

(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  
27. April 2017 (27.04.2017)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2017/067632 A1**

- (51) Internationale Patentklassifikation:  
*H01L 31/0687* (2012.01) *H01L 31/0304* (2006.01)  
*H01L 31/0693* (2012.01) *H01L 31/02* (2006.01)
- (74) Anwalt: **MÜLLER, Koch;**  
PATENTANWALTSGESELLSCHAFT MBH,  
Maaßstrasse 32/1, D-69123 Heidelberg (DE).
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2016/001638
- (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, 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, 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.
- (22) Internationales Anmeldedatum:  
4. Oktober 2016 (04.10.2016)
- (81) 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,
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:  
10 2015 013 514.7  
20. Oktober 2015 (20.10.2015) DE
- (71) Anmelder: **AZUR SPACE SOLAR POWER GMBH**  
[DE/DE]; Theresienstrasse 2, 74072 Heilbronn (DE).
- (72) Erfinder: **GUTER, Wolfgang**; Landhausstraße 56, 70190 Stuttgart (DE). **FUHRMANN, Daniel**; Bei dem Schloss 16, 74081 Heilbronn (DE). **PEPER, Christoph**; Geibelstraße 69, 30173 Hannover (DE).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: OPTICAL RECEIVER COMPONENT

(54) Bezeichnung : OPTISCHER EMPFÄNGERBAUSTEIN

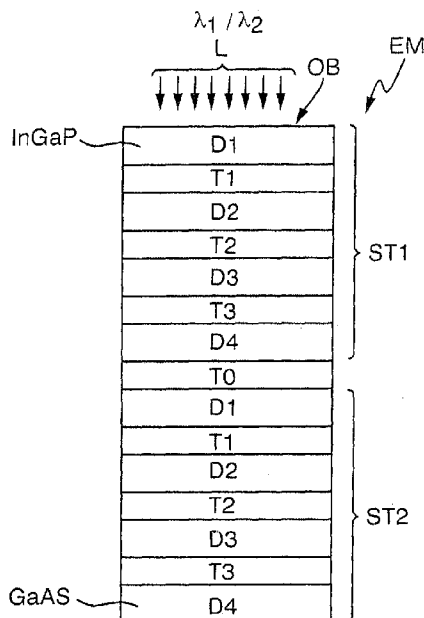


Fig. 2

(57) Abstract: An optical receiver component, wherein the receiver component comprises a first type of partial-voltage source with a first absorption edge and a second type of partial-voltage source with a second absorption edge, and the first absorption edge lies at a higher energy than the second absorption edge, and each partial-voltage source produces a partial voltage provided a photon flux at a specific wavelength impinges on the partial-voltage source, and the two partial-voltage sources are connected in series, wherein provision is made of a first number N1 of series-connected sub-partial-voltage sources of the first type and a second number N2 of series-connected sub-partial-voltage sources of the second type, and the respective deviation of the source voltages of the sub-partial-voltage sources among themselves is less than 20% in both types, and a tunnel diode is formed between in each case two successive sub-partial-voltage sources, wherein the sub-partial-voltage sources and the tunnel diodes of each type are monolithically integrated in a stack-shaped manner. Fig. 2

(57) Zusammenfassung: Optischer Empfängerbaustein, wobei der Empfängerbaustein eine erste Art von Teilspannungsquelle mit einer ersten Absorptionskante und eine zweite Art von Teilspannungsquelle mit einer zweiten Absorptionskante aufweist, und die erste Absorptionskante bei einer höheren Energie liegt als die zweite Absorptionskante, und jede der Teilspannungsquelle

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2017/067632 A1



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)

---

eine Teilspannung erzeugt, sofern auf die Teilspannungsquelle ein Photonenstrom mit einer bestimmten Wellenlänge trifft, und die beiden Teilspannungsquellen in Serie verschaltet sind, wobei von der ersten Art eine erste Anzahl N1 von zueinander in Serie geschalteten Unterteilspannungsquellen und von der zweiten Art eine zweite Anzahl N2 von zueinander in Serie geschalteten Unterteilspannungsquellen vorgesehen ist, und bei beiden Arten die jeweilige Abweichung der Quellenspannungen der Unterteilspannungsquellen untereinander kleiner als 20% ist, und zwischen jeweils zwei aufeinanderfolgenden Unterteilspannungsquellen eine Tunnelodiode ausgebildet ist, wobei die Unterteilspannungsquellen und die Tunnelioden einer jeden Art stapelförmig monolithisch integriert sind.

## Optischer Empfängerbaustein

Die Erfindung betrifft einen optischen Empfängerbaustein.

5 Ein optischer Empfängerbaustein ist aus der DE 103 50 112 A1 bekannt. Des Weiteren sind aus der US 4 127 862, der US 6 239 354 B1, der DE 10 2010 001 420 A1, aus Nader M. Kalkhoran, et al, "Cobalt disilicide intercell ohmic contacts for multijunction photovoltaic energy converters", Appl. Phys. Lett. 64, 1980 (1994) und aus A. Bett et al, "III-V Solar cells under monochromatic illumination", Photovoltaic Specialists Conference, 2008, PVSC '08. 33rd  
10 IEEE, Seite 1-5, ISBN:978-1-4244-1640-0 weitere optische Empfängerbausteine und skalierbare Spannungsquellen aus III-V Materialien bekannt.

Ferner sind weitere optische Empfängerbausteine aus der US 4 996 577 be-  
15 kannt. Auch aus der US 2006 /0048811 A1, der US 8 350 208 B1 und der WO 2013/067969 A1 sind optische Bauelemente bekannt.

Vor diesem Hintergrund besteht die Aufgabe der Erfindung darin, eine Vor-  
richtung anzugeben, die den Stand der Technik weiterbildet.

20 Die Aufgabe wird durch einen optischen Empfängerbaustein mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand von Unteransprüchen.

25 Gemäß dem Gegenstand der Erfindung weist ein optischer Empfängerbaustein eine erste Art von Teilspannungsquelle mit einer ersten Absorptionskante und eine zweite Art von Teilspannungsquelle mit einer zweiten Absorptionskante auf, wobei die erste Absorptionskante bei einer höheren Energie liegt als die zweite Absorptionskante und jede der Teilspannungsquellen eine  
30 Teilspannung erzeugt, sofern auf die Teilspannungsquelle ein Photonenstrom mit einer bestimmten Wellenlänge trifft und die beiden Teilspannungsquellen in Serie verschaltet sind, wobei von der ersten Art eine erste Anzahl N1 von zueinander in Serie geschalteten Unterteilspannungsquellen und von der zweiten Art eine zweite Anzahl N2 von zueinander in Serie geschalteten Un-

terteilspannungsquellen vorgesehen ist, wobei die erste Anzahl N1 und /oder die zweite Anzahl N2 größer als eins ist, und bei beiden Arten die jeweilige Abweichung der Quellenspannungen der Unterteilspannungsquellen untereinander kleiner als 20% ist, und jede der Unterteilspannungsquellen eine Halbleiterdiode mit einen p-n Übergang aufweist, und zwischen jeweils zwei aufeinanderfolgenden Unterteilspannungsquellen eine Tunnelodiode ausgebildet ist, wobei die Unterteilspannungsquellen und die Tunnelioden einer jeden Art stapelförmig monolithisch integriert sind und jede stapelförmig monolithisch integrierte Art eine Oberseite und eine Unterseite aufweist.

Es sei angemerkt, dass mit dem Begriff monolithisch integriert aufeinander gestapelte Halbleiterschichten bezeichnet werden, welche vorzugsweise in einem epitaktischen Prozess nacheinander abgeschieden werden. Es versteht sich, dass mit dem Begriff der einen Art, d.h. der ersten Art und der zweiten Art, jeweils Unterteilspannungsquellen innerhalb der einen Art bezeichnet sind, ein Halbleitermaterial aufweisen, welche innerhalb der jeweiligen Art die gleiche oder nahezu die gleiche Absorptionskante aufweist. Auch sei angemerkt, dass jede Art einen Stapel ausbildet. Anders ausgedrückt bildet die erste Art einen ersten Stapel und die zweite Art einen zweiten Stapel aus. Zwischen den beiden Stapeln beträgt der Unterschied in den Absorptionskanten wenigstens 50 nm, wobei der erste Stapel immer eine Absorptionskante bei kleineren Wellenlängen als der zweite Stapel aufweist. Infolge ist bei einer stapelförmigen Anordnung der erste Stapel immer oberhalb des zweiten Stapels angeordnet, d.h. das Licht tritt in den ersten Stapel ein, durchläuft den ersten Stapel und trifft mit dem nicht in dem ersten Stapel absorbierten Anteil auf den zweiten Stapel.

