



W I P O I P C T



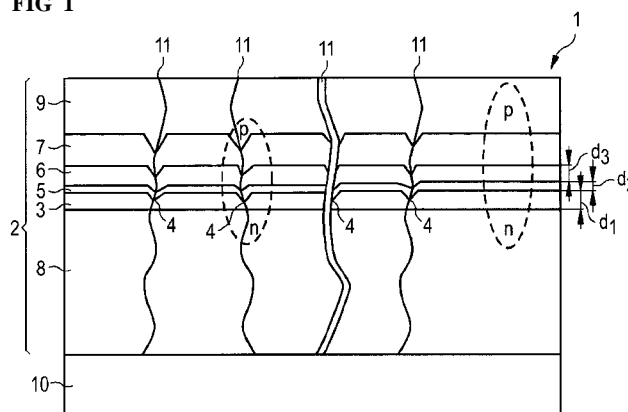
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2012/146668 AI**

- (51) **Internationale Patentklassifikation:**  
*H01L 33/02* (2010.01) *H01L 33/14* (2010.01)
- (21) **Internationales Aktenzeichen:** PCT/EP2012/057676
- (22) **Internationales Anmeldedatum:**  
 26. April 2012 (26.04.2012)
- (25) **Einreichungssprache:** Deutsch
- (26) **Veröffentlichungssprache:** Deutsch
- (30) **Angaben zur Priorität:**  
 10 201 1 100 037.6  
 29. April 2011 (29.04.2011) DE
- (71) **Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US):** **OSRAM OPTO SEMICONDUCTORS GMBH** [DE/DE]; Leibnizstr. 4, 93055 Regensburg (DE).
- (72) **Erfinder; und**
- (75) **Erfinder/Anmelder (nur für US):** **LÖFFLER, Andreas** [DE/DE]; Bischof-Wittmann-Straße 10 B, 93051 Regensburg (DE). **LEIRER, Christian** [DE/DE]; Luitpoldstraße 6, 86157 Augsburg (DE). **BUTENDEICH, Rainer** [DE/DE]; St.-Joseph-Straße 10, 93059 Regensburg (DE). **MEYER, Tobias** [DE/DE]; Gronsdorfer Weg 25, 93346 Ihrlerstein (DE). **PETER, Matthias** [DE/DE]; Diepenbrockstraße 1, 93055 Regensburg (DE).
- (74) **Anwalt:** **EPPING HERMANN FISCHER PATENT ANWALTSGESELLSCHAFT MBH;** Ridlerstraße 55, 80339 München (DE).
- (81) **Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart):** AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) **Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart):** ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

- (54) **Title:** RADIATION-EMITTING SEMICONDUCTOR CHIP HAVING INTEGRATED ESD PROTECTION
- (54) **Bezeichnung :** STRALUNG EMITTIERENDER HALBLEITERCHIP MIT INTEGRIERTEM ESD-SCHUTZ

FIG 1



(57) **Abstract:** The invention relates to a radiation-emitting semiconductor chip (1) having a semiconductor layer sequence (2) that is based on a nitride Compound semiconductor material and that has a p-n junction, comprising a first protective layer (3), which has deliberately introduced crystal defects (4), wherein the first protective layer (3) is designed to protect the semiconductor chip (1) from electrostatic discharge pulses, an active zone (7) for producing radiation, which is arranged after the first protective layer (3, 5) in the growth direction (W), wherein the breakdown behavior of the semiconductor layer sequence (2) in the blocking direction in areas having crystal defects (4) differs from areas without crystal defects during Operation of the semiconductor chip (1), and wherein dissipation of electrical charge is homogeneously distributed via the areas having crystal defects (4) in the event of electrostatic discharge pulses.

(57) **Zusammenfassung:**

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 2012/146668 A1



LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS,  
SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM,  
GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

— vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden  
Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls  
Änderungen eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)

**Veröffentlicht:**

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz  
V

---

Es wird ein Strahlung emittierender Halbleiterchip (1) mit einer auf einem Nitrid-Verbindungshalbleitermaterial basierenden Halbleiterschichtenfolge (2) mit einem pn-Übergang angegeben umfassend - eine erste Schutzschicht (3), die gezielt eingebrachte Kristalldefekte (4) aufweist, wobei die erste Schutzschicht (3) zum Schutz des Halbleiterchips (1) vor elektrostatischen Entladungspulsen vorgesehen ist, - eine aktive Zone (7) zur Strahlungserzeugung, die der ersten Schutzschicht (3, 5) in Wachstumsrichtung (W) nachgeordnet ist, wobei sich im Betrieb des Halbleiterchips (1) ein Durchbruchverhalten der Halbleiterschichtenfolge (2) in Sperrichtung in Bereichen mit Kristalldefekten (4) von Bereichen ohne Kristalldefekte unterscheidet, und wobei bei elektrostatischen Entladungspulsen elektrische Ladung homogen verteilt über die Bereiche mit Kristalldefekten (4) abgeleitet wird.

Beschreibung

Strahlung emittierender Halbleiterchip mit integriertem ESD-Schutz

5

Es wird ein Strahlung emittierender Halbleiterchip mit integriertem ESD- („Electro-static Discharge“) Schutz angegeben. Ein Strahlung emittierender Halbleiterchip der genannten Art ist beispielsweise in der Patentanmeldung  
10 PCT/EP2010/070658 beschrieben, deren Inhalt hiermit durch Rückbezug aufgenommen wird.

Eine zu lösende Aufgabe besteht darin, einen Strahlung emittierenden Halbleiterchip anzugeben, der besonders stabil  
15 ist gegen elektrostatische Entladungspulse, so genannte ESD-Spannungspulse, ohne dass dies mit einem merklichen Strahlungsverlust einhergeht.

Beispielsweise handelt es sich bei dem Strahlung emittierenden Halbleiterchip um einen Leuchtdiodenchip, der  
20 im Betrieb grünes und/oder blaues Licht emittiert.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform weist der Strahlung emittierende Halbleiterchip eine auf einem Nitrid-  
25 Verbindungshalbleitermaterial basierende Halbleiterschichtenfolge auf. Unter einer Halbleiterschichtenfolge ist dabei eine Abfolge von Halbleiterschichten zu verstehen. Eine Halbleiterschicht ist insbesondere dadurch gekennzeichnet, dass sich die  
30 Materialzusammensetzung innerhalb der Schicht nicht oder kaum ändert und/oder dass der Bereich, den die Schicht bildet, eine bestimmte Funktion im Halbleiterchip wahrnimmt. Eine

Halbleiterschicht kann dabei eine Vielzahl von Monolagen eines Halbleitermaterials umfassen.

Weiterhin bedeutet „auf Nitrid-Verbindungshalbleitermaterial basierend“ im vorliegenden Zusammenhang, dass die Halbleiterschichtenfolge oder zumindest eine Schicht davon ein Nitrid-III/V-Verbindungshalbleitermaterial, vorzugsweise  $\text{Al}_n\text{Ga}_m\text{In}_{1-n-m}\text{N}$  umfasst, wobei  $0 \leq n \leq 1$ ,  $0 \leq m \leq 1$  und  $n+m \leq 1$ . Dabei muss dieses Material nicht zwingend eine mathematisch exakte Zusammensetzung nach obiger Formel aufweisen. Vielmehr kann es einen oder mehrere Dotierstoffe sowie zusätzliche Bestandteile aufweisen, die die charakteristischen physikalischen Eigenschaften des  $\text{Al}_n\text{Ga}_m\text{In}_{1-n-m}\text{N}$ -Materials im Wesentlichen nicht ändern. Der Einfachheit halber beinhaltet obige Formel jedoch nur die wesentlichen Bestandteile des Kristallgitters (Al, Ga, In, N), auch wenn diese teilweise durch geringe Mengen weiterer Stoffe ersetzt sein können.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform weist die Halbleiterschichtenfolge des Strahlung emittierenden Halbleiterchips einen pn-Übergang auf. Der pn-Übergang befindet sich zwischen einem p-leitenden Bereich und einem n-leitenden Bereich der Halbleiterschichtenfolge. Die zur Strahlungserzeugung vorgesehene aktive Zone ist zwischen dem p-leitenden Bereich und dem n-leitenden Bereich angeordnet und umfasst den pn-Übergang. Die aktive Zone ist insbesondere als Mehrfachquantentopf struktur (MQW, Multiple Quantum Well) ausgebildet.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform umfasst die Halbleiterschichtenfolge eine erste Schutzschicht, die gezielt eingebrachte Kristalldefekte aufweist. "Gezielt eingebracht" bedeutet hierbei, dass bei der Herstellung der

ersten Schutzschicht Wachstumsparameter, insbesondere eine Wachstumstemperatur, so eingestellt werden, dass Kristalldefekte entstehen.

