

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 50190/2012
(22) Anmeldetag: 18.05.2012
(43) Veröffentlicht am: 15.12.2013

(51) Int. Cl. : **H01L 31/052** (2006.01)
H01L 31/055 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
WO 2011008881 A2
US 2007240758 A1
WO 200054340 A1
JP 2011054814 A

Die Ansprüche 19 und 21 entsprechen nicht den Anforderungen des § 91 Abs. 1 PatG und waren daher von der Recherche auszunehmen.

(73) Patentanmelder:
Pleninger
4020 Linz (AT)

(54) **Vorrichtung zur Energiegewinnung**

(57) Es wird eine Vorrichtung zur Energiegewinnung, insbesondere eine Solarzelle vorgeschlagen, die wenigstens eine Raumladungszone und wenigstens eine Vorrichtung zur Frequenzwandlung eingestrahlt Lichtes mit Quantenpunkten umfasst. Zwecks Erzielung eines verbesserten Wirkungsgrades wird vorgeschlagen, dass die wenigstens eine Raumladungszone ein Absorptionsspektrum mit wenigstens einem Absorptionsmaximum mit einer Quanteneffizienz von über 60% aufweist und dass der wenigstens einen Raumladungszone wenigstens eine Vorrichtung zur Frequenzwandlung zugeordnet ist, deren Emissionsspektrum zu einem wesentlichen Teil, nämlich wenigstens zu über 50%, in jenem Frequenzbereich liegt, in dem die wenigstens eine Raumladungszone eine Absorptionseffizienz von über 60% aufweist.

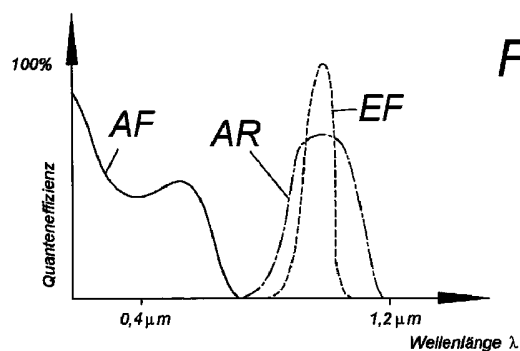


FIG. 2

Patentanwälte
Dipl.-Ing. Helmut Hübscher
Dipl.-Ing. Karl Winfried Hellmich
Spittelwiese 7, A 4020 Linz

(38545) HEL

Zusammenfassung:

Es wird eine Vorrichtung zur Energiegewinnung, insbesondere eine Solarzelle vorgeschlagen, die wenigstens eine Raumladungszone und wenigstens eine Vorrichtung zur Frequenzwandlung eingestrahlt Lichtes mit Quantenpunkten umfasst. Zwecks Erzielung eines verbesserten Wirkungsgrades wird vorgeschlagen, dass die wenigstens eine Raumladungszone ein Absorptionsspektrum mit wenigstens einem Absorptionsmaximum mit einer Quanteneffizienz von über 60% aufweist und dass der wenigstens einen Raumladungszone wenigstens eine Vorrichtung zur Frequenzwandlung zugeordnet ist, deren Emissionsspektrum zu einem wesentlichen Teil, nämlich wenigstens zu über 50%, in jenem Frequenzbereich liegt, in dem die wenigstens eine Raumladungszone eine Absorptionseffizienz von über 60% aufweist.

(Fig. 2)

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Energiegewinnung, insbesondere Solarzelle, mit wenigstens einer Raumladungszone und wenigstens einer Vorrichtung zur Frequenzwandlung eingestrahlt Lichtes, insbesondere mit Quantenpunkten.

Solarzellen bestehen aus einem aus Halbleitern aufgebauten p-n Übergang. In der Raumladungszone werden in Folge Photonenabsorption erzeugte Elektronen- Loch Paare durch die in der Raumladungszone vorhandene Diffusionsspannung getrennt und am Rekombinieren gehindert, wodurch sowohl Elektronen als auch Löcher als Ladungsträger für einen Stromfluss zur Verfügung stehen. Die eingestrahlt Photonen müssen eine, der Bandlücke des Halbleitermaterials entsprechende, gewisse Mindestenergie aufweisen, um eine Spannung im Halbleiter generieren zu können. Die Wahrscheinlichkeit, ein Photon einer bestimmten Wellenlänge zu absorbieren und ein Elektron-Loch Paar zu erzeugen wird als Quanteneffizienz bezeichnet und ist vom eingesetzten Material und von dessen Bandstruktur (Leitungs- und Valenzband) abhängig. Zurzeit werden poly- und monokristallines Silizium, organische Halbleiter sowie Dünnschichtsolarzellen zur technischen Realisierungen von Solarzellen herangezogen.

Die Quanteneffizienz (auch Quantenausbeute oder Fluoreszenzausbeute) beschreibt im Detail das Verhältnis zwischen der Anzahl der absorbierten Photonen (Lichtquanten) und einem daraus folgenden Ereignis wie beispielsweise Fluoreszenz oder einer chemischen Reaktion. Meist ist die Quanteneffizienz kleiner als 1.

