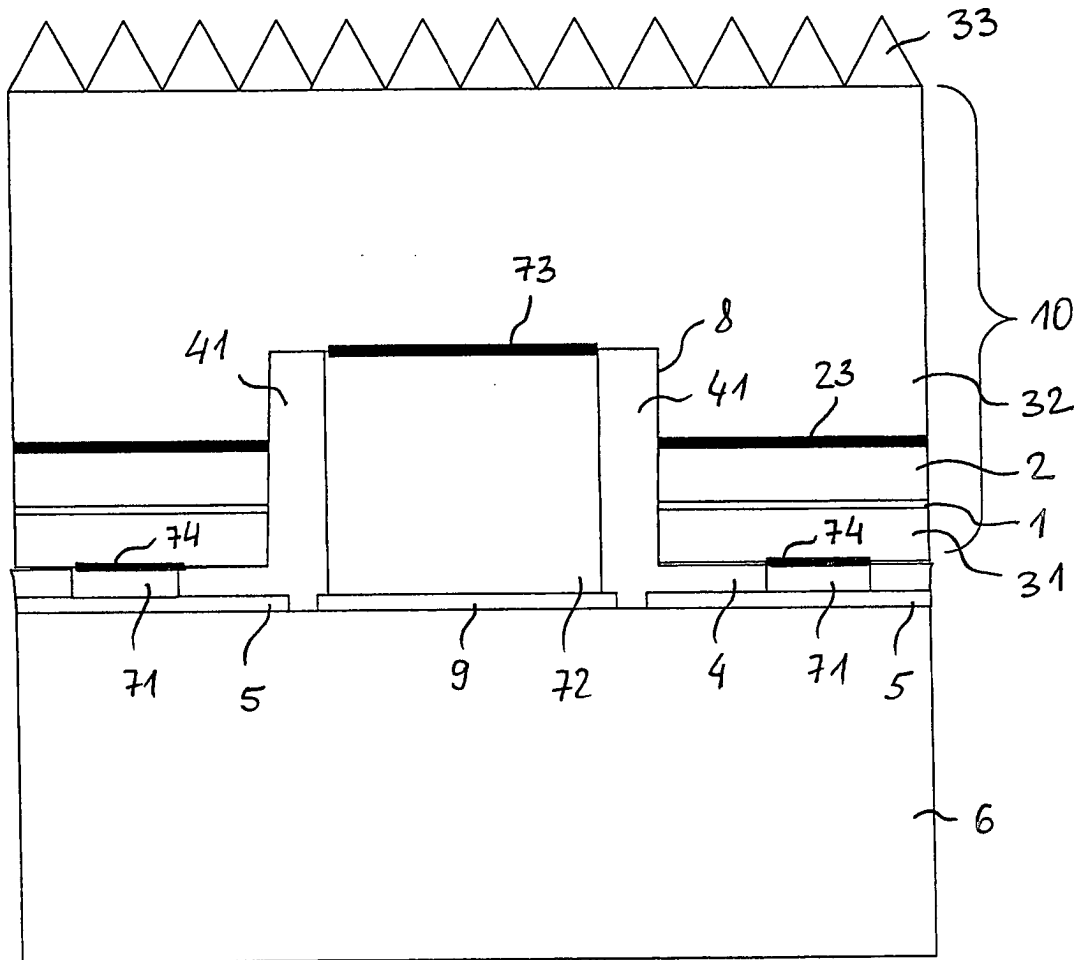


Fig. 11