5 Insbesondere sind die Kristalldefekte sogenannte V-Defekte. Ein V-Defekt hat im Nitrid-Verbindungshalbleitermaterial beispielsweise die Form einer offenen, in Wachstumsrichtung invertierten Pyramide, die beispielsweise eine hexagonale Grundfläche aufweist. Im Querschnitt hat dieser Defekt die  
10 Form eines Vs. V-Defekte bilden sich beispielsweise im Bereich von Fadenversetzungen (englisch: threading dislocations) aus, die zum Beispiel bei der Heteroepitaxie des Halbleitermaterials auf ein Wachstumssubstrat entstehen, das eine andere Gitterkonstante als das Halbleitermaterial  
15 aufweist. Beispielsweise wird das Nitrid-Verbindungshalbleitermaterial vorliegend auf ein Wachstumssubstrat aus Saphir aufgewachsen, zu dem das Nitrid-Verbindungshalbleitermaterial eine Gitterfehlانpassung von zirka 14 % aufweist. Fadenversetzungen werden jedoch auch bei  
20 der Homoepitaxie beobachtet, so dass die Halbleiterschichtenfolge zum Beispiel auch auf ein Wachstumssubstrat abgeschieden werden kann, das auf GaN basiert oder aus GaN besteht.

25 Gemäß zumindest einer Ausführungsform weist ein Großteil der Kristalldefekte ähnliche Abmessungen auf. Das heißt, wenigstens 50 %, insbesondere wenigstens 75 % oder im Extremfall 100 % der Kristalldefekte weisen ähnliche Abmessungen auf. Die Kristalldefekte weisen dabei ähnliche  
30 Abmessungen auf, wenn beispielsweise die Grundfläche der Kristalldefekte in einer Ebene senkrecht zur Wachstumsrichtung höchstens um  $\pm 25$  %, insbesondere höchstens um  $\pm 10$  % um einen Mittelwert der Grundfläche der

Kristalldefekte in dieser Ebene schwankt. Das heißt, ein Großteil der Kristalldefekte zeichnet sich dann durch eine gleiche oder ähnliche Grundfläche aus. Im Bereich der Kristalldefekte mit ähnlichen Abmessungen weist die Halbleiterschichtenfolge ein gleichartiges Durchbruchverhalten auf, was sich vorzugsweise in gleichartigen elektrischen Eigenschaften bemerkbar macht. Insbesondere ist ein elektrischer Widerstand in Sperrrichtung in diesen Bereichen etwa gleich groß.

10

Der pn-Übergang der Halbleiterschichtenfolge führt im Bereich der Kristalldefekte zu sogenannten Mikrodioden, welche eine für eine Halbleiterdiode typische Strom-Spannungskennlinie aufweisen. Im Betrieb des Strahlung emittierenden Halbleiterchips findet im Bereich der Kristalldefekte vorzugsweise keine strahlende Rekombination von Ladungsträgern statt. Das heißt, die Mikrodioden sind nicht zur Erzeugung von elektromagnetischer Strahlung, zumindest nicht zur Erzeugung von elektromagnetischer Strahlung im sichtbaren Bereich, vorgesehen.

20

Vorzugsweise unterscheidet sich im Betrieb des Halbleiterchips ein Durchbruchverhalten der Halbleiterschichtenfolge in Sperrrichtung in Bereichen mit Kristalldefekten von Bereichen ohne Kristalldefekte, wobei bei elektrostatischen Entladungspulsen elektrische Ladung homogen verteilt über die Bereiche mit Kristalldefekten abgeleitet wird. Durch die homogene Ladungsverteilung können kritische Stromdichten im Halbleiterchip verhindert werden, die zu einer Schädigung des Strahlung emittierenden Halbleiterchips führen würden.

30

Weiterhin ist im Betrieb des Halbleiterchips vorzugsweise der elektrische Widerstand der Halbleiterschichtenfolge in Sperrrichtung in Bereichen mit Kristalldefekten gegenüber Bereichen ohne Kristalldefekte reduziert. Mit Vorteil weist  
5 die Halbleiterschichtenfolge in den Bereichen mit Kristalldefekten eine niedrigere Durchbruchspannung in Sperrrichtung auf als in den Bereichen ohne Kristalldefekte.

Weiterhin weist der pn-Übergang der Halbleiterschichtenfolge  
10 in den Bereichen mit Kristalldefekten vorzugsweise eine höhere Einsatzspannung in Durchlassrichtung auf als in Bereichen ohne Kristalldefekte. Dadurch findet im Betrieb insbesondere in den Bereichen der aktiven Zone, die keine Kristalldefekte aufweisen, strahlende Rekombination statt.  
15 Weiterhin wird die Ladung bei einem ESD-Puls bevorzugt nicht durch die für die Strahlungserzeugung vorgesehenen Bereiche der aktiven Zone abgeleitet, sondern durch die Bereiche, in welchen vorzugsweise keine strahlende Rekombination stattfindet .

20 Problematisch ist jedoch, dass durch die Kristalldefekte der ersten Schutzschicht die Morphologie des Halbleitermaterials verschlechtert wird, was mit einem Strahlungsverlust einhergehen kann.

25 Gemäß zumindest einer Ausführungsform umfasst die Halbleiterschichtenfolge eine zweite Schutzschicht, die eine höhere Dotierung aufweist als die erste Schutzschicht. Insbesondere ist die mittlere Dotierung der zweiten  
30 Schutzschicht höher als die mittlere Dotierung der ersten Schutzschicht. Die zweite Schutzschicht weist mit Vorteil eine mittlere Dotierung zwischen  $2 \cdot 10^{18}/\text{cm}^3$  und  $2 \cdot 10^{19}/\text{cm}^3$  auf. Eine bevorzugte mittlere Dotierung für die

zweite Schutzschicht beträgt  $6 \cdot 10^{18} / \text{cm}^3$ . Besonders bevorzugt ist die zweite Schutzschicht n-dotiert, wobei als Dotierstoffe beispielsweise Silizium oder Germanium in Frage kommen.

5

Insbesondere sind die erste und die zweite Schutzschicht zum Schutz des Halbleiterchips vor elektrostatischen Entladungspulsen vorgesehen. Vorteilhafterweise kann mittels der zweiten Schutzschicht, die aufgrund ihrer höheren Dotierung zu einer Homogenisierung des Stromflusses beiträgt, die erste Schutzschicht vergleichsweise dünn ausgebildet werden, wodurch morphologische Störungen bei gleichzeitiger Aufrechterhaltung der ESD-Stabilität reduziert werden können. Mittels der verbesserten Kristallqualität kann gegenüber einem bisherigen Halbleiterchip die Helligkeit gesteigert werden.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform umfasst die Halbleiterschichtenfolge eine weitere Schutzschicht. Die weitere Schutzschicht kann zwischen der ersten Schutzschicht und dem aktiven Bereich angeordnet sein. Die weitere Schutzschicht weist vorzugsweise eine niedrigere Dotierung auf als die erste Schutzschicht. Vorzugsweise ist die Dotierung der weiteren Schutzschicht höchstens halb so hoch wie die Dotierung der ersten Schutzschicht. Besonders bevorzugt ist die weitere Schutzschicht nominell undotiert ausgebildet. Nominell undotiert bedeutet, dass bei der Herstellung keine Dotierstoffe gezielt in das Material der weiteren Schutzschicht eingebracht werden. Es hat sich herausgestellt, dass die Stabilität gegenüber elektrostatischer Entladung mittels einer solchen weiteren Schutzschicht weiter erhöht werden kann, ohne dass die Dicke des der aktiven Zone in Wachstumsrichtung vorgeordneten



Halbleitermaterials insgesamt wesentlich erhöht werden muss. Die Gefahr einer verringerten optischen Ausgangsleistung aufgrund einer vergrößerten Schichtdicke kann so vermieden oder zumindest vermindert werden.

5

In einer bevorzugten Ausgestaltung beträgt eine Dicke der weiteren Schutzschicht zwischen einschließlich 2 nm und einschließlich 15, besonders bevorzugt zwischen einschließlich 4 nm und 7 nm, beispielsweise 5 nm.

10

In einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung enthält die weitere Schutzschicht  $\text{In}_x\text{Gai}_{-x}\text{N}$ . Der Indiumgehalt  $x$  ist bevorzugt kleiner als der Indiumgehalt der Quantenschichten der aktiven Zone. Weiterhin bevorzugt ist der Indiumgehalt größer als der Indiumgehalt der ersten Schutzschicht.

15

Der Strahlung emittierende Halbleiterchip weist durch die erste und zweite Schutzschicht eine ESD-Festigkeit von wenigstens 1 kV auf. Beispielsweise wird eine ESD-Festigkeit von wenigstens 1 kV, typisch von etwa 2 kV erreicht. Mittels der weiteren Schutzschicht kann die ESD-Festigkeit weiter erhöht werden.

20

Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung weist die erste Schutzschicht eine Dicke zwischen 20 nm und 100 nm auf. Insbesondere beträgt die Dicke zwischen 20 nm und 80 nm.

25

Weiterhin weist die zweite Schutzschicht vorzugsweise eine Dicke zwischen 2 nm und 50 nm, bevorzugt zwischen 2 nm und 30 nm, besonders bevorzugt zwischen 2 nm und 15 nm auf. Insbesondere ist die zweite Schutzschicht 5 nm dick.

