(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
25. März 2004 (25.03.2004)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2004/025747 A2

(51) Internationale Patentklassifikation[7]: H01L 51/20

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2003/002930

(22) Internationales Anmeldedatum:
3. September 2003 (03.09.2003)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
102 41 204.9 5. September 2002 (05.09.2002) DE

(71) Anmelder *(für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US)*: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT** [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).

(72) Erfinder; und
(75) Erfinder/Anmelder *(nur für US)*: **BRABEC, Christoph** [AT/DE]; Eichenweg 8, 91054 Erlangen (DE). **HAUCH, Jens** [DE/DE]; Dreibergstr. 74, 91056 Erlangen (DE).

(74) Gemeinsamer Vertreter: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT**; Postfach 22 16 34, 80506 München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten *(national)*: CN, JP, US.

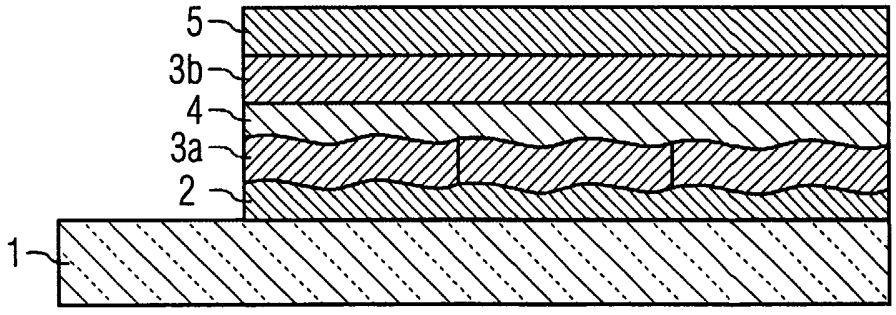
(84) Bestimmungsstaaten *(regional)*: europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).

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

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(54) **Title:** ORGANIC PHOTOVOLTAIC COMPONENT AND METHOD FOR PRODUCTION THEREOF

(54) **Bezeichnung:** ORGANISCHES PHOTOVOLTAISCHES BAUELEMENT UND HERSTELLUNGSVERFAHREN DAZU



(57) **Abstract:** The invention relates to an organic photovoltaic component, in particular an organic solar cell, in which one or more layers is (are) structured.

(57) **Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft ein organisches photovoltaisches Bauelement, insbesondere eine organische Solarzelle, bei der eine oder mehrere Schichten strukturiert ist(sind).

WO 2004/025747 A2

Beschreibung

Organisches photovoltaisches Bauelement und Herstellungsverfahren dazu

Die Erfindung betrifft ein organisches photovoltaisches Bauelement, insbesondere eine organische Solarzelle.

Bekannt sind Solarzellen, beispielsweise mit folgendem Zellaufbau:

Auf einem Substrat befindet sich eine positive Elektrode (typischerweise ITO, Indium Tin Oxide). Darauf befindet sich die Lochleitschicht, die beispielsweise aus PEDOT mit PSS als Anion besteht. Die angrenzende Schicht ist ein Absorber, in der Regel ein organischer Halbleiter (z. B. eine Mischung aus konjugiertem Polymer mit Fulleren). Daran schließt die negative Elektrode (z. B: Ca/Ag oder LiF/Al) an. Die einzelnen Schichten können jedoch abweichen, insbesondere die Elektroden, das konjugierte Polymer und auch der Akzeptor (PCBM, ein lösliches Methanofullerene).

Durch die geringe Beweglichkeit der typischerweise in diesen Solarzellen verwendeten Halbleitermaterialien wird die aktive Halbleiterschicht (der Absorber) sehr dünn (typischerweise zwischen 20 nm und 2000 nm) ausgeführt, um Rekombination zu vermeiden. Diese dünne Absorberschicht reicht jedoch in der Regel nicht aus, um das eingestrahlte Licht vollständig zu absorbieren. Ein Teil des Lichts wird deshalb an der Rückelektrode verloren (absorbiert) oder reflektiert (und durch die Frontseite der Solarzelle wieder ausgekoppelt).

Aufgabe der Erfindung ist es daher, diese Verlustprozesse durch einen möglichst einfachen und kostengünstigen Prozessschritt zu vermindern.