Bei Detektoren für Photonen (beispielsweise Halbleiterdetektoren wie z.B. Fotodioden und CCDs) gibt die Quanteneffizienz an, mit welcher Wahrscheinlichkeit ein

Elektron durch den photoelektrischen Effekt freigesetzt wird und damit das in den Detektor eintretende Photon detektiert werden kann. Bei Solarzellen ist die Quanteneffizienz für die Energieausbeute, bzw. den Wirkungsgrad entscheidend. Die Quanteneffizienz ist unter anderem für die Charakterisierung von Fotodioden, Fotokathoden von Fotozellen, Bildverstärkern und Photomultipliern, aber auch von Leuchtstoffen, Faserlasern und anderen (lichtgepumpten) Festkörperlaser von Bedeutung. Bei Fotokathoden kann die Quanteneffizienz Werte von über 50 % erreichen. Derzeit erreichbare Spitzenwerte liegen beispielsweise für Cs₂Te (213 nm Wellenlänge) bei ~20 %, für GaAsP (460-540 nm Wellenlänge) bei ~50 % und für GaAs (550...720 nm Wellenlänge) bei ~25 %. Die Quanteneffizienz von einkristallinen Fotodioden kann 90 % erreichen. Einkristalline Silizium-Fotodioden erreichen bei der optimalen Empfangswellenlänge um 900 nm eine spektrale Empfindlichkeit von etwa 0,5 A/W. Solarzellen erreichen diese Werte nicht, da sie auf einen möglichst breiten Bereich im sichtbaren Spektralbereich (Sonnenlicht) optimiert sind.

Solarzellen weisen für Photonen verschiedener Wellenlängen unterschiedliche Absorptionswahrscheinlichkeiten, also eine unterschiedliche Quantenausbeute auf. Das bedeutet, dass ein auf bestimmte Weise realisierter p-n-Übergang zwar bei einer bestimmten Wellenlänge sein Absorptionsoptimum hat, aber auch Photonen mit größerer oder mit geringerer Wellenlänge mit geringerer Wahrscheinlichkeit absorbieren kann. Da das einfallende Licht Photonen verschiedenster Wellenlängen aufweist, wird bislang bei der Konstruktion von Solarzellen versucht, eine optimale Energieausbeute dadurch zu erzielen, dass das Absorptionsspektrum der Solarzelle in einem möglichst breiten Spektralbereich mit möglichst hoher Absorptionseffizienz für verschiedenste Wellenlängen (=Quanteneffizienz) aufweist. Es wird also versucht einen möglichst großen Frequenzbereich des von der Sonne abgestrahlten Lichtes, des Sonnenspektrums nach dem Atmosphärendurchgang, energiebringend zu absorbieren. Dazu ist es bekannt eine Solarzelle mit mehreren P-N Übergängen auszustatten (Mehrschichtsolarzellen). Der weiteren Verbreitung derartiger Lösungen stehen die hohen Fertigungskosten entgegen, die durch den wesentlich höheren Konstruktionsaufwand verursacht werden.

Das Absorptionsspektrum der Wirkschicht der Solarzelle (des oder der entsprechenden p-n-Übergänge) möglichst breitbandig zu gestalten ist automatisch mit einem Verlust an Effizienz verbunden, da eine Optimierung hinsichtlich zweier Faktoren erforderlich ist, die einander nicht zuträglich sind, nämlich eine hohe Quantenausbeute über ein möglichst breites Frequenzband.

Nunmehr wird mit verschiedenen Ansätzen versucht von der Solarzelle nur mit geringer Effizienz nutzbare Frequenzanteile in solche zu wandeln, bei denen die Nutzungswahrscheinlichkeit höher ist. Gleichzeitig werden Solarzellentypen entwickelt, die eine hohe Effizienz bei der Konversion von Sonnenlicht in elektrische Energie aufweisen, und das in einem möglichst breiten Frequenzbereich, immer im Hinblick auf die im Sonnenlicht vorhandenen Frequenzanteile. Nach einem derartigen Ansatz ist es bekannt Quantenpunkte einzusetzen (WO2010/111415 A2). Mit Quantenpunkten können vom jeweiligen Solarzellentyp nicht nutzbare Wellenlängen in nutzbare transformiert werden.

Quantenpunkte weisen eine nanoskopische Materialstruktur, insbesondere aus Halbleitermaterial (z. B. InGaAs, CdSe oder auch GaInP/InP), auf. Die Ladungsträger (Elektronen, Löcher) sind in einem Quantenpunkt in ihrer Beweglichkeit in allen drei Raumrichtungen so weit eingeschränkt, dass ihre Energie nicht mehr kontinuierliche, sondern nur noch diskrete Werte annehmen kann. Quantenpunkte sind nanotechnologisch gefertigte winzig kleine Halbleiterkristalle, die in der Lage sind Licht einer Wellenlänge zu absorbieren und dabei Licht einer anderen, größeren oder kleineren, Wellenlänge zu emittieren. Die abgestrahlte Wellenlänge hängt von der Größe dieser Nanokristalle ab. Diese Kristalle können hochgenau auf die gewünschte Emissionswellenlänge hin abgestimmt und gefertigt werden und sind somit fähig, von Rot über Orange und Gelb bis hin zu grünem Licht und darüber hinaus zu strahlen. Elektronische und optische Eigenschaften von Quantenpunkten lassen sich also in gewissen Maßen maßschneidern. Typischerweise beträgt ihre eigene atomare Größenordnung etwa 10^4 Atome bis 10^6 Atome.

Ausgehend von einem Stand der Technik der eingangs geschilderten Art liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde eine Solarzelle zu schaffen, die gegenüber dem Stand der Technik eine merklich bessere Quanteneffizienz, also eine verbesserte Energieausbeute und somit einen höheren Wirkungsgrad, aufweist.

Die Erfindung löst diese Aufgabe dadurch, dass die wenigstens eine Raumladungszone ein Absorptionsspektrum mit wenigstens einem Absorptionsmaximum mit einer Quanteneffizienz von über 60% aufweist und dass der wenigstens einen Raumladungszone wenigstens eine Vorrichtung zur Frequenzwandlung zugeordnet ist, deren Emissionsspektrum zu einem wesentlichen Teil, nämlich wenigstens zu über 50%, in jenem Frequenzbereich liegt, in dem die wenigstens eine Raumladungszone eine Absorptionseffizienz von über 60% aufweist. Dies wird erreicht, indem das Emissionsspektrum der Frequenzwandlung möglichst gleich ist mit jenem Frequenzbereich des Absorptionsspektrums der Raumladungszone, der hohe Quanteneffizienzen von über 60% aufweist. Damit wird eine Solarzelle geschaffen, die gegenüber dem Stand der Technik ein Material mit schmalbandigem Absorptionsspektrum und hoher Quanteneffizienz aufweist und die dennoch ein breitbandiges Sonnenspektrum durch Frequenzwandlung zur Energiegewinnung nutzbar macht.