30

Je dünner die erste Schutzschicht ausgebildet wird, umso kleiner wird der Durchmesser der Kristalldefekte. Die Dichte der Kristalldefekte bleibt jedoch unverändert. Vorzugsweise beträgt die Dichte der Kristalldefekte wenigstens  
5  $5 \cdot 10^7 / \text{cm}^2$ . Beispielsweise beträgt die Dichte der Kristalldefekte wenigstens  $10^8 / \text{cm}^2$ . Dies kann beispielsweise durch eine entsprechende Wachstumstemperatur erreicht werden, bei der die erste Schutzschicht aufgewachsen wird, in der die Kristalldefekte angeordnet sind. Die  
10 angegebene Dichte bezieht sich dabei insbesondere auf den Fall der Epitaxie auf ein Saphir, SiC oder GaN -Substrat.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform ist die aktive Zone der ersten und der zweiten Schutzschicht in Wachstumsrichtung  
15 nachgeordnet. Das heißt, bei der Herstellung der Halbleiterschichtenfolge werden zunächst die erste und zweite Schutzschicht und nachfolgend die aktive Zone aufgewachsen.

Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung ist die zweite  
20 Schutzschicht in einem Abstand größer Null zur aktiven Zone angeordnet. Das heißt, die zweite Schutzschicht und die aktive Zone grenzen nicht unmittelbar aneinander.

Insbesondere ist die zweite Schutzschicht in einem Abstand von mindestens 20 nm und höchstens 100 nm, vorzugsweise von  
25 60 nm, zur aktiven Zone angeordnet.

Bei einer bevorzugten Ausgestaltung ist die zweite Schutzschicht zwischen der ersten Schutzschicht und der aktiven Zone angeordnet. Insbesondere ist die zweite  
30 Schutzschicht direkt auf der ersten Schutzschicht angeordnet.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform weist die Halbleiterschichtenfolge eine Injektionsschicht auf.

Insbesondere ist die Injektionsschicht dafür vorgesehen, die Elektroneninjektion in die aktive Zone zu verbessern. Die Injektionsschicht ist mit Vorteil zwischen der zweiten Schutzschicht und der aktiven Zone angeordnet. Die Dicke der Injektionsschicht nimmt vorzugsweise Werte zwischen 20 nm und 100 nm an. Die Injektionsschicht kann eine Übergitterstruktur aufweisen, das heißt abwechselnd angeordnete Schichten verschiedener Materialzusammensetzung. Beispielsweise kann die Injektionsschicht abwechselnd angeordnete InGaN-Schichten und GaN-Schichten aufweisen. Darüber hinaus können die GaN-Schichten n-dotiert sein, wobei als Dotierstoff beispielsweise Silizium in Frage kommt. Die InGaN-Schichten können hierbei n-dotiert oder undotiert sein.

Die weitere Schutzschicht ist bevorzugt zwischen der Injektionsschicht und der aktiven Zone angeordnet. Weiterhin bevorzugt ist die weitere Schutzschicht von einer der weiteren Schutzschicht nächstgelegenen Quantenschicht der aktiven Zone beabstandet. Insbesondere kann zwischen der weiteren Schutzschicht und der nächstgelegenen Quantenschicht eine Trennschicht ausgebildet sein. Bevorzugt ist die Trennschicht stärker dotiert als die weitere Schutzschicht. Die weitere Schutzschicht grenzt also auf beiden Seiten an Material an, das stärker dotiert ist als die weitere Schutzschicht. Bevorzugt ist das angrenzende Material mindestens doppelt so stark dotiert.

Alternativ kann die weitere Schutzschicht auf der dem aktiven Bereich abgewandten Seite der ersten Schutzschicht angeordnet sein.

Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung weist die zweite Schutzschicht eine höhere Dotierung auf als die

Injektionsschicht. Insbesondere ist die mittlere Dotierung der zweiten Schutzschicht höher als die mittlere Dotierung der Injektionsschicht. Beispielsweise kann die mittlere Dotierung in der Injektionsschicht Werte zwischen 0 und  
5  $4 \cdot 10^{18}/\text{cm}^3$ , insbesondere den Wert  $5 \cdot 10^{17}/\text{cm}^3$ , annehmen.

Weiterhin kann die mittlere Dotierung der ersten Schutzschicht Werte zwischen 0 und  $4 \cdot 10^{18}/\text{cm}^3$ , insbesondere den Wert  $1.5 \cdot 10^{18}/\text{cm}^3$ , annehmen.

10

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform ändert sich eine Materialzusammensetzung und/oder die Dotierung von mindestens einer der drei Schichten umfassend die erste Schutzschicht, die zweite Schutzschicht und die Injektionsschicht innerhalb  
15 der jeweiligen Schicht.

Beispielsweise kann die erste Schutzschicht eine gleich bleibende Materialzusammensetzung aufweisen und insbesondere aus GaN gebildet sein. Es ist jedoch auch denkbar, dass sich  
20 die Materialzusammensetzung in der ersten Schutzschicht ändert. Zum Beispiel kann die erste Schutzschicht mindestens zwei Teilschichten aufweisen, von welchen beispielsweise die eine aus GaN und die andere aus InGaN gebildet ist.

Insbesondere ist die erste Schutzschicht n-dotiert. Die Dotierung kann innerhalb der ersten Schutzschicht konstant sein. Es ist jedoch auch möglich, dass sich die Dotierung innerhalb der ersten Schutzschicht ändert. Bei einer bevorzugten Ausführungsform umfasst die erste Schutzschicht  
30 mindestens zwei Teilschichten, von denen die der zweiten Schutzschicht zugewandte Teilschicht eine geringere Dotierung aufweist als die der zweiten Schutzschicht abgewandte Teilschicht .

Entsprechend kann auch die zweite Schutzschicht mindestens zwei Teilschichten verschiedener Materialzusammensetzung und/oder Dotierung aufweisen.

5 Es wird ein Verfahren zur Herstellung eines Strahlung emittierenden Halbleiterchips der oben genannten Art angegeben. Das heißt, die für das Verfahren beschriebenen Merkmale sind auch für den Halbleiterchip offenbart und umgekehrt .

10

Das Verfahren umfasst beispielsweise die folgenden Schritte:

Zunächst wird ein Wachstumssubstrat bereitgestellt.

15 In einem nachfolgenden Verfahrensschritt können eine erste Schutzschicht, eine zweite Schutzschicht und eine aktive Zone, die der ersten und zweiten Schutzschicht nachfolgt, epitaktisch abgeschieden werden. Die erste Schutzschicht wird bei einer Wachstumstemperatur abgeschieden, bei der  
20 Kristalldefekte in hoher Dichte entstehen.

Üblicherweise versucht man bei der Epitaxie das Auftreten der Kristalldefekte zu vermeiden. Vorliegend wird jedoch zu Erzeugung der sogenannten Mikrodioden die erste Schutzschicht  
25 bei niedrigen Wachstumstemperaturen aufgewachsen, um Kristalldefekte, insbesondere V-Defekte, in ausreichender Dichte zu erzeugen. Der tatsächliche Temperaturbereich, der zur Erzeugung der Kristalldefekte geeignet ist, hängt dabei von der verwendeten Wachstumsanlage ab. Er kann ermittelt  
30 werden, indem eine erste Schutzschicht bei unterschiedlichen Temperaturen gewachsen wird, und ein Temperaturbereich ausgewählt wird, bei dem die Dichte der Kristalldefekte ausreichend oder besonders hoch ist.

Vorliegend wird ein Temperaturbereich von weniger 920°C, insbesondere von wenigstens 790° C und höchstens 870° C gewählt, bei dem die erste Schutzschicht abgeschieden wird. Dieser Temperaturbereich hat sich als geeignet zur Bildung von Kristalldefekten herausgestellt, in deren Bereich sich die sogenannten Mikrodioden bilden, über die bei einem ESD-Puls Ladung abgeführt werden kann.

Die erste Schutzschicht wird insbesondere bei einer Wachstumstemperatur von höchstens 920°C, insbesondere unter Verwendung eines Tri-Ethyl-Gallium Precursors mit dem Trägergas Stickstoff (N<sub>2</sub>) aufgewachsen. Dieser Wachstumsmodus hat sich als besonders vorteilhaft zur Erzeugung von Kristalldefekten, insbesondere V-Defekten, mit ähnlichen Abmessungen und damit zur Erzeugung von Mikrodioden mit einem gleichartigen Durchbruchverhalten, insbesondere mit gleichartigen elektrischen Eigenschaften, herausgestellt. Im Unterschied zu üblichen Wachstumsbedingungen für beispielsweise n-dotierte GaN-Schichten, bei denen die Schichten mit einem Tri-Methyl-Gallium Precursor mit dem Trägergas Wasserstoff (H<sub>2</sub>) aufgewachsen werden, entstehen unter diesen Wachstumsbedingungen geometrisch sehr ähnliche Kristalldefekte in großer Dichte. Mit anderen Worten wird das Wachstum in lateraler Richtung, quer zur Wachstumsrichtung beschränkt. Auf diese Weise entstehen Kristalldefekte insbesondere an Versetzungslinien in einer klar definierten Schicht .

