

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
07. Dezember 2017 (07.12.2017)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2017/207441 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation:

H01L 31/0304 (2006.01) H01L 31/105 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2017/062784

(22) Internationales Anmeldedatum:

26. Mai 2017 (26.05.2017)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:

10 2016 110 041.2

31. Mai 2016 (31.05.2016) DE

(71) Anmelder: OSRAM OPTO SEMICONDUCTORS  
GMBH [DE/DE]; Leibnizstr. 4, 93055 Regensburg (DE).

(72) Erfinder: TOLLABI MAZRAEHNO, Mohammad;  
Friedenstr. 16 A, 93053 Regensburg (DE). STAUSS, Peter;  
Bischof-von-Senestrey-Str. 18, 93051 Regensburg (DE).  
GOMEZ-IGLESIAS, Alvaro; Brauergasse 14, 93059 Regensburg (DE).

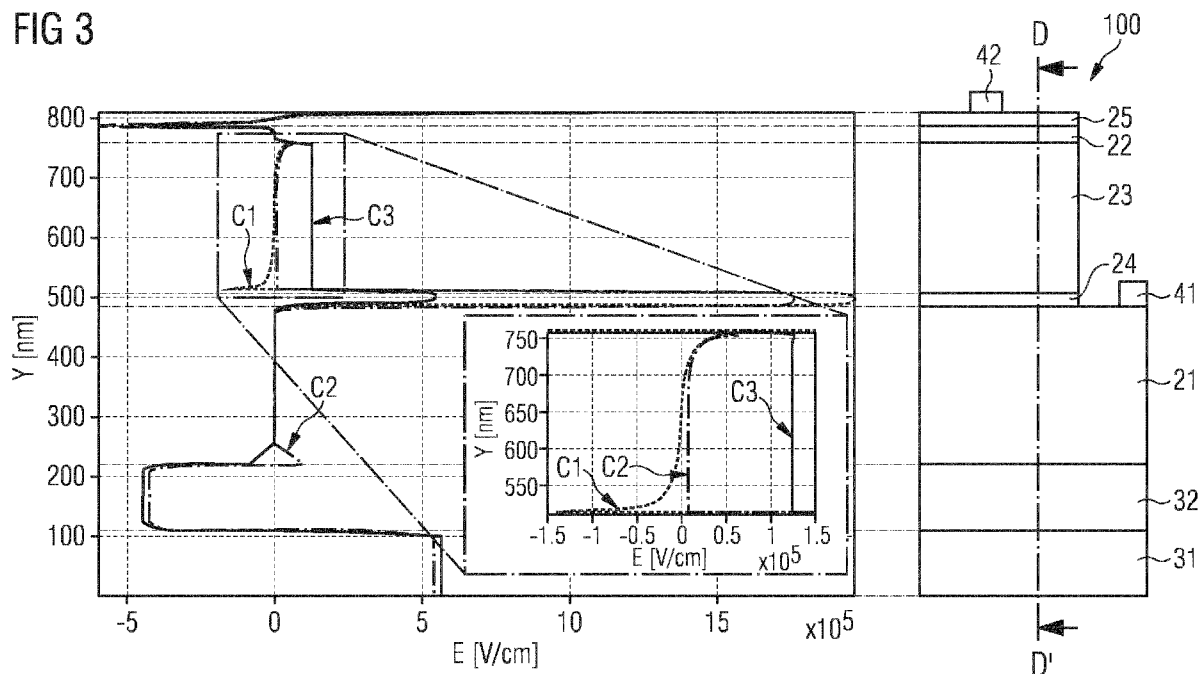
(74) Anwalt: EPPING HERMANN FISCHER PATENTAN-  
WALTSGESELLSCHAFT MBH; Schloßschmidstr. 5,  
80639 München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für  
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,  
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY,  
BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM,  
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,  
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KH, KN, KP,  
KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME,  
MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ,

(54) Title: COMPONENT FOR DETECTING UV RADIATION AND METHOD FOR PRODUCING A COMPONENT

(54) Bezeichnung: BAUELEMENT ZUM DETEKTIEREN VON UV-STRAHLUNG UND VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG  
EINES BAUELEMENTS

FIG 3



(57) Abstract: The invention relates to a component (100) for detecting UV radiation having a semiconductor body (2) based on  $\text{Al}_m\text{Ga}_{1-n-m}\text{In}_n\text{N}$ , with  $0 \leq n \leq 1$ ,  $0 \leq m \leq 1$ , and  $n+m < 1$ , wherein the semiconductor body has a first semiconductor layer (21), a second semiconductor layer (22), and an active layer (23) lying therebetween. The first semiconductor layer is n-doped, the second semiconductor layer is p-doped, and the active layer is designed to produce charge carrier pairs by absorbing radiation. In addition, the semiconductor body is designed in such a way that the active layer is relaxed with respect to the lattice constant of the active layer. The invention further relates to a method for producing such a component.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, 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, ST, 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, 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, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Veröffentlicht:**

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

---

**(57) Zusammenfassung:** Es wird ein Bauelement (100) zum Detektieren von UV-Strahlung mit einem auf  $\text{Al}_m\text{Ga}_{1-n-m}\text{In}_n\text{N}$  mit  $0 \leq n \leq 1$ ,  $0 \leq m \leq 1$  und  $n+m < 1$  basierten Halbleiterkörper (2) angegeben, wobei der Halbleiterkörper eine erste Halbleiterschicht (21), eine zweite Halbleiterschicht (22) und eine dazwischen liegende aktive Schicht (23) aufweist. Dabei ist die erste Halbleiterschicht n-dotiert, die zweite Halbleiterschicht p-dotiert und die aktive Schicht zur Erzeugung von Ladungsträgerpaaren durch Strahlungsabsorption ausgebildet. Außerdem ist der Halbleiterkörper derart ausgebildet, dass die aktive Schicht bezüglich deren Gitterkonstante relaxiert ist. Des Weiteren wird ein Verfahren zur Herstellung eines solchen Bauelements angegeben.

## Beschreibung

Bauelement zum Detektieren von UV-Strahlung und Verfahren zur Herstellung eines Bauelements

5

Es wird ein Bauelement zum Detektieren von Ultraviolettstrahlung (UV-Strahlung) angegeben. Des Weiteren wird ein Verfahren zur Herstellung eines Bauelements zum Detektieren von UV-Strahlung angegeben.

10

Bei der Detektion von UV-Strahlung ist eine hohe Empfindlichkeit eines Detektors im UV-Bereich erwünscht. Hingegen soll möglicher Einfluss von Strahlung etwa im sichtbaren oder im infraroten Spektralbereich unterdrückt werden.

15

Eine Aufgabe ist es, ein Bauelement zum Detektieren von UV-Strahlung mit einer verbesserten Quanteneffizienz und einer erhöhten Empfindlichkeit im UV-Bereich anzugeben. Eine weitere Aufgabe besteht darin, ein kostengünstiges und vereinfachtes Verfahren zur Herstellung eines Bauelements anzugeben.

20

In mindestens einer Ausführungsform eines Bauelements zum Detektieren von Ultraviolettstrahlung weist dieses einen Halbleiterkörper auf, der eine erste Halbleiterschicht eines ersten Ladungsträgertyps, eine zweite Halbleiterschicht eines zweiten Ladungsträgertyps und eine dazwischen liegende aktive Schicht aufweist. Der Halbleiterkörper ist etwa auf  $\text{Al}_m\text{Ga}_{1-n-m}\text{In}_n\text{N}$  mit  $0 \leq n \leq 1$ ,  $0 \leq m \leq 1$  und  $n+m < 1$  basiert. Die aktive Schicht ist insbesondere hinsichtlich deren Materialzusammensetzung derart ausgebildet, dass die im Betrieb des Bauelements eintreffende Ultraviolettstrahlung

25

30

von der aktiven Schicht zur Erzeugung von Ladungsträgerpaaren absorbiert wird. Die erste Halbleiterschicht und die zweite Halbleiterschicht können n-dotiert beziehungsweise p-dotiert sein oder umgekehrt. Bevorzugt ist die aktive Schicht  
5 bezüglich deren Gitterkonstante relaxiert. Die aktive Schicht und die erste Halbleiterschicht können verschiedene Gitterparameter aufweisen.

Unter einem Gitterparameter einer Schicht ist insbesondere  
10 ein tatsächlicher etwa in einem Halbleiterkörper vorzufindender lateraler Gitterabstand dieser Schicht zu verstehen. Unter einer Gitterkonstante einer Schicht ist insbesondere ein lateraler Gitterabstand dieser Schicht im vollständig relaxierten Zustand zu verstehen. Die  
15 Gitterkonstante ist somit eine materialspezifische Größe, während der Gitterparameter von dem Zustand der betreffenden Schicht abhängt und kann daher verschiedene Werte annehmen, zum Beispiel wenn die betreffende Schicht teilweise  
verspannt, maximal verspannt oder teilweise relaxiert ist.

20 Unter einer lateralen Richtung wird allgemein eine Richtung verstanden, die entlang, insbesondere parallel zu einer Haupterstreckungsfläche, etwa parallel zu einer Wachstumsoberfläche der aktiven Schicht verläuft. Unter einer  
25 vertikalen Richtung wird demgegenüber eine Richtung verstanden, die quer, insbesondere senkrecht zu der Haupterstreckungsebene der aktiven Schicht gerichtet ist. Zum Beispiel ist die vertikale Richtung parallel zu einer Wachstumsrichtung des Halbleiterkörpers gerichtet. Die  
30 vertikale Richtung und die laterale Richtung sind vorzugsweise senkrecht zueinander.

Es wurde überraschend festgestellt, dass ein besonders hohes inneres elektrisches Feld (Englisch: built-in electrical field) in der aktiven Schicht erzielt ist, wenn die aktive Schicht bezüglich deren Gitterkonstante relaxiert ist. Dies  
5 widerspricht nämlich der üblichen Erfahrung, dass relaxierte Schichten Defekte ausbilden und dadurch erhöhte Verluste aufweisen. Die Erzielung eines hohen inneren elektrischen Feldes ist in diesem Fall auf den piezoelektrischen Effekt, insbesondere auf das Zusammenspiel zwischen spontanem  
10 Polarisationsfeld und piezoelektrischem Feld innerhalb der aktiven Schicht zurückzuführen. Beim piezoelektrischen Effekt entstehen innere elektrische Felder durch mechanische Verspannungen. Die Richtung der Verspannung spielt dabei eine entscheidende Rolle für die piezoelektrischen Felder und  
15 somit für das gesamte innere elektrische Feld in der aktiven Schicht. Ist die aktive Schicht bezüglich deren Gitterkonstante verspannt, etwa kompressiv verspannt, kann das innerhalb der aktiven Schicht erzeugte piezoelektrische Feld dem innerhalb der aktiven Schicht erzeugten spontanen  
20 Polarisationsfeld entgegenwirken, wodurch das gesamte innere elektrische Feld in der aktiven Schicht geschwächt wird. Ist die aktive Schicht bezüglich deren Gitterkonstante hingegen relaxiert ausgebildet, wird das innerhalb der aktiven Schicht erzeugte piezoelektrische Feld reduziert, insbesondere auf  
25 Null reduziert, wodurch insgesamt ein hohes elektrisches Feld innerhalb der aktiven Schicht erzielt ist.

