

(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
9. April 2009 (09.04.2009)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2009/043340 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:
Nicht klassifiziert

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2008/001608

(22) Internationales Anmeldedatum:
26. September 2008 (26.09.2008)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2007 047 088.8 1. Oktober 2007 (01.10.2007) DE

(71) Anmelder und

(72) Erfinder: **BUSKÜHL, Martin** [DE/DE]; Recklinghauser Weg 39, 13583 Berlin (DE).

(74) Anwalt: **KAYSER, Christoph**; Sächsische Strasse 1, 10707 Berlin (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,

AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, 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, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

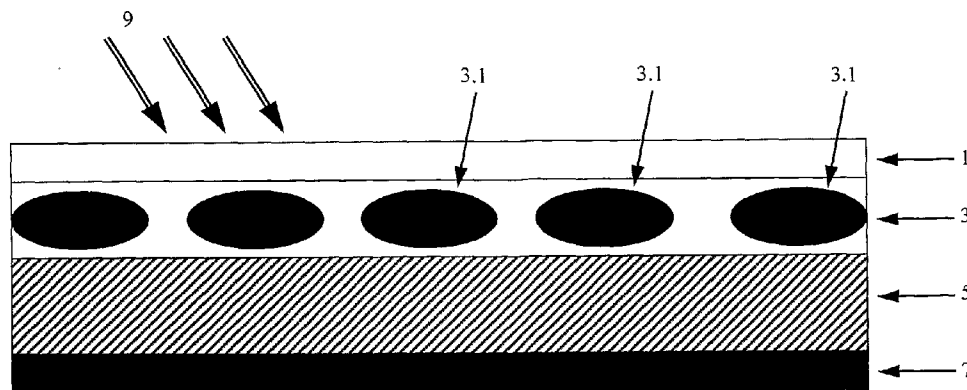
Veröffentlicht:

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts

(54) Title: PHOTOVOLTAIC MODULE HAVING AT LEAST ONE SOLAR CELL

(54) Bezeichnung: FOTOVOLTAIK-MODUL MIT WENIGSTENS EINER SOLARZELLE

Figur 1:



(57) Abstract: The invention relates to a photovoltaic module having at least one solar cell comprising an energy-producing layer, a contact layer being formed on the reverse radiation side of said layer and a second contact layer being formed on the front radiation side of said layer, wherein a light-amplifying material is formed beneath a side of the first contact layer facing away from the first contact layer.

(57) Zusammenfassung: Fotovoltaik-Modul mit wenigstens einer Solarzelle, die eine Energie erzeugende Schicht aufweist, an deren Strahlungsrückseite eine erste Kontaktschicht ausgebildet ist und an deren Strahlungsvorderseite eine zweite Kontaktschicht ausgebildet ist, wobei unterhalb einer der Strahlung abgewandten Seite der ersten Kontaktschicht ein Licht verstärkendes Material ausgebildet ist.

WO 2009/043340 A2

FOTOVOLTAIK-MODUL mit wenigstens einer Solarzelle

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Fotovoltaik-Modul mit wenigstens einer Solarzelle, die eine Energie erzeugende Schicht aufweist, an deren Strahlungsrückseite eine erste Kontaktschicht („Rückseitenkontakt“) ausgebildet ist und an deren Strahlungsvorderseite eine zweite Kontaktschicht („Frontkontakt“) ausgebildet ist sowie eine solche Solarzelle.

Ein solches Fotovoltaik-Modul bzw. eine solche Solarzelle ist aus dem Stand der Technik allgemein bekannt. Ein großes Ziel in der Fotovoltaik ist, Licht auf die Solarzellen zu konzentrieren, um die Lichtintensität zu steigern. Wenn die Intensität des auf die Solarzellen auftreffenden Lichts gesteigert wird, können die Solarzellen kleiner ausfallen, leistungsstärker werden und damit einen höheren Wirkungsgrad erzielen. Dies ist in vielen Fällen kostengünstiger und effektiver im Vergleich zu einer bislang üblichen Bauweise mit kristallinen Halbleiterzellen oder Dünnschichtzellen aus ganz unterschiedlichen Materialien.