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens weist das Material des Wachstumssubstrats eine Gitterfehlanpassung zum Material der aufzuwachsenden Halbleiterschichtenfolge auf. Beispielsweise wird als Wachstumssubstrat Saphir, SiC oder GaN gewählt, und die nachfolgende

Halbleiterschichtenfolge basiert auf einem Nitrid-  
Verbindungshalbleitermaterial. In diesem Fall entstehen  
Kristalldefekte, insbesondere V-Defekte, in besonders großer  
Dichte .

5

Die zweite Schutzschicht wird insbesondere auf die erste  
Schutzschicht aufgewachsen und im Vergleich zur ersten  
Schutzschicht mit einer höheren mittleren Dotierung und  
dünner ausgebildet.

10

Das beschriebene Verfahren eignet sich selbstverständlich  
auch für die Herstellung eines Strahlung emittierenden  
Halbleiterchips, bei dem alternativ zur zweiten Schutzschicht  
oder zusätzlich zur zweiten Schutzschicht eine weitere  
15 Schutzschicht vorgesehen ist. Das Verfahren eignet sich  
besonders für die Herstellung eines vorstehend beschriebenen  
Halbleiterchips. Im Zusammenhang mit dem Halbleiterchip  
beschriebene Merkmale können daher auch für das Verfahren  
herangezogen werden und umgekehrt.

20

Im Folgenden wird der hier beschriebene Strahlung  
emittierende Halbleiterchip anhand von Ausführungsbeispielen  
und den dazugehörigen Figuren näher erläutert.

25

Anhand der Figur 1 wird ein Ausführungsbeispiel eines  
Strahlung emittierenden Halbleiterchips der oben  
genannten Art beschrieben.

30

Anhand der Diagramme der Figuren 2 und 3 werden zwei  
verschiedene Varianten für die  
Materialzusammensetzung und Dotierung der ersten  
und zweiten Schutzschicht sowie der  
Injektionsschicht und der aktiven Zone eines

Strahlung emittierenden Halbleiterchips der oben genannten Art angegeben.

5 Anhand des Diagramms der Figur 4 wird eine dritte Variante für die Materialzusammensetzung und Dotierung der Schutzschichten sowie der Injektionsschicht und der aktiven Zone eines Strahlung emittierenden Halbleiterchips der oben genannten Art angegeben.

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

Die Figur 1 zeigt ein Ausführungsbeispiel eines hier beschriebenen Strahlung emittierenden Halbleiterchips 1 in  
15 einer schematischen Schnittdarstellung. Der Strahlung emittierende Halbleiterchip 1 umfasst ein Substrat 10 und eine Halbleiterschichtenfolge 2, die auf dem Substrat 10 angeordnet ist. Das Substrat 10 kann Saphir enthalten oder daraus bestehen. Die Halbleiterschichtenfolge 2 basiert  
20 vorzugsweise auf einem Nitrid-Verbindungshalbleitermaterial.

Die Halbleiterschichtenfolge 2 weist einen n-dotierten Bereich 8 und einen p-dotierten Bereich 9 auf, wobei zwischen dem n-dotierten Bereich 8 und dem p-dotierten Bereich 9 ein  
25 pn-Übergang ausgebildet ist. Sowohl der n-dotierte Bereich 8 als auch der p-dotierte Bereich 9 können mehrere Halbleiterschichten umfassen, wobei nicht jede der Halbleiterschichten dotiert sein muss.

30 Weiterhin umfasst die Halbleiterschichtenfolge 2 eine erste Schutzschicht 3 und eine zweite Schutzschicht 5. Die erste Schutzschicht 3 ist in einer Wachstumsrichtung W auf dem n-dotierten Bereich 8 angeordnet. Die zweite Schutzschicht 5



ist in der Wachstumsrichtung W auf der ersten Schutzschicht 3 angeordnet .

Darüber hinaus weist die Halbleiterschichtenfolge 2 eine  
5 aktive Zone 7 zur Strahlungserzeugung auf, die der ersten und der zweiten Schutzschicht 3, 5 in der Wachstumsrichtung W nachgeordnet ist. Zwischen der aktiven Zone 7 und der zweiten Schutzschicht 5 ist eine Injektionsschicht 6 angeordnet.

10 Der Strahlung emittierende Halbleiterchip 1 ist von Versetzungen, beispielsweise so genannten Fadenversetzungen 11 durchzogen. Diese treten insbesondere bei der Heteroepitaxie des Nitrid-Verbindungshalbleitermaterials auf Saphir in hoher Dichte auf. Die Fadenversetzungen 11 stellen  
15 dabei potentielle Pfade für einen ESD-Spannungspuls dar, dessen elektrische Ladung in Sperrrichtung des pn-Übergangs abgeleitet wird.

Die erste Schutzschicht 3 des Strahlung emittierenden  
20 Halbleiterchips 1 ist mit Kristalldefekten 4 ausgebildet. Insbesondere entstehen die Kristalldefekte 4 an den Linien der Fadenversetzungen 11. Der pn-Übergang der Halbleiterschichtenfolge 2 führt in Bereichen mit Kristalldefekten 4 zu sogenannten Mikrodioden, über welche  
25 die durch die Fadenversetzungen 11 gebildeten Leckstrompfade in der ersten Schutzschicht 3 gekapselt werden. Vorzugsweise umfassen wenigstens 75 %, besonders bevorzugt alle Fadenversetzungen 11 eine Mikrodioden.

30 Die zweite Schutzschicht 5 des Strahlung emittierenden Halbleiterchips 1 ist insbesondere direkt auf der ersten Schutzschicht 3 angeordnet. Die zweite Schutzschicht 5 sorgt

für eine Homogenisierung des Stromflusses über die Mikroioden .

Die Halbleiterschichtenfolge 2 weist in Bereichen mit  
5 Kristalldefekten 4 insbesondere ein gleichartiges  
Durchbruchverhalten auf, das heißt insbesondere, die  
Halbleiterschichtenfolge 2 weist in diesen Bereichen die  
gleiche oder im Wesentlichen die gleiche Durchbruchspannung  
auf. Die Durchbruchspannung des pn-Übergangs in den Bereichen  
10 mit Kristalldefekten 4 ist dabei kleiner als die  
Durchbruchspannung in den Bereichen ohne Kristalldefekte. Die  
sogenannten Mikroioden öffnen daher bei einem ESD-  
Spannungspuls in Sperrrichtung gleichzeitig. Im Betrieb des  
Halbleiterchips 1 ist vorzugsweise ein elektrischer  
15 Widerstand der Halbleiterschichtenfolge 2 in Sperrrichtung in  
Bereichen mit Kristalldefekten 4 gegenüber Bereichen ohne  
Kristalldefekte reduziert. Damit fließt die durch den ESD-  
Spannungspuls eingeprägte Ladung nicht über den oder die  
schwächsten Leckpfade entlang der Versetzungslinien 11 ab,  
20 sondern die Ladung verteilt sich auf das Ensemble der  
Mikroioden. Weiterhin sorgt die zweite Schutzschicht 5 für  
eine gleichmäßige Ladungsverteilung auf das Ensemble der  
Mikroioden. Damit wird an keinem der Pfade eine kritische  
Stromdichte erreicht, die zur Zerstörung des Strahlung  
25 emittierenden Halbleiterchips 1 führt. Es findet ein quasi-  
zweidimensionaler Durchbruch über die gesamte  
Querschnittsfläche des Strahlung emittierenden  
Halbleiterchips 1 statt, sodass eine ESD-Festigkeit von  
wenigstens 1 kV, beispielsweise von typisch 2 kV erreicht  
30 wird.

Durch Einführung der zweiten Schutzschicht 5 kann eine Dicke  $d_1$  der ersten Schutzschicht 3 reduziert werden. Die Dicke  $d_1$

der ersten Schutzschicht 3 nimmt Werte zwischen 20 nm und 100 nm, insbesondere zwischen 20 nm und 80 nm, an. Die zweite Schutzschicht 5 ist dünner ausgebildet als die erste Schutzschicht 3. Beispielsweise kann die Dicke  $d_2$  der zweiten Schutzschicht 5 Werte zwischen 2 nm und 15 nm annehmen.

Weiterhin ist die zweite Schutzschicht 5 eine hochdotierte Schicht mit einer mittleren n-Dotierung zwischen  $2 \cdot 10^{18}/\text{cm}^3$  und  $2 \cdot 10^{19}/\text{cm}^3$  und einer bevorzugten mittleren n-Dotierung von  $6 \cdot 10^{18}/\text{cm}^3$ . Hingegen weist die erste Schutzschicht 3 eine geringere mittlere n-Dotierung auf, die insbesondere zwischen 0 und  $4 \cdot 10^{18}/\text{cm}^3$ , bevorzugt  $1.5 \cdot 10^{18}/\text{cm}^3$ , beträgt.

Die zwischen der zweiten Schutzschicht 5 und der aktiven Zone 7 angeordnete Injektionsschicht 6 ist zur Verbesserung der Elektroneninjektion in die aktive Zone 7 vorgesehen. Ferner erfolgt durch die Injektionsschicht 6 mit Vorteil eine Materialanpassung zwischen dem n-dotierten Bereich 8 und der aktiven Zone 7, die insbesondere einen höheren In-Anteil aufweist als der n-dotierte Bereich 8. Vorzugsweise umfasst die Injektionsschicht 6 eine Abfolge von Schichten verschiedener Materialzusammensetzung. Insbesondere ist der mittlere In-Anteil in der Injektionsschicht 6 größer als in dem n-dotierten Bereich 8 und kleiner als in der aktiven Zone 7.