Gegenstand der Erfindung ist ein organisches photovoltaisches Bauelement, ein Substrat, eine positive Elektrode, einen organischen Halbleiter und eine negative Elektrode umfassend, wobei das Substrat und/oder eine oder mehrere zusätzliche Transportschicht(en) zwischen der Elektrode und der Halbleiterschicht strukturiert ist(sind). Außerdem ist Gegenstand der Erfindung ein Verfahren zur Strukturierung der Halbleiterschicht eines photovoltaischen Bauelements, durch Beibehaltung einer bestehenden Strukturierung einer unteren Schicht, auf die die Halbleiterschicht aufgebracht wird.

Nach einer Ausführungsform der Erfindung ist das Substrat strukturiert, so dass die Elektrode und die Halbleiterschicht der Strukturierung folgen und damit die spezifische Absorption der Halbleiterschicht erhöht wird.

Nach einer anderen Ausführungsform wird die Halbleiterschicht so aufgetragen, dass sie die Strukturierung planarisiert.

Nach einer Ausführungsform werden mehrere Schichten, die unterhalb der Halbleiterschicht liegen, strukturiert. Es können auch Zwischenschichten in das photovoltaische Bauelement eingebaut werden, damit eine strukturierte Oberfläche vorliegt, auf die die Halbleiterschicht aufgebracht wird.

Die Strukturierung einer oder mehrerer Schichten des photovoltaischen Elements führt dazu, dass Licht in die Solarzelle besser einkoppelt. Deshalb wird diese Art der Strukturierung auch „Lighttrapping" genannt.

Der Begriff „organisches Material" und/oder „Funktionspolymer" umfasst hier alle Arten von organischen, metallorganischen und/oder anorganischen Kunststoffen, die im Englischen z.B. mit „plastics" bezeichnet werden. Es handelt sich um alle Arten von Stoffen mit Ausnahme der Halbleiter, die die klassischen Dioden bilden (Germanium, Silizium), und der typischen metallischen Leiter. Eine Beschränkung im dogmati-

schen Sinn auf organisches Material als Kohlenstoff-enthaltendes Material ist demnach nicht vorgesehen, vielmehr ist auch an den breiten Einsatz von z.B. Siliconen gedacht. Weiterhin soll der Term keiner Beschränkung im Hinblick auf die Molekülgröße, insbesondere auf polymere und/oder oligomere Materialien unterliegen, sondern es ist durchaus auch der Einsatz von „small molecules" möglich.

Generell wird Lighttrapping durch eine periodische Strukturierung zumindest einer der Schichten der Solarzelle erreicht. Es wurde zwar schon vorgeschlagen (M. Niggeman et al., „Trapping Light in organic plastic solar cells with integrated diffraction gratings", Proceedings of the World Photovoltaic Congress, Munich 2001), den Absorber (zum Beispiel durch einen Prägeprozess, Stempelprozess) periodisch zu strukturieren. Die Prägung des Halbleiters ist jedoch ein kritischer Prozessschritt, da bei diesem Prozess die sensible Halbleiterschicht leicht beschädigt werden kann. Trotzdem kann die Strukturierung der Halbleiterschicht in Kombination mit der Strukturierung des Substrats und/oder einer zusätzlichen Transportschicht im Sinne der Erfindung durchgeführt werden.

Die Begriffe die obere Schicht „folgt der Strukturierung" und/oder „bildet die Strukturierung nach oben hin ab" beschreibt nur die Tatsache, dass zumindest ein Teil der unteren Strukturierung nach oben hin durchgepaust wird, also entweder die untere Strukturierung teilweise oder ganz oben wiederzufinden ist. Dabei kann die obere Struktur durchaus auch noch Ergänzungen der Strukturierung erfahren, so dass sich eine gänzlich andere Struktur ergibt. Die Erfindung soll an dieser Stelle in keiner Weise beschränkt sein.

Im folgenden wird die Erfindung noch anhand einzelner Beispiele, die Ausführungsformen der Erfindung betreffen, näher erläutert.

Figur 1 zeigt einen Schichtaufbau eines photovoltaischen Bauelements, bei dem das Substrat strukturiert ist und mit einer zusätzlichen Transportschicht wieder planarisiert wird und die untere Elektrode bereits wieder auf eine planare Oberfläche aufgetragen wird.

