



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 198 29 666 B4** 2009.02.05

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **198 29 666.5**
(22) Anmeldetag: **03.07.1998**
(43) Offenlegungstag: **11.02.1999**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **05.02.2009**

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

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(30) Unionspriorität:
86111733 07.08.1997 TW

(73) Patentinhaber:
Epistar Corp., Hsinchu, TW

(74) Vertreter:
TER MEER STEINMEISTER & Partner GbR
Patentanwälte, 81679 München

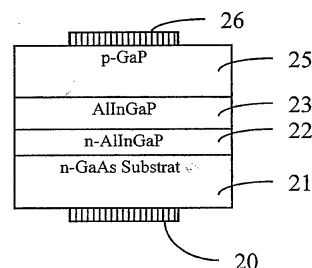
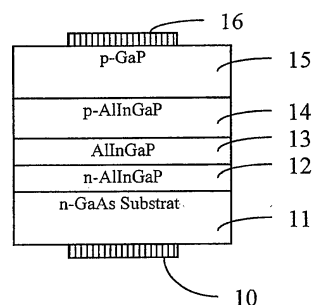
(72) Erfinder:
Antrag auf Nichtnennung

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:
DE 40 17 632 C2
DE 196 29 920 A1
US 54 81 122 A
US 53 17 167 A
US 52 04 284 A
EP 04 34 233 A1
LOTT, J.A. et al.: Visible (660nm) resonant cavity
light-emitting diodes. In: Electronics Letters, V
ol. 29, No. 4, 1993, S. 328-329; W.Harth und H.Gro
the: "Sende- und Empfangsdioden für die
Optische Nachrichtentechnik". Teubner Studienskripten,
Stuttgart 1984, S. 46-48;

(54) Bezeichnung: **Lichtemittierende Diode mit asymmetrischer Energiebandstruktur**

(57) Hauptanspruch: Doppel-Heterostruktur-Leuchtdiode, mit

- einer unteren Elektrode (20, 30, 40, 50), die mit einer externen Stromversorgung verbindbar ist,
- einer als Substrat (21, 31, 41, 51) dienenden GaAs-Schicht, die mit der Elektrode (20, 30, 40, 50) verbunden ist,
- einer unteren n-leitenden Hüllschicht (22, 32, 42, 52) aus AlGaInP, die über dem GaAs-Substrat (21, 31, 41, 51) ausgebildet ist,
- einer undotierten aktiven Schicht (23, 33, 43, 53) aus AlGaInP, die auf der unteren n-leitenden Hüllschicht (22, 32, 42, 52) ausgebildet ist,
- einer oberen p-leitenden Hüllschicht (25, 35, 45, 55), die auf der undotierten aktiven Schicht (23, 33, 43, 53) ausgebildet ist, und
- einer oberen Elektrode (26, 36, 46, 56), die über der oberen p-leitenden Hüllschicht (25, 35, 45, 55) ausgebildet ist, die mit einer externen Stromversorgung verbindbar ist,
- wobei die obere p-leitende Hüllschicht (25, 35, 45, 55) aus einem Material...



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft lichtemittierende Dioden hoher Leistungsfähigkeit, insbesondere Doppel-Hetero-Struktur-Leuchtdioden mit asymmetrischer Energiebandstruktur.

[0002] Der Stand der Technik ist wie folgt. Der Aufbau herkömmlicher lichtemittierender Dioden aus Aluminium-Gallium-Indium-Phosphid ist in [Fig. 1](#) dargestellt. Ein n-leitendes Gallium-Arsenid (GaAs) Substrat **11** hat eine untere Elektrode **10**. Eine n-leitende AlGaInP Hüllschicht **12** ist auf dem Substrat **11** angeordnet und mit einer undotierten aktiven AlGaInP-Schicht **13** bedeckt. Über der Schicht **13** ist eine p-leitende AlGaInP Hüllschicht **14** angeordnet. Darüber ist eine p-leitende Gallium-Phosphid (GaP) Schicht **15** über der Schicht **14** vorgesehen. Auf der Schicht **15** ist eine p-leitende Elektrode **16** angeordnet.