Es sei angemerkt, dass mit dem Ausdruck wesentlich in Zusammenhang des Vergleichs der Beleuchtungsfläche an der Stapeloberseite mit der Größe der Fläche des ersten Stapels an der Oberseite verstanden wird, einen Unterschied in der Fläche insbesondere kleiner als 20% oder vorzugsweise kleiner als 10% oder vorzugsweise kleiner als 5% oder höchst vorzugsweise die beiden Flächen gleich sind.

Auch sei angemerkt, dass mit dem Ausdruck "Licht" zur Bestrahlung der Stapeloberseite, ein Licht verstanden wird, welches ein Spektrum an Wellenlängen in dem Bereich der Absorption der Absorptionsschichten aufweist. Es versteht sich, dass auch ein monochromatisches Licht, welches eine bestimmte d.h. absorbierende Wellenlänge aufweist, also eine Wellenlänge in dem Bereich der Absorption der Absorptionsschichten, geeignet ist.

Es versteht sich, dass die erste Art ganz grundsätzlich ein anderes Halbleitermaterial als die zweite Art aufweist, wobei die erste Art die höhere Absorptionskante oder größere Bandlückenenergie als die zweite Art aufweist und in dem ersten Stapel Licht mit einer kürzeren Wellenlänge als in dem zweiten Stapel absorbiert wird. Vorzugsweise umfassen die Teilspannungsquellen als Halbleitermaterial ein III-V Material.

Ein Vorteil ist, dass mit der Integration von zwei Stapeln in einem einzigen Gehäuse verschiedene Lichtfarben empfangen und jeweils in eine Spannung umgewandelt werden. Werden die beiden Stapel in Serie verschaltet, erhöht sich die Gesamtspannung. Auch lässt sich ein sehr platzsparender und kostengünstiger Aufbau für einen Mehrfarbenempfänger erzielen. Ein weiterer Vorteil ist, dass mit der hohen Spannung des Empfängerbausteins ein Bauelement, beispielsweise in Form eines MOS-FET ansteuern lässt.

In einer Ausführungsform ist die erste Anzahl  $N_1$  und / oder die zweite Anzahl  $N_2 \geq$  drei. Hierdurch lassen sich mit jedem Stapel hohe Spannungen erzeugen.

In einer Weiterbildung ist bei beiden Arten die jeweilige Abweichung der Quellenspannungen der Unterteilspannungsquellen untereinander kleiner als 10%.

In einer Weiterbildung umfassen die Halbleiterdioden innerhalb einer Art jeweils das gleiche Halbleitermaterial, wobei hierbei das Halbleitermaterial der Dioden die gleiche kristalline Zusammensetzung aufweist und vorzugsweise die Stöchiometrie nahezu oder vorzugsweise genau gleich ist. Vorzugsweise

umfasst das erste Halbleitermaterial eine Verbindung aus wenigstens den Elementen InGaP und/oder AlGaAs und das zweite Halbleitermaterial umfasst eine Verbindung aus wenigstens den Elementen GaAs oder InGaAs.

5 In einer anderen Ausführungsform besteht das erste Halbleitermaterial aus der InGaP Verbindung und das zweite Halbleitermaterial aus der GaAs oder aus der InGaAs-Verbindung, d.h. die Verbindungen weisen keine anderen Verbindungselemente auf. Es versteht sich jedoch, dass die Verbindungen im Allgemeinen Dotierstoffe und teilweise auch unerwünschte Verunreinigungen  
10 aufweisen.

In einer anderen Weiterbildung sind die erste Art von Unterteilspannungsquellen als erster Stapel und die zweite Art von Unterteilspannungsquellen als zweiter Stapel gemeinsam monolithisch integriert und bilden einen gemeinsamen Stapel, d.h. einen Gesamtstapel aus. Es versteht sich, dass zwischen  
15 dem ersten Stapel und dem zweiten Stapel eine Tunneliode ausgebildet ist und der Stromfluss durch den gesamten Stapel fließt, d.h. die einzelnen Schichten bilden eine Reihenschaltung aus.

20 In einer anderen Ausführungsform bilden die erste Art von Teilspannungsquellen und die zweite Art von Teilspannungsquellen zwei nebeneinander angeordnete Stapel aus, d.h. der erste Stapel ist neben dem zweiten Stapel angeordnet. Die beiden Stapel sind vorzugsweise auf einem gemeinsamen Substrat angeordnet. Hierbei lassen sich die beiden Stapel in Reihe verschalten.

25 In einer weiteren Ausführungsform sind die beiden Arten stapelförmig aufeinander angeordnet, wobei zwischen den beiden Stapeln eine plattenförmige Isolatorschicht, d.h. ein Isolator mit einer Dicke kleiner als 1mm ausgebildet ist. Hierbei sind die beiden Stapel in Reihe verschaltet und der erste Stapel  
30 auf dem zweiten Stapel angeordnet und das nicht von dem ersten Stapel absorbierte Licht trifft auf den zweiten Stapel.

In einer Weiterbildung liegt die erste Absorptionskante unterhalb 750 nm und die zweite Absorptionskante oberhalb 820 nm. In einer anderen Weiterbildung liegt eine der beiden Absorptionskanten oberhalb 1000 nm.

- 5 In einer Weiterbildung weist bei der ersten Art und / oder bei der zweiten Art die jeweilige Grundfläche des Halbleiterstapels eine viereckige Form auf, wobei die größte Kantenlänge des jeweiligen Vierecks kleiner als 2 mm und die Fläche kleiner als 4 mm<sup>2</sup> oder kleiner als 2 mm<sup>2</sup> ist.
- 10 In einer anderen Ausführungsform weisen die Halbleiterdioden von beiden Arten der Unterteilspannungsquellen eine p-dotierte Absorptionsschicht auf, wobei die p-Absorptionsschicht von einer p-dotierten Passivierungsschicht mit einer größeren Bandlücke als die Bandlücke der p-Absorptionsschicht passiviert ist und die Halbleiterdioden von beiden Arten der Unterteilspannungs-
- 15 quellen weisen eine n-dotierte Absorptionsschicht auf, wobei die n-Absorptionsschicht von einer n-dotierten Passivierungsschicht mit einer größeren Bandlücke als die Bandlücke der n-Absorptionsschicht passiviert ist.
- In einer Weiterbildung weist mindestens eine der Tunnelioden mehrere
- 20 Halbleiterschichten mit einer höheren Bandlücke als die Bandlücke der p / n Absorptionsschichten auf, wobei die Halbleiterschichten mit der höheren Bandlücke jeweils aus einem Material mit geänderter Stöchiometrie und / oder anderer Elementzusammensetzung als die p / n -Absorptionsschichten der Halbleiterdiode bestehen.
- 25 In einer Ausführungsform trifft das Licht an der Oberseite auf die Oberfläche auf, wobei die Größe der beleuchteten Oberfläche im Wesentlichen der Größe der Fläche der Oberseite entspricht.
- 30 In einer anderen Weiterbildung weist jede Art eine Stapeldicke kleiner als 12µm auf, wobei bei 300 K die Spannung der Teilquellenspannungen des ersten und / oder zweiten Stapels größer als 2,2 Volt ist, sofern Licht mit einer Wellenlänge kleiner als die Absorptionskante auftrifft , und wobei in Lichteinfallrichtung von der Oberseite hin zu der Unterseite jedes Stapels die Ge-

samtdicke der p und n -Absorptionsschichten einer Halbleiterdiode von der obersten Halbleiterdiode hin zu der untersten Halbleiterdiode zunimmt.