Mit der Erfindung kann eine Solarzelle mit merklich verbesserter Energieausbeute und somit höherem Wirkungsgrad dadurch geschaffen werden, dass die Quantenpunkten zueigenen Optimierungsmöglichkeiten bezüglich der Quanteneffizienz in einem engen Frequenzbereich ausnutzt, in dem eine Transformierung eines breiten Wellenspektrums hin zu einem engen, auf die Sensorzelle abgestimmtes Detektionsspektrum erfolgt. Eine Optimierung der Sensorzelle hinsichtlich eines breit angelegten bzw. auf Sonneneinstrahlung abgestimmten Absorptionsspektrums ist somit nicht erforderlich. Im Gegenteil, es wird eine Sensorzelle mit schmalen Absorptionsspektrum, aber mit überdurchschnittlich hoher Quanteneffizienz gewählt und das breite Lichtspektrum des Sonnenlichtes mit den Quantenpunkten in das Absorptionsspektrum der Sensorzelle transformiert, also in jenen Frequenzbereich, auf den die Wirkschicht der Solarzelle hin optimiert wurde.

Die wenigstens eine Raumladungszone weist im Absorptionsspektrum ein Absorptionsmaximum oder mehrere Absorptionsmaxima mit einer Quanteneffizienz von jeweils über 60% auf, wobei mindestens 30% der in der Raumladungszone absorbierten Photonen zuvor von einer oder mehreren Vorrichtungen zur Frequenzwandlung emittiert werden, die der wenigstens einen Raumladungszone zugeordnet sind.

Zur Umsetzung der Erfindung wird der p-n-Übergang einer Solarzelle beispielsweise dahingehend optimiert, dass er eine hohe Absorptionsrate (=Quanteneffizienz) von über 60% in einem bestimmten Frequenzbereich aufweist. Darauf das Absorptionsspektrum p-n-Schicht auf das einfallende Sonnenlichtspektrum hin zu optimieren kann teilweise oder gänzlich verzichtet werden. Die Optimierungsmöglichkeiten der Quanteneffizienz in diesem bestimmten, verhältnismäßig engen, Frequenzbereich können bestmöglich ausgenutzt werden. Dieser Bereich wird insofern an die zur Verfügung stehenden Maßnahmen zur Frequenzwandlung angepasst, dass er im Zielbereich der eingesetzten bzw. einzusetzenden Quantenpunkte und somit deren abgestrahlter Wellenlänge liegt. Um den außerhalb Absorptionsspektrum p-n-Schicht liegenden Frequenzbereich dennoch nutzen zu können wird mit den Quantenpunkten ein großer Teil dieses Anteiles in Frequenzen transformiert, die von der hinsichtlich der Quanteneffizienz optimierten Solarzelle genutzt werden können. Die Möglichkeit Photonen „frequenzzuwandeln“ ist in diesem Zusammenhang großteils oder gänzlich dafür verantwortlich, dass trotz des engen Absorptionsspektrums der p-n-Schicht der Solarzelle dennoch große Teile des einfallenden Sonnenlichtes zur Stromerzeugung genutzt werden können. Die Frequenzwandlung kann gegebenenfalls mehrere, über verschiedenartige Frequenzwandler oder Quantenpunkte (Quantenpunkte unterschiedlicher Anregungsfrequenz) führende, Zwischenschritte umfassen.

Auch wenn die Raumladungszone bei einfacher Konstruktion nur ein Absorptionsmaxima aufweist, kann es zur Wirkungsgradsteigerung im Zusammenhang mit dem Abstrahlverhalten der verschiedenen Frequenzen zugeordneten Quantenpunkte von Vorteil sein, wenn die die Raumladungszone zwei oder mehrere Absorptionsmaxi-

ma mit einer Quanteneffizienz von je mehr als 60% aufweist. Besonders hohe Wirkungsgrade lassen sich in diesem Zusammenhang nach derzeitigem Wissensstand erzielen, wenn die wenigstens eine Raumladungszone ein Absorptionsspektrum mit einer Bandbreite von bis zu 700nm, vorzugsweise von bis zu 200nm, aufweist. Kleinere Bandbreiten sind, insbesondere wenn Quantenpunkte vorliegen deren Abstrahlfrequenz innerhalb der Bandbreite liegt, auch denkbar.

Die Vorrichtung zur Frequenzwandlung kann optisch nichtlineare, lumineszente, phosphoreszierende, und/oder fluoreszierende Materialien umfassen. Dabei können die Quantenpunkte selbst derart ausgebildet sein oder entsprechende zusätzliche Materialien vorgesehen sein. Beispielsweise können die Quantenpunkte in eine Matrix aus diesen Materialien eingebettet sein. Außerdem kann die Vorrichtung zur Frequenzwandlung eine oder mehrere Schichten umfassen, der bzw. denen die Quantenpunkte zugeordnet sind. Dabei ist es für die Erfindung unerheblich ob die Quantenpunkte in die Schichten eingebettet oder auf die Schichten aufgebracht sind.

In einem einfachen Fall reicht es aus, wenn der Raumladungszone Quantenpunkte zugeordnet sind, welche zumindest einen Teil des unterhalb des Absorptionsspektrums der Raumladungszone liegenden Wellenspektrums in das innerhalb der Raumladungszone liegende Wellenspektrum durch Frequenzerhöhung transformieren. Zusätzlich oder alternativ können der Raumladungszone Quantenpunkte zugeordnet sein, welche zumindest einen Teil des oberhalb des Absorptionsspektrums der Raumladungszone liegenden Wellenspektrums in das innerhalb der Raumladungszone liegende Wellenspektrum durch Frequenzsenkung transformieren. Dass die Vorrichtung zur Frequenzwandlung zwei oder mehrere Arten verschiedener Quantenpunkte umfassen kann wurde ja bereits erwähnt. Damit lassen sich verschiedene Frequenzbereiche des eingestrahltten Sonnenlichtes in das Absorptionsspektrum der Raumladungszone transformieren.