Da die durch die Strahlungsabsorption generierten Ladungsträger in Form von Elektron-Loch-Paaren vom inneren  
30 elektrischen Feld in der aktiven Schicht getrennt werden, sodass Elektronen zum positiven Potential etwa zur p-leitenden zweiten Halbleiterschicht driften und Löcher zum negativen Potential etwa zur n-leitenden ersten

Halbleiterschicht driften, führt ein hohes inneres elektrisches Feld in der aktiven Schicht zu einem besonders effizienten Transport von den photoelektrisch generierten Ladungsträgern, wodurch die Effizienz bzw. die

5 Empfindlichkeit des Bauelements besonders erhöht sind.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Bauelements ist die erste Halbleiterschicht bezüglich deren Gitterkonstante verspannt, etwa kompressiv verspannt. Insbesondere grenzt die

10 erste Halbleiterschicht unmittelbar an die aktive Schicht an. Auch ist es möglich, dass die aktive Schicht an eine Übergangsschicht angrenzt, wobei die Übergangsschicht insbesondere pseudomorph auf die erste Halbleiterschicht aufgewachsen ist. Es wurde festgestellt, dass die Verstärkung

15 des inneren elektrischen Feldes innerhalb der aktiven Schicht zusätzlich erhöht ist, wenn die aktive Schicht bezüglich deren Gitterkonstante relaxiert ist und die erste Halbleiterschicht gleichzeitig bezüglich deren Gitterkonstante verspannt, bevorzugt kompressiv verspannt

20 ist. Bei einer kompressiven Verspannung werden laterale Gitterabstände der ersten Halbleiterschicht zusammengepresst. Das dadurch entstehende piezoelektrische Feld in der ersten Halbleiterschicht führt insbesondere zu einer zusätzlichen Verstärkung des inneren elektrischen Feldes innerhalb der

25 aktiven Schicht.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Bauelements ist die aktive Schicht intrinsisch ausgebildet. Ist die aktive Schicht intrinsisch - also eigenleitend - ausgebildet, kann

30 die aktive Schicht undotiert oder im Wesentlichen undotiert sein. Unter einer im Wesentlichen undotierten Schicht ist insbesondere eine Schicht zu verstehen, die herstellungsbedingt Spuren von Dotierstoffen oder eine derart

geringe Dotierkonzentration aufweist, dass deren Eigenschaften von der Dotierung nicht oder unwesentlich beeinflusst sind. Aufgrund der intrinsisch ausgebildeten aktiven Schicht grenzt die n-leitende erste Halbleiterschicht nicht unmittelbar an die p-leitende zweite Halbleiterschicht an, wodurch im Vergleich zu konventionellen Dioden eine größere Raumladungszone bei Anlegen einer Sperrspannung gebildet wird, in der Photonen zur Erzeugung von Ladungsträgerpaaren absorbiert werden.

Das Bauelement ist somit bevorzugt als UV-Detektor insbesondere mit einer PIN-Diodenstruktur (Positive Intrinsic Negative) beziehungsweise mit einem PIN-Übergang ausgestaltet. Beispielsweise ist das Bauelement eine PIN-Diode. Die aktive Schicht ist etwa hinsichtlich deren Materialzusammensetzung derart eingerichtet, dass UV-Strahlung im Betrieb des Bauelements von der aktiven Schicht absorbiert wird, wodurch Ladungsträger insbesondere in Form von Elektron-Loch-Paaren in der aktiven Schicht generiert werden können. Werden in der aktiven Schicht Ladungsträger verschiedener elektrischer Ladungen etwa durch Strahlungsabsorption erzeugt, können Detektorsignale in Form von elektrischen Signalen generiert werden, indem unterschiedliche Ladungsträger je nach deren elektrischen Ladungen in die erste oder in die zweite Halbleiterschicht driften. Die in die aktive Schicht einfallenden Photonen werden somit durch den inneren Photoeffekt in einen elektrischen Strom umgewandelt. Alternativ ist es auch denkbar, dass die aktive Schicht schwach dotiert ist. Unter einer schwach dotierten Schicht wird allgemein eine Schicht verstanden, die eine Dotierkonzentration von weniger als  $10^{18} \text{ cm}^{-3}$ , insbesondere von weniger als  $10^{17} \text{ cm}^{-3}$  aufweist.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Bauelements ist die zweite Halbleiterschicht bezüglich deren Gitterkonstante verspannt oder weist zumindest bereichsweise, etwa entlang einer lateralen Richtung, denselben Gitterparameter wie die aktive Schicht auf. Die zweite Halbleiterschicht kann zumindest an deren der aktiven Schicht zugewandter Oberfläche einen Gitterparameter aufweisen, die einem Gitterparameter oder einer Gitterkonstante der aktiven Schicht entspricht beziehungsweise identisch oder im Wesentlichen identisch ist. Bevorzugt ist die zweite Halbleiterschicht in Bezug auf die aktive Schicht verspannt, etwa tensil verspannt. Die mechanisch relaxierte aktive Schicht ist in diesem Fall zwischen zwei mechanisch verspannten Halbleiterschichten angeordnet, bevorzugt zwischen der kompressiv verspannten ersten Halbleiterschicht und der tensil verspannten zweiten Halbleiterschicht, wodurch das innere elektrische Feld in der aktiven Schicht zusätzlich erhöht ist. Insbesondere befindet sich die aktive Schicht sowohl mit der ersten als auch mit der zweiten Halbleiterschicht im direkten mechanischen Kontakt.

Unter einer kompressiv verspannten Schicht wird allgemein eine Schicht verstanden, deren materialspezifische Gitterkonstante größer als der tatsächliche laterale Gitterabstand, nämlich der Gitterparameter der betreffenden Schicht etwa im Halbleiterkörper ist. Unter einer tensil verspannten Schicht wird allgemein eine Schicht verstanden, deren materialspezifische Gitterkonstante kleiner als der tatsächliche laterale Gitterabstand, nämlich der Gitterparameter der betreffenden Schicht etwa im Halbleiterkörper ist.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Bauelements weist die aktive Schicht einen Relaxationsgrad von mindestens 0,3, etwa mindestens 0,5, insbesondere mindestens 0,7 oder bevorzugt mindestens 0,9 auf.

5

Unter einem Relaxationsgrad  $G$  einer Schicht  $A$  wird insbesondere ein Betrag eines Quotienten aus der relativen lateralen Gitterfehlpassung  $G_l = (a_l - a_f)/a_f$  und der relaxierten Gitterfehlpassung  $G_r = (a_r - a_f)/a_f$  verstanden, nämlich  $G = |G_l/G_r| = |(a_l - a_f)/(a_r - a_f)|$ , wobei

10

- $a_l$  der Gitterparameter der Schicht  $A$  entlang der lateralen Richtung etwa entlang einer Wachstumsoberfläche der Schicht  $A$  ist,
- $a_r$  die Gitterkonstante der Schicht  $A$  ist, also der
- 15 Gitterparameter der Schicht  $A$  im vollständig entspannten beziehungsweise im vollständig relaxierten Zustand, und
- $a_f$  ein Referenzgitterabstand für die Bestimmung des Relaxationsgrads der Schicht  $A$  ist, wobei der Referenzgitterabstand insbesondere Gitterparameter oder
- 20 Gitterkonstante einer Schicht ist, auf die die Schicht  $A$  aufgewachsen ist. Zum Beispiel kann der Referenzgitterabstand Gitterkonstante eines Aufwachssubstrats, Gitterparameter oder Gitterkonstante einer Pufferschicht bzw. einer an die Schicht  $A$
- 25 unmittelbar angrenzenden Schicht sein. Im Zweifel kann  $a_f$  als Gitterparameter einer Schicht angenommen werden, auf die die Schicht  $A$  unmittelbar aufgebracht ist.

30

Der Relaxationsgrad gibt somit den Grad des Abbaus der mechanischen Spannungen innerhalb der betreffenden Schicht an. Bei vollständiger Relaxation ist  $G = 1$ , da  $a_l$  und  $a_r$  identisch sind. Bei maximaler Verspannung, etwa bei pseudomorphem Wachstum, ist  $G = 0$ , da  $a_l$  den Wert des

Referenzgitterabstands  $a_f$  annimmt. Im letzteren Fall ist die Gitterstruktur der betreffenden Schicht entlang der lateralen Richtung maximal verzerrt, sodass die mechanische Spannung in der betreffenden Schicht am höchsten ist.

5

Bevorzugt ist die aktive Schicht vollständig relaxiert.

Weiterhin bevorzugt sind/ist die erste und/oder die zweite Halbleiterschicht bezüglich deren Gitterkonstante maximal oder im Wesentlichen maximal verspannt. Mit anderen Worten

10 kann deren Relaxationsgrad  $G$  Null oder nahe Null sein. In solchen Fällen können die piezoelektrischen Felder etwa an Grenzflächen zwischen der aktiven Schicht und den benachbarten Halbleiterschichten besonders verstärkt sein, wodurch eine entsprechend hohe Feldstärke des inneren

15 elektrischen Feldes in der aktiven Schicht erzielt wird. Es ist jedoch auch möglich, dass die erste und/oder die zweite Halbleiterschicht teilweise verspannt sind/ist und dabei einen Relaxationsgrad insbesondere kleiner 0,5, etwa kleiner als 0,3, bevorzugt kleiner als 0,2 oder kleiner als 0,1

20 aufweisen/aufweist.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Bauelements ist der Halbleiterkörper auf  $\text{Al}_m\text{Ga}_{1-n-m}\text{In}_n\text{N}$  mit  $0 \leq n \leq 1$  und  $m = 0$

basiert. Insbesondere ist die erste Halbleiterschicht eine n-

25 dotierte GaN-Schicht, die aktive Schicht etwa eine intrinsisch ausgebildete InGaN-Schicht und die zweite Halbleiterschicht eine p-dotierte GaN-Schicht. Der

Halbleiterkörper kann auf einer reinen GaN-Schicht als Pufferschicht ausgebildet sein.

30

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Bauelements sind die erste Halbleiterschicht und die aktive Schicht jeweils auf  $\text{Al}_m\text{Ga}_{1-n-m}\text{In}_n\text{N}$  mit  $0 \leq n \leq 1$ ,  $0 < m \leq 1$  und  $n+m < 1$

basiert. Zum Beispiel ist die aktive Schicht auf AlGaIn oder auf AlGaInN basiert. Der Aluminiumgehalt der aktiven Schicht bestimmt insbesondere eine Grenzwellenlänge (Englisch: cut-off wavelength) des empfindlichen Spektralbereichs des Bauelements. Mit zunehmendem Aluminiumgehalt verschiebt sich die Grenzwellenlänge in Richtung kürzerer Wellenlänge. Wird Indium der aktiven Schicht zugesetzt, verschiebt sich die Grenzwellenlänge in Richtung längerer Wellenlänge. Weist die aktive Schicht sowohl Aluminium als auch Indium auf, kann die Grenzwellenlänge des empfindlichen Spektralbereichs vereinfacht und präzise eingestellt werden. UV-Detektoren basierend auf AlGaIn beziehungsweise auf AlGaInN sind gegenüber konventionellen Photodioden etwa aus Silizium dahingehend besonders bevorzugt, dass sie auch ohne externe Filter unempfindlich gegenüber sichtbarem und/oder infrarotem Licht sind. Außerdem zeigen solche Bauelemente kaum oder keine Degradation bei Bestrahlung mit UV-Licht. Insbesondere ist das hier beschriebene Bauelement frei von externen Filtern, etwa frei von Filtern außerhalb des Halbleiterkörpers.

Es wurde festgestellt, dass das spontane Polarisationsfeld insbesondere von dem Aluminiumanteil der einzelnen Schichten des Halbleiterkörpers abhängt. Gleichzeitig beeinflussen die Aluminiumanteile die Leitungs- bzw. Valenzbandkanten der Halbleiterschichten und somit auch die Fermi-Niveaus der Halbleiterschichten. Die Unterschiede in den Fermi-Niveaus tragen wiederum zur Erhöhung des inneren elektrischen Feldes innerhalb der aktiven Schicht bei. Zur Einstellung der Fermi-Niveaus können die Halbleiterschichten außerdem entsprechend hoch n- beziehungsweise p-dotiert sein.