[0003] Die Energiebandlücke des AlGaInP ist proportional zu der Aluminium Molfraktion. Wenn die Aluminium Molfraktion in der Hüllschicht **14** größer ist als die Molfraktion in der aktiven Schicht **13**, ist der Einschlußeffekt der Elektronen besser. In früheren Untersuchungen des AlGaInP-Materials wurde angenommen, daß, wenn $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_{0,5}\text{In}_{0,5}\text{P}$ an das GaAs Substratgitter angepaßt ist, das Material von einer direkten Energiebandlücke in eine indirekte Energiebandlücke mit einem Übergangspunkt $x = 0,7$ verändert werden kann. Die Beziehung zwischen der direkten Energiebandlücke und dem Wert von x wird durch folgende Formel bestimmt:

$$E_g(x) = 1,91 + 0,61 \times x \text{ (eV)} \quad (1)$$

[0004] Forscher haben herausgefunden, daß der Grad des Einschlußeffektes der Elektronen in Beziehung steht zur Energiebandlücke. Im allgemeinen ist die Leitungsbandabweichung (ΔE_c) proportional zur Energiebandabweichung (ΔE_g). Mit anderen Worten erwägen Forscher, daß die maximale Leitungsbandabweichung ΔE_c vorkommt, wenn $x = 0,7$ ist. Zum Beispiel ist der Einschlußeffekt des Doppelheteroübergangs bei AlGaInP am größten, wenn $x = 0,7$ ist. Jedoch fanden Forscher jüngst heraus, daß der Übergangspunkt einen niedrigeren Wert hat als 0,7, bei dem das Material von der direkten Energiebandlücke in die indirekte Energiebandlücke übergeht. Wenn dieser Doppelheteroübergang bei AlGaInP benutzt wird, um kurzwelliges gelb-grünes oder reines grünes Licht emittierende Dioden zu erzielen, ist der Lichtemissionsgrad gering.

[0005] Aus der US 5,204,284 A ist eine Leuchtdiode mit einer unteren Elektrode, einer als Substrat dienenden GaAs-Schicht, einer unteren leitenden Hüllschicht aus AlGaInP, einer ebenfalls aus AlGaInP gebildeten aktiven Schicht, einer oberen leitenden Hüllschicht und einer oberen Elektrode bekannt, die einen aktiven Vorrichtungsabschnitt mit hoher Bandlücke aufweist. Hierbei weist die Heterostruktur unterschiedliche Bandlücken auf, die durch eine Änderung der Aluminiumkonzentration in der an das GaAs-Substrat gitterangepassten Legierung $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_{0,5}\text{In}_{0,5}\text{P}$ erreicht wird. Es wird also eine lichtemittierende Diode beschrieben, bei der sowohl die untere Hüllschicht, die aktive Schicht und die obere Hüllschicht aus AlGaInP gebildet sind, wobei die Bandlücke der oberen Hüllschicht aufgrund des höheren Aluminiumanteils größer ist als die der unteren Hüllschicht. Hierbei ist die aktive Schicht als symmetrische Quantentopf-Struktur ausgebildet.

[0006] Die EP 0 434 233 A1 beschreibt eine lichtemittierende Diode mit einer elektrisch leitenden Fensterschicht, die auf einer p-leitenden AlGaInP-Schicht liegt. Die Schicht stellt eine obere Hüllschicht dar, die mit einer aktiven Schicht und einer unteren Hüllschicht, die beide aus n-leitendem AlGaInP bestehen, eine Heterostruktur bildet, die auf einem GaAs-Substrat ausgebildet ist. Die p-leitende Fensterschicht besteht dabei aus einer III-V-Halbleiterlegierung, jedoch nicht aus AlGaInP und weist eine Bandlücke auf, die größer ist als die der aktiven Schichten, sodass die Fensterschicht für das vom p-n-Übergang der Diode emittierte Licht transparent ist. Für die Fensterschicht können dabei je nach Farbe des emittierten Lichtes AlGaAs, GaAsP und GaP verwendet werden. Hierbei kann die für das emittierte Licht transparente Fensterschicht auch zusammen mit Homo-Übergangs-LEDs und anderen aktiven Vorrichtungen verwendet werden.

[0007] Die US 5,317,167 A beschreibt eine lichtemittierende Diode mit einer einfachen Hetero-Übergangsstruktur, die eine p-leitende, zinkdotierte InAlP-Schicht und eine n-leitende, selendotierte InGaAlP-Schicht umfaßt. Auf der n-leitenden Schicht ist eine Kontaktschicht aufgewachsen, die ebenfalls aus n-leitendem InGaAlP besteht.