5 In einer Ausführungsform weisen die Teilspannungsquellen in der Nähe der Unterseite einen umlaufenden, absatzförmigen Rand auf. Mit dem Absatzförmigen Rand wird bei der Metallisierung ein Kurzschluss bei den Dioden unterdrückt. Es versteht sich, dass bei einer monolithischen Anordnung von beiden Teilspannungsquellen in einem Stapel nur an der Unterseite des einen Stapels eine umlaufende Stufe ausgebildet ist.

10 Vorzugsweise ist der Rand stufenförmig oder als Stufe ausgebildet. Hierbei weist die Oberfläche des Randes bzw. der Stufe vorzugsweise größtenteils eine plane Fläche auf, wobei die Normale der Oberfläche des Randes bzw. der Stufe parallel oder nahezu parallel zu der Normalen der Oberfläche des ersten  
15 Stapels oder der Normalen der Oberflächen der jeweiligen Stapel ausgebildet ist. Es sei angemerkt dass die Seitenfläche des Randes oder der Stufe überwiegend oder genau senkrecht zu der Oberfläche des Randes bzw. der Stufe ausgebildet ist.

20 Die Kante des Randes oder der Stufe ist wenigstens 5  $\mu\text{m}$  und maximal 500  $\mu\text{m}$  jeweils von jeder der vier Seitenflächen des ersten Stapels oder jeweils von den Seitenflächen der mehreren Stapeln entfernt. Vorzugsweise liegt der Entfernungsbereich jeweils der Kante zu der unmittelbar angrenzenden Seitenfläche zwischen 10  $\mu\text{m}$  und 300  $\mu\text{m}$ . Insbesondere liegt der Entfernungsbereich  
25 zwischen 50  $\mu\text{m}$  und 250  $\mu\text{m}$ .

Vorzugsweise sind die Seitenflächen des ersten Stapels und insbesondere alle Seitenflächen der Stapel plan und insbesondere senkrecht oder nahezu senkrecht ausgebildet. Insbesondere liegen die Normalen auf Seitenflächen im  
30 Vergleich zu den Normalen der angrenzenden Randflächen oder den Normalen der Stapeloberflächen in einen Winkelbereich zwischen  $80^\circ$  und  $110^\circ$ , d.h. die Normalen einer Seitenfläche und der unmittelbar angrenzenden Randfläche sind zueinander im Wesentlichen Orthogonal. Vorzugsweise liegt der Winkelbereich zwischen  $85^\circ$  und  $105^\circ$ .

In einer Ausführungsform weist mindestens eine der Unterteilspannungsquellen der Teilspannungsquellen der ersten und/oder der zweiten Art eine Halbleiterdiode mit einen p-i-n Übergang auf. Anders ausgedrückt wird zwischen der p-Halbleiterschicht und der n-Halbleiterschicht eine intrinsische Halbleiterschicht ausgebildet. Vorzugsweise ist die intrinsische Halbleiterschicht undotiert ausgebildet. Es versteht sich jedoch, dass intrinsische Schichten immer eine sogenannte Hintergrunddotierung aufweisen, die beispielsweise bei den III-V epitaktisch hergestellten Schichten in dem Bereich  $10e17 \text{ N/cm}^3$  und darunter liegt. In einer Weiterbildung weist jede der Unterteilspannungsquellen eine Halbleiterdiode mit einen p-i-n Übergang auf.

Die Erfindung wird nachfolgend unter Bezugnahme auf die Zeichnungen näher erläutert. Hierbei werden gleichartige Teile mit identischen Bezeichnungen beschriftet. Die dargestellten Ausführungsformen sind stark schematisiert, d.h. die Abstände und die lateralen und die vertikalen Erstreckungen sind nicht maßstäblich und weisen, sofern nicht anders angegeben, auch keine ableitbaren geometrischen Relationen zueinander auf. Darin zeigt:

20           Figur 1           eine schematische Ansicht auf eine erste erfindungsgemäße Ausführungsform einer stapelförmigen Anordnung mit einer Isolatorschicht zwischen den beiden Stapeln,

25           Figur 2           eine schematische Ansicht auf eine dritte erfindungsgemäße Ausführungsform einer stapelförmigen Anordnung mit monolithischer Integration von beiden Stapel zu einem Gesamtstapel,

30           Figur 3           eine schematische Ansicht auf eine zweite erfindungsgemäße Ausführungsform mit einer Anordnung von beiden Stapeln nebeneinander,

- Figur 4 ein elektrisches Ersatzschaltbild des ersten Stapels in einer Ausführungsform mit drei gestapelten Halbleiterdioden,
- 5 Figur 5 ein elektrisches Ersatzschaltbild des ersten Stapels und des zweitens Stapels jeweils in einer Ausführungsform mit drei gestapelten Halbleiterdioden, wobei die beiden Stapel seriell verschaltet sind,
- 10 Figur 6 eine schematische Ansicht auf eine Ausführungsform mit fünf monolithisch integrierten Halbleiterdioden am Beispiel des ersten Stapels, wobei die Dicke der einzelnen Halbleiterdioden zunimmt,
- 15 Figur 7 eine schematische Ansicht auf einen Gesamtstapel angeordnet auf einem gemeinsamen Substrat.

Die Abbildung der Figur 1 zeigt eine schematische Ansicht auf eine erste erfindungsgemäße Ausführungsform eines optischen Empfängerbausteins EM mit einer stapelförmigen Anordnung von einem ersten Stapel ST1 und einem zweiten Stapel ST2. Zwischen dem ersten Stapel ST1 und dem zweiten Stapel ST2 ist eine Isolatorschicht ISO ausgebildet. Der Aufbau weist eine kraftschlüssige Verbindung auf.

25 Auf die Oberseite des ersten Stapels ST1 tritt monochromatisches oder multichromatisches Licht L. Die Oberfläche OB wird nahezu oder vollständig ausgeleuchtet. Es ist bevorzugt, dass das Licht L eine erste Wellenlänge  $\lambda_1$  und / oder eine zweite Wellenlänge  $\lambda_2$  umfasst. Es versteht sich, dass die Isolatorschicht ISO wenigstens transparent für die zweite Wellenlänge  $\lambda_2$  sein muss. Indem das Licht L in der vorliegenden

30 Ausführungsform zuerst den ersten Stapel ST1 durchläuft, treffen auf den zweiten Stapel ST2 nur die nicht absorbierten Anteile des Lichtes auf.

Der erste Stapel ST1 weist an Oberseite einen ersten elektrischen Anschluss VSUP1 und an der Unterseite einen zweiten elektrischen Anschluss VSUP2 auf. Der zweite Stapel ST2 weist an Oberseite einen ersten elektrischen Anschluss VSUPZ und an der Unterseite einen zweiten elektrischen Anschluss VSUP3 auf. Der erste Stapel ST1 ist mit dem zweiten Stapel ST2 seriell verschaltet. Hierzu ist der zweite elektrische Anschluss VSUP2 des ersten Stapels ST1 mit dem ersten elektrischen Anschluss VSUPZ des zweiten Stapels ST2 verschaltet - Bezugszeichen a. Vorzugsweise ist der erste Stapel ST1 stoffschlüssig auf der Oberseite der Isolatorschicht ISO und die Unterseite der Isolatorschicht IS2 stoffschlüssig auf der Oberseite des zweiten Stapels ST2 angeordnet.

In dem optischen Empfängerbaustein EM sind in dem ersten Stapel ST1 eine erste Art von Unterteilspannungsquellen mit einer ersten Absorptionskante und in dem zweiten Stapel ST2 eine zweite Art von Unterteilspannungsquellen mit einer zweiten Absorptionskante ausgebildet.

Jede der Unterteilspannungsquellen weist eine Halbleiterdiode mit einen p-n Übergang auf. Zwischen jeweils zwei aufeinanderfolgenden Unterteilspannungsquellen ist eine Tunneldiode ausgebildet, wobei die Unterteilspannungsquellen und die Tunneldioden einer jeden Art stapelförmig monolithisch integriert sind und jede stapelförmig monolithisch integrierte Art eine Oberseite und eine Unterseite aufweist.