Auf der anderen Seite ist aber für die Konzentrierung des Lichtes auf die Solarzellen ein erheblicher Aufwand zu betreiben. Die dazu verwendeten Systeme sind häufig kompliziert und bestehen aus Linsen oder Spiegeln, die im Stand der Technik zahlreich beschrieben sind. Mit diesen Systemen ausgerüstete Fotovoltaik-Module können in Abhängigkeit vom Sonnenstand über zwei Achsen nachgeführt werden. Eine solche Nachführung ist für eine gute Konzentration des Lichtes zwingend erforderlich, denn nur mit Hilfe der Nachführung ist es möglich, dafür zu sorgen, dass das auftreffende Licht immer auf die Solarzelle gerichtet ist und diese auch trifft. Der Einsatz solcher nachführbaren Fotovoltaik-Module mit höherem Wirkungsgrad ist aber nur in großen Solarkraftwerken üblich, da die Nachführung der Module auf Hausdächern bereits aus statischen Gründen nur schwer zu realisieren ist. Zudem kann mit solchen Konzentratorsystemen nur direkt einfallendes, starkes Sonnenlicht rentabel umgesetzt werden. Diffus und schräg einfallendes Licht wird nicht oder nur zu sehr geringem Teil in Strom umgewandelt. Für mitteleuropäische Verhältnisse wie z. B. in Deutschland werden Konzentratorsysteme daher kaum rentabel sein. Daher hat das Freiburger Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE) eine existierende Versuchsanlage auf dem Institutsdach wieder abgebaut.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist daher, ein Fotovoltaik-Modul mit wenigstens einer Solarzelle bzw. eine Solarzelle dahingehend weiterzubilden, dass eine Verstärkung des von der Solarzelle nutzbaren Lichts und eine Erhöhung des Wirkungsgrades einer Solarzelle auch ohne (komplizierte) Konzentrator- und Nachführungssysteme sowohl bei senkrechtem als auch bei schrägem, bei direktem als auch bei diffusem Lichteinfall möglich wird.

Die Aufgabe wird dadurch gelöst, dass unterhalb einer der Strahlung abgewandten Seite der zweiten Kontaktschicht („Frontkontakt“) ein Licht verstärkendes Material ausgebildet ist. Das bedeutet, dass die Umgebung einiger Bestandteile der Schicht lokal bewiesenermaßen eine höhere Intensität an elektromagnetischer Strahlung aufweist. Dieser Sachverhalt, der noch durch weitere physikalische Effekte ergänzt wird, wird hier als „Lichtverstärkung“ bezeichnet. (Es handelt sich dabei nachweislich nicht um ein Perpetuum mobile.)

Die Licht verstärkende Schicht führt in dem erfindungsgemäßen Fotovoltaik-Modul dazu, dass auch nicht senkrecht einfallende Lichtstrahlen derart verstärkt werden, dass sogar eine größere Intensität erhalten werden kann, als wenn die Strahlung senkrecht auf die Solarzelle einfallen würde. Die Licht verstärkende Schicht führt zu einer erhöhten Strahlungsabsorption in der Energie erzeugenden Schicht und steigert damit den Wirkungsgrad der Solarzelle bzw. des Fotovoltaik-Moduls.

Ein weiterer Vorteil der vorliegenden Erfindung besteht darin, dass die Licht verstärkende Schicht Kleinstpartikel aufweist. Die Kleinstpartikel bewirken, dass das einfallende Licht in der Umgebung der Kleinstpartikel durch verschiedene physikalische Effekte verstärkt wird. Diese Verstärkung führt zu der erhöhten Strahlungsabsorption und der bereits genannten erhöhten Energieausbeute in der Energie erzeugenden Schicht.

Dieser Effekt wird in Verbindung mit der Verstärkung von Signalen in der Infrarotspektroskopie beschrieben. Dabei strahlen die Nanopartikel ihrerseits vermutlich ein eigenes, elektromagnetisches Feld ab, das sich mit dem einfallenden Feld überlagert. Die Folge davon ist, dass das gesamte Feld verstärkt wird und in der zu analysierenden Substanz zu einer erheblich höheren Strahlungsabsorption führt. Der Effekt selbst ist physikalisch noch nicht komplett verstanden, wird aber in der IR-Spektroskopie unter dem Begriff SEIRA (Surface Enhanced Infrared Absorption) im Bereich der Forschung zur Verstärkung der IR-Absorption verwendet. Dadurch kann die Nachweisgrenze in der IR-Spektroskopie um mehrere Vielfache gesenkt werden.

Ein weiterer Vorteil gemäß vorliegender Erfindung ist, dass die Energie erzeugende Schicht einen Licht absorbierenden Halbleiter umfasst, auf dessen dem Licht zugewandten Seite die Licht verstärkende Schicht aufgebracht ist. Neben einer in der Energie erzeugenden Schicht integrierten Ausbildung der Licht verstärkenden Schicht ist es nunmehr auch möglich, die Licht verstärkende Schicht separat auf der Energie erzeugenden Schicht aufzubringen. Die Licht verstärkenden Elemente können sowohl in die Licht absorbierende, Energie erzeu-

gende Schicht eingebettet oder als eine oder mehrere separate Schichten der dem Licht zugewandten und/oder abgewandten Seite des Absorbers und/oder als separate Zwischenschichten innerhalb des Absorbers ausgebildet sein. Ebenso ist es möglich, die Licht verstärkenden Elemente in Solarzellen oder Module einzubauen, die aus mehreren gleichen, meist aber unterschiedlichen Licht absorbierenden Energie erzeugenden Schichten mit den evtl. notwendigen Zwischenschichten aufgebaut sind (z. B. Sandwichsolarzellen, Triple-Junction-Zellen, Multi-Junction-Zellen, bzw. Zellen mit beliebig vielen Übergangszonen usw.).