Weiterhin ist die mittlere n-Dotierung der Injektionsschicht 6 geringer als die mittlere n-Dotierung der zweiten Schutzschicht 5. Die mittlere n-Dotierung der Injektionsschicht 6 nimmt insbesondere Werte zwischen 0 und  $4 \cdot 10^{18}/\text{cm}^3$ , bevorzugt den Wert  $5 \cdot 10^{17}/\text{cm}^3$  an.

Von dem beschriebenen Ausführungsbeispiel abweichend kann die Halbleiterschichtenfolge eine weitere Schutzschicht aufweisen (in Figur 1 nicht explizit dargestellt). Die weitere Schutzschicht kann alternativ zur zweiten Schutzschicht oder  
5 ergänzend zur zweiten Schutzschicht vorgesehen sein. Dies wird im Zusammenhang mit der Figur 4 näher erläutert.

Mögliche Materialzusammensetzungen und Dotierungen für die erste und zweite Schutzschicht 3, 5 sowie die  
10 Injektionsschicht 6 und die aktive Zone 7 gehen aus den Diagrammen der Figuren 2 und 3 hervor.

Die Figur 2 zeigt die Materialzusammensetzung und Dotierung für eine erste Variante einer Halbleiterschichtenfolge eines  
15 hier beschriebenen Strahlung emittierenden Halbleiterchips.

Das obere Diagramm der Figur 2 zeigt in Abszissenrichtung die Wachstumsrichtung  $W$  der Halbleiterschichtenfolge. Auf der Ordinatenachse ist die Energie  $E_g$  der Bandlücke für die  
20 verschiedenen Halbleiterschichten 3, 5, 6, 7 der Halbleiterschichtenfolge aufgetragen. Wie zu sehen ist, besteht die erste Schutzschicht 3 aus GaN. Auch die zweite Schutzschicht 5 ist aus GaN gebildet. Die Injektionsschicht 6 umfasst eine Übergitterstruktur mit einer Abfolge von GaN-  
25 Schichten und InGaN-Schichten, wobei ein In-Anteil  $x_1$  der InGaN-Schichten zwischen 0 und 0.12, vorzugsweise 0.06, beträgt. Die Injektionsschicht 6 kann insbesondere bis zu 20 Perioden einer Abfolge von GaN-Schichten und InGaN-Schichten aufweisen. Die aktive Zone 7 weist eine  
30 Mehrfachquantentopf struktur auf, die aus einer Abfolge von GaN-Schichten und InGaN-Schichten gebildet ist, wobei ein In-Anteil der InGaN-Schichten beispielsweise  $x_2 = 0.3$  beträgt. Die aktive Zone 7 kann insbesondere zwischen 3 und 7 Perioden

einer Abfolge von GaN-Schichten und InGaN-Schichten aufweisen .

In dem unteren Diagramm der Figur 2 ist die n-Dotierung  $D$  der  
5 verschiedenen Halbleiterschichten 3, 5, 6, 7 der Halbleiterschichtenfolge gegenüber der Wachstumsrichtung  $W$  aufgetragen. Mögliche Dotierstoffe sind Silizium oder Germanium. Wie aus dem unteren Diagramm hervorgeht, weist die erste Schutzschicht 3 eine konstante Dotierung  $n_1$  auf, die  
10  $1.5 \cdot 10^{18}/\text{cm}^3$  beträgt. Die erste Schutzschicht 3 weist eine Dicke  $d_1 = 60$  nm auf. Weiterhin weist auch die zweite Schutzschicht 5 eine konstante Dotierung  $n_2$  auf, die höher ist als die Dotierung  $n_1$  und  $6 \cdot 10^{18}/\text{cm}^3$  beträgt. Die Dicke  $d_2$  der zweiten Schutzschicht 5 beträgt hierbei 5 nm. Die  
15 Injektionsschicht 6 weist ebenfalls eine konstante Dotierung  $n_3$  auf, die geringer ist als die Dotierungen  $n_1$  und  $n_2$  der ersten und der zweiten Schutzschicht 3, 5. Die Injektionsschicht 6 ist  $d_3 = 60$  nm dick. Die Dicke  $d_3$  der Injektionsschicht 6 entspricht dem Abstand der zweiten  
20 Schutzschicht 5 von der aktiven Zone 7, der somit 60 nm beträgt .

Die Figur 3 zeigt die Materialzusammensetzung und Dotierung für eine zweite Variante einer Halbleiterschichtenfolge eines  
25 hier beschriebenen Strahlung emittierenden Halbleiterchips.

Wie aus dem oberen Diagramm der Figur 3 hervorgeht, ist die erste Schutzschicht 3 aus InGaN mit einem In-Anteil  $x_1$  gebildet. Die zweite Schutzschicht 5 kann aus GaN oder InGaN  
30 gebildet sein. Weiterhin umfasst die Injektionsschicht 6 eine Übergitterstruktur mit einer Abfolge von GaN-Schichten, die ebenfalls In enthalten können, und InGaN-Schichten, wobei der In-Anteil  $x_2$  der InGaN-Schichten größer ist als der In-Anteil

x1 der ersten Schutzschicht 3. Die Injektionsschicht 6 kann insbesondere bis zu 20 Perioden einer Abfolge von (In) GaN-Schichten und InGaN-Schichten aufweisen. Die aktive Zone 7 weist eine Mehrfachquantentopf struktur auf, die aus einer  
5 Abfolge von (In) GaN-Schichten und InGaN-Schichten gebildet ist, wobei der In-Anteil der InGaN-Schichten beispielsweise  $x3 = 0.3$  beträgt.

Wie aus dem unteren Diagramm der Figur 3 hervorgeht, ist die  
10 erste Schutzschicht 3 modulationsdotiert. Das heißt, die Dotierung ändert sich innerhalb der ersten Schutzschicht 3. In einer der zweiten Schutzschicht 5 abgewandten Teilschicht der ersten Schutzschicht 3 mit der Dicke  $d_{1a}$  ist die Dotierung  $n_{1a}$  höher als in einer der zweiten Schutzschicht 5  
15 zugewandten Teilschicht mit der Dicke  $d_{1b}$ . Die Dotierungen  $n_2$  und  $n_3$  der zweiten Schutzschicht 5 und der Injektionsschicht 6 können die gleichen Werte annehmen, wie sie bereits im Zusammenhang mit dem unteren Diagramm der Figur 2 erwähnt wurden. Entsprechendes gilt für die Dicken  $d_1$ ,  $d_2$  und  $d_3$ .

20 Die in Figur 4 gezeigte Materialzusammensetzung und Dotierung für eine dritte Variante einer Halbleiterschichtenfolge entspricht im Wesentlichen der im Zusammenhang mit Figur 2 beschriebenen ersten Variante. Im Unterschied hierzu weist  
25 die Halbleiterschichtenfolge 2 eine weitere Schutzschicht 12 auf. Auf die zweite Schutzschicht ist in diesem Ausführungsbeispiel verzichtet. Davon abweichend kann die weitere Schutzschicht aber auch zusätzlich zur zweiten Schutzschicht vorgesehen sein. Die nachfolgend beschriebene  
30 weitere Schutzschicht 12 kann daher insbesondere auch bei den anhand der Figuren 2 und 3 beschriebenen Varianten Anwendung finden.

Die weitere Schutzschicht 12 ist zwischen der ersten Schutzschicht 3 und der aktiven Zone 7, insbesondere zwischen der Injektionsschicht 6 und der aktiven Zone, angeordnet.

5 Zwischen der weiteren Schutzschicht 12 und einer der weiteren Schutzschicht nächstgelegenen Quantenschicht 71 der Mehrfachquantenstruktur der aktiven Zone 7 ist eine Trennschicht 13 angeordnet.

10 Die weitere Schutzschicht 7 ist mit einer Dotierkonzentration  $n_2$  dotiert, die höchstens halb so hoch ist wie die Dotierkonzentration  $n_1$ , mit der die erste Schutzschicht 3 dotiert ist. Bevorzugt ist die weitere Schutzschicht nominell undotiert .

15

In dem gezeigten Ausführungsbeispiel weisen die erste Schutzschicht 3, die Injektionsschicht 6 und die Trennschicht 13 dieselbe Dotierkonzentration auf. Die Dotierkonzentrationen dieser Schichten können jedoch auch  
20 voneinander abweichen. Bevorzugt ist die Dotierkonzentration der weiteren Schutzschicht höchstens halb so hoch wie die Dotierkonzentration der auf beiden Seiten der weiteren Schutzschicht unmittelbar angrenzenden Schichten.

25 Eine Dicke  $d_4$  der weiteren Schutzschicht 12 beträgt bevorzugt zwischen einschließlich 2 nm und einschließlich 15 nm, besonders bevorzugt zwischen einschließlich 4 nm und 7 nm, beispielsweise 5 nm. Die weitere Schutzschicht 12 ist also wesentlich dünner als die erste Schutzschicht.