Die erste Art von Unterteilspannungsquellen bilden eine erste Teilspannungsquelle VQ1 und die zweite Art von Unterteilspannungsquellen eine zweite Teilspannungsquelle VQ2 aus. Die erste Absorptionskante liegt bei einer höheren Energie als die zweite Absorptionskante, und jede der Teilspannungsquelle erzeugt eine Teilspannung, sofern auf die Teilspannungsquelle VQ1, VQ2 ein Photonenstrom mit einer bestimmten Wellenlänge trifft. Sind die beiden Teilspannungsquellen VQ1 und VQ2 in Serie verschaltet, addieren sich die Teilspannungen der beiden Stapel ST1 und ST2 zu einer Gesamtspannung.

Der erste Stapel ST1 weist von der ersten Art eine erste Anzahl N1 von zueinander in Serie geschalteten Unterteilspannungsquellen und der zweite Stapel weist von der zweiten Art eine zweite Anzahl N2 von zueinander in Serie geschalteten Unterteilspannungsquellen auf, wobei die erste Anzahl N1 und /oder die zweite Anzahl N2 größer als eins ist, und bei beiden Arten die jeweilige Abweichung der Quellenspannungen der Unterteilspannungsquellen untereinander kleiner als 20% ist. Indem sich die erste Anzahl N1 und die zweite Anzahl N2 verändern lassen, sind die beiden Teilspannungsquellen VQ1, VQ2 hinsichtlich der Spannungswerte skalierbar.

10

Die Abbildung der Figur 2 zeigt eine schematische Ansicht des optischen Empfängerbausteins EM auf eine dritte erfindungsgemäße Ausführungsform einer stapelförmigen Anordnung mit einer monolithischen Integration von beiden Stapeln ST1 und ST2 zu einem Gesamtstapel, wobei der erste Stapel ST1 oberhalb d.h. auf dem zweiten Stapel ST2 angeordnet ist. Im Folgenden werden nur die Unterschiede zu der Abbildung der Figur 1 erläutert.

15

Vorliegend weist der erste Stapel ST1 die erste Anzahl N1 gleich vier Halbleiterdioden D1 bis D4 auf. Zwischen zwei aufeinanderfolgenden Halbleiterdioden D1 bis D4 ist jeweils eine der Tunneldioden T1 bis T3 ausgebildet. Der erste Stapel ST1 befindet sich auf der der Beleuchtung zugewandten Seite des Empfängerbausteins EM. Die Halbleiterdioden des ersten Stapels umfassen ein InGaP und/oder AlGaAs-Material. Der zweite Stapel ST2 weist die zweite Anzahl N2 gleich vier Halbleiterdioden D1 bis D4 auf. Zwischen zwei aufeinanderfolgenden Halbleiterdioden D1 bis D4 ist jeweils eine der Tunneldiode T1 bis T3 ausgebildet. Zwischen den beiden Stapeln ST1 und ST2 ist eine weitere Tunneldiode T0 ausgebildet. Hinsichtlich der Beleuchtungsrichtung befindet sich der zweite Stapel unterhalb des ersten Stapels. Die Halbleiterdioden des zweiten Stapels umfassen ein GaAs und/oder ein InGaAs-Material. Indem eine monolithische Integration vorliegt sind alle Bauelemente der beiden Stapeln ST1 und ST2 in Serie verschaltet.

20

25

30

Die Abbildung der Figur 3 zeigt eine schematische Ansicht auf eine zweite erfindungsgemäße Ausführungsform des optischen Empfängerbausteins EM

mit nebeneinander angeordneten Stapeln ST1 und ST2. Im Folgenden werden nur die Unterschiede zu der Abbildung der Figur 1 erläutert.

5 Auf den ersten Stapel ST1 trifft an der Oberseite Licht L mit der ersten Wellenlänge  $\lambda_1$  und auf die Oberseite des zweiten Stapel ST2 trifft Licht L mit der zweiten Wellenlänge  $\lambda_2$  auf. Die beiden Stapel ST1 und ST2 bzw. die beiden Teilspannungsquellen VQ1 und VQ2 sind in Serie verschaltet, d.h. die Gesamtspannung lässt sich an dem ersten elektrischen Anschluss VSUP1 des ersten Stapels ST1 und an dem zweiten elektrischen  
10 Anschluss VSUP3 der Unterseite des zweiten Stapel ST2 abgreifen.

Die Abbildung der Figur 4 zeigt ein elektrisches Ersatzschaltbild des ersten Stapels ST1 bzw. der ersten Teilspannungsquelle VQ1 in einer Ausführungsform mit drei gestapelten Halbleiterdioden D1 bis D3. Der erste Stapel ST1 weist demnach eine Serienschaltung aus der ersten Diode D1 und der ersten  
15 Tunnelodiode T1 und der zweiten Diode D2 und der zweiten Tunnelodiode T2 und der dritten Diode D3 auf. An der Oberseite des ersten Stapels ST1 ist der erste Spannungsanschluss VSUP1 und an der Unterseite des ersten Stapels ST1 der zweite Spannungsanschluss VSUP2 ausgebildet.

20 Die Spannung des ersten Stapel ST1 setzt sich vorliegend im Wesentlichen aus den Unterteilspannungen der einzelnen Dioden D1 bis D3 zusammen. Hierzu muss der erste Stapel ST1 einem Photonenstrom, d.h. dem Licht L ausgesetzt sein.

25 Der erste Stapel ST1 der Dioden D1 bis D3 und der Tunnelioden T1 und T2 ist als monolithisch ausgebildeter Block, vorzugsweise aus einem III-V-Material, ausgeführt. Die Halbleiterdioden D1 bis D3 sind dabei vorzugsweise aus dem gleichen Halbleitermaterial ausgeführt. Die Tunnelioden T1 und  
30 T2 sind ebenfalls vorzugsweise identisch aufgebaut.

Die Abbildung der Figur 5 zeigt ein elektrisches Ersatzschaltbild des ersten Stapels ST1 und des zweitens Stapels ST2 jeweils in einer Ausführungsform mit drei gestapelten Halbleiterdioden D1 bis D3, wobei die beiden Stapel

ST1 und ST2 seriell verschaltet sind. Im Folgenden werden nur die Unterschiede zu der Abbildung der Figur 4 erläutert.

5 Der zweite Stapel ST2 weist wie der erste Stapel ST1 eine Serienschaltung aus drei Dioden mit dazwischen ausgebildeten Tunnelnioden auf. Beide Stapel ST1 und ST2 sind miteinander in Serie verschaltet, sodass sich die Spannung der ersten Teilspannungsquelle VQ1 des ersten Stapels ST1 und die Spannung der zweiten Teilspannungsquelle VQ2 des zweiten Stapel ST2 addieren, sofern der erste Stapel ST1 mit Licht L der ersten Wellenlänge  
10 Lambda 1 und der zweite Stapel ST2 mit Licht L mit der zweiten Wellenlänge Lambda L2 ausgesetzt sind.

In einer nicht dargestellten Ausführungsform weisen die beiden Stapel ST1 und ST2 zueinander eine unterschiedliche Anzahl von jeweils in einer Serienschaltung verbundenen Dioden auf. In einer anderen nicht dargestellten Ausführungsform weist wenigstens der erste Stapel ST1 und / oder der zweite Stapel ST2  $\geq$  drei in einer Serienschaltung verbundene Dioden auf. Hierdurch lässt sich die Spannungshöhe der Spannungsquelle VQ skalieren. Vorzugsweise liegt die Anzahl N in einem Bereich zwischen vier und acht.

20 In der Abbildung der Figur 6 ist eine Ausführungsform einer vorteilhaften Aneinanderreihung von Halbleiterschichten zu dem ersten Stapel ST1 dargestellt. Im Folgenden werden nur die Unterschiede zu der Abbildung der Figur 4 erläutert. Der erste Stapel ST1 umfasst insgesamt fünf in Reihe geschaltete als Dioden D1 bis D5 ausgebildete Unterteilspannungsquellen.