[0008] Kürzlich wurde herausgefunden, daß der Übergangspunkt von der direkten Energiebandlücke zur indirekten Energiebandlücke von AlGaInP stattfindet, wenn die Aluminiumfraktion ($x \text{ Al}$) im Bereich von 0,5~0,53 beträgt. Daher ist die maximale direkte Energiebandlücke nach Gleichung (1) 2,23 eV statt 2,34 eV. Falls $\Delta E_c/\Delta E_g = 0,6$ ist, zeigt die folgende Tabelle den Unterschied im Einschlußeffekt für verschiedene Werte von x an:

Aktive Schicht mit der Al-Fraktion	Hüllschicht mit der Al-Fraktion	Elektronen-Einschlußeffekt (meV)
x = 0,3 ($\lambda \sim 592$ nm)	x = 0,7	64
	x = 0,53	85
x = 0,45 ($\lambda \sim 568$ nm)	x = 0,7	9
	x = 0,53	30

[0009] Aus der Tabelle ergibt sich, daß wenn AlGaInP als Hüllschicht benutzt wird, der Einschlußeffekt, insbesondere für die obere p-leitende Einschlußschicht nicht gut ist.

[0010] Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, die Lumineszenzausbeute von lichtemittierenden Dioden zu verbessern. Dabei soll der Einschlusseffekt von lichtemittierenden Dioden so verbessert werden, daß ein Überlauf der Träger verhindert wird. Weiter soll ein Material mit einer hohen Energiebandlücke als Fenstermaterial für LED aufgezeigt werden.

[0011] Erfindungsgemäß erfolgt die Lösung dieser Aufgabe durch die Bereitstellung einer Energiesperrschicht zur Verbesserung des Einschlußeffektes und zur Verhinderung des Überlaufs der Träger. Ein Material mit einer hohen Energiebandlücke wird verwendet als obere p-leitende Hüllschicht, um einen Überlauf der Träger zu verhindern und verbessert somit die Quantenausbeute. Das Material für den hohen Bandabstand dient auch als Fenstermaterial und zur Verhinderung von Stromstau.

[0012] Die Erfindung wird nachstehend anhand der in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispiele näher erläutert. Es zeigt

[0013] [Fig. 1](#) die nach dem Stand der Technik bekannte lichtemittierende Diode,

[0014] [Fig. 2](#) eine erste Ausführungsform der erfindungsgemäßen lichtemittierenden Diode,

[0015] [Fig. 3](#) eine zweite Ausführungsform der lichtemittierenden Diode nach der Erfindung,

[0016] [Fig. 4](#) eine dritte Ausführungsform der lichtemittierenden Diode nach der Erfindung,

[0017] [Fig. 5](#) eine vierte Ausführungsform der lichtemittierenden Diode nach der Erfindung,

[0018] [Fig. 6](#) eine fünfte Ausführungsform der lichtemittierenden Diode nach der Erfindung,

[0019] [Fig. 7](#) eine sechste Ausführungsform der lichtemittierenden Diode nach der Erfindung,

[0020] [Fig. 8](#) eine siebte Ausführungsform der lichtemittierenden Diode nach der Erfindung,

[0021] [Fig. 9](#) eine achte Ausführungsform der lichtemittierenden Diode nach der Erfindung.

[0022] [Fig. 2](#) zeigt die erste Ausführungsform einer asymmetrischen Bandstruktur einer Doppel-Heterostruktur-Leuchtdiode. Ein n-leitender Gallium-Arsenid (GaAs) Halbleiter wird benutzt als Substrat **21**, unter dem eine Elektrode **20** angeordnet ist. Über dem Substrat **21** ist eine n-leitende AlGaInP-Hüllschicht vorgesehen, über der eine aktive AlGaInP-Schicht **23** angeordnet ist. Eine eine hohe Bandlücke aufweisende Schicht liegt auf der Oberfläche der Schicht **23** und weist eine obere Elektrode **26** auf.