Figur 2 zeigt ein photovoltaisches Bauelement, bei dem auf dem Substrat eine zusätzliche Ausgleichsschicht zur Anpassung der optischen Eigenschaften (matching layer) so aufgebracht ist, dass die Strukturierung nach oben hin abgebildet wird, eine Strukturierung der Elektrodenschicht bewirkt, die dann durch eine Lochleitschicht planarisiert wird, so dass die Halbleiterschicht auf eine planare Oberfläche aufgebracht wird.

Figur 3 zeigt ein photovoltaisches Bauelement, bei dem auf einem planarem Substrat eine untere Elektrode strukturiert wird, die Strukturierung durch eine Lochleitschicht durchwirkt und schließlich die Halbleiterschicht auf eine strukturierte Oberfläche aufgebracht wird.

In Figur 1 erkennt man das Substrat 1, das eine PET Folie oder auch eine Photolackschicht auf Glas sein kann. Dieses Substrat wird strukturiert und durch eine zusätzliche Schicht 6, beispielsweise eines Materials mit hohem Brechungsindex, wie TiO_2, beschichtet, so dass sich die Struktur durchpaust und dann wieder mit einer Schicht 7 eines transparenten Materials, das auch eine PET Folie oder eine Photolackschicht auf Glas sein kann, planarisiert. Auf diesem Substrat wird dann die Standardzelle prozessiert, von unten nach oben als erstes eine untere Elektrode 2, die für den Fall, dass die Seite des Substrats 1 die lichteinfallende Seite des photovoltaischen Bauelements darstellt, semitransparent (z.B. ITO) ausgestaltet ist. Darauf befindet sich bei dieser Ausführungsform eine zusätzliche organische Elektrode 3a, beispielsweise aus PEDOT und darauf die Halbleiterschicht 4, eine zweite Elektrode 3b und/oder 5.

Figur 2 zeigt ein Substrat 1, das strukturiert ist und auf dem eine Schicht 6 eines Materials mit beispielsweise hohem Brechungsindex aufgebracht ist, das der Strukturierung folgt. Darauf befindet sich die untere Elektrode 2, darauf eine zusätzliche Elektrode oder Transportschicht 3a, die die Strukturierung planarisiert. Die Halbleiterschicht 4 ist auf eine planare Oberfläche aufgebracht. Der weitere Aufbau umfasst eine weitere Elektrode oder Transportschicht 3b und die obere Elektrode 5.

Das Material der Schicht 6 ist allgemein eine Schicht für verbesserte optische Eigenschaften und/oder optische Anpassung, wie zum Beispiel eine Schicht mit hohem Brechungsindex.

Figur 3 zeigt ein Subtrat 1 , das nicht strukturiert ist, darauf eine untere Elektrode 2, die strukturiert ist, darauf eine zusätzliche Schicht 3a, die der Strukturierung folgt und auf deren strukturierter Oberfläche die Halbleiterschicht 4 aufgebracht wird. Die Halbleiterschicht 4 planarisiert die Strukturierung, so dass eine zusätzliche Elektrode 3b auf eine planare Oberfläche der Halbleiterschicht 4 aufgebracht wird. Eine weitere Elektrode 3b und die obere Elektrode 5 sind bei der gezeigten Ausführung nicht strukturiert.

Für den Fall, dass die untere Elektrode nicht auf der lichteinfallenden Seite ist, kann diese Elektrode auch aus komplett reflektierendem Material ausgeführt sein.

Die Erfindung zeigt erstmals photovoltaische Bauelemente, deren spezifische Absorption von Licht durch die Strukturierung einer oder mehrerer Schichten des Bauelements, die zu einer verbesserten Einkopplung führen, erhöht wird. Die Strukturierung der Schichten wird dabei ohne mechanische oder thermische Belastung der Halbleiterschicht ausgeführt, so dass diese unbeschadet bleibt.

Durch die Erfindung wird vorgeschlagen, anstatt einer Strukturierung der Halbleiterschicht, die zwar eine Erhöhung der spezifischen Absorption bewirkt, jedoch die Halbleiterschicht mechanisch, chemisch und/oder physikalisch belastet, eine Strukturierung des Substrates vor der Aufbringung der positiven oder negativen Elektrode und/oder eine Strukturierung einer organischen Transportschicht (z.B. PEDOT) vor Aufbringung der Halbleiterschicht. Die Strukturierungsschritte betreffen das Substrat, eine der Elektroden und/oder eine der zusätzliche(n) Transportschicht(en) aber nicht den Halbleiter, so dass dieser unbelastet bleibt.