In bekannter Weise können die Quantenpunkte für sich mit einer oder mehreren transparenten Hüllen, sogenannten „shell's“ ausgestattet sein. Damit lässt sich

beispielsweise ein Minimalabstand benachbarter Quantenpunkte gewährleisten und einstellen.

Bezüglich des Aufbaues der Solarzelle kann wenigstens eine Vorrichtung zur Frequenzwandlung in Einstrahlrichtung hinter der Raumladungszone der Solarzelle liegen. Zusätzlich oder alternativ dazu besteht die Möglichkeit die wenigstens eine Vorrichtung zur Frequenzwandlung in Einstrahlrichtung vor der Raumladungszone der Solarzelle anzuordnen.

Um das eingestrahlte Sonnenlicht möglichst effektiv zu nutzen, kann die Solarzelle rückseitig, also auf ihrer der Einfallsrichtung des Sonnenlichtes abgewandten Seite verspiegelt ausgebildet sein. Eine konkrete Ausführung sieht eine Schicht mit frequenzwandelndem Material vor, die einen Lichtdurchgang unterbindende Schichtdicke aufweist, die Licht nur nach erfolgter Frequenzwandlung zurückwirft.

Um das auf die Solarzelle auftreffende Sonnenlicht möglichst effektiv nutzen zu können, ist es von Vorteil, wenn die Raumladungszone und die Vorrichtung zur Frequenzwandlung in einer Photonenfalle angeordnet sind, welche den Austritt von Photonen einer bestimmten oder mehrerer verschiedener Wellenlängen aus der Photonenfalle unterbindet.

Besonders vorteilhafte Verhältnisse ergeben sich, wenn:

- die wenigstens eine Raumladungszone ein Absorptionsspektrum mit einer vollen Breite bei halbem Maximum von bis zu 700nm aufweist.
- die wenigstens eine Raumladungszone in wenigstens einer Raumrichtung eine Größe kleiner als 20 μ m aufweist.
- die wenigstens eine Raumladungszone eine dreidimensionale Struktur aufweist.
- die wenigstens eine Vorrichtung zur Frequenzwandlung in wenigstens einer Raumrichtung eine Größe kleiner als 200nm aufweist.
- die wenigstens eine Vorrichtung zur Frequenzwandlung eine oder mehrere Schichten umfasst.

- die wenigstens eine Vorrichtung zur Frequenzwandlung Nanoröhrchen, Nanodrähte, Nanorings oder Nanokristalle umfasst, die in wenigstens einer Raumrichtung eine Abmessung von unter 20nm aufweisen.
- die Vorrichtung zur Frequenzwandlung von der Raumladungszone räumlich getrennt ist.
- dass der Vorrichtung zur Frequenzwandlung eine das einfallende Photonen-spektrum zur Raumladungszone leitende Leiteinrichtung zugehört.
- der Vorrichtung zur Frequenzwandlung eine einfallende Photonen-spektrum zur Raumladungszone hin konzentrierende Sammeleinrichtung, insbesondere ein Prisma oder eine Linse, zugehört.
- Vorrichtung zur Frequenzwandlung räumlich innerhalb der Raumladungszone angeordnet ist.
- die wenigstens eine Raumladungszone in wenigstens einer Raumrichtung eine Größe kleiner als 150µm, vorzugsweise kleiner als 50µm und insbesondere kleiner als 20µm aufweist.
- wenigstens eine Raumladungszone im Absorptionsspektrum ein Absorptionsmaximum oder mehrere Absorptionsmaxima mit einer Quanteneffizienz von über 70% , vorzugsweise von über 80% und insbesondere vorzugsweise von über 90% aufweist.
- mindestens 40%, vorzugsweise 50% und insbesondere vorzugsweise wenigstens 60%, der in der Raumladungszone absorbierten Photonen der Raumladungszone von einer oder mehreren Vorrichtungen zur Frequenzwandlung zugeleitet sind.
- mindestens 70%, vorzugsweise 80% und insbesondere vorzugsweise wenigstens 90% der in der Raumladungszone absorbierten Photonen der Raumladungszone von einer oder mehreren Vorrichtungen zur Frequenzwandlung zugeleitet sind.

Für eine oder für mehrere p-n-Übergänge der erfindungsgemäßen Solarzelle können beispielsweise wahlweise folgende Materialien (ggf. dotiert)

Cs₂Te, GaAsP, GaAs, InP, InGaAsP, AlGaAs, GaAsP, GaP, SiC, ZnSe, InGaN, GaN, AlN, AlGaInP, AlGaP, AlGaIn, AlGaInN, ZnO, ZnSe, C, Si und/oder SiC sowie

organische Halbleiter umfassen. Diese Aufzählung ist nur beispielhaft und nicht abschließend.

Ausführungsbeispiel (Fig. 3):

Es wird eine Schicht aus $\text{Sr}[\text{Si}_2\text{O}_2\text{N}_2]$, dotiert mit 4% Europium, zur Frequenzwandlung eingesetzt, entweder mit geringer Schichtdicke, wobei das frequenzgewandelte Licht durchscheint, oder in größerer Schichtdicke hinter (bezüglich Einfallsrichtung des Sonnenlichtes) der Raumladungszone der Solarzelle, wobei das frequenzgewandelte Licht zurückgestrahlt wird, und die auch ohne Frequenzwandlung nutzbaren Spektralanteile großteils beim ersten Durchgang durch die Raumladungszone zur Energiegewinnung genutzt wurden. Diese Schicht zur Frequenzwandlung absorbiert Licht hauptsächlich bei Wellenlängen unter 450 nm. Sie emittiert Licht in einem Bereich von 500 bis 600 nm mit einem Maximum bei 542 nm. Hierbei können laut Quelle Quanteneffizienzen von bis zu 85% erzielt werden.