Im Folgenden werden weitere Ausführungsbeispiele des Bauelements mit unterschiedlichen bevorzugten Ausgestaltungen hinsichtlich Aluminiumanteile, Schichtdicken und/oder Dotierung der Schichten des Halbleiterkörpers angegeben, welche unter anderem zur zusätzlichen Erhöhung des inneren elektrischen Feldes in der aktiven Schicht besonders geeignet sind.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Bauelements weist die erste Halbleiterschicht einen höheren Aluminiumanteil auf als die aktive Schicht. In diesem Fall können sowohl die erste Halbleiterschicht als auch die aktive Schicht aluminiumhaltig sein. Insbesondere wird der Al-Anteil mit  $m$  in  $\text{Al}_m\text{Ga}_{1-m}\text{N}$  oder in  $\text{Al}_m\text{Ga}_{1-n-m}\text{In}_n\text{N}$  mit  $0 \leq n \leq 1$ ,  $0 \leq m \leq 1$  und  $n+m \leq 1$  angegeben. Zum Beispiel beträgt der Al-Anteil  $m$  in der aktiven Schicht zwischen einschließlich 5% und 30%, etwa zwischen einschließlich 10% und 20%. Der Al-Anteil in der ersten Halbleiterschicht kann zwischen einschließlich 20% und 80%, etwa zwischen einschließlich 30% und 60% oder zwischen einschließlich 40% und 60% sein. Mit einem derart hohen Aluminiumanteil kann die Halbleiterschicht eine ausreichend große elektrische Querleitfähigkeit aufweisen, sodass auf eine Stromaufweitungsschicht etwa unmittelbar auf der ersten Halbleiterschicht verzichtet werden kann. Des Weiteren kann ein erster Kontakt zur elektrischen Kontaktierung der ersten Halbleiterschicht etwa unmittelbar auf der ersten Halbleiterschicht ausgebildet bzw. angeordnet werden.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Bauelements sind die erste Halbleiterschicht und die aktive Schicht jeweils auf  $\text{Al}_m\text{Ga}_{1-n-m}\text{In}_n\text{N}$  mit  $0 \leq n \leq 1$ ,  $0 < m \leq 1$  und  $n+m < 1$  basiert, wobei die erste Halbleiterschicht einen höheren Aluminiumanteil aufweist als die aktive Schicht. Zum Beispiel

sind sowohl die erste Halbleiterschicht als auch die zweite Halbleiterschicht auf AlGaN basiert. Bevorzugt weist die erste Halbleiterschicht einen Aluminiumanteil auf, der höher ist als der Aluminiumanteil der zweiten Halbleiterschicht, etwa mindestens doppelt oder mindestens dreimal so hoch wie der Aluminiumanteil der zweiten Halbleiterschicht.

Gemäß einer Ausführungsvariante des Bauelements ist die aktive Schicht auf AlGaN oder auf AlGaInN basiert.

Insbesondere weist die erste Halbleiterschicht einen Aluminiumanteil auf, der mindestens doppelt oder dreimal so hoch ist wie ein Aluminiumanteil der zweiten Halbleiterschicht und/oder der aktiven Schicht. Die aktive Schicht und die zweite Halbleiterschicht können einen im Wesentlich gleichen Aluminiumanteil aufweisen. Es ist jedoch auch möglich, dass sich die Aluminiumanteile der aktiven Schicht und der zweiten Halbleiterschicht höchstens um 50%, zum Beispiel höchstens um 30% oder höchstens um 10% voneinander unterscheiden.

Insbesondere weist die zweite Halbleiterschicht einen Aluminiumanteil zwischen einschließlich 0% und 15%, etwa zwischen einschließlich 5% und 15% oder zwischen einschließlich 5% und 10% auf. Zum Beispiel ist eine vertikale Schichtdicke der zweiten Halbleiterschicht zwischen einschließlich 5 nm und 60 nm, etwa zwischen einschließlich 10 nm und 60 nm oder zwischen einschließlich 10 nm und 30 nm. Das Bauelement weist eine Strahlungseintrittsfläche auf, die bevorzugt auf einer p-dotierten Seite des Bauelements, etwa auf der Seite der p-dotierten zweiten Halbleiterschicht ausgebildet ist. Aufgrund der vergleichsweise geringen Schichtdicke der zweiten Halbleiterschicht kann UV-Strahlung ohne große Absorptionsverluste durch die zweite

Halbleiterschicht hindurch zur aktiven Schicht gelangen.

Alternativ oder ergänzend kann das Bauelement eine oder eine weitere Strahlungseintrittsfläche aufweisen, die auf einer n-dotierten Seite des Bauelements, etwa auf der Seite der n-

5 dotierten ersten Halbleiterschicht ausgebildet ist. Aufgrund des vergleichsweise hohen Aluminiumgehalts in der n-dotierten ersten Halbleiterschicht kann UV-Strahlung selbst bei einer im Vergleich zu der zweiten Halbleiterschicht größeren Schichtdicke ohne große Absorptionsverluste durch die erste  
10 Halbleiterschicht hindurch zur aktiven Schicht gelangen.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Bauelements sind die aktive Schicht und die erste Halbleiterschicht

hinsichtlich deren Schichtdicken und Aluminiumanteile derart  
15 ausgebildet, dass die erste Halbleiterschicht bezüglich deren Gitterkonstante verspannt bleibt und die aktive Schicht bezüglich deren Gitterkonstante zumindest teilweise relaxiert ist. Insbesondere weist die aktive Schicht eine größere Schichtdicke und/oder einen geringeren Aluminiumanteil auf  
20 als die erste Halbleiterschicht. Zwar kann die Relaxation der aktiven Schicht durch geeignetes Einstellen von Wachstumsparametern erzielt werden. Wird die aktive Schicht jedoch ausreichend dick ausgebildet, kann eine Relaxation der aktiven Schicht insbesondere durch Ausbildung sogenannter  
25 Gleitlinien vereinfacht erzielt werden.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Bauelements weist die zweite Halbleiterschicht eine geringere Schichtdicke auf als die erste Halbleiterschicht. Auch kann die zweite

30 Halbleiterschicht im Vergleich zu der ersten Halbleiterschicht einen geringeren Aluminiumanteil und/oder eine höhere Dotierkonzentration aufweisen. Bevorzugt ist die erste Halbleiterschicht hinsichtlich deren Schichtdicke

derart ausgebildet, dass diese als Filterschicht für Anteile der zu detektierenden Strahlung mit Energien höher als die Bandlücke der aktiven Schicht wirkt. Die Bandlücke der aktiven Schicht hängt insbesondere von deren Aluminium- und Indiumgehalt ab und bestimmt insbesondere die sogenannte Grenzwellenlänge des empfindlichen Spektralbereichs des Bauelements. Zum Beispiel wirkt die erste Halbleiterschicht als Filterschicht für Strahlungsanteile mit Wellenlängen kleiner als 250 nm, oder kleiner als 200 nm oder zumindest für Strahlungsanteile mit Wellenlängen zwischen etwa 100 nm und 250 nm gebildet ist. Zum Beispiel ist die erste Halbleiterschicht eine n-dotierte auf AlGa<sub>N</sub> basierte Schicht mit einer Schichtdicke zwischen einschließlich 50 nm und 800 nm, etwa einschließlich 50 nm und 300 nm, etwa zwischen einschließlich 100 nm und 300 nm oder zwischen einschließlich 200 nm und 300 nm.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Bauelements ist der Halbleiterkörper auf eine Pufferstruktur aufgewachsen, etwa epitaktisch abgeschieden. Insbesondere ist die Pufferstruktur zwischen dem Halbleiterkörper und einem Träger des Bauelements, etwa einem Aufwachssubstrat beispielsweise aus Silizium oder aus Saphir, angeordnet. Die erste Halbleiterschicht grenzt etwa an die Pufferstruktur an. Bevorzugt ist die Pufferstruktur undotiert. Die Pufferstruktur kann auf Al<sub>m</sub>Ga<sub>1-m</sub>N mit  $0 \leq m \leq 1$  basiert sein. Die Pufferstruktur kann frei von Aluminium oder aluminiumhaltig sein. Insbesondere weist die Pufferschicht einen höheren Aluminiumanteil auf als die erste Halbleiterschicht. Die erste Halbleiterschicht ist bevorzugt derart auf die Pufferschicht aufgewachsen, dass die erste Halbleiterschicht in Bezug auf die Pufferschicht beziehungsweise auf den Träger hinsichtlich der

Gitterkonstante verspannt ist. Insbesondere weisen die erste Halbleiterschicht und die Pufferstruktur zumindest an deren gemeinsamer Grenzfläche denselben Gitterparameter auf. Die erste Halbleiterschicht ist bevorzugt auf die Pufferstruktur pseudomorph aufgewachsen und ist somit in Bezug auf die Pufferstruktur maximal verspannt. Abgesehen davon ist es auch denkbar, dass die erste Halbleiterschicht in Bezug auf die Pufferschicht beziehungsweise auf den Träger lediglich teilweise verspannt ist.

10

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Bauelements ist dieses derart ausgebildet, dass ein Aluminiumanteil, insbesondere ein mittlerer Aluminiumanteil, von der Pufferstruktur über die erste Halbleiterschicht, die aktive Schicht und zu der zweiten Halbleiterschicht hin monoton abnimmt. Bei einer derartigen Ausgestaltung des Verlaufs des Aluminiumanteils kann ein im Hinblick auf die Kristallqualität hochwertiges Bauelement mit großer Lebensdauer vereinfacht hergestellt werden. Auch sorgt eine solche Ausgestaltung für die Realisierung eines verstärkten inneren elektrischen Feldes in der aktiven Schicht.

15

20

25

30

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Bauelements ist der Träger des Bauelements strahlungsdurchlässig. Das Bauelement kann eine strahlungsdurchlässige Kontaktschicht aufweisen, die insbesondere aus einem transparenten elektrisch leitfähigen Oxid gebildet ist. Der Halbleiterkörper ist in der vertikalen Richtung etwa zwischen dem Träger und der Kontaktschicht angeordnet. Sowohl der Träger als auch die Kontaktschicht können jeweils eine Strahlungsdurchtrittsfläche für die zu detektierende elektromagnetische Strahlung aufweisen. Über diese Strahlungsdurchtrittsfläche, die insbesondere als

Strahlungseintrittsfläche des Bauelements dient, kann UV-Strahlung in die aktive Schicht eingekoppelt und dort absorbiert werden. Insbesondere ist die erste Halbleiterschicht zwischen der aktiven Schicht und dem Träger angeordnet.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Bauelements weist dieses eine Übergangsschicht insbesondere aus AlGaIn zwischen der ersten Halbleiterschicht und der aktiven Schicht auf.

Bevorzugt ist die erste Halbleiterschicht eine n-dotierte AlGaIn-Schicht. Die aktive Schicht kann eine intrinsisch ausgebildete AlGaIn-Schicht oder eine AlGaInN-Schicht sein. Bevorzugt ist die Übergangsschicht intrinsisch ausgebildet und kann einen Aluminiumanteil aufweisen, der mindestens doppelt so hoch ist wie ein Aluminiumanteil der aktiven Schicht. Insbesondere weist die Übergangsschicht eine Schichtdicke auf, die höchstens 30%, etwa höchstens 20% oder höchstens 10% und insbesondere mindestens 5% oder mindestens 3% einer Schichtdicke der aktiven Schicht beträgt. Die Übergangsschicht ist bevorzugt in Bezug auf die erste Halbleiterschicht verspannt, insbesondere maximal verspannt ausgebildet. Die Übergangsschicht und die aktive Schicht können dieselbe Materialzusammensetzung aufweisen.

Allerdings können sie verschiedene Aluminiumanteile aufweisen. Die Aluminiumanteile in der Übergangsschicht und in der ersten Halbleiterschicht sind bevorzugt gleich oder unterscheiden sich etwa höchstens um 50%, 40%, 30%, 20% oder höchstens um 10% voneinander. Mit der Übergangsschicht kann eine hohe Kristallqualität des Halbleiterkörpers erzielt werden, wobei die Übergangsschicht aufgrund des höheren Aluminiumanteils etwa gleichzeitig als Stromaufweitungsschicht für die aktive Schicht dienen kann.

Abweichend davon kann die Übergangsschicht jedoch optional sein.

- Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Bauelements ist
- 5 Pufferstruktur mehrschichtig ausgebildet. Insbesondere weist die Pufferstruktur Teilschichten auf, die verschiedene Materialzusammensetzungen aufweisen. Zum Beispiel enthält die Pufferschicht eine erste Teilschicht aus AlN und eine zweite Teilschicht aus AlGa<sub>N</sub>. Insbesondere ist die erste Teilschicht
- 10 in vertikaler Richtung zwischen dem Träger und der zweiten Teilschicht angeordnet. Zum Beispiel wird bei der Herstellung des Bauelements die zweite Teilschicht auf die erste Teilschicht abgeschieden.
- 15 In einer Ausführungsform eines Verfahrens zur Herstellung eines Bauelements wird ein Aufwachssubstrat bereitgestellt. Eine Pufferstruktur wird auf das Aufwachssubstrat aufgebracht. Ein Halbleiterkörper mit einer ersten Halbleiterschicht, einer aktiven Schicht und einer zweiten
- 20 Halbleiterschicht wird in der genannten Schichtreihenfolge auf die Pufferstruktur aufgebracht. Die aktive Schicht wird auf der ersten Halbleiterschicht beispielsweise hinsichtlich deren Schichtdicke, Materialauswahl oder durch geeignetes Einstellen von Wachstumsparametern wie etwa Druck und
- 25 Temperatur derart ausgebildet, dass die aktive Schicht bezüglich deren Gitterkonstante insbesondere in Bezug auf die erste Halbleiterschicht oder auf die Pufferstruktur und/oder auf das Aufwachssusbtrat relaxiert ist. Analog kann die erste Halbleiterschicht auf der Pufferstruktur beispielsweise
- 30 hinsichtlich deren Schichtdicke, Materialauswahl oder durch geeignetes Einstellen von Wachstumsparametern wie etwa Druck und Temperatur derart ausgebildet werden, dass die erste Halbleiterschicht bezüglich deren Gitterkonstante

insbesondere in Bezug auf die Pufferstruktur und/oder auf das Aufwachssusubtrat verspannt, insbesondere kompressiv verspannt ist.

- 5 Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens werden die Pufferstruktur und der Halbleiterkörper epitaktisch auf das Aufwachssubstrat abgeschieden. Ein vorgegebener Relaxationsgrad der aktiven Schicht kann durch Einstellen der Schichtdicke der jeweiligen Schicht und/oder durch Einstellen  
10 von Wachstumsparametern realisiert werden. Bevorzugt wird die aktive Schicht bereits beim Wachstum durch Ausbildung von sogenannten Misfitversetzungen relaxiert.

- Diese sogenannte plastische Relaxation kann zunächst  
15 thermisch aktiviert werden, wobei Misfitversetzungen durch Bildung von Gleitlinien erzeugt werden. Das makroskopische Verhalten bei fortgeschrittener Relaxation kann etwa mittels Röntgentopographie oder Röntgendiffraktometrie untersucht werden, bei der Schichtdicke und Gitterparameterabweichung  
20 der betreffenden Schicht von der Pufferstruktur oder von dem Aufwachssubstrat gemessen werden. Aus der Gitterparameterabweichung kann der Relaxationsgrad der jeweiligen Schichten bestimmt werden. Weitere Methoden zum Abbau von Verspannungen, etwa durch Ausbildung von Welligkeit  
25 oder durch Interdiffusion an der Wachstumsoberfläche einer Epitaxieschicht sind auch denkbar.

- Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens ist das Aufwachssubstrat strahlungsdurchlässig ausgebildet. Die erste  
30 Halbleiterschicht ist insbesondere eine n-dotierte Halbleiterschicht, wobei die erste Halbleiterschicht hinsichtlich deren Schichtdicke derart ausgebildet wird, dass diese als Filter für Strahlungsanteile mit Energien höher als

die Bandlücke der aktiven Schicht, etwa für Strahlungsanteile mit Wellenlängen insbesondere kleiner als 250 nm oder kleiner als 220 nm oder kleiner als 200 nm wirkt.

- 5 Das oben beschriebene Verfahren ist für die Herstellung eines vorstehend beschriebenen Bauelements besonders geeignet. Die im Zusammenhang mit dem Bauelement beschriebenen Merkmale können daher auch für das Verfahren herangezogen werden und umgekehrt.

10

Weitere Vorteile, bevorzugte Ausführungsformen und Weiterbildungen des Bauelements sowie des Verfahrens ergeben sich aus den im Folgenden in Verbindung mit den Figuren 1 bis 5 erläuterten Ausführungsbeispielen. Es zeigen:

15

Figur 1A ein Ausführungsbeispiel für ein Bauelement in schematischen Schnittansicht,

20

Figur 1B ein Ausführungsbeispiel für ein Bauelement in Draufsicht,

Figur 2A eine schematische Darstellung von Gitteranordnung bei Homoepitaxie,

25

Figur 2B eine schematische Darstellung von Gitteranpassung bei Heteroepitaxie,

Figur 2C eine schematische Darstellung von Gitterrelaxation bei Heteroepitaxie,

30

Figur 3 den Verlauf der E-Feldstärke entlang einer vertikalen Richtung bei unterschiedlichen Ausgestaltungen des Halbleiterkörpers,

Figur 4 eine Simulation der Stromempfindlichkeit (Englisch: Responsivity) des Bauelements bei einer vorderseitigen Detektierung, und

- 5 Figur 5 eine Simulation der Stromempfindlichkeit des Bauelements bei einer rückseitigen Detektierung.

Gleiche, gleichartige oder gleich wirkende Elemente sind in den Figuren mit gleichen Bezugszeichen versehen. Die Figuren  
10 sind jeweils schematische Darstellungen und daher nicht unbedingt maßstabsgetreu. Vielmehr können vergleichsweise kleine Elemente und insbesondere Schichtdicken zur Verdeutlichung übertrieben groß dargestellt werden.

- 15 Ein Ausführungsbeispiel für ein Bauelement 100 ist in Figur 1A schematisch in Schnittansicht dargestellt. In Figur 1B ist ein Bauelement 100 in Draufsicht schematisch dargestellt. Insbesondere ist in Figur 1A eine Schnittansicht des in der Figur 1B dargestellten Bauelements 100 entlang der Linie AA'.

20

- Das Bauelement 100 weist einen Träger 1 und einen auf dem Träger angeordneten Halbleiterkörper 2 auf. In der vertikalen Richtung ist eine Pufferstruktur 3 zwischen dem Träger 1 und dem Halbleiterkörper 2 angeordnet. Der Träger 1 ist etwa ein  
25 Aufwachssubstrat beispielsweise ein Saphirsubstrat. Bevorzugt ist der Träger 1 strahlungsdurchlässig. Das Bauelement 100 weist auf einer dem Träger 1 abgewandten Oberfläche des Halbleiterkörpers 2 eine Kontaktschicht 5 auf. Ein erster Kontakt 41 und ein zweiter Kontakt 42 zur elektrischen  
30 Kontaktierung des Bauelements 100 sind insbesondere unmittelbar auf der ersten Halbleiterschicht 1 bzw. auf der Kontaktschicht 5 angeordnet. Das Bauelement 100 weist eine Vorderseite 101 und eine der Vorderseite abgewandte Rückseite 102 auf. In der Figur 1A ist die Vorderseite 101 durch eine

freistehende Oberfläche 51 der Kontaktschicht 5 definiert. Die Rückseite 102 ist durch eine freistehende Oberfläche 11 des Trägers 1 gebildet. Das Bauelement 100 ist insbesondere als UV-Detektor-Chip ausgebildet. Sowohl der Träger 1 als  
5 auch die Kontaktschicht 5 können jeweils eine Strahlungsdurchtrittsfläche 11 bzw. 51 für die zu detektierende elektromagnetische Strahlung aufweisen.

Der Halbleiterkörper 2 weist eine erste Halbleiterschicht 21  
10 mit einer Schichtdicke  $T_1$ , eine zweite Halbleiterschicht 22 mit einer Schichtdicke  $T_2$  und eine zwischen der ersten und der zweiten Halbleiterschicht angeordnete aktive Schicht 23 mit einer Schichtdicke  $T_3$  auf. Die erste Halbleiterschicht 21 und die zweite Halbleiterschicht 22 sind insbesondere n- bzw.  
15 p-dotiert. Die aktive Schicht 23 ist bevorzugt intrinsisch, nämlich eigenleitend ausgebildet. Die aktive Schicht 23 ist etwa zur Detektion von elektromagnetischer Strahlung eingerichtet. Insbesondere weist das Bauelement 100 mit der zweiten Halbleiterschicht 22, der aktiven Schicht 23 und der  
20 ersten Halbleiterschicht 21 eine p-i-n-Diodenstruktur auf. Bevorzugt weist der Halbleiterkörper ein III-V-Halbleitermaterial auf oder besteht aus diesem. Beispielsweise weisen die erste Halbleiterschicht 21 und/oder die zweite Halbleiterschicht 22 und/oder die aktive Schicht  
25 23 eine auf AlGaN oder auf AlGaInN basierte Halbleiterschicht auf.

Der Halbleiterkörper 2 weist eine Übergangsschicht 24 mit einer Schichtdicke  $T_4$  auf. Die Übergangsschicht 24 ist  
30 insbesondere eine intrinsisch ausgebildete AlGaN-Schicht. Die Übergangsschicht 24 kann einen höheren Aluminiumanteil als die aktive Schicht 23 aufweisen. Die Übergangsschicht 24 ist in vertikaler Richtung zwischen der ersten Halbleiterschicht

21 und der aktiven Schicht 23 angeordnet. Die Übergangsschicht 24 kann jedoch auch optional sein.

Des Weiteren weist Halbleiterkörper 2 eine Anschlussschicht 25 mit einer Schichtdicke  $T_5$  zwischen der zweiten

5 Halbleiterschicht 22 und der Kontaktschicht 5 auf, wobei die Anschlussschicht 5 eine p-leitende Halbleiterschicht, etwa eine p-dotierte GaN-Schicht sein kann. Durch die Anschlussschicht 25 kann eine möglichst homogene Stromverteilung in der zweiten Halbleiterschicht 22 erzielt  
10 werden. Insbesondere stehen die Anschlussschicht 25 und die zweite Halbleiterschicht 22 im direkten mechanischen Kontakt.

Die Pufferschicht 3 weist gemäß Figur 1A eine erste

Teilschicht 31 und eine zweite Teilschicht 32 auf. Die

15 Pufferschicht 3 ist bevorzugt undotiert ausgebildet. Die Teilschichten der Pufferschicht 3 können verschiedene Materialzusammensetzungen und/oder verschiedene Aluminiumanteile aufweist. Insbesondere weist die erste Teilschicht 31, die zwischen dem Träger 1 und der zweiten  
20 Teilschicht 32 angeordnet ist, einen höheren Aluminiumanteil auf als die zweite Teilschicht 32. Zum Beispiel ist die erste Teilschicht 31 eine AlN-Schicht und die zweite Teilschicht 32 eine AlGaN-Schicht.

25 Besonders bevorzugt enthält die Kontaktschicht 5 ein transparentes leitfähiges Oxid (transparent conductive oxide, TCO). Transparente leitfähige Oxide sind transparente, leitfähige Materialien, in der Regel Metalloxide, wie beispielsweise Zinkoxid, Zinnoxid, Cadmiumoxid, Titanoxid,  
30 Indiumoxid oder Indiumzinnoxid (ITO). Insbesondere besteht die Kontaktschicht 5 aus Indiumzinnoxid. Abweichend von Figur 1A ist es auch möglich, dass das Bauelement 100 frei von einer Kontaktschicht aus einem transparenten leitfähigen Oxid

ist. In diesem Fall kann die Anschlussschicht 25 im Hinblick auf deren Dotierung und/oder Materialauswahl derart ausgebildet sein, dass die Anschlussschicht 25 als Kontaktschicht und/oder als Stromaufweitungsschicht für die  
5 zweite Halbleiterschicht 22 wirkt.

In Figur 1B ist das Bauelement 100 in Draufsicht auf dessen Vorderseite 101 schematisch dargestellt. In Draufsicht kann der Halbleiterkörper 2 eine Öffnung aufweisen, in der der  
10 erste Kontakt 41 angeordnet ist. Die Öffnung erstreckt sich entlang der vertikalen Richtung insbesondere von der Vorderseite 101 durch die Anschlussschicht 25, die zweite Halbleiterschicht 22, die aktive Schicht 23, die Übergangsschicht 24 hindurch in die erste Halbleiterschicht  
15 21. In allen lateralen Richtungen sind die Öffnung und damit auch der erste Kontakt 41 von dem Halbleiterkörper 2 umgeben. Der erste Kontakt 41 weist eine erste Kontaktstelle und einen ersten Kontaktfinger auf, der eine längliche Grundform aufweist und sich entlang einer lateralen Richtung von der  
20 Kontaktstelle weg erstreckt. Zur Erzielung einer gleichmäßigen Stromverteilung kann der erste Kontaktfinger eine Länge aufweisen, die etwa mindestens 30%, 50% oder mindestens 70% einer Breite oder einer Länge einer Oberfläche auf der Vorderseite 101 des Bauelements 100 beträgt.