Ein weiterer Vorteil des Fotovoltaik-Moduls bzw. der Solarzelle gemäß vorliegender Erfindung besteht darin, dass die Kleinstpartikel eine Vorrichtung der Geometrie und Anordnung haben. Mit einer im Wesentlichen vorbestimmten Geometrie und Anordnung – geringe (z. B. präparations- bzw. produktionsbedingte) Abweichungen ändern nichts an der Grundform – ist hier gemeint, dass je nach Anwendung neben einer zufälligen Streuung der Kleinstpartikel in der Licht verstärkenden Schicht auch eine gezielte Anordnung und Geometrie der Kleinstpartikel an sich durchgeführt werden kann, um eine bestimmte Wirkung zu erzielen. So kann mit einer bestimmten Anordnung und Geometrie, die sich z. B. auf die optischen, elektrischen und topographischen Parameter und Eigenschaften der Schichten 3, der Kleinstpartikel 3.1 und damit insgesamt der gesamten Solarzelle bzw. des Moduls auswirken, ein ganz bestimmter Wirkungsgrad bzw. eine besondere Verstärkung bzw. Wellenlängenempfindlichkeit an bestimmten Stellen in einer Solarzelle erzielt werden. Wenn in einer Solarzelle bzw. einem Fotovoltaik-Modul mehrere Licht verstärkenden Schichten gleichzeitig eingesetzt werden, können diese sich voneinander in allen Eigenschaften unterscheiden, indem z. B. verschiedene Materialien und/oder unterschiedliche Geometrien und/oder Anordnungen verwendet werden.

Für eine bestimmte Anwendung kann es von Vorteil sein, dass die Kleinstpartikel Ellipsoide sind. Mit Ellipsoiden haben sich gute Wirkungsgrade in der Infrarotspektroskopie ergeben.

Weitere Vorteile der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus den Merkmalen der weiteren Unteransprüche.

Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung werden im Folgenden anhand der Zeichnungen näher beschrieben. Die Zeichnungen sind nicht maßstabsgetreu und beinhalten nur das zentrale Schichtsystem. Es wurde auf die Darstellung der Verkapselung/Lamination, Kontaktierung und weiterer allgemeiner Details verzichtet. Des Weiteren wurde aus Gründen der Übersichtlichkeit darauf verzichtet, die schematisch dargestellten Kleinstpartikel sowohl in

Größe, Lage und Form zu variieren. Tatsächlich können sich die Kleinstpartikel nicht nur von einer Schicht zur nächsten sondern auch innerhalb einer Schicht in allen ihren Eigenschaften voneinander unterscheiden, ebenso wie das sie umgebende Material. Es zeigen:

- Figur 1 schematische Anordnung eines möglichen Aufbaus einer erfindungsgemäßen Solarzelle bzw. eines erfindungsgemäßen Fotovoltaik-Moduls mit Verstärkungseffekt;
- Figur 2 eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, in der zusätzlich zu den Merkmalen der in der Figur 1 dargestellten Anordnung noch weitere Lichtverstärkende Schichten ausgebildet sind,
- Figur 3 eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, in der zusätzlich zu den Merkmalen der in den Figuren 1 und 2 dargestellten Anordnungen mehrere Lichtverstärkende Schichten 3 sowie mehrere Energieerzeugende Schichten 5 enthalten sein können.
- Figur 4 eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, in der zusätzlich zu den Merkmalen der in den Figuren 1, 2 und 3 dargestellten Anordnungen die Flexibilität der möglichen Anordnungen demonstriert wird.

Figur 1:

Das Fotovoltaik-Modul gemäß vorliegender Erfindung umfasst wenigstens eine Solarzelle 10. Die Solarzelle 10 umfasst eine zentrale und Energie erzeugende Schicht 5 mit einem Licht absorbierenden Halbleiter, der aus kristallinen oder anderen Materialien, zum Beispiel auf der Basis von Silizium, Germanium oder Verbindungen aus den Elementen Gallium, Indium, Phosphor und Arsen (Si, Ge, GaAs, GaInP, GaInAs) oder aus anorganischen Verbindungen, wie zum Beispiel CdTe oder Chalcopyrit-Verbindungshalbleiter, wie sie unter dem Sammelbegriff „CIS“ bekannt sind und aus einer Kombination aus Kupfer, Indium, Gallium, Selen und Schwefel mit unterschiedlicher Stöchiometrie bestehen, oder aus organischen Stoffen, aufgebaut sein kann. In anderen Ausführungsformen sind auch ganz andere Stoffe und Elementkombinationen möglich. Diese Energie erzeugende Schicht ist auf einer Strahlungsrückseite mit einer ersten elektrischen Kontaktschicht 7 („Rückseitenkontakt“) versehen, die häufig aus Molybdän oder Kupfer besteht. Auf der Strahlungsvorderseite mit einer zweiten Kontaktschicht 1 („Frontkontakt“) ist ein Licht verstärkendes Material 3 ausgebildet. Dieses Licht verstärkende Material 3 kann in der Energie erzeugenden Schicht 5 und/oder auf dieser und/oder unter dieser ausgebildet sein. In der vorliegenden Ausführungsform ist