Als Halbleiter zur Bildung der Raumladungszone wird InGaP verwendet, das zwischen 400 und 650 nm eine Quanteneffizienz von 60% oder darüber aufweist, mit einem Maximum bei ca. 500 nm und einer Quanteneffizienz von über 80% bei diesem Maximum.

Mit einer derartigen Anordnung kann bereits eine Solarzelle geschaffen werden, die im Frequenzbereich kleiner als 650 nm eine theoretische Effizienz von mehr als 30% aufweist (mehr als 50% Quanteneffizienz beim Frequenzwandler unter 450 nm, mehr als 60% Quanteneffizienz bei der Wirkschicht zwischen 400 und 650 nm, $0,5 \times 0,6 = 0,3 = 30\%$). Der Wirkungsgrad kann durch Verwendung zusätzlicher Frequenzwandler, insbesondere Quantenpunkte aber erfindungsgemäß noch weiter gesteigert werden.

In der Zeichnung ist die Erfindung an Hand eines Ausführungsbeispiels schematisch dargestellt. Es zeigen:

Fig. 1 ein den Stand der Technik darstellendes Diagramm einer Solarzelle,
Fig. 2 und 3 je ein der Erfindung entsprechendes Diagramm einer Solarzelle,

Fig. 4 und 5 je ein Diagramm mit einer zwei verschiedenartige Quantenpunkte umfassenden Vorrichtung zur Frequenzwandlung und
Fig. 6a bis f Beispiele für den Schichtaufbau erfindungsgemäßer Solarzellen.

Eine Vorrichtung zur Energiegewinnung, insbesondere eine Solarzelle, umfasst wenigstens eine Raumladungszone RLZ und wenigstens eine Vorrichtung zur Frequenzwandlung F eingestrahlten Lichtes, die insbesondere Quantenpunkte umfassen kann. Erfindungsgemäß weist die wenigstens eine Raumladungszone RLZ ein Absorptionsspektrum AR bei hoher Quanteneffizienz von über 60% auf und ist der Raumladungszone RLZ eine Vorrichtung zur Frequenzwandlung F zugeordnet, deren Emissionsspektrum EF zu einem wesentlichen Teil, insbesondere zu über 50%, in jenem Frequenzbereich liegt, in dem die wenigstens eine Raumladungszone RLZ eine Absorptionseffizienz AR von über 60 % aufweist.

In den Diagrammen ist die Quanteneffizienz über der Wellenlänge dargestellt, wobei typische Verläufe für den Absorbitionsbereich des Frequenzwandlers AF, den Emissionsbereich des Frequenzwandlers EF und den Absorbitionsbereich der Raumladungszone AR angegeben sind. Damit wird zumindest ein wesentlicher Teil des außerhalb des Absorptionsspektrums AR der Raumladungszone RLZ liegenden Wellenspektrums in das innerhalb der Raumladungszone RLZ liegende Wellenspektrum transformiert. Fig.3 zeigt das konkrete Ausführungsbeispiel aus der Beschreibung.

Fig. 4 und 5 umfassen zwei Vorrichtungen zur Frequenzwandlung F, wobei gem. Fig. 4 zwei unterhalb des Absorptionsspektrums der Raumladungszone AR arbeitende Frequenzwandler F_1 , F_2 mit je einem Absorbtionsspektrum AF_1 , und AF_2 dargestellt sind, welche die Emissionsspektrum EF_1 , und EF_2 aufweisen, welche innerhalb der Raumladungszone AR absorbiert werden. Es erfolgt also eine Transformation des Wellenspektrums durch Frequenzerhöhung. Im Ausführungsbeispiel nach Fig. 5 liegt das Absorbtionsspektrum AF_1 des Frequenzwandlers F_1 unterhalb und das und Absorbtionsspektrum AF_2 des Frequenzwandlers F_2 oberhalb des Absorpti-

onsspektrums der Raumladungszone AR. Es erfolgt also einerseits eine Frequenzerhöhung, als auch anderseits eine Frequenzsenkung.

Die zur Frequenzwandlung eingesetzten Materialien, insbesondere Quantenpunkte, können ein oder mehrere Photonen absorbieren oder auch emittieren. Ebenso besteht die Möglichkeit zuvor von einem Frequenzwandler emittierte Photonen einem weiteren Frequenzwandler zuzuführen.

Diverse Schichtaufbauten erfindungsgemäßer Solarzellen sind in Fig. 6 a bis f dargestellt und umfassen Frequenzwandler, Raumladungszonen und Spiegel.

Patentanwälte
Dipl.-Ing. Helmut Hübscher
Dipl.-Ing. Karl Winfried Hellmich
Spittelwiese 7, A 4020 Linz

(38545) HEL

Patentansprüche:

1. Vorrichtung zur Energiegewinnung, insbesondere Solarzelle, mit wenigstens einer Raumladungszone und wenigstens einer Vorrichtung zur Frequenzwandlung eingestrahltten Lichtes, insbesondere mit Quantenpunkten, dadurch gekennzeichnet, dass die wenigstens eine Raumladungszone ein Absorptionsspektrum mit wenigstens einem Absorptionsmaximum mit einer Quanteneffizienz von über 60% aufweist und dass der wenigstens einen Raumladungszone wenigstens eine Vorrichtung zur Frequenzwandlung zugeordnet ist, deren Emissionsspektrum zu einem wesentlichen Teil, nämlich wenigstens zu über 50%, in jenem Frequenzbereich liegt, in dem die wenigstens eine Raumladungszone eine Absorptionseffizienz von über 60% aufweist.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Raumladungszone zwei oder mehrere Absorptionsmaxima mit einer Quanteneffizienz von mehr als 60% aufweist.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung zur Frequenzwandlung optisch nichtlineare, lumineszierende, phosphoreszierende und/oder fluoreszierende Materialien umfasst.
4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die wenigstens eine Vorrichtung zur Frequenzwandlung eine oder mehrere Anordnungen umfasst, der bzw. denen eine oder mehrere Arten von Quantenpunkten zugeordnet sind.
5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens einer Raumladungszone eine oder mehrere Vorrichtungen zur