25

Der zweite Kontakt 42 ist U-förmig ausgebildet und umschließt den ersten Kontakt 41 zumindest bereichsweise. In der Figur 1B weist der zweite Kontakt 42 eine Kontaktstelle und zwei weitere Kontaktfinger auf, die sich von der Kontaktstelle  
30 lateral weg erstrecken. Zur Erzielung einer gleichmäßigen Stromverteilung können die weiteren Kontaktfinger jeweils eine Länge aufweisen, die etwa mindestens 30%, 50% oder mindestens 70% der Breite oder Länge der Vorderseite 101 des

Bauelements 100 beträgt. Die Kontaktfinger können jeweils eine Breite aufweisen, die zum Beispiel zwischen einschließlich 1% und 5% der Breite oder Länge der Vorderseite 101 des Bauelements 100 beträgt. Zum Beispiel ist  
5 die Breite eines Kontaktfingers zwischen einschließlich 3  $\mu\text{m}$  und 10  $\mu\text{m}$ . Die Kontakte 41 und 42 bedecken insgesamt bevorzugt höchstens 10%, höchstens 5% oder höchstens 3% der Vorderseite des Bauelements 100. Abweichend von Figur 1B ist es auch möglich, dass der erste Kontakt 41 und/oder der  
10 zweite Kontakt 42 andere Formen aufweisen/aufweist.

Gemäß einer Ausführungsvariante können die erste Halbleiterschicht 21 und die aktive Schicht 23 derart ausgebildet sein, dass die erste Halbleiterschicht 21 n-  
15 dotiert und bezüglich deren Gitterkonstante in Bezug auf die Pufferstruktur 3 verspannt ist. Die erste Halbleiterschicht 21 und die Pufferstruktur 3 können denselben Gitterparameter, etwa denselben lateralen Gitterparameter aufweisen. Zum Beispiel kann die erste Halbleiterschicht 21 pseudomorph und  
20 epitaktisch auf die Pufferschicht 3 aufgebracht sein. In diesem Fall ist die erste Halbleiterschicht 21 in Bezug auf die Gitterstruktur 3 maximal verspannt. Es ist möglich, dass die erste Halbleiterschicht 21, die Übergangsschicht 24 und die Pufferstruktur 3 oder zumindest die zweite Teilschicht 32  
25 der Pufferstruktur 3 denselben lateralen Gitterparameter aufweisen. Auch ist es möglich, dass die erste Halbleiterschicht 21 in Bezug auf die Pufferstruktur 3 lediglich teilweise verspannt ist. In diesem Fall können die erste Halbleiterschicht 21 und die Pufferstruktur 3  
30 verschiedene Gitterparameter aufweisen.

Die aktive Schicht 23 ist hinsichtlich deren Gitterkonstante in Bezug auf die erste Halbleiterschicht 21 und/oder in Bezug

auf die Gitterstruktur 3 relaxiert, bevorzugt vollständig relaxiert. Die zweite Halbleiterschicht 22 kann hinsichtlich deren Gitterkonstante in Bezug auf die erste Halbleiterschicht 21 und/oder in Bezug auf die Gitterstruktur 3 relaxiert ausgebildet sein. Die zweite Halbleiterschicht 22 und/oder die Anschlussschicht 25 können/kann jedoch in Bezug auf die intrinsisch ausgebildete aktive Schicht 23 verspannt, insbesondere maximal verspannt sein.

10 In den Figuren 2A bis 2C sind beispielhafte Gitteranordnungen insbesondere entlang einer durch die Linie BB' angedeuteten Wachstumsgrenzoberfläche dargestellt.

Bei einer Homoepitaxie, bei der gleiches Material aufeinander  
15 aufgewachsen wird, sind die Gitterparameter benachbarter Schichten - wie in Figur 2A dargestellt - sowohl entlang vertikaler als auch lateraler Richtung identisch. Der Gitterparameter entspricht in der Regel der materialspezifischen Gitterkonstante der betreffenden  
20 Schicht, sodass keine mechanische Spannung innerhalb dieser Schichten auftritt.

Bei einer Heteroepitaxie, bei der zwei unterschiedliche Materialien aufeinander aufgewachsen werden, kann Verspannung  
25 auftreten. Wie in der Figur 2B dargestellt, können zwei verschiedene Schichten bei einem pseudomorphen Wachstum denselben lateralen Gitterparameter aufweisen. Die Kristallstruktur der oberen Schicht in der Figur 2B wird aufgrund der Gitteranpassung mit der Kristallstruktur der  
30 unteren Schicht in lateralen Richtungen zusammengepresst. Während der vertikale Gitterparameter in der Regel durch Querkontraktion entsprechend dem Poissongesetz gestaucht oder gezerzt wird, passt der laterale Gitterparameter der oberen

Schicht dem Gitterparameter bzw. der Gitterkonstante der unteren Schicht an. Die obere Schicht ist somit verspannt (Englisch: strained), insbesondere kompressiv verspannt.

- 5 In der Figur 2C wird dargestellt, dass die obere Schicht aufgrund von Defektbildungen an der Wachstumsgrenzoberfläche relaxiert ist (Englisch: relaxed). Bei einer vollständigen Relaxation entsprechen sowohl der vertikale als auch der laterale Gitterparameter in der Regel der
- 10 materialspezifischen Gitterkonstante der betreffenden Schicht.

Figur 3 zeigt verschiedene Feldstärkeverläufe des inneren elektrischen Feldes E entlang einer vertikalen Richtung Y bei

15 unterschiedlichen Ausgestaltungen des Halbleiterkörpers 2. Konkret zeigt die Figur 3 simulierte Feldstärkekurven C1, C2 und C3 für ein Bauelement 100 mit folgender Ausgestaltung:

| Schicht | Material | Dicke            | Al-Anteil [%] | Dotierung   | Konzentration [ $\cdot 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ ] |
|---------|----------|------------------|---------------|-------------|---------------------------------------------------|
| 25      | GaN      | 20 nm            | 0             | p-dotiert   | 1,8                                               |
| 22      | AlGaN    | 30 nm            | 20            | p-dotiert   | 1,8                                               |
| 23      | AlGaN    | 250 nm           | 20            | intrinsisch |                                                   |
| 24      | AlGaN    | 20 nm            | 60            | intrinsisch |                                                   |
| 21      | AlGaN    | 265 nm           | 60            | n-dotiert   | 1,2                                               |
| 32      | AlGaN    | 115 nm           | 80            | keine       |                                                   |
| 31      | AlN      | 110 nm           | 100           | keine       |                                                   |
| 1       | Saphir   | 82 $\mu\text{m}$ | 0             | keine       |                                                   |

- 20 Das Bauelement 100 weist in diesem Fall eine laterale Breite von circa 500  $\mu\text{m}$  und eine laterale Länge von circa 830  $\mu\text{m}$  auf, wobei zur Darstellung der Kurven C1, C2 und C3 die

Feldstärke entlang einer in der Figur 3 dargestellten Schnittlinie DD', die circa 158  $\mu\text{m}$  von einer Kante des Bauelements 100 lateral beabstandet ist, bestimmt wird. Die Kurve C1 zeigt den Feldstärkeverlauf entlang der vertikalen Richtung Y für den Fall, dass die erste Halbleiterschicht 21, die Übergangsschicht 24, die aktive Schicht 23 und die zweite Halbleiterschicht 22 in Bezug auf die erste Pufferschicht 31 verspannt sind. Die Kurve C2 zeigt den Feldstärkeverlauf entlang der vertikalen Richtung Y für den Fall, dass die erste Halbleiterschicht 21, die Übergangsschicht 24, die aktive Schicht 23 und die zweite Halbleiterschicht 22 relaxiert sind. Die Kurve C3 zeigt den Feldstärkeverlauf entlang der vertikalen Richtung Y für den Fall, dass die erste Halbleiterschicht 21 und die Übergangsschicht 24 in Bezug auf die erste Pufferschicht 31 kompressiv verspannt sind, die zweite Halbleiterschicht 22 bezüglich der aktiven Schicht 23 tensil verspannt ist, während die aktive Schicht 23 vollständig relaxiert ist.

Anhand der in der Figur 3 dargestellten Kurvenverläufe wird deutlich, dass die Verspannung beziehungsweise die Relaxation der einzelnen Schichten des Halbleiterkörpers 2 großen Einfluss auf die Feldstärke und Feldstärkeverteilung des inneren elektrischen Feldes im Bereich der aktiven Schicht 23 haben. Innerhalb der aktiven Schicht 23 (siehe die Vergrößerung dieses Bereiches in der Figur 3) weist das innere elektrische Feld einen Mittelwert von  $-2,96 \cdot 10^3 \text{ V/cm}$  für C1, einen Mittelwert von  $1,17 \cdot 10^4 \text{ V/cm}$  für C2 und einen Mittelwert von  $1,26 \cdot 10^5 \text{ V/cm}$  für C3 auf. Im Fall C1 wird der Transport von photoelektrisch generierten Ladungsträgern, nämlich von Elektron-Loch-Paaren zu den entsprechenden Halbleiterschichten, von dem inneren elektrischen Feld aufgrund der ungünstigen Ausrichtung des Feldes eher

verhindert. Im Fall C3, bei dem die erste Halbleiterschicht 21 verspannt und die aktive Schicht 23 relaxiert ist, ist der Mittelwert des inneren elektrischen Feldes im Bereich der aktiven Schicht 23 im Vergleich zum Fall C2 um eine  
5 Größenordnung also circa um Faktor 10 vergrößert. Dies führt zu einem besonders effizienten Transport von den in der aktiven Schicht 23 generierten Ladungsträgern, wodurch die Empfindlichkeit des Bauelements 100 erhöht ist.

10 Es werden in Figur 4 verschiedene Simulationen der Stromempfindlichkeit R (Englisch: Responsivity) des Bauelements 100 hinsichtlich der Wellenlänge  $\lambda$  bei einer vorderseitigen Detektierung von UV-Strahlung, nämlich über die Vorderseite 101, links linear und rechts logarithmisch  
15 dargestellt.

In der Figur 4 dargestellt sind ein Verlauf R-IQE der theoretischen Stromempfindlichkeit, wenn die interne Quanteneffizienz (IQE) 100% beträgt, ein Verlauf R-EQE der  
20 theoretischen Stromempfindlichkeit, wenn die externe Quanteneffizienz (EQE) 100% beträgt sowie Verläufe R1, R2 und R3 der Stromempfindlichkeit des Bauelements 100 jeweils in Abhängigkeit von der Wellenlänge  $\lambda$  dargestellt. Für die Simulation der Kurven R1, R2 und R3 wurden dieselbe Parameter  
25 wie für die in der Figur 3 dargestellten Kurven C1, C2 beziehungsweise C3 zugrunde gelegt. Bei der Simulation wurde die Kontaktschicht 5 nicht berücksichtigt.

Anhand der Kurvenverläufe R1, R2 und R3 wird deutlich, dass  
30 sich bei dem Bauelement 100 eine hohe Stromempfindlichkeit R bei Wellenlängen kleiner als 350 nm, insbesondere kleiner als 325 nm lediglich für den Fall für die Kurve R3, bei dem die erste Halbleiterschicht 21 verspannt und die aktive Schicht

23 relaxiert ist, erzielen lässt. Die Stromempfindlichkeit R bei der Kurve R3 erreicht circa 50% des theoretisch bestmöglichen Wertes. Dies ist auf die hohe Feldstärke des inneren elektrischen Feldes im Bereich der aktiven Schicht 23 zurückzuführen.