auf der dem Licht zugewandten Seite der Energie erzeugenden Schicht 5, das heißt, an der Strahlungsvorderseite, das Licht verstärkende Material 3 als Schicht ausgebildet. Dieses Licht verstärkende Material 3 beinhaltet Kleinstpartikel 3.1, die insbesondere Nano- oder Mikropartikel sind und aus einem Metall bestehen. Zum Beispiel können die Metalle der Kleinstpartikel 3.1 ausgewählt sein aus der Gruppe bestehend aus den Metallen der Hauptgruppen und Nebengruppen des Periodensystems der Elemente, wie zum Beispiel Gold, Silber, Platin, Kupfer, Indium, Zinn, Palladium, Eisen, Aluminium, Gallium, Zink, Nickel, Wolfram, Chrom, Cadmium, Kobalt, Vanadium, Titan, Mangan oder Molybdän. Die Aufzählung ist nicht abschließend, da auch andere Metalle eingesetzt werden können. Die Kleinstpartikel können beliebige Geometrien aufweisen, sind in der vorliegenden Ausführungsform aber als Ellipsoide dargestellt. Auch die Anordnung der Kleinstpartikel 3.1 kann beliebig erfolgen. Neben einer zufälligen Streuung können gezielte Anordnungen vorgenommen werden, um eine besondere Wirkung in bestimmten Bereichen einer Solarzelle zu erzielen. Die Kleinstpartikel 3.1 sind in die Licht verstärkende Schicht 3 eingebettet. Die Licht verstärkende Schicht 3 ist in der vorliegenden Ausführungsform eine Halbleiterschicht, die auf der Energie erzeugenden Schicht 5 aufgebracht ist. Die Schichtmaterialien können aber auch andere Eigenschaften besitzen und z. B. dielektrisch oder leitfähig sein.

In der Figur 2 sind insgesamt drei Kleinstpartikelschichten an unterschiedlichen Stellen in die Solarzelle eingebracht. Dabei ist jeweils eine Schicht 3 auf der dem Licht zugewandten und auf der dem Licht abgewandten Seite der Energie erzeugenden Schicht 5 und eine weitere Schicht in der Energie erzeugenden Schicht selbst ausgebildet. In dem Fall besteht dann das die Kleinstpartikel in der Schicht 3 umgebende Material aus dem Material der Energie erzeugenden Schicht 5. Die verschiedenen Licht verstärkenden Schichten 3 bzw. die jeweiligen Kleinstpartikel 3.1 können sich in ihren Eigenschaften und Materialien jeweils voneinander unterscheiden. Des Weiteren können die Kleinstpartikel in direktem Kontakt mit der Energie erzeugenden Schicht 5 stehen oder aber durch einen dünnen Film eines Materials davon getrennt sein.

In der Figur 3 ist eine Solarzelle dargestellt, deren Energie erzeugende Schicht 5 durch eine Licht verstärkende Schicht 3 geteilt worden ist bzw. zwei unterschiedliche Energie erzeugende Schichten 5 aufweist. Die jeweiligen Licht verstärkenden Schichten 3 können sich gemäß der Beschreibung zu Figur 2 voneinander unterscheiden. Die jeweiligen Energie erzeugenden Schichten 5 können ebenfalls aus verschiedenen Materialien aufgebaut sein und damit unterschiedliche Eigenschaften besitzen. Der Aufbau der Schichten 3 zwischen den Schichten 5 bzw. in der Nähe zu den Kontaktschichten 1 und 7 kann zusätzliche Elemente bzw. Zwischen- oder Pufferschichten erfordern, die unter anderem für eine Kontaktierung und eine

Ableitung der positiven und negativen Ladungen aus den Schichten 5 erforderlich sind und die hier nicht dargestellt werden. Diese Anpassungen sind bei allen Ausführungsformen, also nicht nur bei der Ausführungsform gemäß der Figur 3, der Schichten 3 möglich und evtl. notwendig.