Frequenzwandlung, insbesondere Quantenpunkte, zugeordnet sind, welche zumindest einen Teil des unterhalb und/oder einen Teil des oberhalb des Absorptionsspektrums der wenigstens einen Raumladungszone liegenden Wellenspektrums in das Absorptionsspektrum wenigstens eines Materials der wenigstens einen Raumladungszone durch Frequenzerhöhung und/oder Frequenzsenkung transformieren.

6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Quantenpunkte für sich mit einer oder mehreren Hüllen ausgestattet sind.

7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung zur Frequenzwandlung in Einstrahlrichtung vor und/oder hinter der Raumladungszone der Solarzelle liegt.

8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Solarzelle rückseitig, also auf ihrer der Einfallsrichtung des Sonnenlichtes abgewandten Seite verspiegelt ausgebildet ist.

9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Schicht mit frequenzwandelndem Material eine einen Lichtdurchgang unterbindende Schichtdicke aufweist, die Licht nur nach erfolgter Frequenzwandlung zurückwirft.

10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens eine Raumladungszone und die Vorrichtung zur Frequenzwandlung in einer Photonenfalle angeordnet sind, welche den Austritt von Photonen einer bestimmten oder mehrerer verschiedener Wellenlängen aus der Photonenfalle unterbindet.

11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die wenigstens eine Raumladungszone ein Absorptionsspektrum mit einer vollen Breite bei halbem Maximum von bis zu 700nm, vorzugsweise von bis zu 200nm, aufweist.

12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens eine Raumladungszone in wenigstens einer Raumrichtung eine Größe kleiner als $150\mu\text{m}$, vorzugsweise kleiner als $50\mu\text{m}$ und insbesondere kleiner als $20\mu\text{m}$, aufweist.

13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens eine Raumladungszone eine dreidimensionale Struktur und insbesondere Strukturen aufweist, die in einer Raumrichtung kleiner als 20nm , vorzugsweise kleiner als 5nm , sind.

14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens eine Vorrichtung zur Frequenzwandlung in wenigstens einer Raumrichtung eine Größe kleiner als 500nm , vorzugsweise kleiner als 200nm , aufweist.

15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass die wenigstens eine Vorrichtung zur Frequenzwandlung eine oder mehrere Schichten umfasst.

16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass die wenigstens eine Vorrichtung zur Frequenzwandlung Nanoröhrchen, Nanodrähte, Nanorings oder Nanokristalle umfasst, die in wenigstens einer Raumrichtung eine Abmessung von unter 20nm , vorzugsweise unter 5nm , aufweist.

17. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung zur Frequenzwandlung von der Raumladungszone räumlich getrennt ist.

18. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens einer Vorrichtung zur Frequenzwandlung und oder wenigstens einer Raumladungszone wenigstens eine Sammeleinrichtung, insbesondere ein Prisma, eine Linse und oder eine optisch leitende und/oder konzentrierende Einrichtung, zugehört.

19. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung zur Frequenzwandlung räumlich innerhalb der Raumladungszone angeordnet ist.

20. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens eine Raumladungszone im Absorptionsspektrum ein Absorptionsmaximum oder mehrere Absorptionsmaxima mit einer Quanteneffizienz von über 70% , vorzugsweise von über 80% und insbesondere vorzugsweise von über 90% aufweist.

21. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass im Betrieb mit direktem oder indirektem Sonnenlicht mindestens 40%, vorzugsweise mindestens 65% und insbesondere vorzugsweise mindestens 90%, der in wenigstens einer Raumladungszone absorbierten Photonen der Raumladungszone von einer oder mehreren Vorrichtungen zur Frequenzwandlung emittiert werden.

22. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass die wenigstens eine Vorrichtung zur Frequenzwandlung eine ungleiche Anzahl an Photonen absorbiert und emittiert, insbesondere eine kleinere Anzahl an Photonen absorbiert als emittiert.

23. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 22, dadurch gekennzeichnet, dass das Emissionsspektrum wenigstens einer Vorrichtung zur Frequenzwandlung, mit dem Absorptionsspektrum wenigstens einer weiteren Vorrichtung zur Frequenzwandlung zu wesentlichen Teilen, nämlich zu über 50%, übereinstimmt, womit eine kaskadenförmige Frequenzwandlung erfolgt.

Linz, am 18. Mai 2012

Gernot Pleninger durch:
/DI Karl Winfried Hellmich/
(elektronisch signiert)