Beispiele für strukturierbare Substrate wären Folien oder Schichten aus konventionellen Polymeren wie PET, PMMA, PC. Diese Folien können typischerweise eine Schichtdicke zwischen 10 und 1000 micron haben, die Tiefe und Periode der eingeprägten periodischen Strukturierung kann im 10 - 1000 nm Bereich sein, die Tiefe von aperiodischen irregulären geprägten Strukturen kann im 1 - 500 micron Bereich sein.

Beispiele für Planarisierungslayer mit hohem optischen Brechungsindex wären Polyimide und/oder mit anorganischen Nanopartikel (TiO2) gefüllte Polymere.

Patentansprüche

1. Organisches photovoltaisches Bauelement, ein Substrat, eine positive Elektrode, einen organischen Halbleiter und eine negative Elektrode umfassend, wobei das Substrat und/oder eine oder mehrere zusätzliche Transportschicht(en) zwischen der Elektrode und der Halbleiterschicht strukturiert ist (sind).

2. Organisches photovoltaisches Bauelement nach Anspruch 1, bei dem das Substrat eine flexible Folie ist, die strukturiert ist.

3. Organisches photovoltaisches Bauelement nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem das Substrat und/oder eine zusätzliche Schicht oberhalb oder unterhalb der Halbleiterschicht strukturiert ist.

4. Verfahren zur Strukturierung der Halbleiterschicht eines photovoltaischen Bauelements, durch Beibehaltung einer bestehenden Strukturierung einer unteren Schicht, auf die die Halbleiterschicht aufgebracht wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4, bei dem die Halbleiterschicht die Strukturierung der unteren Schicht(en) planarisiert.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 oder 5, bei dem die Strukturierung durch Einführen einer zusätzlichen Schicht erfolgt.

FIG 1

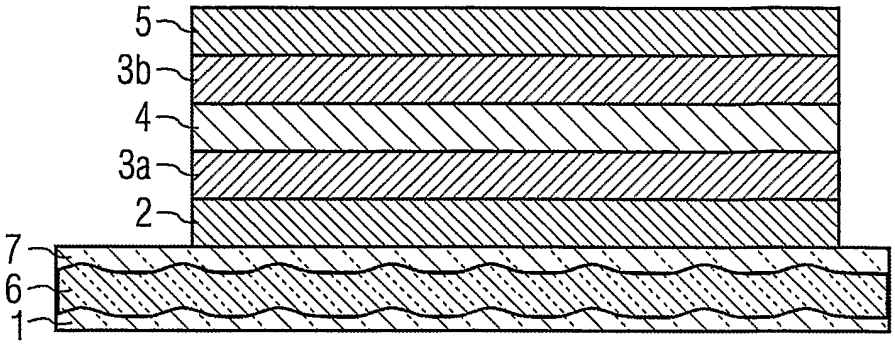


FIG 2

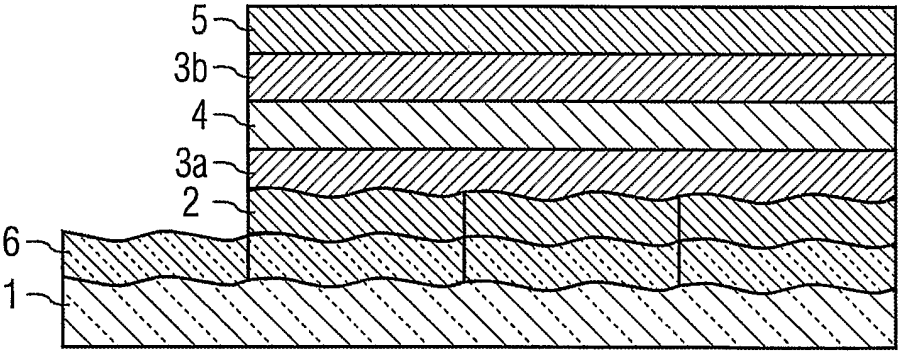


FIG 3