In der Figur 4 sind die bisher dargestellten Ausführungsformen dahingehend erweitert worden, dass die Solarzelle aus einer beliebigen Anzahl an Schichten 3 und 5 jeglicher Art in unterschiedlicher Reihenfolge aufgebaut sein kann. Es können mehrere, möglicherweise verschiedene Schichten 5 vorhanden sein, die keine, eine oder mehrere Licht verstärkende Schichten 3 mit Kleinstpartikeln enthalten können. In diesen Fällen entspricht das Material, das die Kleinstpartikel 3.1 in den Schichten 3 umgibt, dem Material, aus dem die jeweilige Energie erzeugende Schicht 5 besteht. Neben der Anordnung der Kleinstpartikel 3.1 innerhalb einer klar abgegrenzten Schicht 3 innerhalb der Schicht 5 ist auch eine eher statistische oder unregelmäßige Verteilung der Kleinstpartikel in der Schicht 3 bzw. Schicht 5 möglich. Im Extremfall können die Schicht 3 und die Schicht 5 zusammenfallen. Die Schichten 3 können sich zwischen, in sowie auf den, dem Licht zu- und/oder abgewandten Seiten der jeweiligen Schichten 5 befinden. Die Kleinstpartikel sowie die Schichten 3 können sich entsprechend den Beschreibungen und Ansprüchen in ihrer Art, Größe, Form, Anordnung, Material, Eigenschaften jeweils voneinander unterscheiden. Die Schicht 20 soll demonstrieren, dass diese Anordnung beliebig fortgesetzt und erweitert werden kann. Die Schichten 3 erfordern, wie bereits in der Beschreibung zu der Ausführungsform 3 beschrieben, möglicherweise wieder Anpassungen an die Umgebung.

Neben der Möglichkeit, dass die Kleinstpartikel 3.1 aus Metallen jeglicher Art bestehen können, ist es auch möglich, dass die Kleinstpartikel aus Halb- und/oder Nichtmetallen in der Form von Elementen i. S. d. Periodensystems oder chemischen Verbindungen bestehen können, wie z. B. durchsichtigen, leitfähigen Oxiden (Zinkoxid, Indium-Zinn-Oxid [ITO], Zinn-oxid usw.). Dabei können die Materialien mit Fremdatomen in unterschiedlicher Konzentration dotiert sein. Die Schicht 5 kann in einer Ausführungsform zum Beispiel einen p-leitenden Halbleiter aufweisen. In anderen Ausführungsformen muss dies nicht der Fall sein.

Eine weitere Möglichkeit besteht darin, dass die Kleinstpartikel 3.1 aus organischen Verbindungen aufgebaut sind. Denkbar wären hier z. B. neben einer Reihe von speziellen Polymeren unter anderem Kohlenstoffnanoröhrchen, Fullerene oder verwandte oder andere Stoffe als elektrisch leitfähige Materialien.

In der vorliegenden Ausführungsform sind die Kleinstpartikel 3.1 in einem Abstand zueinan-

der angeordnet. Es kann aber auch Ausführungsformen geben, in denen ein solcher Abstand nicht immer vorliegen muss. Es kann ebenfalls Anwendungen geben, in denen die Kleinstpartikel 3.1 zur Umgebung hin elektrisch isoliert sind.

Die zweite Kontaktschicht 1 an der Strahlungsvorderseite ist einer einfallenden Strahlung zugewandt und ist üblicherweise eine TCO-Schicht (TCO = Transparent Conductive Oxide).

Die Deposition der Licht verstärkenden Schicht 3 mit den Kleinstpartikeln 3.1 im Nanometerbereich oder Mikrometerbereich kann auf unterschiedliche Art und Weise erfolgen. Auch der Ort der Deposition ist abhängig von den jeweiligen Solarzelltypen. Zum Beispiel erfordern kristalline Zellen aus Silizium eine andere Deposition als Dünnschichtzellen aus zum Beispiel CdTe, amorphem Silizium, den unterschiedlichen CIS-Zusammensetzungen oder organischen Materialien (z. B. Farbstoffzellen). Ebenso können Unterschiede in der Verarbeitungs- und/oder Herstellungspraxis der verschiedenen Hersteller von Fotovoltaikzellen für unterschiedliche Geometrien und Produktionsschritte verantwortlich sein.

Gängige Möglichkeiten der Herstellung sind zum Beispiel physikalische Bedampfungs- und Zerstäubungsverfahren, lithografische Verfahren, die Deposition fertiger Nano- bzw. Mikropartikel zum Beispiel mit Hilfe von Drucktechniken, wie sie zum Beispiel Nanosolar Inc. aus Palo Alto (Kalifornien, USA) anwendet (DE 10 2005 003842 A1) oder mittels Selbstaggregation, Tauchprozesse, Spin-Coating oder Sol-Gel-Verfahren. Auch über chemische Methoden ist die Herstellung von Nano- bzw. Mikropartikel auf der Oberfläche direkt möglich. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, nach einer evtl. speziellen Vorbehandlung über eine gezielte thermische Behandlung der Proben definierte Kleinstpartikel z. B. aus Gold in der Schicht erzeugen zu können. Diese Aufzählung ist nicht abschließend und beliebig erweiterbar.