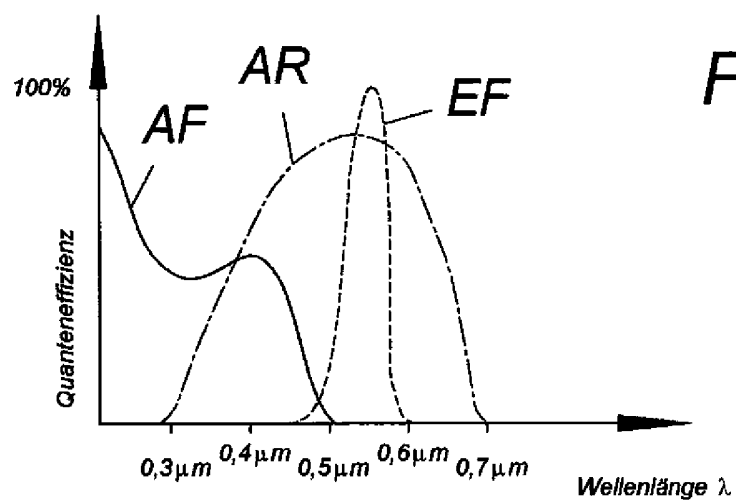
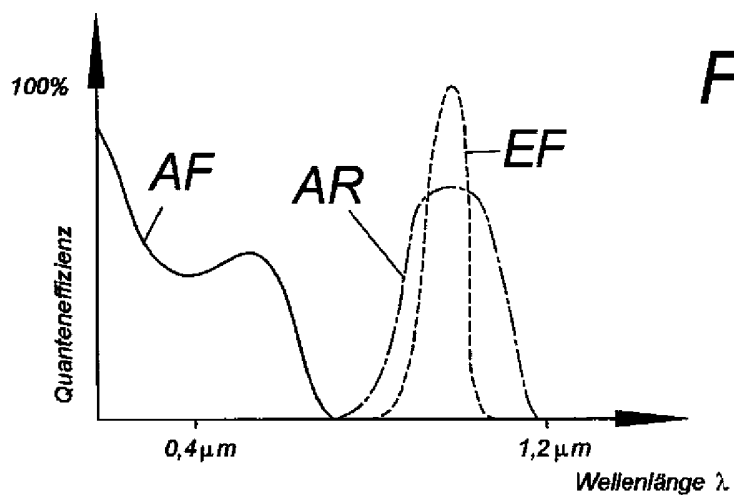
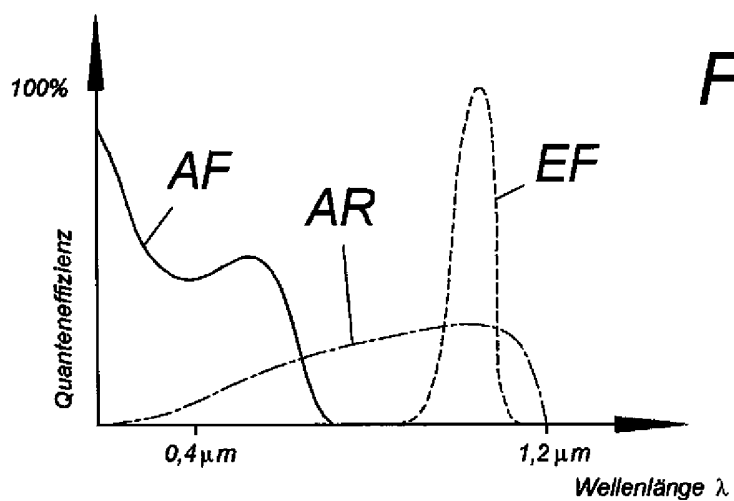