30 Auf die Oberfläche OB der ersten Diode D1 trifft das Licht L auf. Zwischen zwei aufeinanderfolgenden Dioden D1-D5 ist jeweils eine Tunnelndiode T1-T4 ausgebildet. Mit zunehmender Entfernung der einzelnen Diode D1 bis D5 von der Oberfläche OB steigt die Dicke des Absorptionsgebiets, so dass die unterste Diode D5 das dickste Absorptionsgebiet aufweist. Insgesamt beträgt die Gesamtdicke des ersten Stapels ST1 kleiner gleich 12  $\mu\text{m}$ . Unterhalb der untersten Diode D5 ist ein Substrat SUB ausgebildet.

Die Abbildung der Figur 7 zeigt eine schematische Ansicht auf einen monolithisch ausgebildeten Gesamtstapel angeordnet auf einem gemeinsamen Substrat SUB mit einer umlaufenden absatzförmigen Stufe STU. Im Folgenden werden nur die Unterschiede zu den vorangegangenen Abbildungen erläutert.

5

Auf der Oberfläche OB des ersten Stapels ST1 ist an dem Rand R ein erster metallischer Anschlusskontakt K1 ausgebildet. Unterhalb des ersten Stapels ST1 ist der zweite Stapel ST2 angeordnet. Der erste Anschlusskontakt K1 ist mit dem ersten Spannungsanschluss VSUP1 verschaltet - nicht dargestellt. Das Substrat SUB weist eine Oberseite OS auf, wobei die Oberseite OS des Substrats SUB stoffschlüssig mit der Unterseite des zweiten Stapels ST2 verbunden ist.

10

Hierbei versteht es sich, dass auf dem Substrat SUB eine dünne Nukleationsschicht und eine Pufferschicht epitaktisch erzeugt wird, bevor auf dem Substrat SUB die unterste Diode des zweiten Stapels ST2 angeordnet wird und stoffschlüssig mit der Oberseite OS des Substrats SUB verbunden wird. Die Oberseite OS des Substrats SUB weist eine größere Oberfläche als die Fläche an der Unterseite des zweiten Stapels ST2 auf. Hierdurch bildet sich die umlaufende Stufe STU aus. An der Unterseite des Substrats SUB ist ein zweiter ganzflächiger metallischer Kontakt K2 ausgebildet. Der zweite Anschlusskontakt K2 ist mit dem zweiten Spannungsanschluss des zweiten Stapels ST2 VSUP3 verschaltet - nicht dargestellt.

15

20

25

## Patentansprüche

1. Optischer Empfängerbaustein (EM), wobei der Empfängerbaustein (EM) aufweist,  
eine erste Art von Teilspannungsquelle (VQ1) mit einer ersten Absorptionskante und eine zweite Art von Teilspannungsquelle (VQ2) mit einer zweiten Absorptionskante aufweist, und die erste Absorptionskante bei einer höheren Energie liegt als die zweite Absorptionskante, und jede der Teilspannungsquellen (VQ1, VQ2) eine Teilspannung erzeugt, und die beiden Teilspannungsquellen (VQ1, VQ2) in Serie verschaltet sind,

**dadurch gekennzeichnet, dass**

die erste Art einen ersten Stapel ausbildet und die zweite Art einen zweiten Stapel ausbildet, und

zwischen den beiden Stapeln der Unterschied in der Absorptionskante wenigstens 50 nm beträgt, und

beide Stapel in einem einzigen Gehäuse integriert sind, um einen Mehrfarbenempfänger auszubilden,

- von der ersten Art eine erste Anzahl N1 von zueinander in Serie geschalteten Unterteilspannungsquellen und von der zweiten Art eine zweite Anzahl N2 von zueinander in Serie geschalteten Unterteilspannungsquellen vorgesehen ist, wobei die erste Anzahl N1 und /oder die zweite Anzahl N2 größer als eins ist, und

bei beiden Arten die jeweilige Abweichung der Quellenspannungen der Unterteilspannungsquellen untereinander kleiner als 20% ist, und jede der Unterteilspannungsquellen eine Halbleiterdiode (D1 - D5) mit einem p-n Übergang aufweist, und

- zwischen jeweils zwei aufeinanderfolgenden Unterteilspannungsquellen eine Tunneldiode ausgebildet ist, wobei

- die Unterteilspannungsquellen und die Tunneldioden (T1 - T4) einer jeden Art stapelförmig monolithisch integriert sind und jede stapelförmig monolithisch integrierte Art eine Oberseite und eine Unterseite aufweist.

2. Optischer Empfängerbaustein (EM) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Anzahl N1 und / oder die zweite Anzahl N2  $\geq$  drei ist.
- 5 3. Optischer Empfängerbaustein (EM) nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass bei beiden Arten die jeweilige Abweichung der Quellenspannungen der Unterteilspannungsquellen untereinander kleiner als 10% ist.
- 10 4. Optischer Empfängerbaustein (EM) nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Halbleiterdioden (D1, - D5) innerhalb einer Art jeweils das gleiche Halbleitermaterial umfassen.
- 15 5. Optischer Empfängerbaustein (EM) nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Art von Unterteilspannungsquellen und die zweite Art von Unterteilspannungsquellen gemeinsam monolithisch integriert sind und einen gemeinsamen Stapel ausbilden und eine Tunnelodiode (T0) zwischen der ersten Art und der  
20 zweiten Art ausgebildet ist.
- 25 6. Optischer Empfängerbaustein (EM) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Art von Unterteilspannungsquellen und die zweite Art von Unterteilspannungsquellen zwei nebeneinander angeordnete Stapel (ST1, ST2) ausbilden und die beiden Stapel (ST1, ST2) vorzugsweise auf einem gemeinsamen Substrat (SUB) angeordnet sind.
- 30 7. Optischer Empfängerbaustein (EM) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die beiden Arten stapelförmig aufeinander angeordnet sind und zwischen den beiden Stapeln (ST1, ST2) ein plattenförmiger Isolator (ISO) mit einer Dicke kleiner als 1mm ausgebildet ist.

8. Optischer Empfängerbaustein (EM) nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Absorptionskante unterhalb 750 nm ausgebildet ist und die zweite Absorptionskante oberhalb 820 nm liegt.
- 5
9. Optischer Empfängerbaustein (EM) nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine der beiden Absorptionskante oberhalb 1000 nm liegt.
- 10
10. Optischer Empfängerbaustein (EM) nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Teilspannungsquellen (VQ1, VQ2) als Halbleitermaterial ein III-V Material umfassen.
- 15
11. Optischer Empfängerbaustein (EM) nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Halbleiterdiode (D1- D5) der ersten Art ein InGaP und/oder ein AlGaAs Material umfasst und die Halbleiterdiode (D1- D5) der zweiten Art ein GaAs Material oder ein InGaAs Material umfasst.
- 20
12. Optischer Empfängerbaustein (EM) nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass bei der ersten Art und / oder bei der zweiten Art die jeweilige Grundfläche des Halbleiterstapels (ST1, ST2) eine viereckige Form aufweist und die größte Kantenlänge des jeweiligen Vierecks kleiner als 2 mm und die Fläche kleiner als 4 mm<sup>2</sup> oder kleiner als 2 mm<sup>2</sup> ist.
- 25
13. Optischer Empfängerbaustein (EM) nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Halbleiterdioden (D1- D5) von beiden Arten der Unterteilspannungsquellen eine p-dotierte Absorptionsschicht aufweisen, wobei die p-Absorptionsschicht von einer p-dotierten Passivierungsschicht mit einer größeren Bandlücke als die Bandlücke der p-Absorptionsschicht passiviert ist und die Halbleiterdioden von beiden Arten der Unterteilspannungsquellen eine n-dotierte Absorptionsschicht aufweisen, wobei die n-Absorptionsschicht
- 30

von einer n-dotierten Passivierungsschicht mit einer größeren Bandlücke als die Bandlücke der n-Absorptionsschicht passiviert ist.

- 5 14. Optischer Empfängerbaustein (EM) nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine der Tunnelioden (T1, T2, T3, T4) mehrere Halbleiterschichten mit einer höheren Bandlücke als die Bandlücke der p / n Absorptionsschichten aufweist und dabei die Halbleiterschichten mit der höheren Bandlücke jeweils aus einem Material mit geänderter Stöchiometrie und / oder anderer Elementzusammensetzung als die p / n -Absorptionsschichten der Halbleiterdiode (D1, D2, D3, D4, D5) bestehen.
- 10
- 15 15. Optischer Empfängerbaustein (EM) nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Art von Teilspannungsquelle einen ersten Stapel (ST1) und die zweite Art von Teilspannungsquelle einen zweiten Stapel (ST2) ausbilden oder die beiden Arten einen gemeinsamen Stapel ausbilden, wobei der gemeinsame Stapel monolithisch oder zusammengesetzt ausgebildet ist, und wobei der erste Stapel (ST1) auf dem zweiten Stapel (ST2) angeordnet ist und das nicht von dem ersten Stapel (ST1) absorbierte Licht auf den zweiten Stapel (ST2) trifft.
- 20
- 25 16. Optischer Empfängerbaustein (EM) nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Größe der beleuchteten Oberfläche (OB) im Wesentlichen der Größe der Fläche der Oberseite entspricht.
- 30 17. Optischer Empfängerbaustein (EM) nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass jede Art von Teilspannungsquelle eine Stapeldicke (ST1, ST2) kleiner als  $12\mu\text{m}$  aufweist, und bei 300 K die Teilquellenspannungen des ersten und / oder zweiten Stapels größer als 2.2 Volt ist, sofern Licht (L) mit einer Wellenlänge kleiner als die Absorptionskante auftrifft, und wobei in Lichteinfallrichtung von der Oberseite hin zu der Unterseite jedes Stapels (ST1, ST2)

die Gesamtdicke der p und n -Absorptionsschichten einer Halbleiterdiode von der obersten Halbleiterdiode (D1) hin zu der untersten Halbleiterdiode (D3 - D5) zunimmt.

- 5      18.    Optischer Empfängerbaustein (EM) nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Teilspannungsquellen (VQ1, VQ2) in der Nähe der Unterseite einen umlaufende Stufe (STU) aufweisen.
- 10     19.    Optischer Empfängerbaustein (EM) nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine der Unter- teilspannungsquellen eine Halbleiterdiode mit einen p-i-n Übergang aufweist.

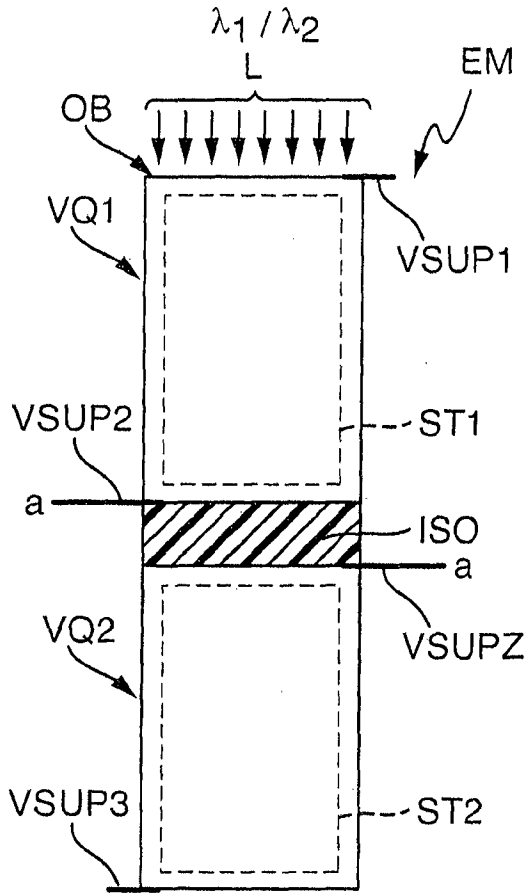


Fig. 1

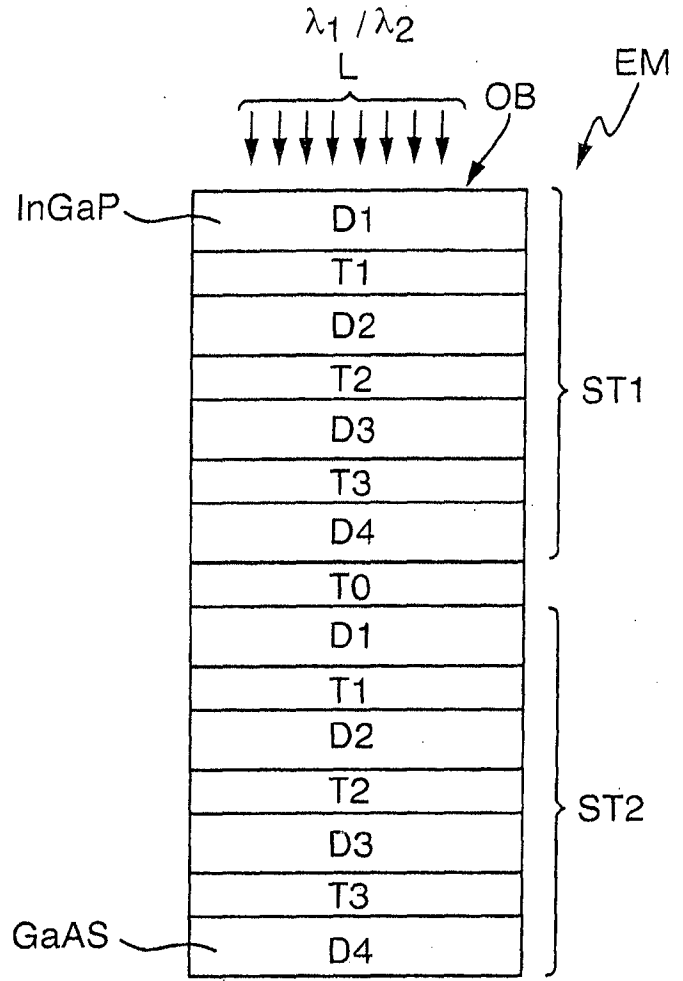


Fig. 2

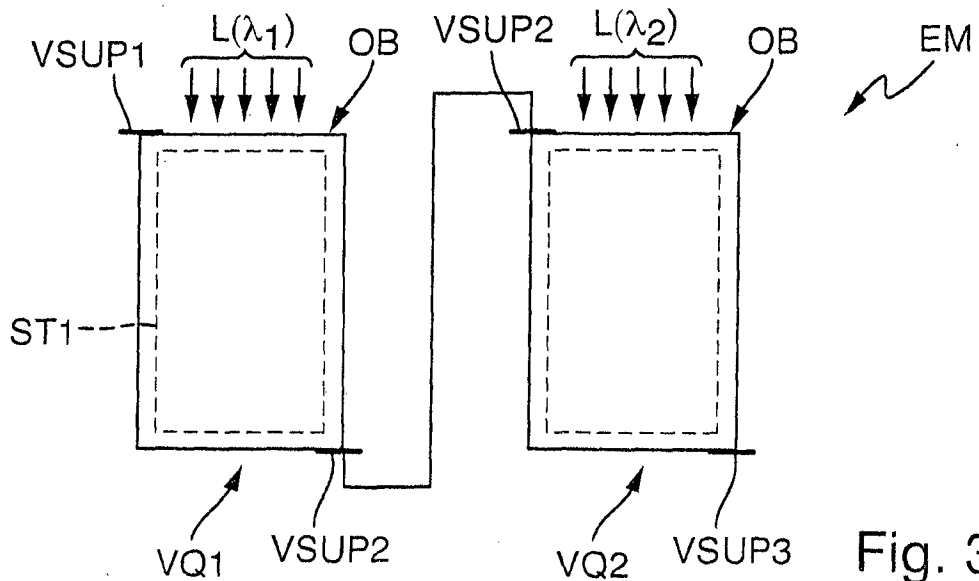
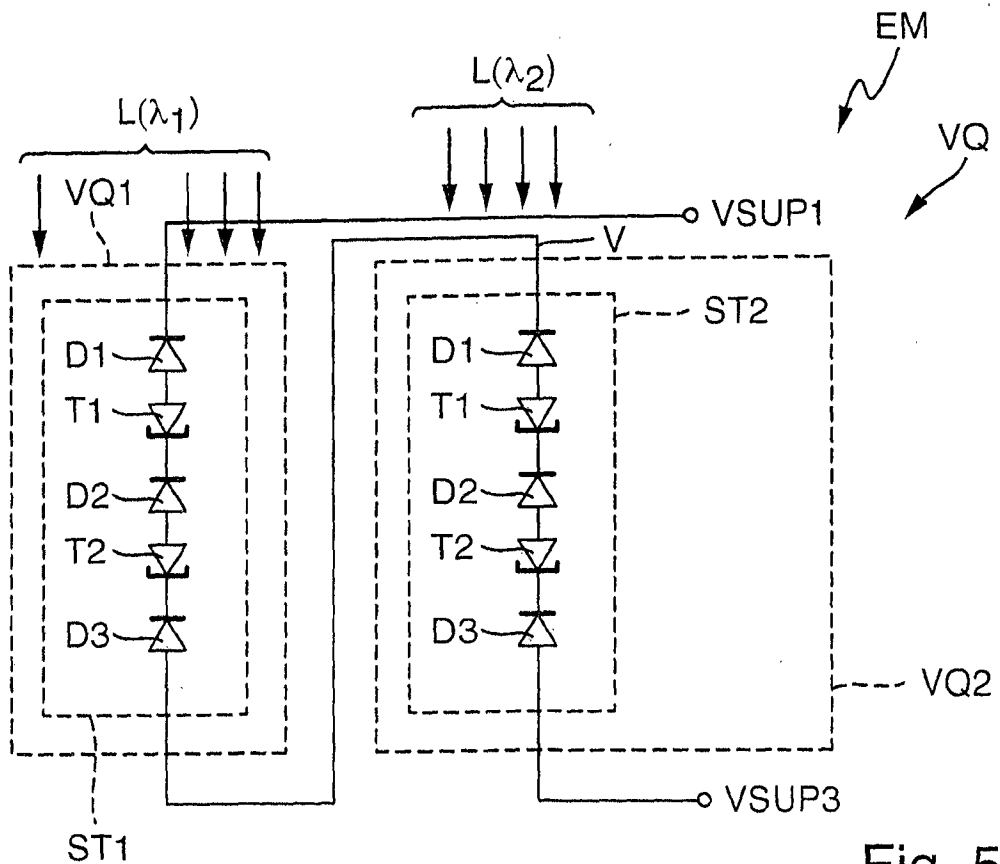
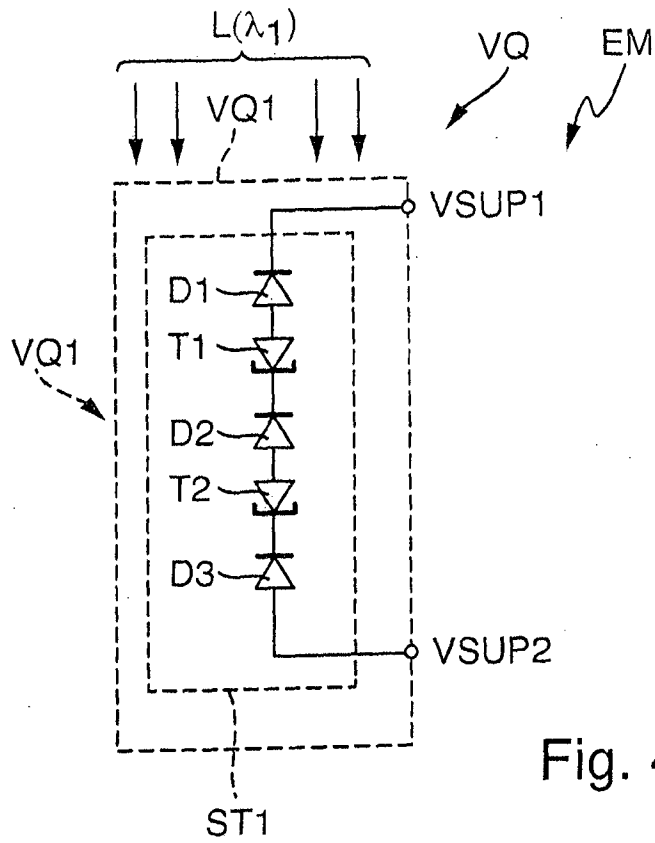


Fig. 3



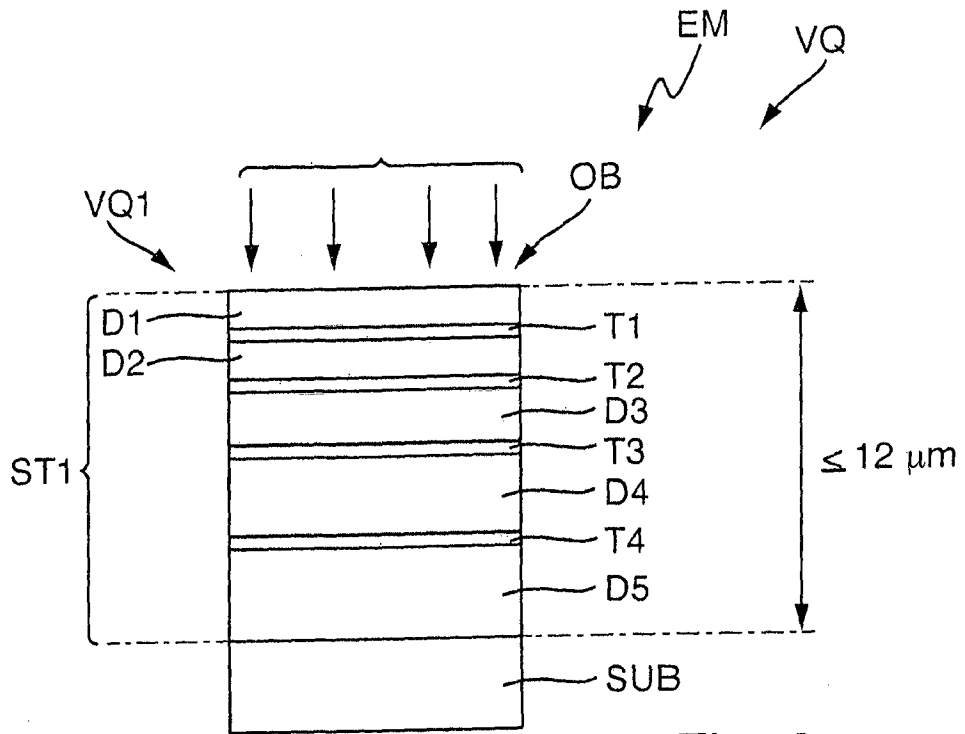


Fig. 6

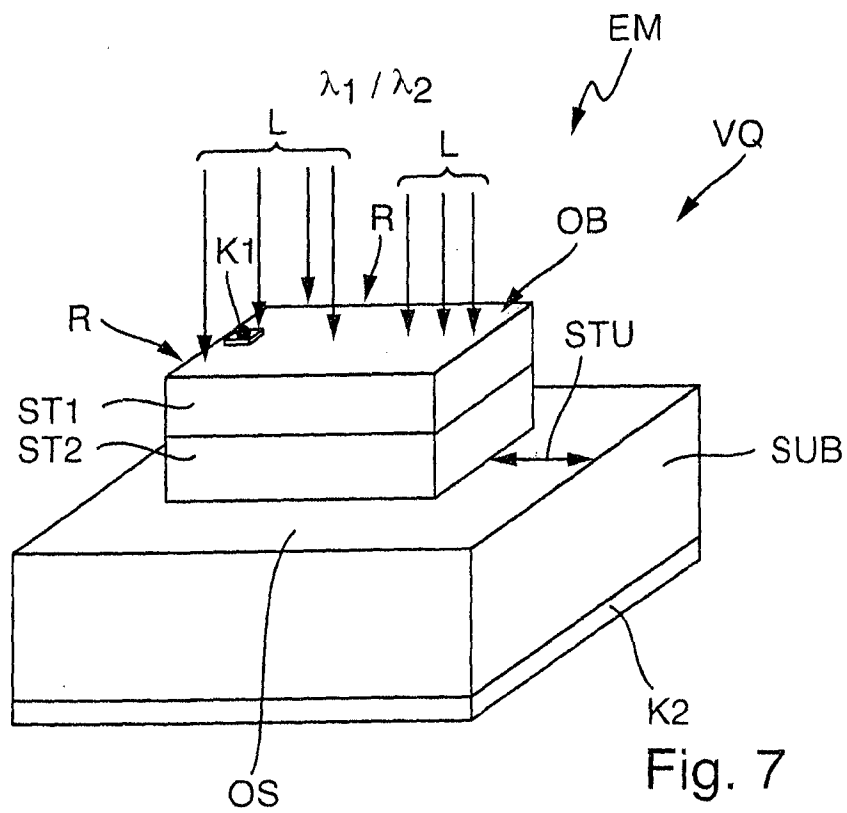


Fig. 7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP2016/001638

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
INV. H01L31/0687 H01L31/0693 H01L31/0304 H01L31/02  
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	EP 1 134 813 A2 (BOEING CO [US]) 19 September 2001 (2001-09-19) abstract; figures 2,3,8	1,3-5, 8-19 1-19
Y	paragraphs [0001] - [0012], [0017] - [0029], [0043]	
X	D. J. FRIEDMAN ET AL: "GaInNAs Junctions for Next-Generation Concentrators: Progress and Prospects", PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOLAR CONCENTRATORS FOR THE GENERATION OF ELECTRICITY OR HYDROGEN, 1 May 2005 (2005-05-01), - 5 May 2005 (2005-05-05), pages 1-5, XP055338046, abstract; figure 2 section 3. Multijunction Cell Efficiency Projections; page 2; table 2	1,3-5,8, 10-19
	----- -/--	

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

\* Special categories of cited documents :

<p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>"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)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p>	<p>"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</p> <p>"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</p> <p>"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</p> <p>"&amp;" document member of the same patent family</p>
---	---

Date of the actual completion of the international search  25 January 2017	Date of mailing of the international search report  01/02/2017
--	--

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  Sagol, Bülent Erol
--	--

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP2016/001638

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2015/162478 A1 (FAFARD SIMON [CA] ET AL) 11 June 2015 (2015-06-11) abstract; figures 2,6,7,9,10,21 paragraphs [0001] - [0010], [0040], [0041], [0047], [0050] - [0054], [0058] - [0064], [0069] - [0075], [0078] - [0081], [0090] - [0094], [0105] -----	1-4,7, 9-19
X	US 2012/266803 A1 (ZEDIKER MARK S [US] ET AL) 25 October 2012 (2012-10-25)  abstract; figures 13,20,21,22; tables II,III paragraphs [0002], [0003], [0010], [0031] - [0037], [0045], [0076] paragraphs [0091] - [0095], [0107] - [0110], [0116] - [0128], [0131], [0136], [0139], [0144] - [0146], [0171], [0191] -----	1-4,6, 9-14, 16-19
Y	YU CHEN YUAN ET AL: "Responses of Thin Film Photovoltaic Cell to Irradiation under Double Laser Beams of Different Wavelength", MATERIALS SCIENCE FORUM, vol. 743-744, 25 January 2013 (2013-01-25) , pages 937-942, XP055337854, DOI: 10.4028/www.scientific.net/MSF.743-744.937 the whole document -----	1-19
A	EP 1 936 700 A2 (JDS UNIPHASE CORP [US]) 25 June 2008 (2008-06-25) the whole document -----	1-19

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No PCT/EP2016/001638
---

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 1134813	A2	19-09-2001	AT 512466 T 15-06-2011
			CA 2340997 A1 15-09-2001
			EP 1134813 A2 19-09-2001
			US 6316715 B1 13-11-2001
-----			
US 2015162478	A1	11-06-2015	US 2015162478 A1 11-06-2015
			WO 2015085422 A1 18-06-2015
-----			
US 2012266803	A1	25-10-2012	US 2012266803 A1 25-10-2012
			US 2015307174 A1 29-10-2015
-----			
EP 1936700	A2	25-06-2008	EP 1936700 A2 25-06-2008
			EP 1936701 A2 25-06-2008
			US 2011108081 A1 12-05-2011
			US 2011108082 A1 12-05-2011
-----			

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
 INV. H01L31/0687 H01L31/0693 H01L31/0304 H01L31/02  
 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	EP 1 134 813 A2 (BOEING CO [US]) 19. September 2001 (2001-09-19)	1,3-5, 8-19
Y	Zusammenfassung; Abbildungen 2,3,8 Absätze [0001] - [0012], [0017] - [0029], [0043]	1-19
X	D. J. FRIEDMAN ET AL: "GaInNAs Junctions for Next-Generation Concentrators: Progress and Prospects", PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOLAR CONCENTRATORS FOR THE GENERATION OF ELECTRICITY OR HYDROGEN, 1. Mai 2005 (2005-05-01), - 5. Mai 2005 (2005-05-05), Seiten 1-5, XP055338046, Zusammenfassung; Abbildung 2 section 3. Multijunction Cell Efficiency Projections; Seite 2; Tabelle 2	1,3-5,8, 10-19
	----- -/--	

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	Absenddatum des internationalen Recherchenberichts
25. Januar 2017	01/02/2017

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  Sagol, Bülent Erol
--	---

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	<p>US 2015/162478 A1 (FAFARD SIMON [CA] ET AL) 11. Juni 2015 (2015-06-11)  Zusammenfassung; Abbildungen 2,6,7,9,10,21  Absätze [0001] - [0010], [0040], [0041], [0047], [0050] - [0054], [0058] - [0064], [0069] - [0075], [0078] - [0081], [0090] - [0094], [0105]</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1-4,7, 9-19
X	<p>US 2012/266803 A1 (ZEDIKER MARK S [US] ET AL) 25. Oktober 2012 (2012-10-25)</p> <p>Zusammenfassung; Abbildungen 13,20,21,22;  Tabellen II,III  Absätze [0002], [0003], [0010], [0031] - [0037], [0045], [0076]  Absätze [0091] - [0095], [0107] - [0110], [0116] - [0128], [0131], [0136], [0139], [0144] - [0146], [0171], [0191]</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1-4,6, 9-14, 16-19
Y	<p>YU CHEN YUAN ET AL: "Responses of Thin Film Photovoltaic Cell to Irradiation under Double Laser Beams of Different Wavelength",  MATERIALS SCIENCE FORUM,  Bd. 743-744, 25. Januar 2013 (2013-01-25),  Seiten 937-942, XP055337854,  DOI:  10.4028/www.scientific.net/MSF.743-744.937  das ganze Dokument</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1-19
A	<p>EP 1 936 700 A2 (JDS UNIPHASE CORP [US])  25. Juni 2008 (2008-06-25)  das ganze Dokument</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1-19

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2016/001638

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 1134813	A2	19-09-2001	AT 512466 T 15-06-2011
			CA 2340997 A1 15-09-2001
			EP 1134813 A2 19-09-2001
			US 6316715 B1 13-11-2001
-----			
US 2015162478	A1	11-06-2015	US 2015162478 A1 11-06-2015
			WO 2015085422 A1 18-06-2015
-----			
US 2012266803	A1	25-10-2012	US 2012266803 A1 25-10-2012
			US 2015307174 A1 29-10-2015
-----			
EP 1936700	A2	25-06-2008	EP 1936700 A2 25-06-2008
			EP 1936701 A2 25-06-2008
			US 2011108081 A1 12-05-2011
			US 2011108082 A1 12-05-2011
-----			