Da es eine Vielzahl unterschiedlicher Solarzellen- und Modulbauarten oder auch Kombinationen aus Solarthermie und Fotovoltaik gibt, sind die hier beschriebenen Anordnungen nur als verschiedene Ausführungsbeispiele anzusehen, die im konkreten Fall auch vollständig anders aufgebaut sein können.

PATENTANSPRÜCHE

1. Fotovoltaik-Modul mit wenigstens einer Solarzelle, die wenigstens eine Energie erzeugende Schicht aufweist, an deren Strahlungsrückseite eine erste Kontaktschicht ausgebildet ist und an deren Strahlungsvorderseite eine zweite Kontaktschicht ausgebildet ist,

dadurch gekennzeichnet,

dass unterhalb einer der Strahlung abgewandte Seite der ersten Kontaktschicht (1) ein Licht verstärkendes Material (3) ausgebildet ist.

2. Fotovoltaik-Modul nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

dass das Licht verstärkende Material (3) Kleinstpartikel (3.1) aufweist.

3. Fotovoltaik-Modul nach Anspruch 1 oder 2,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Energie erzeugende Schicht (5) einen Licht absorbierenden Halbleiter umfasst, der das Licht verstärkende Material (3) als wenigstens eine Schicht aufweist.

4. Fotovoltaik-Modul nach Anspruch 2 oder 3,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Kleinstpartikel (3.1) eine vorbestimmte Geometrie und Anordnung haben.

5. Fotovoltaik-Modul nach Anspruch 4,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Kleinstpartikel (3.1) ausgewählt sind aus der Gruppe bestehend aus Ellipsoiden, Zylindern, Quadern, Pyramiden, Polyeder.

6. Fotovoltaik-Modul nach einem der Ansprüche 2 bis 5,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Licht verstärkende Schicht (3) eine Schicht ist, in welche die Kleinstpartikel (3.1) eingebettet sind.

7. Fotovoltaik-Modul nach Anspruch 6,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Kleinstpartikel (3.1) zur umgebenden, Licht verstärkenden Schicht (3) weitgehend isoliert sind.

8. Fotovoltaik-Modul nach einem der Ansprüche 2 bis 7,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Kleinstpartikel (3.1) aus Metall sind.

9. Fotovoltaik-Modul nach Anspruch 8,

dadurch gekennzeichnet,

dass das Metall ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus Gold, Silber, Platin, Kupfer, Indium, Zinn, Palladium, Eisen, Aluminium, Molybdän.

10. Fotovoltaik-Modul nach einem der Ansprüche 2 bis 7,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Kleinstpartikel (3.1) aus Halb- oder Nichtmetallen sind.

11. Fotovoltaik-Modul nach Anspruch 10,

dadurch gekennzeichnet,

dass das Nichtmetall ausgewählt ist aus der Gruppe der TCO-Materialien.

12. Fotovoltaik-Modul nach Anspruch 10,

dadurch gekennzeichnet,

dass das Nichtmetall ausgewählt ist aus der Gruppe leitfähiger, organischer Verbindungen.

13. Fotovoltaik-Modul nach einem der Ansprüche 2 bis 12,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Kleinstpartikel (3.1) eine Größe im Nano- oder Mikrobereich haben.

14. Solarzelle, die wenigstens eine Energie erzeugende Schicht aufweist, an deren Strahlungsrückseite eine erste Kontaktschicht ausgebildet ist und an deren Strahlungsvorderseite eine zweite Kontaktschicht ausgebildet ist,

dadurch gekennzeichnet,

dass unterhalb einer der Strahlung abgewandte Seite der ersten Kontaktschicht (1) ein Licht verstärkendes Material (3) ausgebildet ist.

15. Solarzelle nach Anspruch 14,

dadurch gekennzeichnet,

dass das Licht verstärkende Material (3) Kleinstpartikel (3.1) aufweist.

16. Solarzelle nach Anspruch 14 oder 15,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Energie erzeugende Schicht (5) einen Licht absorbierenden Halbleiter umfasst, der das Licht verstärkende Material (3) als wenigstens eine Schicht aufweist.

17. Solarzelle nach Anspruch 15 oder 16,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Kleinstpartikel (3.1) eine vorbestimmte Geometrie und Anordnung haben.

18. Solarzelle nach Anspruch 17,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Kleinstpartikel (3.1) ausgewählt sind aus der Gruppe bestehend aus Ellipsoiden, Zylindern, Quadern, Pyramiden, Polyeder.

19. Solarzelle nach einem der Ansprüche 15 bis 18,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Licht verstärkende Schicht (3) eine Schicht ist, in welche die Kleinstpartikel (3.1) eingebettet sind.

20. Solarzelle nach Anspruch 19,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Kleinstpartikel (3.1) zur umgebenden, Licht verstärkenden Schicht (3) weitgehend isoliert sind.

21. Solarzelle nach einem der Ansprüche 15 bis 20,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Kleinstpartikel (3.1) aus Metall sind.