30

Eine Dicke der Trennschicht 13 beträgt bevorzugt zwischen einschließlich 2 nm und einschließlich 15 nm.

Die weitere Schutzschicht 12 enthält  $\text{In}_x\text{Gai}_{1-x}\text{N}$  mit  $0 < x < 1$ .  
Der Indiumgehalt  $x$  ist bevorzugt kleiner als der Indiumgehalt  
der Quantenschichten 71 der aktiven Zone 7. Weiterhin ist der  
Indiumgehalt der weiteren Schutzschicht größer als der  
5 Indiumgehalt der ersten Schutzschicht und größer als der  
maximale Indium-Gehalt der Injektionsschicht 6.

Von dem gezeigten Ausführungsbeispiel abweichend kann die  
weitere Schutzschicht 12 auch auf der der aktiven Zone 7  
10 abgewandten Seite der ersten Schutzschicht 3 angeordnet sein.

Es hat sich herausgestellt, dass durch die undotierte oder  
zumindest verglichen mit den angrenzenden Schichten schwach  
dotierte weitere Schutzschicht die ESD-Festigkeit verbessert  
15 werden kann, ohne dass hierfür die Gesamtdicke der  
Schutzschichten wesentlich erhöht werden muss.

Diese Patentanmeldung beansprucht die Priorität der deutschen  
Patentanmeldung 10 2011 100 037.6, deren Offenbarungsgehalt  
20 hiermit durch Rückbezug aufgenommen wird.

Die Erfindung ist nicht durch die Beschreibung anhand der  
Ausführungsbeispiele beschränkt. Vielmehr umfasst die  
Erfindung jedes neue Merkmal sowie jede Kombination von  
25 Merkmalen, was insbesondere jede Kombination von Merkmalen in  
den Patentansprüchen beinhaltet, auch wenn dieses Merkmal  
oder diese Kombination selbst nicht explizit in den  
Patentansprüchen oder Ausführungsbeispielen angegeben ist.



## Patentansprüche

1. Strahlung emittierender Halbleiterchip (1) mit  
einer auf einem Nitrid-Verbindungshalbleitermaterial  
5 basierenden Halbleiterschichtenfolge (2) mit einem pn-  
Übergang umfassend  
- eine erste Schutzschicht (3), die gezielt eingebrachte  
Kristalldefekte (4) aufweist,  
- eine zweite Schutzschicht (5), die eine höhere Dotierung  
10 (n<sub>2</sub>) aufweist als die erste Schutzschicht (3), wobei die  
erste Schutzschicht (3) zum Schutz des Halbleiterchips (1)  
vor elektrostatischen Entladungspulsen vorgesehen ist,  
- eine aktive Zone (7) zur Strahlungserzeugung, die der  
ersten Schutzschicht (3) in Wachstumsrichtung (W)  
15 nachgeordnet ist, wobei  
sich im Betrieb des Halbleiterchips (1) ein  
Durchbruchverhalten der Halbleiterschichtenfolge (2) in  
Sperrrichtung in Bereichen mit Kristalldefekten (4) von  
Bereichen ohne Kristalldefekte unterscheidet, und wobei bei  
20 elektrostatischen Entladungspulsen elektrische Ladung homogen  
verteilt über die Bereiche mit Kristalldefekten (4)  
abgeleitet wird.

2. Strahlung emittierender Halbleiterchip (1) nach Anspruch  
25 1, wobei die Halbleiterschichtenfolge (2) eine zweite  
Schutzschicht (5) aufweist, wobei die zweite Schutzschicht  
eine höhere Dotierung (n<sub>2</sub>) aufweist als die erste  
Schutzschicht (3) und zum Schutz des Halbleiterchips (1) vor  
elektrostatischen Entladungspulsen vorgesehen ist.

30

3. Strahlung emittierender Halbleiterchip (1) nach Anspruch  
2, wobei die zweite Schutzschicht (5) n-dotiert ist und eine

mittlere Dotierung ( $n_2$ ) zwischen  $2 \cdot 10^{18}/\text{cm}^3$  und  $2 \cdot 10^{19}/\text{cm}^3$  beträgt.

4. Strahlung emittierender Halbleiterchip (1) nach Anspruch 2  
5 oder 3, wobei  
die zweite Schutzschicht (5) eine Dicke ( $d_2$ ) zwischen 2 nm und 50 nm, insbesondere zwischen 2 nm und 15 nm, aufweist.
5. Strahlung emittierender Halbleiterchip (1) nach einem der  
10 Ansprüche 2 bis 4, wobei  
die zweite Schutzschicht (5) in einem Abstand größer Null, insbesondere in einem Abstand von mindestens 20 nm und höchstens 100 nm, zur aktiven Zone (7) angeordnet ist.
- 15 6. Strahlung emittierender Halbleiterchip (1) nach einem der Ansprüche 2 bis 5, wobei  
die zweite Schutzschicht (5) zwischen der ersten Schutzschicht (3) und der aktiven Zone (7) angeordnet ist.
- 20 7. Strahlung emittierender Halbleiterchip (1) nach einem der Ansprüche 2 bis 6, wobei die Halbleiterschichtenfolge (2) eine Injektionsschicht (6) aufweist, die zwischen der zweiten Schutzschicht (5) und der aktiven Zone (7) angeordnet ist.
- 25 8. Strahlung emittierender Halbleiterchip (1) nach Anspruch 7, wobei die Injektionsschicht (6) eine Schichtenfolge abwechselnd angeordneter InGaN-Schichten und GaN-Schichten umfasst.
- 30 9. Strahlung emittierender Halbleiterchip (1) nach Anspruch 7, wobei die zweite Schutzschicht (5) eine höhere Dotierung ( $n_2$ ) aufweist als die Injektionsschicht (6).

10. Strahlung emittierender Halbleiterchip (1) nach einem der Ansprüche 2 bis 9, wobei sich eine Materialzusammensetzung und/oder die Dotierung ( $n_1$ ,  $n_2$ ,  $n_3$ ) von mindestens einer der drei Schichten (3, 5, 6) umfassend die erste Schutzschicht (3), die zweite Schutzschicht (5) und die Injektionsschicht (6) innerhalb der jeweiligen Schicht ändert.

11. Strahlung emittierender Halbleiterchip (1) nach einem der Ansprüche 2 bis 10, wobei die erste Schutzschicht (3) mindestens zwei Teilschichten aufweist, von denen die der zweiten Schutzschicht (5) zugewandte Teilschicht eine geringere Dotierung ( $n_{1b}$ ) aufweist als die der zweiten Schutzschicht abgewandte Teilschicht.

12. Strahlung emittierender Halbleiterchip (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die erste Schutzschicht (5) eine Dicke ( $d_1$ ) zwischen 20 nm und 100 nm, insbesondere zwischen 20 nm und 80 nm, aufweist.

13. Strahlung emittierender Halbleiterchip (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Kristalldefekte (4) V-Defekte sind und ein Großteil der Kristalldefekte (4) ähnliche Abmessungen aufweist.

14. Strahlung emittierender Halbleiterchip (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei im Betrieb des Halbleiterchips (1) ein elektrischer Widerstand der Halbleiterschichtenfolge (2) in Sperrrichtung in Bereichen mit Kristalldefekten (4) gegenüber Bereichen ohne Kristalldefekte reduziert ist.

15. Strahlung emittierender Halbleiterchip (1) nach einem der  
vorhergehenden Ansprüche, wobei der pn-Übergang der  
Halbleiterschichtenfolge (2) in den Bereichen mit  
Kristalldefekten (4) eine höhere Einsatzspannung in  
5 Durchlassrichtung aufweist als in Bereichen ohne  
Kristalldefekte .

16. Strahlung emittierender Halbleiterchip (1) nach einem der  
vorhergehenden Ansprüche, wobei die Dichte der  
10 Kristalldefekte (4) wenigstens  $5 \cdot 10^7 / \text{cm}^2$  beträgt.

17. Strahlung emittierender Halbleiterchip (1) nach einem der  
vorhergehenden Ansprüche, wobei die Halbleiterschichtenfolge  
eine weitere Schutzschicht (12) aufweist, wobei die weitere  
15 Schutzschicht (12) eine niedrigere Dotierung aufweist als die  
erste Schutzschicht (3) .