In den anderen Fällen R1 und R2, bei den sowohl die erste Halbleiterschicht 21, die zweite Halbleiterschicht 22 als auch die aktive Schicht 23 entweder alle verspannt oder alle relaxiert sind, ist die Stromempfindlichkeit R des Bauelements 100 - wie anhand der Kurvenverläufe R1 und R2 verdeutlicht - offenbar aufgrund der geringen Feldstärke des inneren elektrischen Feldes im Bereich der aktiven Schicht 23 stark reduziert.

15

Es werden in Figur 5 Simulation der Stromempfindlichkeit R3 des Bauelements 100 bei einer vorderseitigen Detektierung von UV-Strahlung und Simulation der Stromempfindlichkeit R3b des Bauelements 100 bei einer rückseitigen Detektierung von UV-Strahlung, nämlich über die Rückseite 102, links linear und rechts logarithmisch dargestellt.

20

Die in der Figur 5 dargestellte Kurve R3 für die Stromempfindlichkeit des Bauelements 100 bei einer vorderseitigen Detektierung entspricht der in der Figur 4 dargestellten Kurve R3. Aus der Kurve R3b für die Stromempfindlichkeit des Bauelements 100 bei einer rückseitigen Detektierung wird deutlich, dass das Bauelement 100 als schmalbandiger Photodetektor für UV-Strahlung ausgestaltet werden kann. Dieser Effekt ist auf die Ausgestaltung der ersten Halbleiterschicht, nämlich der n-dotierten AlGaN-Schicht, als Filterschicht für kürzere Wellenlängen, in diesem Fall für Wellenlängen kleiner als 250

25

30

nm, zurückzuführen. Ein schmalbandiger Photodetektor mit einer Stromempfindlichkeitsbreite von circa 100 nm kann somit realisiert werden.

- 5 Der Figur 5 kann außerdem entnommen werden, dass im Vergleich zu der vorderseitigen Detektierung das Bauelement 100 bei der rückseitigen Detektierung eine höhere Stromempfindlichkeit bei Wellenlängen zwischen circa 250 nm und 350 nm aufweist. Dieser Effekt kann dadurch erklärt werden, dass UV-Strahlung  
10 bei der rückseitigen Detektierung nicht durch die zweite Halbleiterschicht 22 und die Anschlussschicht 25, nämlich nicht durch die p-dotierte GaN sowie p-dotierte AlGaN, hindurch treten muss und dabei teilweise absorbiert wird. Zur Erzielung eines schmalbandigen UV-Detektor mit einer  
15 verbesserten Effizienz ist es daher auch denkbar, dass das Bauelement 100 derart ausgestaltet ist, dass eingekoppelte elektromagnetische Strahlung zunächst durch die erste p-dotierte Halbleiterschicht 21 etwa aus AlGaN hindurchtritt bevor sie von der aktiven Schicht 23 zur Erzeugung von  
20 Ladungsträgerpaaren absorbiert wird. Es ist also auch möglich, dass das Aufwachssubstrat 1 von dem Halbleiterkörper 2 entfernt oder derart gedünnt ist, dass das Bauelement 100 frei oder im Wesentlichen frei von einem Aufwachssubstrat ist. In diesem Fall kann das Bauelement als Dünnschicht-  
25 Detektorchip oder als Detektorflipchip ausgestaltet sein.

- Durch Ausbildung einer relaxierten und insbesondere intrinsisch ausgebildeten aktiven Schicht und/oder einer mechanisch verspannten, insbesondere an die aktive Schicht  
30 angrenzenden dotierten Halbleiterschicht können die Empfindlichkeit und Effizienz eines Bauelements signifikant erhöht werden. Aufgrund der verbesserten Empfindlichkeit und Effizienz kann das Bauelement kleiner, kompakter und

insbesondere kostengünstiger hergestellt werden. Wird die Halbleiterschicht zudem als Filter etwa für hochenergetische Anteile der zu detektierenden elektromagnetischen Strahlung ausgebildet, kann die Wellenlängenselektivität des

5 Bauelements derart eingestellt werden, dass das Bauelement etwa als schmalbandiger Detektor ausgestaltet ist.

Es wird die Priorität der deutschen Patentanmeldung 10 2016 110 041.2 beansprucht, deren Offenbarungsgehalt hiermit durch  
10 Rückbezug aufgenommen wird.

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

## Bezugszeichenliste

|    |     |                                            |
|----|-----|--------------------------------------------|
|    | 100 | Bauelement                                 |
|    | 101 | Vorderseite des Bauelements                |
| 5  | 102 | Rückseite des Bauelements                  |
|    | 1   | Träger/ Aufwachssubstrat                   |
|    | 11  | Oberfläche des Trägers                     |
| 10 | 2   | Halbleiterkörper                           |
|    | 21  | erste Halbleiterschicht                    |
|    | 22  | zweite Halbleiterschicht                   |
|    | 23  | aktive Schicht                             |
|    | 24  | Übergangsschicht                           |
| 15 | 25  | Anschlussschicht                           |
|    | 3   | Pufferschicht                              |
|    | 31  | erste Teilschicht der Pufferschicht        |
|    | 32  | zweite Teilschicht der Pufferschicht       |
| 20 |     |                                            |
|    | 41  | erster Kontakt                             |
|    | 42  | zweiter Kontakt                            |
|    | 5   | Kontaktschicht                             |
| 25 | 51  | Oberfläche der Kontaktschicht              |
|    | T1  | Schichtdicke der ersten Halbleiterschicht  |
|    | T2  | Schichtdicke der zweiten Halbleiterschicht |
|    | T3  | Schichtdicke der aktiven Schicht           |
| 30 | T4  | Schichtdicke der Übergangsschicht          |
|    | T5  | Schichtdicke der Anschlussschicht          |

## Patentansprüche

1. Bauelement (100) zum Detektieren von  
Ultraviolettstrahlung mit einem Halbleiterkörper (2), der  
5 eine erste Halbleiterschicht (21) eines ersten  
Ladungsträgertyps, eine zweite Halbleiterschicht (22) eines  
zweiten Ladungsträgertyps und eine dazwischen liegende  
aktive Schicht (23) aufweist, wobei

- der Halbleiterkörper auf  $\text{Al}_m\text{Ga}_{1-n-m}\text{In}_n\text{N}$  mit  $0 \leq n \leq 1$ ,  $0 \leq$   
10  $m \leq 1$  und  $n+m < 1$  basiert ist,

- die erste Halbleiterschicht n-dotiert ist,

- die zweite Halbleiterschicht p-dotiert ist,

- die aktive Schicht hinsichtlich deren  
Materialzusammensetzung derart ausgebildet ist, dass im

15 Betrieb des Bauelements eintreffende  
Ultraviolettstrahlung von der aktiven Schicht zur  
Erzeugung von Ladungsträgerpaaren absorbiert wird, und

- die aktive Schicht bezüglich deren Gitterkonstante  
relaxiert ist.

20 2. Bauelement nach Anspruch 1,  
das ein UV-Detektor-Chip ist, und zur Erzielung eines hohen  
inneren elektrischen Feldes innerhalb der aktiven Schicht  
(23) die erste Halbleiterschicht (21) bezüglich deren  
25 Gitterkonstante verspannt ist und die aktive Schicht  
bezüglich deren Gitterkonstante relaxiert ist, wobei die  
erste Halbleiterschicht einen Relaxationsgrad kleiner als 0,5  
und die aktive Schicht einen Relaxationsgrad von mindestens  
0,3 aufweist.

30 3. Bauelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
bei dem zur Erhöhung des inneren elektrischen Feldes

- die erste Halbleiterschicht (21) bezüglich einer darunter liegenden Pufferschicht (31) kompressiv verspannt ist,
- die zweite Halbleiterschicht (22) bezüglich der aktiven Schicht (23) tensil verspannt ist, und
- die relaxierte aktive Schicht zwischen der kompressiv verspannten ersten Halbleiterschicht und der tensil verspannten zweiten Halbleiterschicht angeordnet ist.

10 4. Bauelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die aktive Schicht (23) intrinsisch ausgebildet ist.

5. Bauelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die erste Halbleiterschicht (21) bezüglich deren Gitterkonstante verspannt ist.

6. Bauelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die zweite Halbleiterschicht (22) bezüglich deren Gitterkonstante verspannt ist oder zumindest bereichsweise denselben Gitterparameter aufweist als die aktive Schicht (23).

7. Bauelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die aktive Schicht (23) vollständig relaxiert ist.

8. Bauelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die erste Halbleiterschicht (21) und die aktive Schicht (23) jeweils auf  $\text{Al}_m\text{Ga}_{1-n-m}\text{In}_n\text{N}$  mit  $0 \leq n \leq 1$ ,  $0 < m \leq 1$  und  $n+m < 1$  basiert sind, wobei die erste Halbleiterschicht einen höheren Aluminiumanteil aufweist als die aktive Schicht.

9. Bauelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

bei dem sowohl die erste Halbleiterschicht (21) als auch die zweite Halbleiterschicht (22) auf  $\text{Al}_m\text{Ga}_{1-n-m}\text{In}_n\text{N}$  mit  $0 \leq n \leq 1$ ,  $0 < m \leq 1$  und  $n+m < 1$  basiert sind, wobei die erste Halbleiterschicht einen höheren Aluminiumanteil aufweist als die zweite Halbleiterschicht.

10. Bauelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die erste Halbleiterschicht (21), die zweite Halbleiterschicht (22) und die aktive Schicht (23) jeweils auf  $\text{Al}_m\text{Ga}_{1-n-m}\text{In}_n\text{N}$  mit  $0 \leq n \leq 1$ ,  $0 < m \leq 1$  und  $n+m < 1$  basiert sind, wobei die erste Halbleiterschicht einen Aluminiumanteil aufweist, der mindestens doppelt so hoch ist wie ein Aluminiumanteil der zweiten Halbleiterschicht und/oder der aktiven Schicht.

11. Bauelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die aktive Schicht (23) und die erste Halbleiterschicht (21) hinsichtlich deren Schichtdicken und Aluminiumanteile derart ausgebildet sind, dass die erste Halbleiterschicht bezüglich deren Gitterkonstante verspannt bleibt und die aktive Schicht bezüglich deren Gitterkonstante zumindest teilweise relaxiert ist, wobei die aktive Schicht eine größere Schichtdicke und/oder einen geringeren Aluminiumanteil aufweist als die erste Halbleiterschicht.

12. Bauelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die zweite Halbleiterschicht (22) eine geringere Schichtdicke, einen geringeren Aluminiumanteil und eine höhere Dotierkonzentration aufweist als die erste Halbleiterschicht (21).

13. Bauelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

bei dem der Halbleiterkörper (2) auf eine Pufferstruktur (3) aufgewachsen ist, wobei

- die erste Halbleiterschicht (21) an die Pufferstruktur angrenzt,
- 5    - die Pufferstruktur auf  $\text{Al}_m\text{Ga}_{1-m}\text{N}$  mit  $0 \leq m \leq 1$  basiert und undotiert ist, und
- die erste Halbleiterschicht und die Pufferstruktur zumindest an deren gemeinsamer Grenzfläche denselben lateralen Gitterparameter aufweisen.

10

14. Bauelement nach dem vorhergehenden Anspruch, bei dem ein mittlerer Aluminiumanteil von der Pufferstruktur (3) über die erste Halbleiterschicht (21), die aktive Schicht (23) und zu der zweiten Halbleiterschicht (22) hin monoton  
15 abnimmt.

15. Bauelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, das einen strahlungsdurchlässigen Träger (1) und eine strahlungsdurchlässige Kontaktschicht (5) aufweist, wobei

- 20    - der Halbleiterkörper (2) zwischen dem Träger und der Kontaktschicht angeordnet ist,
- die Kontaktschicht aus einem transparenten elektrisch leitfähigen Oxid gebildet ist, und
- der Träger und die Kontaktschicht jeweils eine  
25    Strahlungsdurchtrittsfläche (11, 51) des Bauelements aufweisen.

16. Bauelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die erste Halbleiterschicht (21) eine n-dotierte  
30 AlGaIn-Schicht ist, die aktive Schicht (23) eine intrinsisch ausgebildete AlGaIn-Schicht oder AlGaInN ist und eine Übergangsschicht (24) aus AlGaIn oder AlGaInN zwischen der

ersten Halbleiterschicht und der aktiven Schicht angeordnet ist, wobei

- die Übergangsschicht intrinsisch ausgebildet ist,
- die Übergangsschicht einen Aluminiumanteil aufweist, der  
5       mindestens doppelt so hoch ist wie ein Aluminiumanteil  
      der aktiven Schicht, und
- die Übergangsschicht eine Schichtdicke aufweist, die  
      höchstens 30% einer Schichtdicke der aktiven Schicht  
      beträgt.

10

17. Verfahren zur Herstellung eines Bauelements nach einem der vorhergehenden Ansprüche mit folgenden Schritten:

- Bereitstellen eines Aufwachssubstrats (1);
- Aufbringen einer Pufferstruktur (3) auf das  
15       Aufwachssubstrat;
- Aufbringen des Halbleiterkörpers (2) mit der ersten  
      Halbleiterschicht (21), der aktiven Schicht (23) und der  
      zweiten Halbleiterschicht (22) in der genannten  
      Reihenfolge auf die Pufferstruktur; und
- 20       - Ausbilden der aktiven Schicht auf der ersten  
      Halbleiterschicht derart, dass die aktive Schicht  
      bezüglich deren Gitterkonstante relaxiert ist.

18. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch,  
25       bei dem die Pufferstruktur (3) und der Halbleiterkörper (2)  
      epitaktisch auf das Aufwachssubstrat (1) abgeschieden werden,  
      wobei ein vorgegebener Relaxationsgrad der aktiven Schicht  
      (23) durch Einstellen derer Schichtdicke und/oder durch  
      Einstellen von Wachstumsparametern realisiert wird.

30

19. Verfahren nach Anspruch 17 oder 18,  
      bei dem

- das Aufwachssubstrat (1) strahlungsdurchlässig ausgestaltet ist, und
- die erste Halbleiterschicht (21) hinsichtlich deren Schichtdicke derart ausgebildet wird, dass diese als  
5 Filter für Strahlungsanteile mit Energien höher als die Bandlücke der aktiven Schicht wirkt.

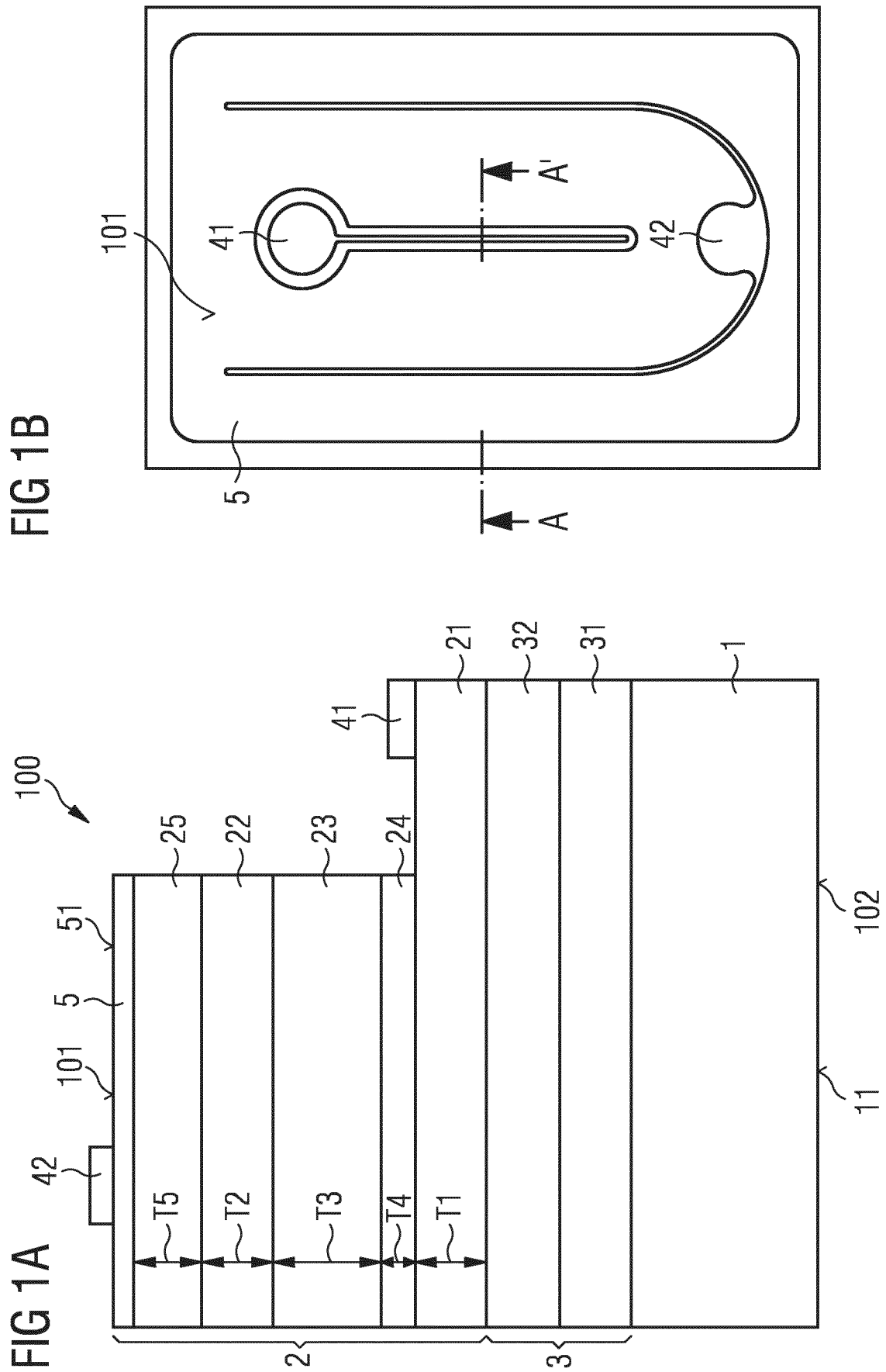


FIG 2A

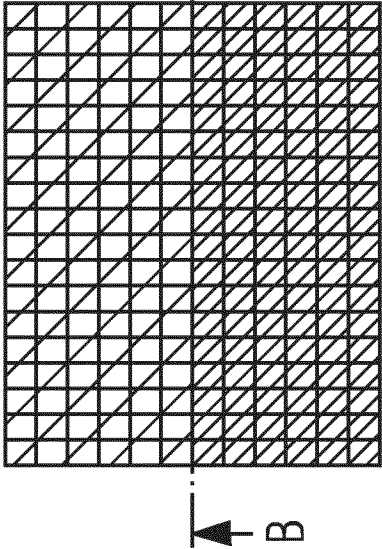


FIG 2B

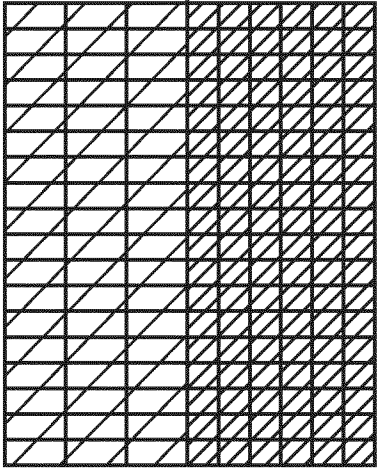
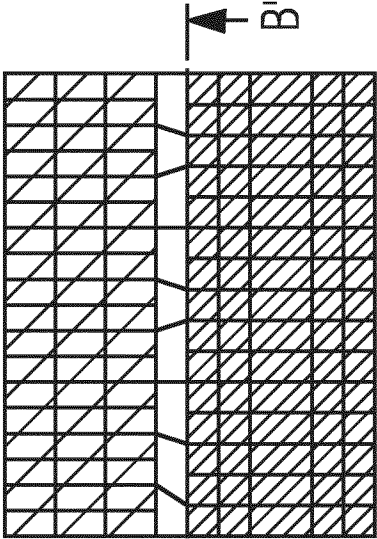