22. Solarzelle nach Anspruch 21,

dadurch gekennzeichnet,

dass das Metall ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus Gold, Silber, Platin, Kupfer, Indium, Zinn, Palladium, Eisen, Aluminium, Molybdän.

23. Solarzelle nach einem der Ansprüche 15 bis 20,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Kleinstpartikel (3.1) aus Halb- oder Nichtmetallen sind.

24. Solarzelle nach Anspruch 23,

dadurch gekennzeichnet,

dass das Nichtmetall ausgewählt ist aus der Gruppe der TCO-Materialien.

25. Solarzelle nach Anspruch 23,

dadurch gekennzeichnet,

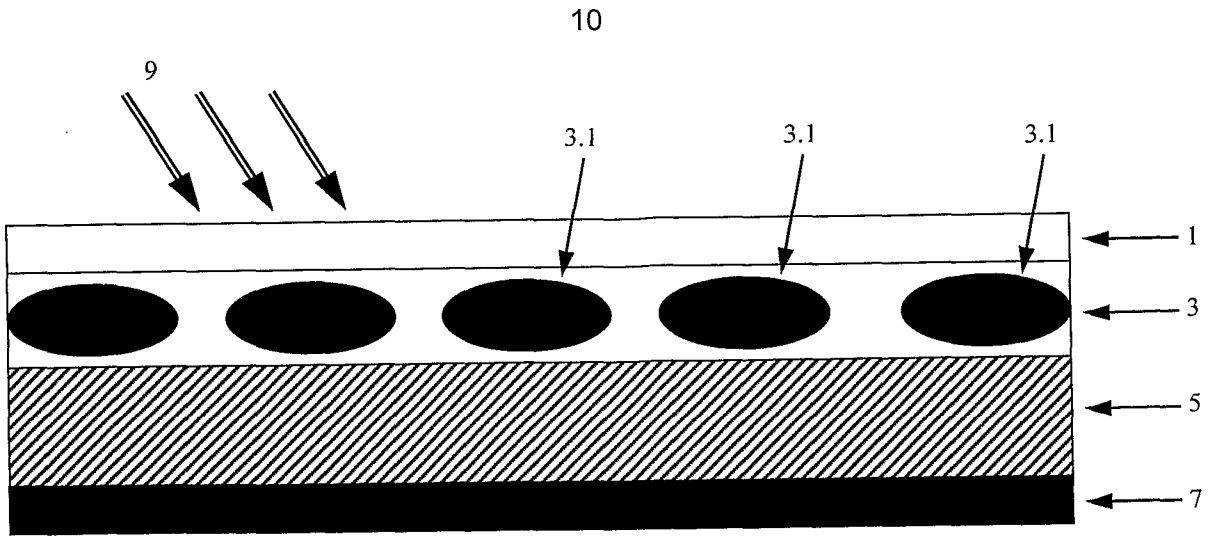
dass das Nichtmetall ausgewählt ist aus der Gruppe leitfähiger, organischer Verbindungen.