18. Strahlung emittierender Halbleiterchip (1) nach Anspruch  
17, wobei die weitere Schutzschicht (12) undotiert ist.  
20

19. Strahlung emittierender Halbleiterchip (1) nach Anspruch  
17 oder 18, wobei die weitere Schutzschicht (12) zwischen der  
ersten Schutzschicht (3) und der aktiven Zone (7) angeordnet  
ist .  
25

20. Strahlung emittierender Halbleiterchip (1) nach einem der  
Ansprüche 17 bis 19, wobei die weitere Schutzschicht (12)  
eine Dicke zwischen einschließlich 2 nm und einschließlich  
15 nm aufweist.  
30

FIG 1

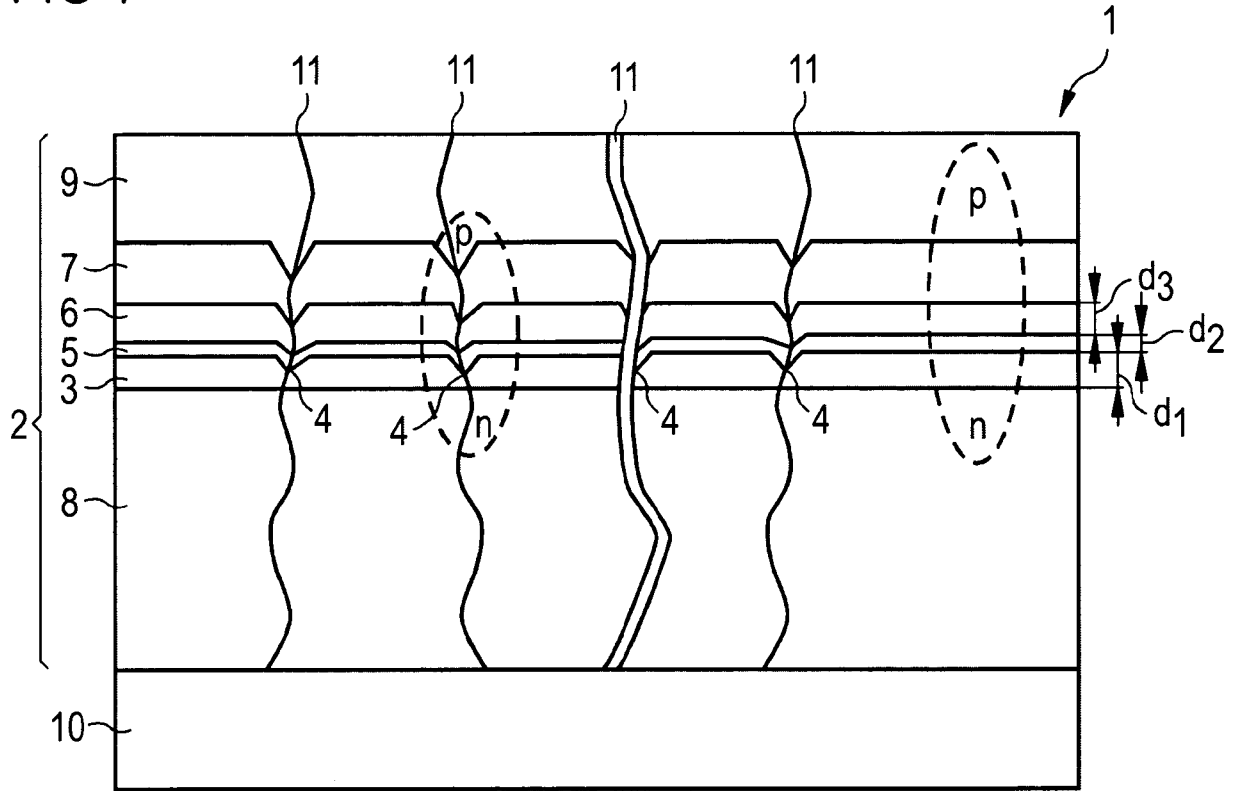


FIG 2

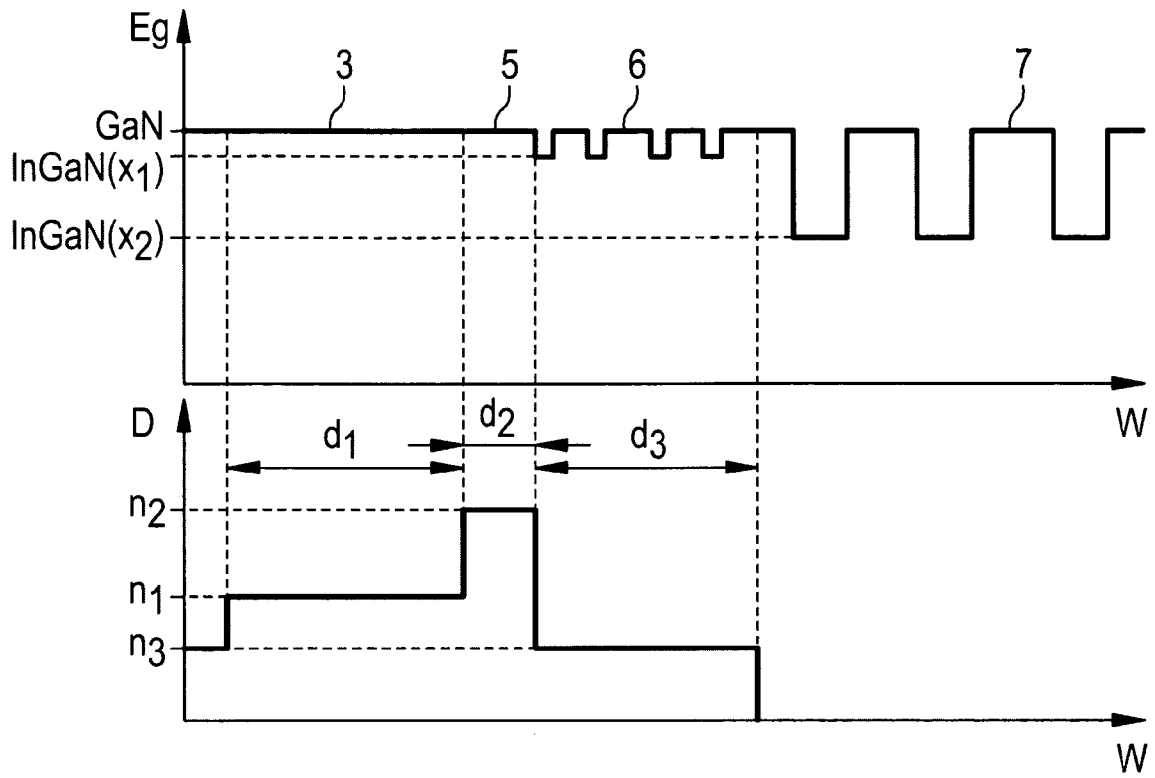


FIG 3

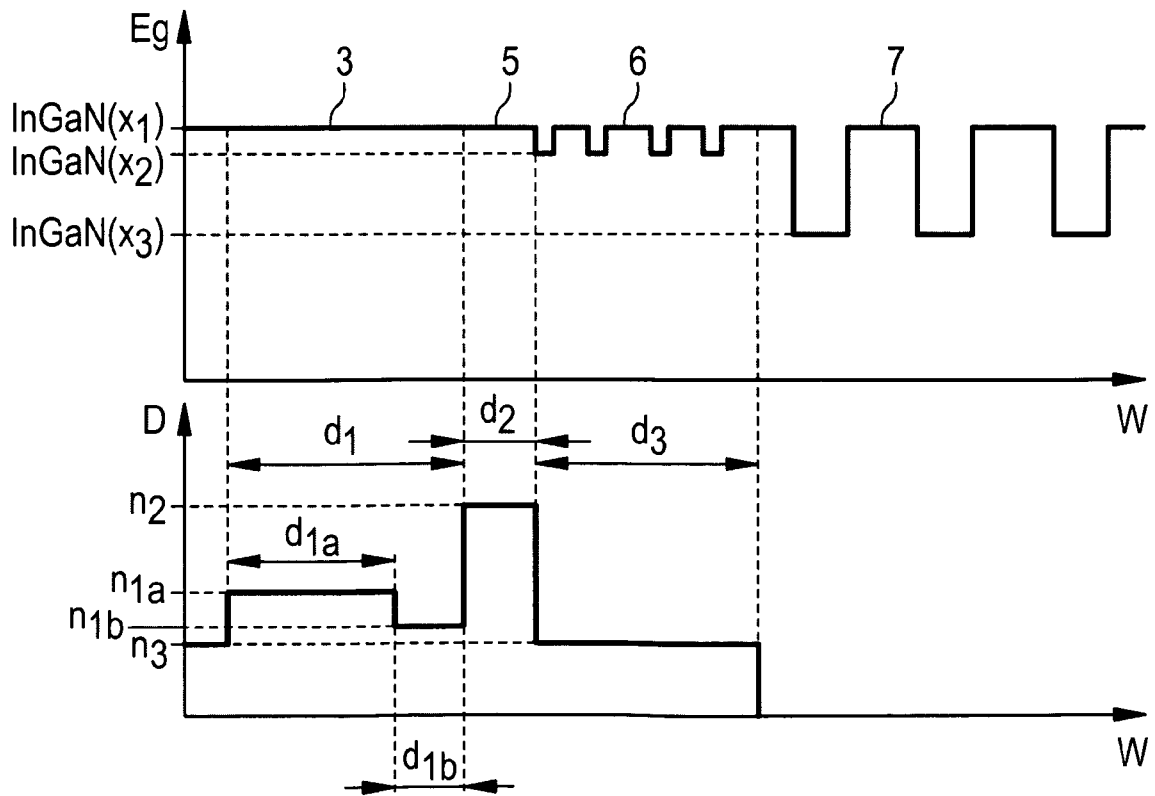
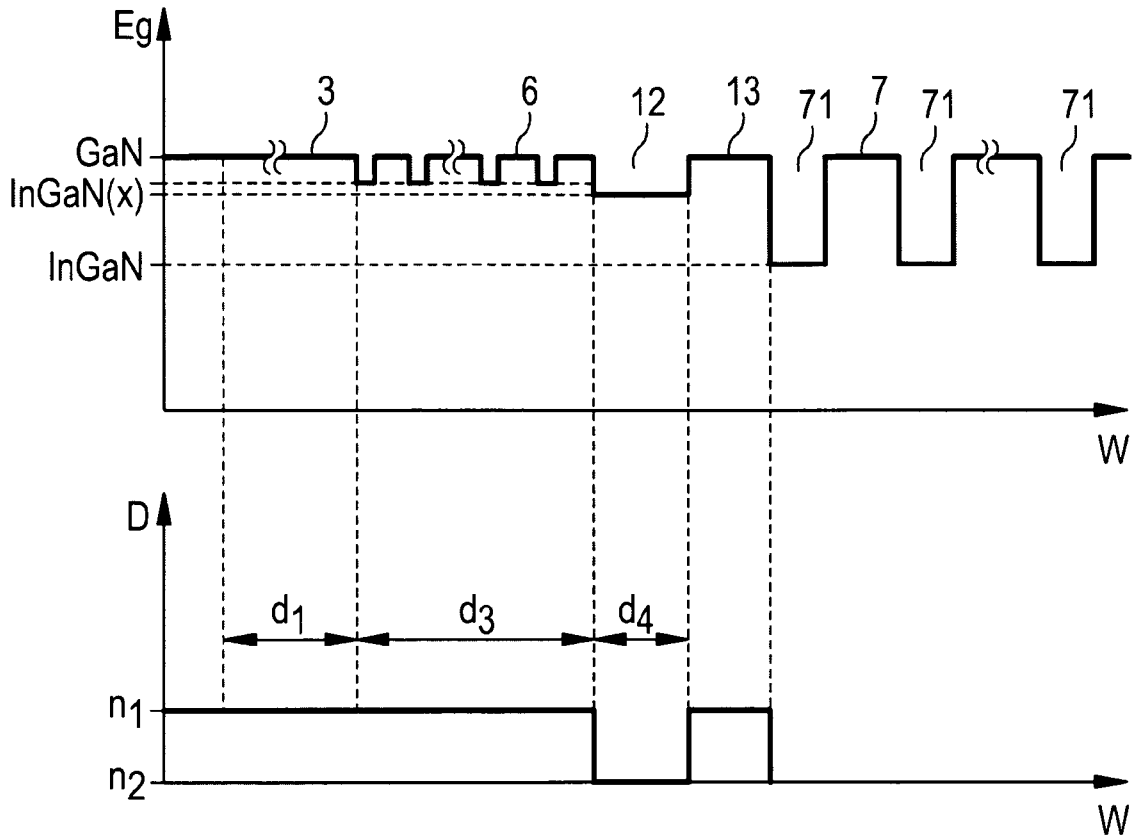