FIG 2C



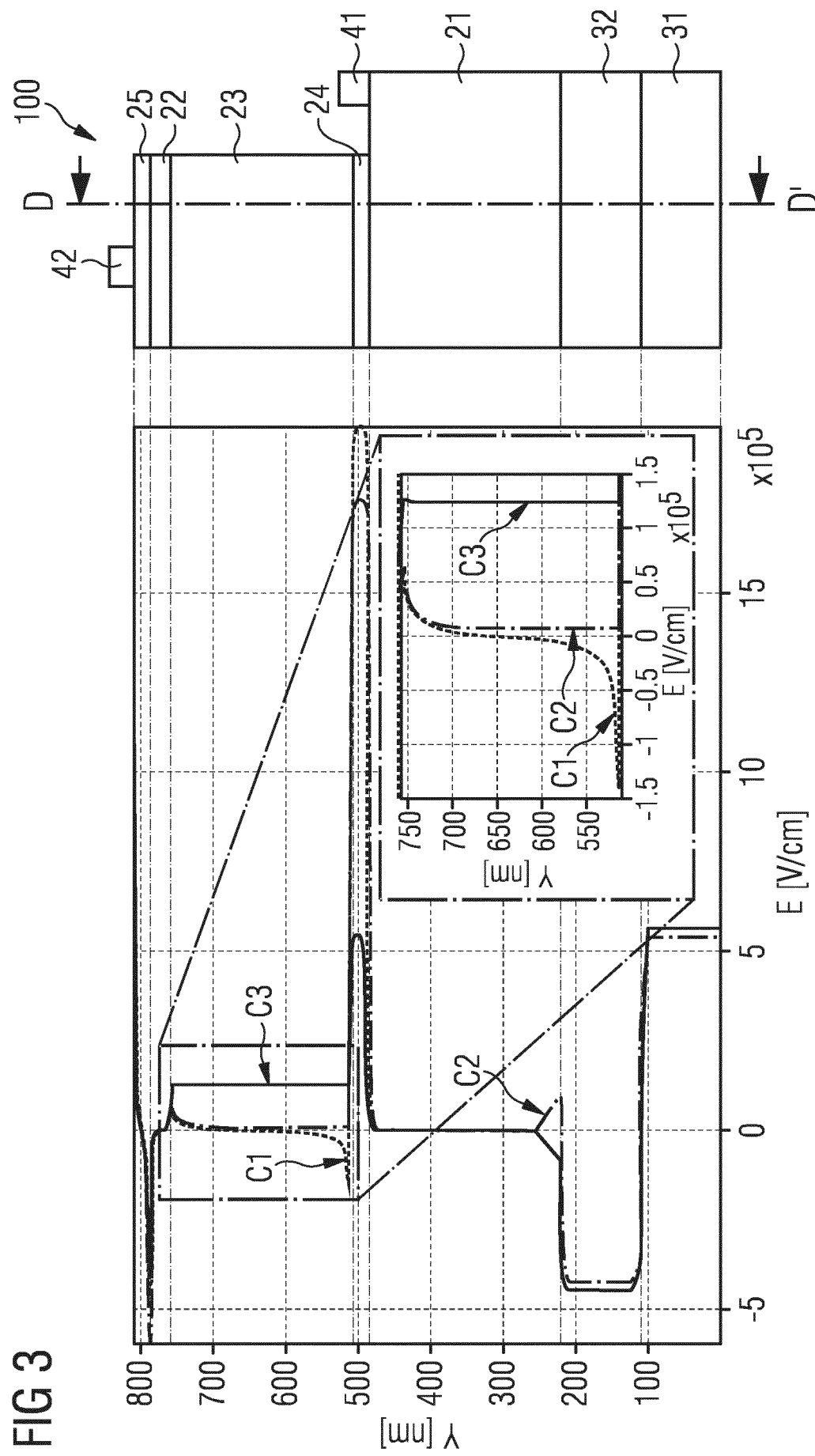


FIG 4

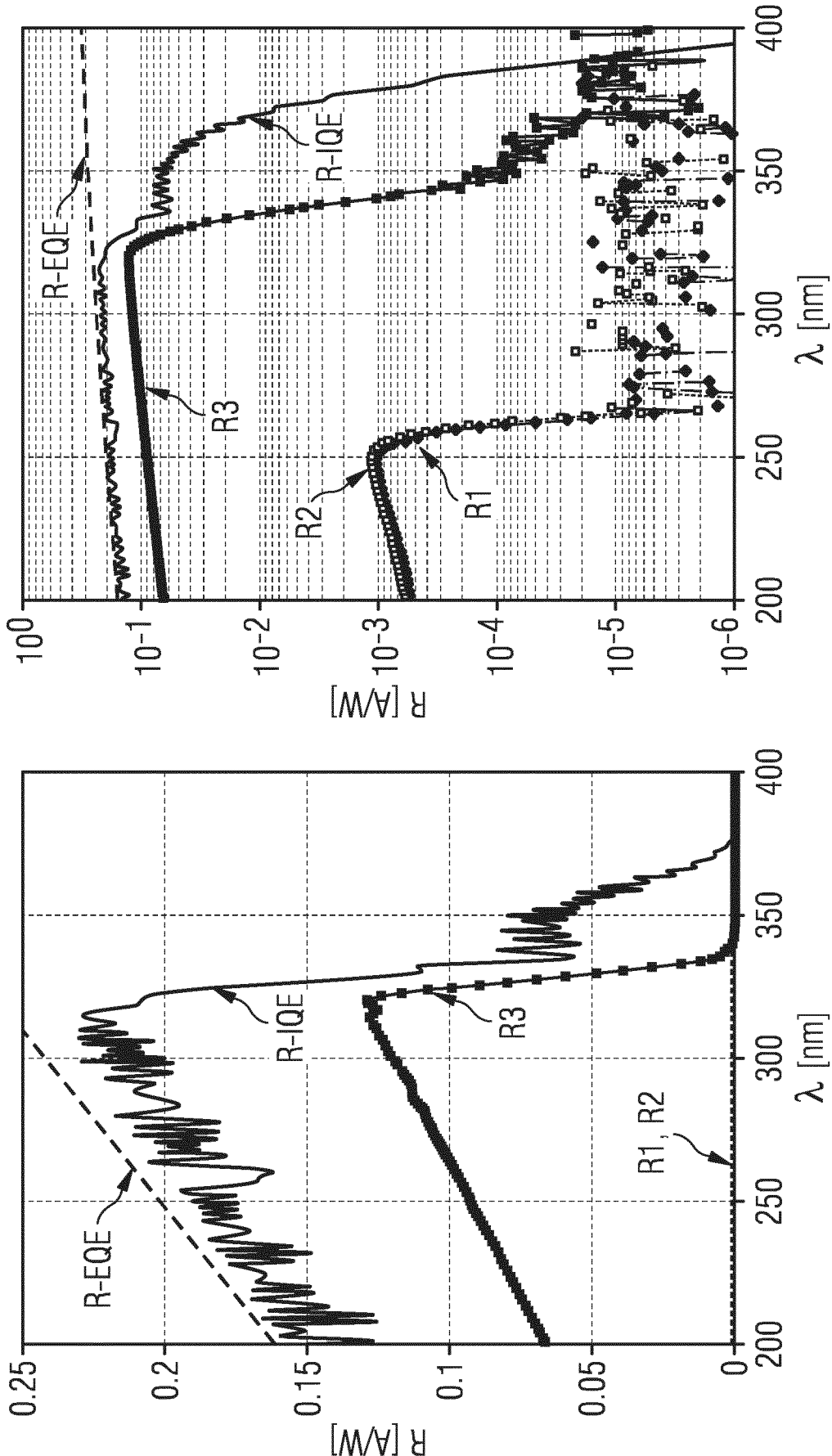
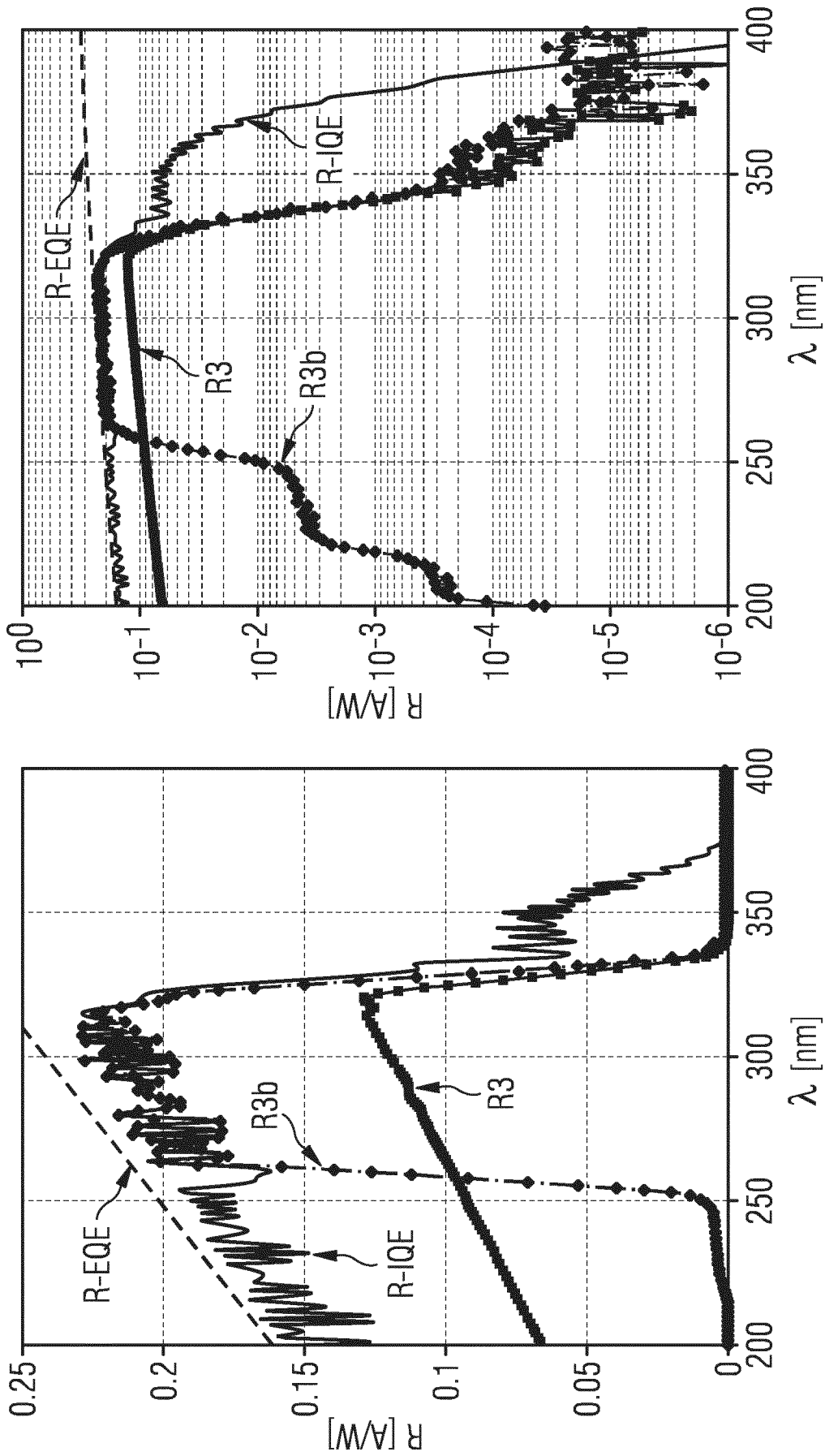


FIG 5



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP2017/062784

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
INV. H01L31/0304 H01L31/105  
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.  |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|
| X         | CN 101 188 256 A (UNIV XIAMEN [CN])<br>28 May 2008 (2008-05-28)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 1,4,<br>6-10,<br>12-19 |
| A         | page 1 - page 3; figure 1<br>-----                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 2,3,5,11               |
| A         | MCCLINTOCK R ET AL: "High quantum<br>efficiency AlGaIn solar-blind p-i-n<br>photodiodes",<br>APPLIED PHYSICS LETTERS, A I P PUBLISHING<br>LLC, US,<br>vol. 84, no. 8,<br>23 February 2004 (2004-02-23), pages<br>1248-1250, XP012062145,<br>ISSN: 0003-6951, DOI: 10.1063/1.1650550<br>page 1248, column 1, line 18 - page 1249,<br>column 1, line 37; figure 1<br>-----<br>-/- | 1-16                   |



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

21 June 2017

Date of mailing of the international search report

18/07/2017

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

Franssen, Gijs

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP2017/062784

| C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                       |
|------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Category*                                            | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Relevant to claim No. |
| A                                                    | LIAN-HONG YANG ET AL: "Polarization enhanced photoresponse of AlGaIn p-i-n photodetectors : Enhanced photoresponse of AlGaIn detectors",<br>PHYSICA STATUS SOLIDI. A: APPLICATIONS AND MATERIALS SCIENCE,<br>vol. 212, no. 3, 1 March 2015 (2015-03-01)<br>, pages 698-702, XP055383341,<br>DE<br>ISSN: 1862-6300, DOI:<br>10.1002/pssa.201431506<br>section 1<br>section 2;<br>figure 1<br>section 3;<br>figure 2 | 1-16                  |
| A                                                    | -----<br>CN 102 214 705 B (UNIV XIDIAN)<br>3 April 2013 (2013-04-03)<br>figure 1<br>-----                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 1-16                  |

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2017/062784

| Patent document<br>cited in search report |   | Publication<br>date | Patent family<br>member(s) | Publication<br>date |
|-------------------------------------------|---|---------------------|----------------------------|---------------------|
| CN 101188256                              | A | 28-05-2008          | NONE                       |                     |
| -----                                     |   |                     |                            |                     |
| CN 102214705                              | B | 03-04-2013          | NONE                       |                     |
| -----                                     |   |                     |                            |                     |

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
INV. H01L31/0304 H01L31/105  
ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
H01L

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

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

| Kategorie* | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Betr. Anspruch Nr.     |
|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|
| X          | CN 101 188 256 A (UNIV XIAMEN [CN])<br>28. Mai 2008 (2008-05-28)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 1,4,<br>6-10,<br>12-19 |
| A          | Seite 1 - Seite 3; Abbildung 1<br>-----                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 2,3,5,11               |
| A          | MCCLINTOCK R ET AL: "High quantum<br>efficiency AlGaIn solar-blind p-i-n<br>photodiodes",<br>APPLIED PHYSICS LETTERS, A I P PUBLISHING<br>LLC, US,<br>Bd. 84, Nr. 8,<br>23. Februar 2004 (2004-02-23), Seiten<br>1248-1250, XP012062145,<br>ISSN: 0003-6951, DOI: 10.1063/1.1650550<br>Seite 1248, Spalte 1, Zeile 18 - Seite<br>1249, Spalte 1, Zeile 37; Abbildung 1<br>-----<br>-/- | 1-16                   |



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 er-  
scheinen 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

21. Juni 2017

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

18/07/2017

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

Franssen, Gijs

| C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                    |
|-------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| Kategorie*                                            | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Betr. Anspruch Nr. |
| A                                                     | LIAN-HONG YANG ET AL: "Polarization enhanced photoresponse of AlGaIn p-i-n photodetectors : Enhanced photoresponse of AlGaIn detectors",<br>PHYSICA STATUS SOLIDI. A: APPLICATIONS AND MATERIALS SCIENCE,<br>Bd. 212, Nr. 3, 1. März 2015 (2015-03-01),<br>Seiten 698-702, XP055383341,<br>DE<br>ISSN: 1862-6300, DOI:<br>10.1002/pssa.201431506<br>section 1<br>section 2;<br>Abbildung 1<br>section 3;<br>Abbildung 2<br><br>----- | 1-16               |
| A                                                     | CN 102 214 705 B (UNIV XIDIAN)<br>3. April 2013 (2013-04-03)<br>Abbildung 1<br><br>-----                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 1-16               |

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2017/062784

| Im Recherchenbericht<br>angeführtes Patentdokument | Datum der<br>Veröffentlichung | Mitglied(er) der<br>Patentfamilie | Datum der<br>Veröffentlichung |
|----------------------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| CN 101188256                                       | A                             | 28-05-2008                        | KEINE                         |
| CN 102214705                                       | B                             | 03-04-2013                        | KEINE                         |