[0023] Bei Vergleich von [Fig. 2](#) mit [Fig. 1](#) ist die p-leitende GaP-Schicht als Hüllschicht statt der üblichen AlGaInP-Schicht **14** und der p-leitenden GaP-Schicht **15** als Fenster verwendet. Die Verwendung der p-leitenden GaP-Schicht **25** als Hüllschicht hat folgende Vorteile:

1. Die GaP Hüllschicht **25** hat eine höhere Energielücke. Der Erfinder hat nachgewiesen, daß die GaP-Schicht **25** mindestens eine Differenz in der Energielücke von 100 meV (Energielücke) verglichen zur AlGaInP-Schicht **14** hat. Nach der Erfindung wird eine GaP-Schicht **25** als Hüllschicht benutzt und hat eine Einschlußenergie von mehr als 60 meV (bei Annahme von $\Delta E_c/\Delta E_g = 0,6$) und die Quantenausbeute der AlGaInP LED kann stark wachsen.
2. Die p-leitende Schicht **25** hat eine höhere Trägerkonzentration als AlGaInP. Allgemein kann die Trägerkonzentration von AlGaInP nicht $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ erreichen, aber die Trägerkonzentration der p-leitenden GaP Hüllschicht **25** kann leicht $3 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ erreichen. Theoretisch ist die Trägerkonzentration um so höher, je höher die effektive Potentialhöhe und je niedriger der Trägerüberlauf ist.

3. Die p-leitende GaP-Schicht **25** dient auch als Fensterschicht. Die p-leitende GaP-Schicht **25** hat einen spezifischen Widerstand von 0,05 Ωcm verglichen mit dem spezifischen Widerstand von AlGaInP von 0,5 Ωcm . Zusätzlich absorbiert die GaP-Schicht **25** kein Licht von der aktiven Schicht. Daher hat die GaP-Fensterschicht den Vorteil hoher elektrischer Leitfähigkeit und optischer Transparenz.

Die obere Hüllschicht kann auch aus anderen Materialien als GaP bestehen wie Aluminium-Gallium-Phosphid, Gallium-Indium-Phosphid und Gallium-Arsenid-Phosphid.

[0024] [Fig. 3](#) zeigt eine zweite Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Die Bodenschicht ist die erste Elektrode **30**, über der sich das n-leitende GaAs-Substrat **31** befindet. Eine Einschlußschicht aus AlGaInP **32** ist über dem Substrat **31** angeordnet und mit einem transparenten elektrisch leitenden dünnen Oxidfilm **351** bedeckt. Eine zweite Elektrode **36** ist mit dem Oxidfilm **351** in Kontakt, der üblicherweise aus Indium-Zinn-Oxid (ITO) besteht.

[0025] [Fig. 4](#) zeigt eine dritte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Die Bodenschicht ist eine erste Elektrode **40**, über der das n-leitende GaAs-Substrat **41** angeordnet ist. Auf dem Substrat **41** befindet sich ein verteilter Bragg'scher Reflektor (DBR) **412**. Der Bragg'sche Reflektor dient zum Zurückstrahlen der abwärts gerichteten Strahlung in eine aufwärts gerichtete Strahlung, um so die Intensität des Lichts zu verstärken. Über der Schicht **412** des Bragg'schen Reflektors ist eine erste AlGaInP Hüllschicht **42**. Eine zweite Hüllschicht **45** mit hoher Leitfähigkeit ist über der aktiven AlGaInP-Schicht **43** angeordnet und mit einer zweiten Elektrode **46** bedeckt.

[0026] Das Material für den Bragg'schen Reflektor kann aus einer Gruppe ausgewählt werden, die aus AlGaInP, Aluminium-Gallium-Arsenid und Gallium-Arsenid besteht.

[0027] [Fig. 5](#) zeigt eine vierte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Die Struktur umfaßt eine Bragg'sche Reflektor-Schicht **512** und einen dünnen leitfähigen Oxidfilm **551**.

[0028] Durch die Fehlanpassung des Gitters von GaP mit dem GaAs-Substrat kann die Gitterkonstante um ungefähr 3,6% differieren. Wenn GaP direkt auf der aktiven AlGaInP-Schicht angeordnet wird, kann sich daher eine Verlagerung an der Zwischenschicht ergeben die ein nichtstrahlendes Rekombinationszentrum und eine verminderte Quantenausbeute bewirkt. Zur Verbesserung kann eine dünne Schicht zur Anpassung des GaAs-Substrats verwendet werden, bevor die GaP-Hüllschicht aufgebracht wird. Die Bandlücke der dünnen Schicht sollte größer sein als die der aktiven Schicht. Experimente haben ergeben, daß die Verlagerung zwischen GaP und AlGaInP sich generell nach oben um wenige 100 nm verbreitet und sich selten abwärts erstreckt. Somit wird die Qualität der aktiven Schicht und ihrer Zwischenschicht bewahrt.