FIG 4



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No  
PCT/EP2012/057676

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
INV. H01L33/02 H01L33/14  
ADD.

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

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (Classification System followed by Classification Symbols)  
H01L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)  
EPO-Internal , WPI Data

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to Claim No.
A	US 2009/014713 AI (KANG SANG WON [KR] ET AL) 15 January 2009 (2009-01-15) paragraphs [0055] - [0082] , [0089] - [0105] ; figures 1,4C -----	1-20
A	US 2006/246612 AI (EMERSON DAVID T [US] ET AL EMERSON DAVID TODD [US] ET AL) 2 November 2006 (2006-11-02) paragraphs [0006] , [0008] , [0022] , [0045] - [0050] , [0074] ; figure 2 ----- -/- .	1-20

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

\* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general State of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

16 August 2012

Date of mailing of the international search report

28/08/2012

Name and mailing address of the ISA/  
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer  
Meacher, David



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP2012/057676

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	<p>TAKAHASHI H ET AL: "EFFECT OF INTENTIONALLY FORMED 'V-DEFECTS' ON THE EMISSION EFFICIENCY OF GALN SINGLE QUANTUM WELL", JAPANESE JOURNAL OF APPLIED PHYSICS, JAPAN SOCIETY OF APPLIED PHYSICS, JP, vol . 39, no. 6B, PART 02, 15 June 2000 (2000-06-15) , pages L569-L571 , XP001206768, ISSN: 0021-4922 , DOI : 10. 1143/JJAP.39 .L569 the whole document</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1-20
A	<p>HANGLEITER A ET AL: "Suppression of nonradiative recombination by V-shaped pits in GaInN/GaN quantum wells produces a large increase in the light emission efficiency" , PHYSICAL REVIEW LETTERS, AMERICAN PHYSICAL SOCIETY, NEW YORK, US, vol . 95, no. 12, 16 September 2005 (2005-09-16) , pages 127402/1-4, XP002389331 , ISSN: 0031-9007 , DOI : 10. 1103/PHYSREVLETT. 95. 127402 abstract</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1-20
A	<p>LEE C-L ET AL: "Using planarized p-GaN layer to reduce electrostatic discharged damage in nitride-based light-emitting diode" , JAPANESE JOURNAL OF APPLIED PHYSICS, JAPAN SOCIETY OF APPLIED PHYSICS, JP, vol . 46, no. 19, 1 May 2007 (2007-05-01) , pages L457-L460, XP001517840, ISSN: 0021-4922 , DOI : 10. 1143/JJAP.46. L457 page L457 - page L458, left-hand column</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1-20

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2012/057676

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2009014713 AI	15-01-2009	KR 20090006609 A	15-01-2009
		US 2009014713 AI	15-01-2009
		US 2012119187 AI	17-05-2012
-----			
US 2006246612 AI	02-11-2006	DE 112006001084 T5	29-05-2008
		JP 2008539585 A	13-11-2008
		US 2006246612 AI	02-11-2006
		US 2009029493 AI	29-01-2009
		WO 2006118623 AI	09-11-2006
-----			

**A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES**  
 INV. H01L33/02 H01L33/14  
 ADD.

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

**B. RECHERCHIERTE GEBIETE**

Recherchiertes Mindestprüfverfahren (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
 H01L

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

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

**C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN**

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 2009/014713 AI (KANG SANG WON [KR] ET AL) 15. Januar 2009 (2009-01-15) Absätze [0055] - [0082] , [0089] - [0105] ; Abbildungen 1,4C -----	1-20
A	US 2006/246612 AI (EMERSON DAVID T [US] ET AL EMERSON DAVID TODD [US] ET AL) 2. November 2006 (2006-11-02) Absätze [0006] , [0008] , [0022] , [0045] - [0050] , [0074] ; Abbildung 2 ----- -/- .	1-20

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen  Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :  
 "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist  
 "E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist  
 "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)  
 "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht  
 "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist  
 "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist  
 "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden  
 "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist  
 "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche  16. August 2012	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts  28/08/2012
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Bevollmächtigter Bediensteter  Meacher, David

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	<p>TAKAHASHI H ET AL: "EFFECT OF INTENTIONALLY FORMED 'V-DEFECTS' ON THE EMISSION EFFICIENCY OF GALN SINGLE QUANTUM WELL", JAPANESE JOURNAL OF APPLIED PHYSICS, JAPAN SOCIETY OF APPLIED PHYSICS, JP, Bd. 39, Nr. 6B, PART 02, 15. Juni 2000 (2000-06-15), Seiten L569-L571, XP001206768, ISSN: 0021-4922, DOI: 10.1143/JJAP.39.L569 das ganze Dokument</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1-20
A	<p>HANGLEITER A ET AL: "Suppression of nonradiative recombination by V-shaped pits in GaInN/GaN quantum wells produces a large increase in the light emission efficiency", PHYSICAL REVIEW LETTERS, AMERICAN PHYSICAL SOCIETY, NEW YORK, US, Bd. 95, Nr. 12, 16. September 2005 (2005-09-16), Seiten 127402/1-4, XP002389331, ISSN: 0031-9007, DOI: 10.1103/PHYSREVLETT.95.127402 Zusammenfassung</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1-20
A	<p>LEE C-L ET AL: "Using planarized p-GaN layer to reduce electrostatic discharged damage in nitride-based light-emitting diode", JAPANESE JOURNAL OF APPLIED PHYSICS, JAPAN SOCIETY OF APPLIED PHYSICS, JP, Bd. 46, Nr. 19, 1. Mai 2007 (2007-05-01), Seiten L457-L460, XP001517840, ISSN: 0021-4922, DOI: 10.1143/JJAP.46.L457 Seite L457 - Seite L458, linke Spalte</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1-20

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2012/057676

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2009014713 AI	15-01-2009	KR 20090006609 A	15-01-2009
		US 2009014713 AI	15-01-2009
		US 2012119187 AI	17-05-2012
-----			
US 2006246612 AI	02-11-2006	DE 112006001084 T5	29-05-2008
		JP 2008539585 A	13-11-2008
		US 2006246612 AI	02-11-2006
		US 2009029493 AI	29-01-2009
		WO 2006118623 AI	09-11-2006
-----			