FIG.4

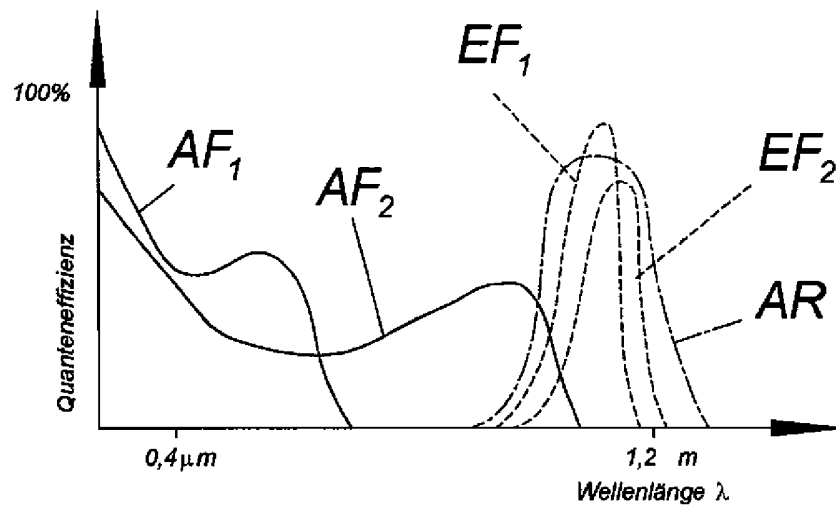


FIG.5

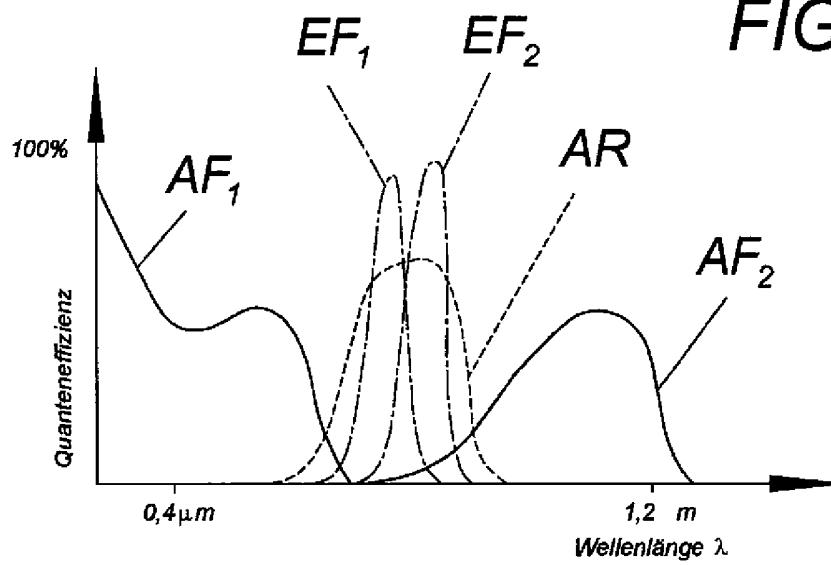


FIG. 6a

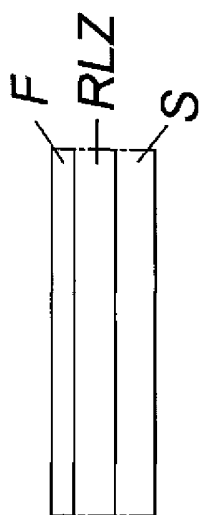


FIG. 6b

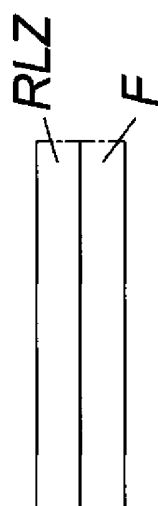


FIG. 6c

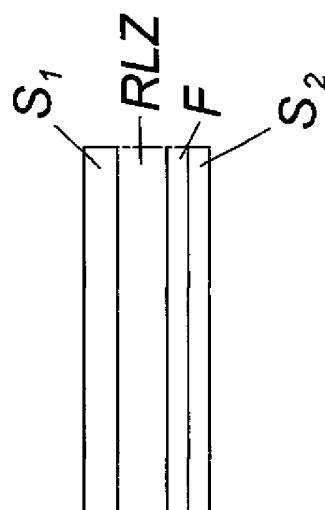


FIG. 6d

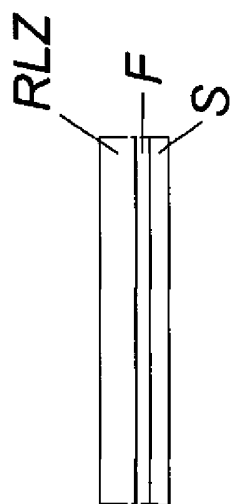


FIG. 6e

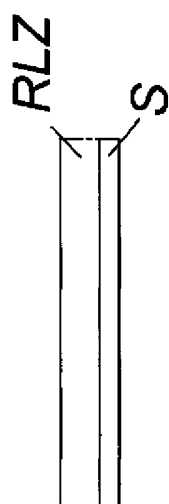
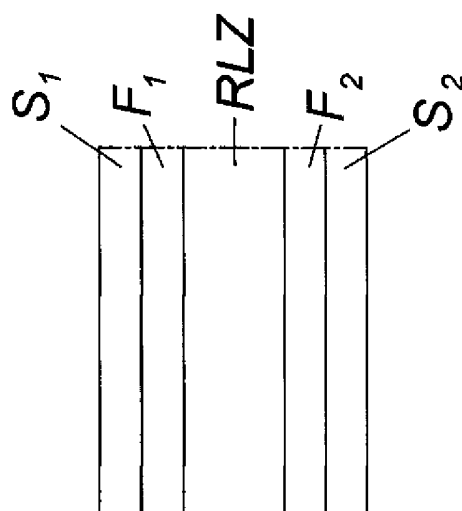


FIG. 6f



Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß IPC: H01L 31/052 (2006.01); H01L 31/055 (2006.01)		
Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß ECLA: H01L 31/052B; H01L 31/055		
Recherchierter Prüfstoß (Klassifikation): H01L		
Konsultierte Online-Datenbank: EPODOC; WPI		
Dieser Recherchenbericht wurde zu den am 18. Mai 2012 eingereichten Ansprüchen 1-18, 20, 22 und 23 erstellt.		
Kategorie ¹	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
X	WO 2011008881 A2 (SPECTRAWATT, INC, KURTIN, JUANITA N, GUICHARD, ALEX R, HUGHES, STEVEN M, MAYER, ALEX C, PARK, OUN HO, SCULLY, SHAWN R, TRUDEAU, PAUL-EMILE B, REESE, COLIN C, SHEORAN, MANAV, MASSON, GEORGETA) 20. Jänner 2011 (20.01.2011) Zusammenfassung; Figuren und zugehörige Beschreibung	1-9, 11, 14-17, 20, 22
Y		10, 12, 13, 18, 23
Y	US 2007240758 A1 (SPARTZ THOMAS) 18. Oktober 2007 (18.10.2007) Zusammenfassung; Absätze 0025, 0026; Figuren 7-12	10
Y	WO 200054340 A1 (IMPERIAL COLLEGE OF SCIENCE, TECHNOLOGY AND MEDICINE, BARNHAM, KEITH, WILLIAM, JOHN) 14. September 2000 (14.09.2000) Zusammenfassung; Seite 7, Zeilen 7-17	12, 13, 18
Y	JP 2011054814 A (MITSUBISHI RAYON CO LTD) 17. März 2011 (17.03.2011) Zusammenfassung; Absätze 0023, 0028; Figuren 2-4	23
Datum der Beendigung der Recherche: 16. April 2013		☒ Fortsetzung siehe Folgeblatt Prüfer(in): HARASEK S.
¹ Kategorien der angeführten Dokumente: X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung: der Anmeldungsgegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden. Y Veröffentlichung von Bedeutung: der Anmeldungsgegenstand kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren weiteren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist. A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert. P Dokument, das von Bedeutung ist (Kategorien X oder Y), jedoch nach dem Prioritätstag der Anmeldung veröffentlicht wurde. E Dokument, das von besonderer Bedeutung ist (Kategorie X), aus dem ein älteres Recht hervorgehen könnte (früheres Anmeldedatum, jedoch nachveröffentlicht, Schutz ist in Österreich möglich, würde Neuheit in Frage stellen). & Veröffentlichung, die Mitglied der selben Patentfamilie ist.		

Fortsetzung des Recherchenberichts - Blatt 2/2

Kategorie ¹	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
	Die Ansprüche 19 und 21 entsprechen nicht den Anforderungen des § 91 Abs. 1 PatG und waren daher von der Recherche auszunehmen.	

gedanken.gut.geschützt.