[0029] Um das Verlagerungsproblem weiter zu verbessern, kann die Pufferschicht auf der AlGaInP-Schicht vor der GaP-Hüllschicht angeordnet werden. Die Zusammensetzung der Pufferschicht kann sich fortschreitend von AlGaInP zu GaP ändern. Die Pufferschicht kann aus anderem Material sein, das aus einer Gruppe ausgewählt ist, die AlGaInP, Gallium-Indium-Phosphid, Gallium-Arsenid-Phosphid und Aluminium-Gallium-Arsenid enthält.

[0030] [Fig. 6](#) zeigt eine fünfte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Am Boden ist eine erste Elektrode **60**, auf der ein leitfähiges Substrat **61** angeordnet ist. Eine erste leitfähige AlGaInP Schicht **62** ist über dem Substrat **61** angeordnet und mit einer aktiven AlGaInP-Schicht **63** bedeckt. Eine Pufferschicht **631** ist auf der aktiven Schicht **63** angeordnet und kann ihre Zusammensetzung allmählich ändern, um die Gitterstruktur an die zweite Hüllschicht **65** mit der hohen oberen Bandlücke anzupassen. Eine zweite Elektrode **66** ist auf der oberen Schicht **65** angeordnet.

[0031] Zusätzlich zur Hüllschicht mit hoher Bandlücke kann ein gitterangepaßtes Übergitter oder eine Vielfachquantensperrschicht (MQB) eingeführt werden. Das Übergitter kann die Schadstellen der Zwischenschicht mildern und die Vielfachquantensperrschicht kann ferner die Energiesperrschicht verstärken.

[0032] Die gesamte kristalline Schicht nach dieser Erfindung kann durch Metallorganische Dampfphasenabscheidung entstehen, was einfacher und kosteneffektiver als alte Verfahren ist.

[0033] [Fig. 7](#) zeigt eine sechste Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. In dieser Ausführungsform ist eine Pufferschicht in eine Struktur eingeführt, wie sie in [Fig. 3](#) dargestellt ist. Die Pufferschicht **731** ist zwischen der AlGaInP-Schicht **33** und der zweiten leitenden Schicht **35** mit hoher Bandlücke eingeführt.

[0034] **Fig. 8** zeigt eine siebte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Eine Pufferschicht **731** ist in eine Struktur wie in **Fig. 4** dargestellt eingefügt. Die Pufferschicht **731** ist zwischen der AlGaInP-Schicht **43** und der zweiten leitenden Schicht **45** mit hoher Bandlücke eingefügt.

[0035] **Fig. 9** zeigt eine achte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Eine Pufferschicht **731** ist in die in **Fig. 5** dargestellte Struktur eingefügt. Die Pufferschicht **731** ist zwischen der AlGaInP-Schicht **53** und der zweiten leitenden Schicht **55** mit hoher Bandlücke eingefügt.

Patentansprüche

1. Doppel-Heterostruktur-Leuchtdiode, mit

- einer unteren Elektrode (**20, 30, 40, 50**), die mit einer externen Stromversorgung verbindbar ist,
- einer als Substrat (**21, 31, 41, 51**) dienenden GaAs-Schicht, die mit der Elektrode (**20, 30, 40, 50**) verbunden ist,
- einer unteren n-leitenden Hüllschicht (**22, 32, 42, 52**) aus AlGaInP, die über dem GaAs-Substrat (**21, 31, 41, 51**) ausgebildet ist,
- einer undotierten aktiven Schicht (**23, 33, 43, 53**) aus AlGaInP, die auf der unteren n-leitenden Hüllschicht (**22, 32, 42, 52**) ausgebildet ist,
- einer oberen p-leitenden Hüllschicht (**25, 35, 45, 55**), die auf der undotierten aktiven Schicht (**23, 33, 43, 53**) ausgebildet ist, und
- einer oberen Elektrode (**26, 36, 46, 56**), die über der oberen p-leitenden Hüllschicht (**25, 35, 45, 55**) ausgebildet ist, die mit einer externen Stromversorgung verbindbar ist,
- wobei die obere p-leitende Hüllschicht (**25, 35, 45, 55**) aus einem Material hergestellt ist, das aus einer Materialgruppe ausgewählt ist, die aus GaP, AlGaP und GaAsP besteht, und eine Energiebandlücke aufweist, die größer als die der unteren n-leitenden Hüllschicht (**22, 32, 42, 52**) ist, um eine asymmetrische Bandlückenstruktur zu schaffen.

2. Doppel-Heterostruktur-Leuchtdiode, mit

- einer unteren Elektrode (**30, 40, 50**), die mit einer externen Stromversorgung verbindbar ist,
- einer als Substrat (**31, 41, 51, 61**) dienenden GaAs-Schicht, die mit der Elektrode (**30, 40, 50**) verbunden ist,
- einer unteren n-leitenden Hüllschicht (**32, 42, 52, 62**) aus AlGaInP, die über dem GaAs-Substrat (**31, 41, 51, 61**) ausgebildet ist,
- einer undotierten aktiven Schicht (**33, 43, 53, 63**) aus AlGaInP, die auf der unteren n-leitenden Hüllschicht (**32, 42, 52, 62**) ausgebildet ist,
- einer dünnen Pufferschicht (**631, 731**) auf der undotierten aktiven Schicht (**33, 43, 53, 63**),
- einer oberen p-leitenden Hüllschicht (**35, 45, 55, 65**), die auf der dünnen Pufferschicht (**631, 731**) ausgebildet ist, und
- einer oberen Elektrode (**36, 46, 56, 66**), die über der oberen p-leitenden Hüllschicht (**35, 45, 55, 65**) ausgebildet ist, die mit einer externen Stromversorgung verbindbar ist,
- wobei die obere p-leitende Hüllschicht (**35, 45, 55, 65**) aus einem Material hergestellt ist, das aus einer Materialgruppe ausgewählt ist, die aus GaP, AlGaP und GaAsP besteht, und eine Energiebandlücke aufweist, die größer als die der unteren n-leitenden Hüllschicht (**32, 42, 52, 62**) ist, um eine asymmetrische Bandlückenstruktur zu schaffen, und wobei die Zusammensetzung der dünnen Pufferschicht (**631, 731**) sich fortschreitend von AlGaInP zu dem Material der oberen p-leitenden Hüllschicht (**35, 45, 55, 65**) ändert.

3. Doppel-Heterostruktur-Leuchtdiode nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass ein leitender dünner Oxidfilm (**351, 551**) zwischen der oberen p-leitenden Hüllschicht (**35, 55**) und der oberen Elektrode (**36, 56**) ausgebildet ist.

4. Doppel-Heterostruktur-Leuchtdiode nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass der leitende dünne Oxidfilm (**351, 551**) aus mindestens einer Schicht aus einem Material besteht, das aus einer Materialgruppe ausgewählt ist, die aus Indium-Oxid, Zinnoxid und Indium-Zinn-Oxid besteht.

5. Doppel-Heterostruktur-Leuchtdiode nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine verteilte Bragg-Reflektor (DBR)-Schicht (**412, 512**) zwischen dem Substrat (**41, 51**) und der unteren n-leitenden Hüllschicht (**42, 52**) ausgebildet ist.

6. Doppel-Heterostruktur-Leuchtdiode nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die verteilte Bragg-Reflektor (DBR)-Schicht (**412, 512**) aus wechselnden Schichten verschiedener Zusammensetzung von $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ besteht, wobei $0 \leq x \leq 1$ ist.

7. Doppel-Heterostruktur-Leuchtdiode nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die verteilte Bragg-Reflektor (DBR)-Schicht (**412**, **512**) aus wechselnden Schichten verschiedener Zusammensetzung von $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})\text{In}_{1-y}\text{P}$, wobei $0 \leq x \leq 1$ und $0 \leq y \leq 1$ ist, und $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ besteht, wobei $0 \leq x \leq 1$ ist.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

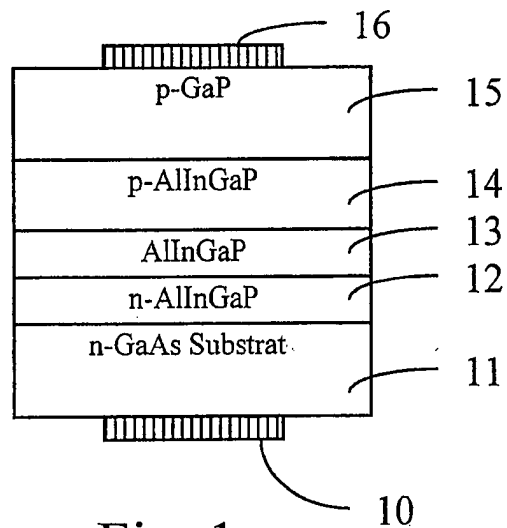


Fig. 1

Stand der Technik

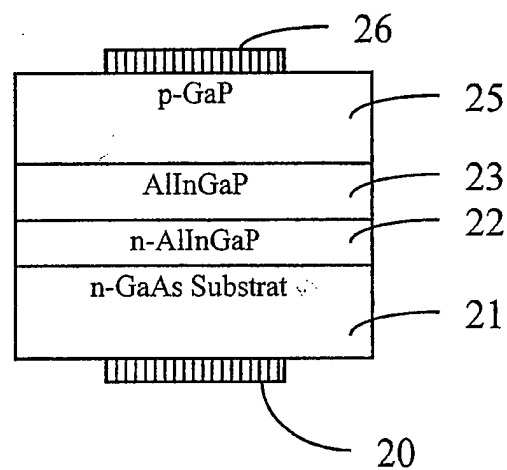


Fig. 2

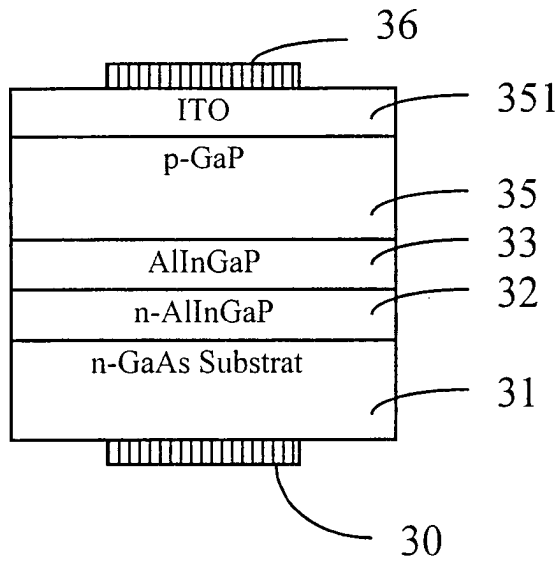


Fig. 3

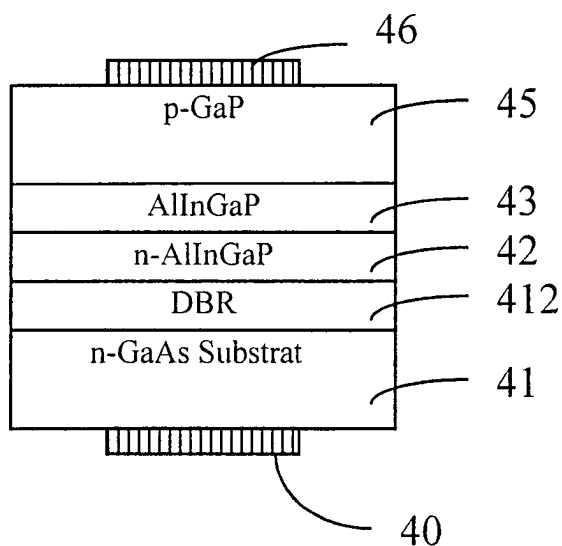


Fig. 4

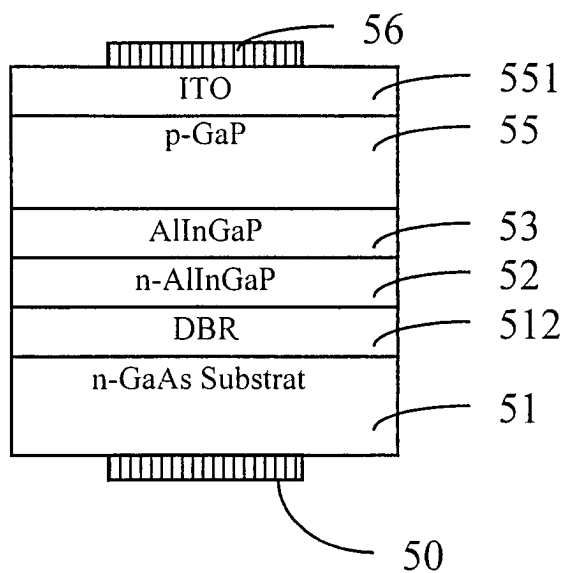


Fig. 5

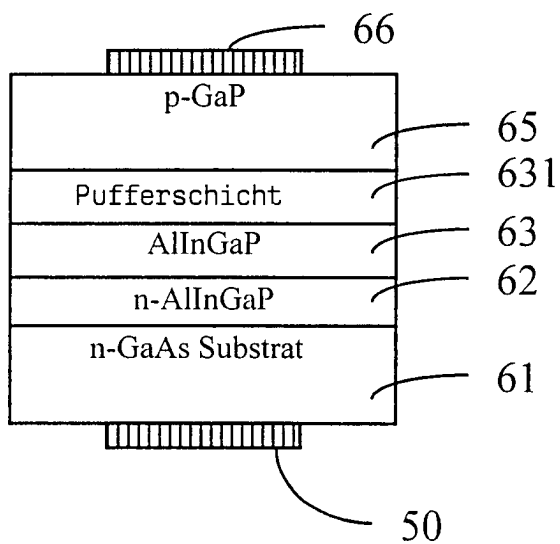


Fig. 6

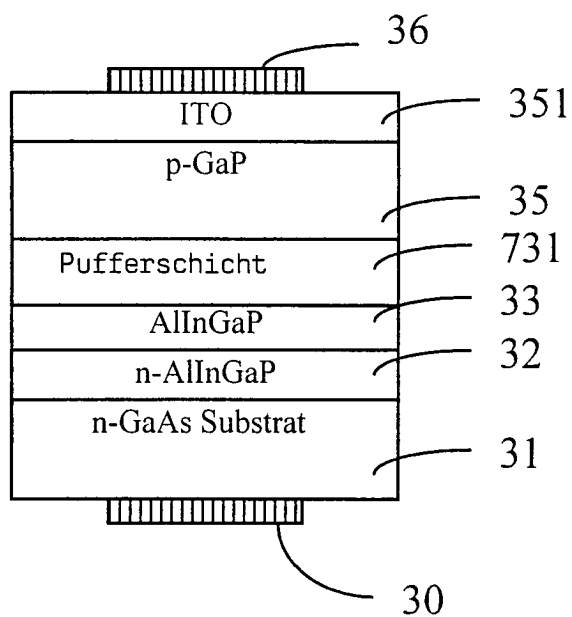


Fig. 7

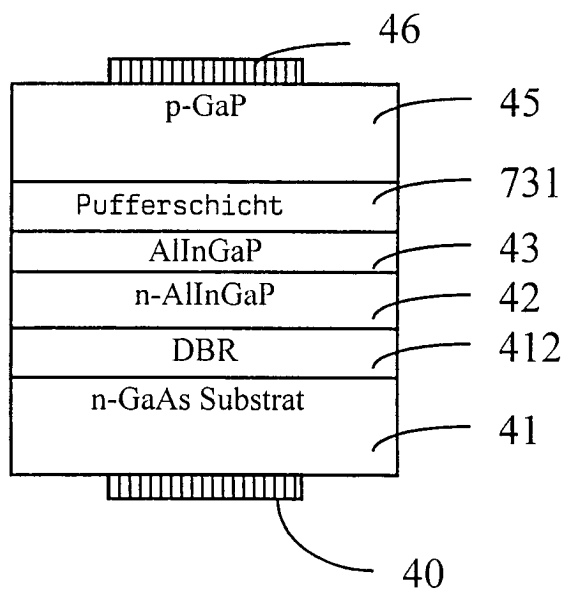


Fig. 8

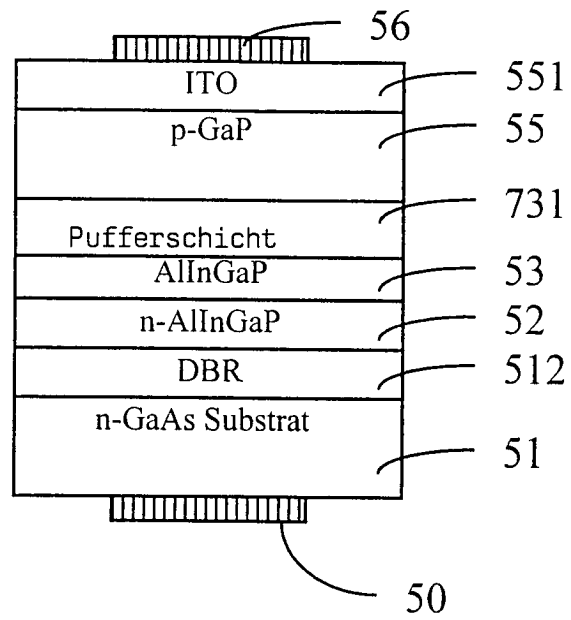


Fig. 9