26. Solarzelle nach einem der Ansprüche 15 bis 25,

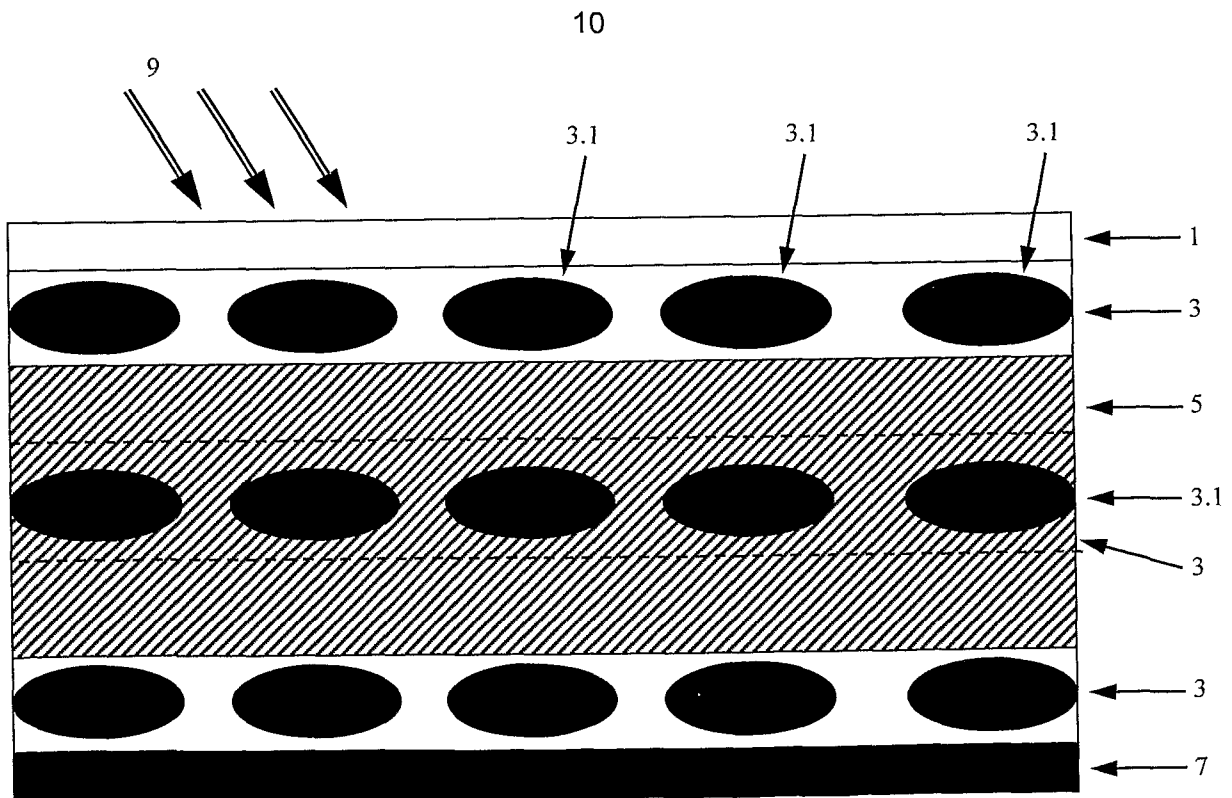
dadurch gekennzeichnet,

dass die Kleinstpartikel (3.1) eine Größe im Nano- oder Mikrobereich haben.

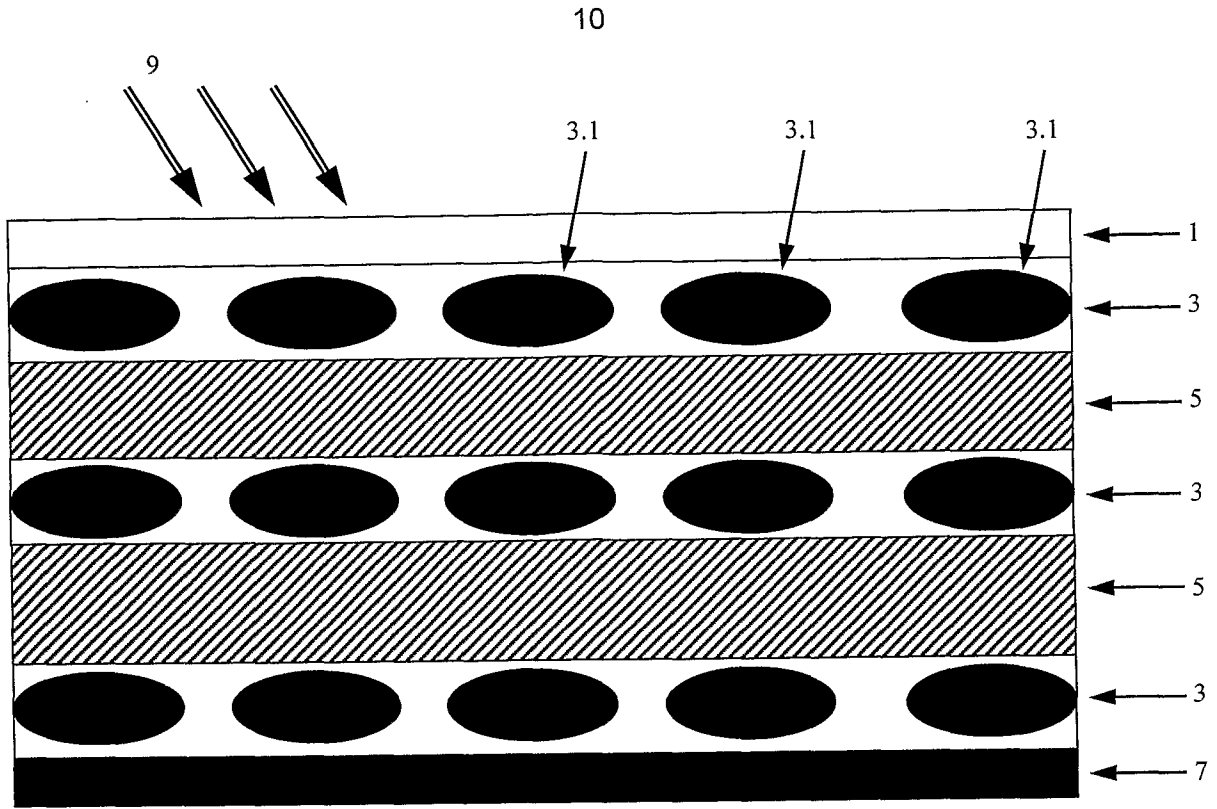
Figur 1:



Figur 2:



Figur 3:



Figur 4:

