

(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
22. Mai 2003 (22.05.2003)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 03/043100 A1

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: **H01L 51/20**

[DE/DE]; Richard-Wagner-Strasse 37, 79104 Freiburg (DE). **GEORG, Andreas** [DE/DE]; Richard-Wagner-Strasse 37, 79104 Freiburg (DE). **NIGGEMANN, Michael** [DE/DE]; Erwinstrasse 15, 79102 Freiburg (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP02/12241

(22) Internationales Anmeldedatum:

2. November 2002 (02.11.2002)

(74) **Anwalt: RÖSLER, Uwe**; Landsberger Strasse 480a, 81241 München (DE).

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

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

(30) Angaben zur Priorität:

101 55 346.3 10. November 2001 (10.11.2001) DE

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

(71) **Anmelder** (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG E.V.** [DE/DE]; Leonrodstrasse 54, 80636 München (DE).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

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.

(72) **Erfinder; und**

(75) **Erfinder/Anmelder** (nur für US): **HINSCH, Andreas**

(54) **Title:** SOLAR CELL WITH ORGANIC MATERIAL IN THE PHOTOVOLTAIC LAYER AND METHOD FOR THE PRODUCTION THEREOF

(54) **Bezeichnung:** SOLARZELLE MIT ORGANISCHEM MATERIAL IN DER PHOTOVOLTAISCHEN SCHICHT SOWIE VERFAHREN ZU DEREN HERSTELLUNG

(57) **Abstract:** The invention relates to a solar cell and to a method for the production thereof, said solar cell having at photovoltaic layer (A) made of an organic material, especially a polymer material, which absorbs light and in which electron-hole pairs can be produced. The solar cell also comprises two opposite layer surfaces, one of which is connected to at least one layer (p) receiving the holes made in the photovoltaic layer (A) while the other layer surface is connected to at least one layer (n) receiving the electrons produced in the photovoltaic layer (A). The solar cell further comprises electrode areas En and Ep. The electrode area (Ep) electrically contacts the layer (p) receiving the holes while the other electrode area (En) electrically contacts the layer (n) receiving the electrons. The invention is particularly characterized in that the surface substrate (S) has opening structures (O) that project through laterally from the front side to the rear side.

(57) **Zusammenfassung:** Beschrieben wird eine Solarzelle sowie ein Verfahren zu deren Herstellung mit wenigstens einer aus organischem, insbesondere polymeren Material bestehenden photovoltaischen Schicht (A), die Licht absorbiert und in der Elektronen-Loch Paare erzeugbar sind, mit zwei sich gegenüberliegenden Schichtoberflächen, von denen die eine mit wenigstens einer innerhalb der photovoltaischen Schicht (A) erzeugten Löcher aufnehmenden Schicht (p) und die andere mit wenigstens einer innerhalb der photovoltaischen Schicht (A) erzeugten Elektronen aufnehmenden Schicht (n) verbunden ist, sowie mit Elektrodenbereichen En und Ep, von denen im Elektrodenbereich (Ep) mit der Löcher aufnehmenden Schicht (p) und der andere Elektrodenbereich (En) mit der Elektronen aufnehmenden Schicht (n) elektrisch kontaktiert ist. Die Erfindung zeichnet sich insbesondere dadurch aus, dass das Flächensubstrat (S) von der Vorder- zur Rückseite lateral durchragende Öffnungsstrukturen (O) aufweist.

WO 03/043100 A1

SOLARZELLE MIT ORGANISCHEM MATERIAL IN DER PHOTOVOLTAISCHEN SCHICHT SOWIE VERFAHREN ZU DEREN KERSTELLUNG

Technisches Gebiet

Die Erfindung bezieht sich auf eine Solarzelle sowie deren Herstellverfahren mit wenigstens einer aus organischem, insbesondere polymeren Material bestehenden photovoltaischen Schicht, die Licht absorbiert und in der Elektron-Loch Paare erzeugbar sind, mit zwei sich gegenüberliegenden Schichtoberflächen, von denen die eine mit wenigstens einer innerhalb der photovoltaischen Schicht erzeugten Löcher aufnehmenden Schicht und die andere mit wenigstens einer innerhalb der photovoltaischen Schicht erzeugten Elektronen aufnehmenden Schicht verbunden ist, sowie mit Elektrodenbereichen, von denen ein Elektrodenbereich mit der Löcher aufnehmenden Schicht und der andere Elektrodenbereich mit der Elektronen aufnehmenden Schicht elektrisch kontaktiert ist.

Stand der Technik

Solarzellen der vorstehend genannten Gattung, die anstelle einer aus Halbleitermaterial bestehenden photoempfindlichen Schicht eine organische, vorzugsweise polymere Materialschicht vorsehen, vermögen derzeit zwar nicht Wirkungsgrade von typischerweise 20% von konventionellen Solarzellen zu erzielen, vielmehr betragen die mit den bisherigen polymeren Solarzellen erreichbaren Wirkungsgrade etwas über 2%, doch zeichnen sich eben jene, neuartige organische Solarzellen durch ihre überaus preisgünstigen Materialien und Herstellungsmöglichkeiten aus, wodurch sie zunehmend ins wirtschaftliche Interesse rücken. Gelingt es künftig den Wirkungsgrad polymerer Solarzellen weiter zu

steigern, bei unverändert preisgünstigen bzw. preisgünstigeren Herstellungsverfahren, so könnte die wirtschaftliche Attraktivität organischer Solarzellen jene von konventionellen Solarzellen übertreffen, sofern es gelingt, die Anschaffungs- und Betriebskosten im Verhältnis zur erzeugbaren elektrischen Leistung organischer Solarzellen geringer zu halten als im Vergleich zur Kosten-Nutzen-Bilanz konventioneller Solarzellen.

Ein typischer Aufbau einer polymeren Solarzelle ist der Fig. 2 zu entnehmen. Die solarzellenaktive Schicht A, in der Sonnenlicht absorbiert und Elektron-Lochpaare erzeugt werden, besteht aus einer Mischung aus Polymeren, wie beispielsweise PPV, Poly-Para-Phenylene-Vinylene oder Polythiophen-Derivaten, und Fulleren-Derivaten, wie beispielsweise C₆₀. Zur Aufnahme der innerhalb der das Sonnenlicht absorbierenden photoaktiven Schicht A erzeugten Elektronen und Löcher ist diese mit einer löcheraufnehmenden Schicht p, vorzugsweise ebenfalls bestehend aus einem Polymer, wie beispielsweise PEDOT, sowie mit einer Elektronen aufnehmenden Schicht n, bestehend vorzugsweise aus LiF verbunden. Zur Verbesserung der Leitfähigkeit auf der „Löcherseite“ der Absorptionsschicht A über der p-Schicht ist eine lichttransparente elektrisch leitende ITO-Schicht (Zinn-dotiertes Indiumoxid) aufgebracht. Letztlich dient als Trägersubstrat eine Glasplatte G.

Alternative organische, vorzugsweise polymere Materialien, die für den Einsatz in Solarzellen mit dem vorstehend beschriebenen Aufbau geeignet sind, können dem Beitrag von T. Fromherz et al., in Solar Energy Materials and Solar Cells, Bd. 63, Seiten 61-68, Jahrgang 2000, entnommen werden.

Zur elektrischen Kontaktierung des vorstehend beschriebenen, bekannten Solarzellenaufbaus dient eine metallische, vorzugsweise Aluminium-Elektrode E_n, die mit der n-Schicht kontaktiert ist sowie eine seitliche, elektrische Kontaktierung der ITO-Schicht. Als entscheidenden Nachteil vorstehend beschriebener polymerer Solarzelle ist die Verwendung der ITO-Schicht zu nennen, zumal ITO selbst als teures Material bekannt ist, das darüberhinaus im Wege eines technisch aufwendigen Abscheideverfahrens, beispielsweise durch Verwendung von PVD

(physical vapor deposition), Aufdampf- oder Sputterverfahren, abgeschieden wird. Vorstehende Verfahren setzen allesamt Vakuumbedingungen voraus, zu deren Realisierung kapitalintensive Maßnahmen zu treffen sind, wodurch das Herstellverfahren hohe Investitionen erfordert. Dem angestrebten Ziel, möglichst kostengünstige Solarzellen herzustellen und anzubieten, steht somit gezielt die Verwendung einer ITO-Schicht unvermeidbar im Wege.

Darstellung der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine gattungsgemäße organische, vorzugsweise polymere Solarzelle aus möglichst preisgünstigen Materialien sowie unter Verwendung technologisch einfacher und somit kostengünstiger Herstellverfahren herzustellen. Auf die Verwendung teurer Materialien soll verzichtet werden und darüberhinaus soll der mit den bisherigen polymeren Solarzellen erzielbare Wirkungsgrad zumindest erreicht, wenn nicht sogar verbessert werden. Den erfindungsgemäßen Maßnahmen liegt das übergeordnete Ziel zugrunde, polymere Solarzellen unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten herzustellen und somit alternative Solarzellen mit einer wirtschaftlichen Attraktivität anbieten zu können, die der Attraktivität konventioneller Solarzellen auf der Basis von Halbleitermaterialien zumindest gleichkommt.

Die Lösung der der Erfindung zugrundeliegenden Aufgabe mit im Anspruch 1 angegeben. Ein erfindungsgemäßes Verfahren ist Gegenstand des Anspruches 21. Alternative Lösungen sind in den Ansprüchen 19 sowie 33 enthalten. Den Erfindungsgedanken vorteilhaft weiterbildende Merkmale sind Gegenstand der Unteransprüche sowie der Beschreibung, insbesondere unter Bezugnahme auf die Ausführungsbeispiele und den Figuren zu entnehmen.

Die erfindungsgemäße Solarzelle nach dem Oberbegriff des Anspruches 1 zeichnet sich dadurch aus, dass die die Elektronen aufnehmende Schicht über ihren Elektrodenbereich mit einem, eine Vorder- und Rückseite aufweisenden

Flächensubstrat verbunden ist, wobei das Flächensubstrat von der Vorder- zur Rückseite lateral durchragende Öffnungsstrukturen aufweist.

In einer bevorzugten Ausführungsform besteht das Flächensubstrat aus einem porösen Material mit das Flächensubstrat vollständig durchsetzende Poren, beispielsweise in Form einer porösen Kunststoffolie oder auch aus einem Textil- oder Zellulosematerial bestehenden Trägerschicht, wie Papier. Ferner ist die Ausbildung des Flächensubstrates auch als eine Oberflächen-behandelte Metallfolie denkbar, die einer thermischen Behandlung unterzogen und anschließend einseitig poliert worden ist, so dass zumindest eine Seite der metallischen Oberfläche, nämlich ihre Vorderseite, mit einer elektrischen isolierenden Schicht, beispielsweise einer Oxidschicht, überzogen ist.

Ferner ist auf der die Elektronen aufnehmenden Schicht die photovoltaische Schicht und auf dieser die Löcher aufnehmende Schicht aufgebracht. Alle vorstehenden, auf der Vorderseite des Flächensubstrates aufgebrachten Schichten weisen einzeln und in der Summe Schichtdicken auf, so dass wenigstens einzelne Öffnungsstrukturen das Flächensubstrat sowie die Schichtenfolgen lateral offen durchragen.

In einer ersten erfindungsgemäßen Ausführungsform ist auf der die Löcher aufnehmenden Schicht zusätzlich eine elektrisch leitfähige, beispielsweise durch Dotierung stark Löcher leitende Schicht (im folgenden p^{++} -Schicht genannt) derart aufgebracht, dass das p^{++} -Schichtmaterial die das Flächensubstrat samt Schichtaufbau lateral durchragenden Öffnungsstrukturen bis hin zur Rückseite des Flächensubstrats wenigstens teilweise ausfüllt. Auf diese Weise kann sichergestellt werden, dass durch entsprechendes Vorsehen eines auf der Rückseite des Flächensubstrates aufgebrachten Elektrodenbereiches die vorderseitig auf dem Flächensubstrat aufgebrachte p^{++} -Schicht zur Rückseite des Flächensubstrates elektrisch durchkontaktierbar ist.

Eine zweite alternative Ausführungsform der Solarzelle sieht vor, die auf der photovoltaischen Schicht unmittelbar aufgebrachten, die Löcher aufnehmende

Schicht selbst als p^{++} -Schicht auszuführen, wobei das p^{++} -Schichtmaterial die bislang, das Flächensubstrat lateral offen durchragenden Öffnungsstrukturen vorzugsweise vollständig, aber zumindestens teilweise ausfüllt, so dass eine elektrische Kontaktierung der p^{++} -Schicht hin zur Rückseite des Flächensubstrates durch geeignetes Vorsehen eines Elektrodenbereiches an der Rückseite des Flächensubstrates möglich ist.

Sowohl der mit der Elektronen aufnehmenden Schicht verbundene Elektrodenbereich als auch der mit der Löcher aufnehmenden Schicht verbundene Elektrodenbereich bestehen aus Metall, vorzugsweise aus Aluminium. Beide Elektrodenbereiche befinden sich durch die Rückseitenkontaktierung der erfindungsgemäßen Solarzelle auf der in Bestrahlungsrichtung der Solarzelle hinter der photovoltaischen Schicht, wodurch Abschattungseffekte durch die Elektrodenbereiche vollständig vermieden werden können. Lediglich ist dafür Sorge zu tragen, dass jene Schichtmaterialien, die der photovoltaischen Schicht in Strahlungsrichtung vorgelagert sind, dies betrifft ausschließlich die die Löcher aufnehmende Schicht sowie die p^{++} -Schicht bzw. ausschließlich die p^{++} -Schicht, möglichst lichtdurchlässig sein sollten, um möglichst geringe bzw. keine Absorptionsverluste innerhalb der der photovoltaischen Schicht vorgelagerten Schichten zu erleiden. In bevorzugter Weise weist die die Löcher aufnehmende Schicht bzw. die p^{++} -Schicht eine Lichttransmission für photovoltaisch verwertbares Sonnenlicht von mindestens 50%, bevorzugt 70%, besonders bevorzugt von 80% auf. Die vorstehend angegebenen Transmissionswerte beziehen sich auf das Faltungsintegral von Sonnenlichtintensität (AM 1.5) sowie die spektrale Empfindlichkeit des photovoltaischen Absorbermaterials, aus dem die photovoltaische Schicht aufgebaut ist. Besonders geeignete Materialien für die die Löcher aufnehmende Schicht bzw. die p^{++} -Schicht stellen Polythiophene oder Polythiophen-Derivate dar. Ein besonders bevorzugtes Material stellt ein Produkt der Fa. Bayer und betrifft 3,4 Polyethylendioxythiophen, das auch unter dem von der Fa. Bayer geschützten Produktnamen „Baytron (R)“ zu beziehen ist.

Neben der erhobenen Forderung, dass das die Löcher leitende Schichtmaterial sowie auch die p^{++} -Schicht möglichst lichttransparent sein sollte, um das Sonnenlicht möglichst verlustarm in die photovoltaische Schicht zu übertragen, besteht darüberhinaus die Forderung, dass das in den Öffnungsstrukturen befindliche p^{++} -Schichtmaterial eine möglichst hohe Leitfähigkeit zu dem auf der Rückseite des Flächensubstrates aufgetragenen Elektrodenbereich aufweisen sollte. Innerhalb der Öffnungsstrukturen spielt jedoch die erste Forderung bezüglich einer möglichst hohen Lichttransmission keine Rolle, so dass innerhalb dieser Bereiche zusätzliche, die Leitfähigkeit verbessernde Materialien gezielt eingebracht werden können, beispielsweise Graphit, Metalle oder dotierte Zink- oder Zinnoxide, wie etwa Antimon oder dotiertes Zinnoxid. Derartige Materialien können im Extremfall vollständig lichtundurchlässig sein, jedoch verfügen sie über eine deutlich bessere elektrische Leitfähigkeit als das zumindest teiltransparente p^{++} -Schichtmaterial.

Soll aus Kostengründen auf eine zusätzliche Beigabe vorstehender, die Leitfähigkeit erhöhende Materialien, verzichtet werden, ist es vorteilhaft, die Breite bzw. Durchmesser der Öffnungsstrukturen größer auszulegen, als die auf der photovoltaischen Schicht aufgetragene Schichtdicke, der die Löcher aufnehmende Schicht sowie p^{++} -Schicht. Eine derartige Maßnahme einer möglichst reduzierten Schichtdickenausbildung der p^{++} -Schicht sowie gegebenenfalls die Löcher aufnehmenden Schicht auf der photovoltaischen Schicht und zugleich eine möglichst weite Ausbildung der Öffnungsstrukturen, die mit p^{++} -Schichtmaterial an- bzw. ausgefüllt sind, verhilft die Transmission der p^{++} -Schicht einerseits zu senken, jedoch andererseits die Leitfähigkeit längs der Öffnungsstrukturen zu erhöhen.

Demgegenüber wäre eine grenzenlose Optimierung der Leitfähigkeit des innerhalb der Öffnungsstrukturen befindlichen Materials oder Materialmischung kritisch in Bezug auf die Ausbildung lokaler Kurzschlüsse innerhalb der Öffnungsstrukturen zwischen dem unmittelbar auf dem Flächensubstrat befindlichen Elektrodenbereich für die Ableitung von Elektronen und der p^{++} -Schicht über der photovoltaischen Schicht. Eine grenzenlose Optimierung der Leitfähigkeit des p^{++} -Materials oberhalb der Absorberschicht wäre analog kritisch in Bezug auf die Ausbildung lokaler

Kurzschlüsse zwischen dem unmittelbar auf dem Flächensubstrat befindlichen Elektrodenbereich für die Ableitung von Elektronen n und der p^{++} -Schicht über der photovoltaischen Schicht außerhalb der Öffnungsstrukturen.

Ein Vorteil des Aufbaus der erfindungsgemäßen Solarzelle ist somit die Unempfindlichkeit gegenüber der vorstehend beschriebenen Kurzschlüsse bzw. den sogenannten pinholes. Hierbei wirken sich durch die begrenzte Leitfähigkeit der Löcher leitenden Schicht lokale Kurzschlüsse in den Öffnungsstrukturen bzw. außerhalb der Öffnungsstrukturen nicht so gravierend aus, wie bei Solarzellen mit elektrisch besser leitenden Materialien. Ist ein Kurzschluß zwischen dem Elektrodenbereich auf dem Substrat, der die Elektronen ableitet, und der p^{++} -Schicht über dem Absorber, welche die Löcher ableitet, eingetreten, so muß der elektrische Strom bei der erfindungsgemäßen Solarzelle immer noch einen Serienwiderstand entsprechend der Leitung durch das Löcher leitende Material in den Öffnungsstrukturen bzw. außerhalb der Öffnungsstrukturen überwinden. Beispielsweise entspricht dieser Widerstand bei einem typischen Durchmesser der Öffnungsstrukturen von $10\text{ }\mu\text{m}$, einer typischen Höhe bzw. Länge von $100\text{ }\mu\text{m}$ und einer elektrischen Leitfähigkeit gemäß den Anforderungen, wie im weiteren ausgeführt wird ($R_2=2 \times 10^4\text{ }\Omega$ für ein quadratisches Flächenelement) $60 \times 10^3\text{ }\Omega$. Beurteilt man einen Gesamtwiderstand von mehreren, parallelen Kurzschlüssen von $1000\text{ }\Omega$ bezogen auf eine Fläche von einem cm^2 als tolerabel, so entspricht dies einer tolerierbaren Kurzschlußdichte von 60 pro cm^2 . Beträgt beispielsweise der typische laterale Abstand der Öffnungsstrukturen ca. $100\text{ }\mu\text{m}$, so entspricht dies etwa einem Kurzschluss pro 167 Öffnungen. Beträgt beispielsweise der typische laterale Abstand der Öffnungsstrukturen ca. $10\text{ }\mu\text{m}$, so entspricht dies etwa einem Kurzschluss pro 2 Öffnungen. Für $R_2=2 \times 10^5\text{ }\Omega$ ergibt sich entsprechend einer tolerierbaren Kurzschlußdichte von 600 pro cm^2 , für $R_2=8 \times 10^3\text{ }\Omega$, 24 pro cm^2 , für $R_2=2 \times 10^3\text{ }\Omega$ 6 pro cm^2 .

Ein weiterer Aspekt für eine möglichst optimierte geometrisch und elektrische Auslegung der Solarzelle betrifft die Forderung, dass der durch die Bestrahlung der Solarzelle hervorgerufene ohm'sche Spannungsabfall längs der Öffnungsstrukturen

sehr viel kleiner sein soll, als die Betriebsspannung der Solarzelle am Arbeitspunkt, an dem die Solarzelle ihre maximale Leistung besitzt. Vorzugsweise sollte der ohm'sche Spannungsabfall längs der Öffnungsstrukturen weniger als 5% der Spannung der Solarzelle am Arbeitspunkt maximaler Leistung betragen. Hieraus leiten sich einerseits bestimmte Größen und Vorgaben für den elektrischen Widerstand der p^{++} -Schicht in Bestrahlungsrichtung vor der photovoltaischen Schicht als auch des diesbezüglichen Materials innerhalb der Öffnungsstrukturen ab, zum anderen Vorgaben für die geometrische Anordnung und Ausbildung der einzelnen Öffnungsstrukturen innerhalb des Flächensubstrates. Auf nähere Details hierzu wird auf die Beschreibung unter Bezugnahme auf die Ausführungsbeispiele verwiesen.

Ferner wird ein erfindungsgemäßes Verfahren zur Herstellung einer Solarzelle mit wenigstens einer aus organischem, insbesondere polymerem Material bestehenden photovoltaischen Schicht, der vorstehend genannten Art, beschrieben, das sich durch folgende Verfahrensschritte auszeichnet: In einem ersten Schritt wird ein, eine Vorder- und Rückseite aufweisendes Flächensubstrat, wie bereits eingangs erläutert, das insbesondere über Öffnungsstrukturen verfügt, die das Flächensubstrat von seiner Vorder- bis hin zur Rückseite vollständig durchragen, bereitgestellt. Das Flächensubstrat wird einseitig, nämlich an seiner Vorderseite, mit einem Elektrodenbereich versehen, indem die Vorderseite des Flächensubstrates metallisiert wird. Der Metallisierungsvorgang erfolgt beispielsweise im Rahmen eines nasschemischen Verfahrens, beispielsweise in einem Tauchbad. Ebenso ist es auch möglich, die flächige Metallisierung im Rahmen eines Aufdampf- oder Aufputterverfahrens durchzuführen.

Um eine Beschichtung bzw. Metallisierung der Rückseite des Flächensubstrates zu vermeiden, ist diese gegen den Metallisierungsprozess zu schützen. Beispielsweise bietet sich hierfür eine auf die Rückseite des Flächensubstrates aufbringbare Schutzfolie an, die von der Rückseite wieder leicht entfernt werden kann.

Nach erfolgtem Metallisieren der Vorderseite des Flächensubstrates wird eine elektronenselektive Schicht auf den abgeschiedenen Elektrodenbereich flächig

aufgebracht, die Elektronen gut, Löcher hingegen schlecht aufnimmt und an das Metall weitergibt. Beispielsweise eignet sich hierfür eine sehr dünne LiF-Schicht oder mit Al oder Cs dotiertem Bathophenanthrolin. Auch diese Schicht kann mittels konventioneller Aufdampfprozesse, oder in einem nasschemischen Verfahren aufgebracht werden.

Auf die Elektronen-selektive Schicht erfolgt nun das Abscheiden einer photovoltaischen Schicht, die sogenannte Absorber-Schicht, die vorzugsweise aus einer Mischung aus einem Fulleren-Derivat und einem PPV-Polymer besteht. Grundsätzlich ist es jedoch auch möglich, alternative organische, insbesondere polymere photovoltaische Werkstoffe einzusetzen, wie sie beispielsweise aus der eingangs erwähnten Literaturstelle von T. Fromherz zu entnehmen sind.

In einer ersten alternativen Verfahrensvariante wird auf die abgeschiedene Absorberschicht, die im übrigen ebenfalls im Wege eines Tauchbades aufgebracht werden kann, um die Herstellungskosten niedrig zu halten, eine p-leitende Schicht, beispielsweise bestehend aus Polythiophen-Derivaten, die Löcher gut, Elektronen schlecht aufnimmt und Löcher leiten kann, aufgebracht. Auf diese Schicht wird letztlich eine stark dotierte p^{++} -Schicht, beispielsweise aus Polythiophen-Derivaten, die Löcher gut leitet, derart aufgebracht, dass das stark dotierte p^{++} -Schichtmaterial die das Flächensubstrat lateral durchsetzten Öffnungsstrukturen vorzugsweise vollständig ausfüllt und durch die jeweiligen Öffnungsstrukturen auf die Rückseite des Flächensubstrates dringt.

Auf diese Weise wird eine elektrische Durchkontaktierung der Solarzelle von der Vorderseite hin zur Rückseite des Flächensubstrates erzielt, so dass jegliche, die photovoltaische aktive Schicht der Solarzelle abschattende Elektrodenbereiche vermieden werden können. Zur Verbesserung der durch die Öffnungsstrukturen hindurchragenden elektrischen Kontakte hin zur Rückseite des Flächensubstrates eignen sich zudem auch Pasten, Lacke oder Lösungen, die eine elektrisch leitende Schicht aufbauen. Derartige Substanzen werden bevorzugt auf der Rückseite des Flächensubstrates aufgebracht und in die vorhandenen Öffnungsstrukturen bzw.

Poren verpresst, nachdem die eingangs erwähnte Schutzfolie von der Rückseite des Flächensubstrates abgezogen worden ist.

Ausgehend von dem vorstehend erwähnten Abscheideprozess zur Herstellung der photovoltaischen Schicht sieht eine zweite alternative Verfahrensweise vor, unmittelbar auf der photovoltaischen Schicht die p^{++} -Schicht aufzubringen, die wie vorstehend erwähnt, zumindest teilweise die Öffnungsstrukturen zu durchdringen vermag, um auf diese Weise eine Rückseitenkontaktierung zu realisieren.

Schließlich gilt es, unabhängig von den beiden vorstehend erwähnten Verfahrensvarianten, die Rückseite des Flächensubstrates mit einer Metallschicht zu versehen, die als Elektrodenbereich für die p^{++} -Schicht dient. Das Aufbringen der Metallschicht auf der Rückseite des Flächensubstrates erfolgt bevorzugt durch Aufdampfen oder insbesondere Aufkleben einer Metallfolie mit einem leitfähigen Kleber als Kontaktmittel. Diese Metallisierung weist vorteilhafterweise neben der elektrischen Leitung auch eine Barrierefunktion gegenüber dem Eindringen von Verunreinigungen, wie beispielsweise Sauerstoff oder Wasser, in das Solarzellensystem von ihrer Rückseite, auf.

In einer bevorzugten Ausführungsform ist es denkbar, innerhalb oder auf der p^{++} -Schicht dünne ITO-Schichten oder andere anorganische transparente elektrisch leitende Schichten aufzudampfen oder aufzusputtern. Um dem Kostenaspekt Rechnung zu tragen, können diese zusätzlichen Schichten durch ihre elektrische Kontaktierung durch das Flächensubstrat hindurch relativ dünn gewählt werden.

Die vorstehend genannten Verfahrensschritte zum Aufbringen der einzelnen Schichten auf ein, eine poröse Struktur aufweisendes Flächensubstrat, das vorzugsweise selbst über elastische Eigenschaften verfügt, wird besonders bevorzugt in einem sogenannten „Roll-to-Roll-Beschichtungsverfahren“ (Rolle zu Rolle-Verfahren) hergestellt, wodurch die Produktionskosten entscheidend reduziert werden können. Hierbei wird das Flächensubstrat durch einzelne nasschemische Tauchbäder gezogen, durch die eine entsprechende Schichtabscheidung erfolgt. Als

entscheidender Beschichtungsparameter ist hierbei die Geschwindigkeit, mit der das zu beschichtende Flächensubstrat durch die einzelnen Tauchbäder gezogen wird, durch die die einzelnen Schichtdicken bestimmt werden können.

Grundsätzlich ist es auch möglich, vorstehend beschriebene, organische Solarzelle derart aufzubauen, dass jeweils die n- und p-Schichten miteinander vertauscht sind. Entsprechend soll dann eine z.B. durch Dotierung stark Elektronen leitende Schicht n^{++} genannt werden, und entsprechend sind auch p^{++} und n^{++} zu vertauschen. Diesen Gedanken folgend sind die Ansprüche 19 und 20 darauf gerichtet, eine Solarzelle mit vertauschten Leitungscharakteristika anzugeben, die ansonsten über den gleichen erfindungsgemäßen Solarzellenaufbau verfügt wie vorstehend beschrieben. Das gleiche gilt auch für die alternativ formulierten Verfahrensansprüche 33 und 34.

Kurze Beschreibung der Erfindung

Die Erfindung wird nachstehend ohne Beschränkung des allgemeinen Erfindungsgedankens anhand eines Ausführungsbeispiels unter Bezugnahme auf die Zeichnungen exemplarisch beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1 schematisierter Querschnitt durch die Schichtenabfolge einer erfindungsgemäß ausgebildeten Solarzelle, sowie

Fig. 2 schematisierter Querschnitt einer an sich bekannten organischen Solarzelle (Stand der Technik).

Wege zur Ausführung der Erfindung, gewerbliche Verwendbarkeit

Fig. 1 zeigt einen Querschnitt durch eine erfindungsgemäß ausgebildete organische Solarzelle, mit einem Flächensubstrat S, das über eine poröse Struktur verfügt und das Flächensubstrat S lateral durchsetzende Öffnungsstrukturen O vorsieht. Eine Vielzahl derartiger Öffnungsstrukturen durchdragen das Flächensubstrat S vollständig von ihrer Vorderseite bis hin zu ihrer Rückseite. Wie bereits erwähnt, eignen sich als

poröse Flächensubstrate Papier, poröse Kunststofffolien oder auch oberflächenbehandelte Metallfolien.

Auf der Vorderseite des Flächensubstrates S ist ein als Metallschicht ausgebildeter Elektronenbereich En aufgebracht, der als Kathode für die im weiteren beschriebenen Solarzelle dient. Zumindest den Elektrodenbereich En vollständig überdeckend ist ferner eine Elektronen aufnehmende Schicht n vorgesehen, die z.B. bei naßchemischer Beschichtung herstellungsbedingt die gesamte Oberfläche des Elektrodenbereiches En sowie des Flächensubstrates S überdecken kann. Wie bereits eingangs erwähnt, erfolgt vorzugsweise die Schichtabscheidung im Wege eines Tauchbades, indem die gesamten freien Oberflächen mit dem abzuscheidenden Schichtmaterial benetzt werden. Die n-Schicht besteht vorzugsweise aus LiF. Auf dieser n-Schicht wird in einem weiteren Verfahrensprozess die photovoltaische Schicht A abgeschieden, auf der wiederum eine Löcher aufnehmende Schicht p vorgesehen ist, die letztlich von einer p^{++} -Schicht überdeckt ist.

Wesentlicher Gesichtspunkt der erfindungsgemäß ausgebildeten organischen Solarzelle ist die Durchkontaktierung der p^{++} -Schicht lateral durch den gesamten Schichtaufbau durch die Öffnungsstrukturen O hindurch auf die Rückseite der Solarzelle, an der ein weiterer Elektrodenbereich Ep, die Anode, vorgesehen ist.

Licht L, das auf die Vorderseite der Solarzelle auftrifft, durchdringt die nahezu transparenten Schichten p^{++} und p und dringt in die photovoltaische Absorberschicht A ein, in der Elektronen-Loch-Paare gebildet werden. Elektronen gelangen über die n-Schicht in den Elektrodenbereich En und bilden somit die Kathode der Solarzelle. Die innerhalb der photovoltaischen Schicht A abgetrennten Löcher gelangen hingegen über die p-Schicht in die p^{++} -Schicht und über die Öffnungsstrukturen O zum Elektrodenbereich Ep, der die Anode der Solarzelle bildet.

Da längs der Öffnungsstrukturen O die Lichttransmission des p^{++} -Schichtmaterials keine Rolle spielt, können in diesem Bereich Zusatzstoffe dem p^{++} -Schichtmaterial

beigemengt werden, wodurch die Löcherleitfähigkeit erhöht werden kann. Derartige Zusatzstoffe sind beispielsweise Graphit, Metalle oder dotierte Zink- oder Zinnoxide, wie Antimon, dotiertes Zinnoxid oder ähnliche.

Im weiteren sei R_1 der elektrische Widerstand eines quadratischen Flächenelementes der p^{++} -Schicht auf der photovoltaischen Schicht A, hingegen R_2 der elektrische Widerstand eines quadratischen Flächenelementes desjenigen Materials, das sich innerhalb der Öffnungsstrukturen befindet. L_d sei der durchschnittliche Abstand zweier Öffnungsstrukturen, wobei h die typische Dicke des Flächensubstrates und damit in etwa die typische Länge der Öffnungsstrukturen beträgt. b sei der typische Durchmesser der Öffnungen und I eine typische Bestrahlungsstärke des Lichtes, das auf die organische Solarzelle auftrifft.

Soll der ohm'sche Spannungsabfall längs einer Öffnungsstruktur kleiner als 5% der Spannung der organischen Solarzelle am Arbeitspunkt maximaler Leistung, am sogenannten maximum power point, betragen und gelten für die vorstehenden Parameter folgende Werte: $L_d = 100 \mu\text{m}$, $b = 10 \mu\text{m}$, $h = 100 \mu\text{m}$ und $I = 1000 \text{ W/m}^2$, so folgt für die Widerstände R_1 und R_2 : $R_1 \leq 2 \times 10^5 \text{ Ohm}$ und $R_2 \leq 2 \times 10^4 \text{ Ohm}$.

Da der laterale Abstand zweier Öffnungsstrukturen aus praktischen Gründen merklich größer ist als der Durchmesser der Öffnungsstrukturen, ist der maximale tolerierbare Wert für R_1 größer als der von R_2 , falls der Durchmesser der Öffnungen kleiner ist als die Dicke des Flächensubstrates bzw. die Länge der Öffnungen. Entsprechend vorteilhaft ist es, die Verwendung eines im Vergleich zur p^{++} -Schicht auf dem Absorber dickeren oder anderen Materials in den Öffnungen einen geringeren Widerstand vorzusehen. Aus der nachstehenden Tabelle können bevorzugte Werte für vorstehende Parameter entnommen werden:

$L_d (\mu\text{m})$	$b (\mu\text{m})$	$H (\mu\text{m})$	$I (\text{W/qm}^2)$	$R_1 (\text{Ohm})$	$R_2 (\Omega)$
500	100	100	1000	5×10^6	8×10^3
500	10	100	1000	5×10^6	8×10^2
100	1	100	1000	2×10^5	2×10^3

30	3	100	1000	2×10^6	6×10^4
10	1	100	1000	2×10^7	2×10^5
10	0,1	100	1000	2×10^7	2×10^4

Bevorzugte Anwendungsfelder für die erfindungsgemäß ausgebildete Solarzelle ist einerseits die Bestrahlung der Solarzelle mit hohen Lichtintensitäten, wie sie z.B. bei direkter Sonnenbestrahlung auftreten. Lichtintensitäten zwischen 100 W/m^2 und 1000 W/m^2 sind bei Außenanwendungen durchaus typisch. Andererseits vermag die Solarzelle auch bei geringeren Lichtintensitäten, wie sie z.B. bei indirekter Sonnenbestrahlung oder Bestrahlung mit Kunstlicht auftreten, beachtliche Leistungen zeigen, z.B. bei Innenanwendungen mit Lichtintensitäten von kleiner als 100 W/m^2 . Geringere Bestrahlungsintensitäten reduzieren dabei zusätzlich die Anforderungen an die elektrische Leitfähigkeit der einzelnen Schichten im Solarzellen-System.

Patentansprüche

1. Solarzelle mit wenigstens einer aus organischem, insbesondere polymeren Material bestehenden photovoltaischen Schicht (A), die Licht absorbiert und in der Elektron-Loch Paare erzeugbar sind, mit zwei sich gegenüberliegenden Schichtoberflächen, von denen die eine mit wenigstens einer innerhalb der photovoltaischen Schicht (A) erzeugten Löcher aufnehmenden Schicht (p) und die andere mit wenigstens einer innerhalb der photovoltaischen Schicht (A) erzeugten Elektronen aufnehmenden Schicht (n) verbunden ist, sowie mit Elektrodenbereichen En und Ep, von denen ein Elektrodenbereich (Ep) mit der Löcher aufnehmenden Schicht (p) und der andere Elektrodenbereich (En) mit der Elektronen aufnehmenden Schicht (n) elektrisch kontaktiert ist, dadurch **gekennzeichnet**, dass die die Elektronen aufnehmende Schicht (n) über ihren Elektrodenbereich (En) mit einem, eine Vorder- und Rückseite aufweisenden Flächensubstrat (S) verbunden ist, dass das Flächensubstrat (S) von der Vorder- zur Rückseite lateral durchragende Öffnungsstrukturen (O) aufweist, dass die die Löcher aufnehmende Schicht (p), die photovoltaische Schicht (A), die die Elektronen aufnehmende Schicht (n) sowie der mit der Schicht (n) verbundene Elektrodenbereich (En) derart auf der Vorderseite des Flächensubstrats (S) aufgebracht sind, dass wenigstens einzelne Öffnungsstrukturen das Flächensubstrat (S) sowie das aus den Schichten En, n, A, und p bestehende Schichtsystem lateral durchragen, dass eine elektrisch leitfähige p^{++} -Schicht auf der die Löcher aufnehmenden Schicht (p) aufgebracht ist oder die die Löcher aufnehmende Schicht (p) als p^{++} -Schicht ausgebildet ist, die die das Flächensubstrat (S) lateral durchragenden Öffnungsstrukturen (O) bis hin zur Rückseite des Flächensubstrats (S) wenigstens teilweise ausfüllt, und

dass der Elektrodenbereich (Ep) für die die Löcher aufnehmende Schicht (p) auf der Rückseite des Flächensubstrats (S) vorgesehen ist, der in elektrischen Kontakt mit der durch die Öffnungsstrukturen (O) hindurchreichenden p^{++} -Schicht steht.

2. Solarzelle nach Anspruch 1,

dadurch **gekennzeichnet**, dass innerhalb wenigstens einzelner Öffnungsstrukturen (O) ein Löcher leitendes Material enthalten ist, das eine bessere elektrische Leitfähigkeit aufweist als das Schichtmaterial, aus der die p^{++} -Schicht besteht.

3. Solarzelle nach Anspruch 1 oder 2,

dadurch **gekennzeichnet**, dass die elektrische Leitfähigkeit des Löcher leitenden Materials innerhalb der Öffnungsstrukturen derart gering gewählt ist, dass mögliche Kurzschlüsse innerhalb der Öffnungsstrukturen zwischen dem Elektronen aufnehmenden Elektrodenbereich (En) und der p^{++} -Schicht den Kurzschlußstrom und/oder den Wirkungsgrad der Solarzelle nicht wesentlich beeinträchtigt.

4. Solarzelle nach einem der Ansprüche 1 bis 3,

dadurch **gekennzeichnet**, dass die elektrische Leitfähigkeit des Löcher leitenden Materials (p) außerhalb der Öffnungsstrukturen derart gering gewählt ist, dass mögliche Kurzschlüsse außerhalb der Öffnungsstrukturen zwischen dem Elektronen aufnehmenden Elektrodenbereich (En) und der p^{++} -Schicht den Kurzschlußstrom und/oder den Wirkungsgrad der Solarzelle nicht wesentlich beeinträchtigt.

5. Solarzelle nach einem der Ansprüche 1 bis 4,

dadurch **gekennzeichnet**, dass die Elektrodenbereiche als Metallschichten ausgebildet sind.

6. Solarzelle nach einem der Ansprüche 1 bis 5,

dadurch **gekennzeichnet**, dass die p^{++} -Schicht einen elektrischen Widerstand von höchstens $10^6 \Omega$, bevorzugt zwischen 10^5 und $10^2 \Omega$, besonders bevorzugt zwischen 10^3 und $10^4 \Omega$ aufweist.

7. Solarzelle nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch **gekennzeichnet**, dass die p^{++} -Schicht eine Lichttransmission für photovoltaisch verwertbares Sonnenlichtes von mindestens 50%, bevorzugt 70%, besonders bevorzugt 80% aufweist.
8. Solarzelle nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch **gekennzeichnet**, dass die p^{++} -dotierte Schicht Polythiopene oder Polythiophen Derivate enthält.
9. Solarzelle nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch **gekennzeichnet**, dass innerhalb der Öffnungsstrukturen (O) eingebrachtes, die Löcher leitendes p^{++} -Schichtmaterial, Graphit, Metalle oder dotierte Zink- oder Zinnoxide, wie Antimon dotiertes Zinnoxid oder Aluminium dotiertes Zinkoxid enthält.
10. Solarzelle nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch **gekennzeichnet**, dass das Flächensubstrat (S) aus einem porösem Material besteht mit Poren, die die das Flächensubstrat (S) lateral durchragende Öffnungsstrukturen (O) bilden .
11. Solarzelle nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch **gekennzeichnet**, dass die Öffnungsstrukturen (O) Öffnungsdurchmesser im Bereich von 1 bis 10 μm vorsehen und benachbarte Öffnungsstrukturen (O) einen gegenseitigen Abstand zwischen 10 und 100 μm aufweisen, oder dass die Öffnungsstrukturen (O) Öffnungsdurchmesser im Bereich von 0,1 bis 1 μm vorsehen und benachbarte Öffnungsstrukturen einen gegenseitigen Abstand zwischen 1 und 10 μm aufweisen, oder dass die Öffnungsstrukturen (O) Öffnungsdurchmesser im Bereich von 10 bis 100 μm vorsehen und benachbarte Öffnungsstrukturen einen gegenseitigen Abstand zwischen 100 und 500 μm aufweisen, oder dass die Öffnungsstrukturen (O) Öffnungsdurchmesser im Bereich von 5 bis 25 μm besitzen und benachbarte Öffnungsstrukturen (O) einen gegenseitigen Abstand zwischen 25 und 100 μm aufweisen.

12. Solarzelle nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch **gekennzeichnet**, dass die auf der Vorderseite des Flächensubstrates (S) vorhandene Schichtabfolge bestehend aus dem Elektrodenbereich (En), der Elektronen aufnehmenden Schicht (n), die photovoltaische Schicht (A) eine Gesamtschichtdicke aufweist, die kleiner als die Hälfte des Öffnungsdurchmessers der Öffnungsstrukturen (O) ist oder im Falle, dass zusätzlich zu der die Löcher aufnehmenden Schicht (p) eine p^{++} -Schicht vorgesehen ist, zur vorstehenden Gesamtschichtdicke die Dicke der Löcher aufnehmenden Schicht (p) mitzuberücksichtigen ist.
13. Solarzelle nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch **gekennzeichnet**, dass das Flächensubstrat (S) aus einem porösen Kunststoff, aus Textil oder aus Cellulosematerial, wie Papier, oder einer oberflächenbehandelten Metallfolie besteht.
14. Solarzelle nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch **gekennzeichnet**, dass das Flächenmaterial elastisch ist.
15. Solarzelle nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch **gekennzeichnet**, dass die photovoltaische Schicht (A) polymeres Material oder polymere Materialzusammensetzungen enthält.
16. Solarzelle nach einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch **gekennzeichnet**, dass die photovoltaische Schicht (A) eine Mischung aus Fulleren-Derivat und einem PPV-Polymer enthält.
17. Solarzelle nach einem der Ansprüche 1 bis 16, dadurch **gekennzeichnet**, dass die die Elektronen aufnehmende Schicht (n) eine LiF-Schicht oder eine Al-dotierte oder Cs-dotierte Bathophenantrolin-Schicht ist.

18. Solarzelle nach einem der Ansprüche 1 bis 17, dadurch **gekennzeichnet**, dass die Elektrodenbereiche (En, Ep) aus Aluminium bestehen.
19. Solarzelle nach dem Oberbegriff des Anspruches 1, dadurch **gekennzeichnet**, dass die die Löcher aufnehmende Schicht (p) über ihren Elektrodenbereich (Ep) mit einem, eine Vorder- und Rückseite aufweisenden Flächensubstrat (S) verbunden ist, das das Flächensubstrat (S) von der Vorder- zur Rückseite lateral durchragende Öffnungsstrukturen (O) aufweist, dass die die Elektronen aufnehmende Schicht (n), die photovoltaische Schicht (A), die die Löcher aufnehmende Schicht (p) sowie der mit der Schicht (p) verbundene Elektrodenbereich (Ep) derart auf der Vorderseite des Flächensubstrats (S) aufgebracht sind, dass wenigstens einzelne Öffnungsstrukturen das Flächensubstrat (S) sowie das aus den Schichten Ep, p, A, und n bestehende Schichtsystem lateral durchragen, dass eine elektrisch leitfähige n^{++} -Schicht auf der die Elektronen aufnehmenden Schicht (n) aufgebracht ist oder die die Elektronen aufnehmende Schicht (n) als n^{++} -Schicht ausgebildet ist, die die das Flächensubstrat (S) lateral durchragenden Öffnungsstrukturen (O) bis hin zur Rückseite des Flächensubstrats (S) wenigstens teilweise ausfüllt, und dass der Elektrodenbereich (En) für die die Elektronen aufnehmende Schicht (n) auf der Rückseite des Flächensubstrats (S) vorgesehen ist, der in elektrischen Kontakt mit der durch die Öffnungsstrukturen (O) hindurchreichenden n^{++} -Schicht steht.
20. Solarzelle nach Anspruch 19, dadurch **gekennzeichnet**, dass die Merkmale der Ansprüche 2-7, 9-16 sowie 18 einzeln oder in Kombination derart anwendbar sind, dass die in den genannten Ansprüchen angegebenen elektrisch leitenden Schichtmaterialien (n), (En), (p), (Ep), (p^{++}) in ihrer Leitungsnatur zu invertieren sind.

21. Verfahren zur Herstellung einer Solarzelle mit wenigstens einer aus organischem, insbesondere polymeren Material bestehenden photovoltaischen Schicht,

gekennzeichnet durch die Verfahrensschritte:

- Bereitstellen eines eine Vorder- und eine Rückseite aufweisenden Flächensubstrats (S), das lateral das Flächensubstrat (S) von der Vorder- zur Rückseite durchragende Öffnungsstrukturen (O) aufweist,
- Aufbringen eines Elektrodenbereiches (En) auf die Vorderseite des Flächensubstrats (S),
- flächiges Aufbringen einer Elektronen aufnehmenden Schicht (n) auf den Elektrodenbereich (En) auf der Vorderseite des Flächensubstrats (S),
- flächiges Aufbringen der photovoltaischen Schicht (A) auf die die Elektronen aufnehmende Schicht (n),
- flächiges Aufbringen einer Löcher aufnehmenden Schicht (p) oder Aufbringen einer p^{++} -Schicht auf die photovoltaische Schicht (A) derart, bzw. flächiges Aufbringen einer p^{++} -Schicht im Falle des Vorsehens einer Löcher aufnehmenden Schicht (p) auf dieser derart, dass die das Flächensubstrat (S) lateral durchragenden Öffnungsstrukturen (O) bis hin zur Rückseite des Flächensubstrats (S) mit dem p^{++} -Schichtmaterial ausgefüllt werden und
- Aufbringen eines weiteren Elektrodenbereiches (Ep) auf die Rückseite des Flächensubstrats (S), so daß die p^{++} -Schicht mit dem weiteren Elektrodenbereich (Ep) durch die Öffnungsstrukturen (O) kontaktiert ist.

22. Verfahren nach Anspruch 21,

dadurch **gekennzeichnet**, dass zusätzlich zu dem p^{++} -Schichtmaterial ein elektrisch leitendes Material in die Öffnungsstrukturen eingebracht wird, so daß dieses die p^{++} -Schicht und den Elektrodenbereich (Ep) auf der Rückseite des Flächensubstrates (S) kontaktiert.

23. Verfahren nach einem der Ansprüche 21 oder 22,

dadurch **gekennzeichnet**, dass der Elektrodenbereich (En), die Elektronen aufnehmende Schicht (n), die photovoltaische Schicht (A), die Löcher aufnehmende

Schicht (p), die p⁺⁺-Schicht und/oder der Elektrodenbereich (Ep) mittels Aufdampfen, Aufputtern oder naß-chemischen Verfahren aufgebracht wird.

24. Verfahren nach einem der Ansprüche 21 bis 23, dadurch **gekennzeichnet**, dass auf die Rückseite des Flächensubstrats (S) eine Folie aufgebracht wird, noch bevor das Flächensubstrat (S) beschichtet wird, und dass die Folie von der Rückseite des Flächensubstrats (S) vor Aufbringen des weiteren Elektrodenbereiches (Ep) auf der Rückseite von dieser entfernt wird.

25. Verfahren nach einem der Ansprüche 21 bis 24, dadurch **gekennzeichnet**, dass das Kontaktieren der in den das Flächensubstrat (S) lateral von der Vorder- zur Rückseite durchragenden Öffnungsstrukturen (O) befindlichen p⁺⁺-Schichtmaterial mit dem Elektrodenbereich (Ep) auf der Rückseite des Flächensubstrats (S) durch Pasten, Lacke oder Lösungen unterstützt wird.

26. Verfahren nach Anspruch 25, dadurch **gekennzeichnet**, dass die Lacke, Pasten oder Lösungen elektrisch leitend sind und die Öffnungsstrukturen (O) zumindest teilweise durchdringen und eine elektrisch leitende Verbindung zur p⁺⁺-Schicht herstellen.

27. Verfahren nach einem der Ansprüche 21 bis 26, dadurch **gekennzeichnet**, dass auf und/oder innerhalb der p⁺⁺-Schicht wenigstens eine dünne ITO-Schicht (Zinn-dotiertes Indiumoxid) und/oder eine anorganische transparente elektrisch leitende Schicht vorgesehen wird.

28. Verfahren nach Anspruch 27, dadurch **gekennzeichnet**, dass die ITO-Schicht und/oder die anorganische transparente elektrisch leitende Schicht aufgedampft oder aufgesputtert wird.

29. Verfahren nach einem der Ansprüche 21 bis 28, dadurch **gekennzeichnet**, dass das Aufbringen des Elektrodenbereiches (Ep) auf der Rückseite des Flächensubstrats (S) durch Aufdampfen oder Aufkleben einer Metallfolie erfolgt.

30. Verfahren nach Anspruch 29,
dadurch **gekennzeichnet**, dass ein elektrisch leitfähiger Kleber für das Aufkleben der Metallfolie verwendet wird.
31. Verfahren nach Anspruch 30 ,
dadurch **gekennzeichnet**, dass der elektrisch leitfähige Kleber die Öffnungsstrukturen (O) zumindest teilweise durchdringt und eine leitende Verbindung zur p++ Schicht herstellt.
32. Verfahren nach einem der Ansprüche 21 bis 31,
dadurch **gekennzeichnet**, dass das Flächensubstrat (S) durch Abrollen von einer ersten Rolle bereitgestellt wird und nach Durchführung aller Verfahrensschritte die gewonnene Solarzellen auf eine zweite Rolle aufgerollt werden.
33. Verfahren nach dem Oberbegriff des Anspruches 21
gekennzeichnet durch die Verfahrensschritte:
- Bereitstellen eines eine Vorder- und eine Rückseite aufweisenden Flächensubstrats (S), das lateral das Flächensubstrat (S) von der Vorder- zur Rückseite durchragende Öffnungsstrukturen (O) aufweist,
 - Aufbringen eines Elektrodenbereiches (Ep) auf die Vorderseite des Flächensubstrats (S),
 - flächiges Aufbringen einer Löcher aufnehmenden Schicht (p) auf den Elektrodenbereich (Ep) auf der Vorderseite des Flächensubstrats (S),
 - flächiges Aufbringen der photovoltaischen Schicht (A) auf die die Löcher aufnehmende Schicht (p),
 - flächiges Aufbringen einer Elektronen aufnehmenden Schicht (n) oder Aufbringen einer n⁺⁺-Schicht auf die photovoltaische Schicht (A) derart, bzw. flächiges Aufbringen einer n⁺⁺-Schicht im Falle des Vorsehens einer Elektronen aufnehmenden Schicht (n) auf dieser derart, dass die das Flächensubstrat (S) lateral durchragenden Öffnungsstrukturen (O) bis hin zur Rückseite des Flächensubstrats (S) mit dem n⁺⁺-Schichtmaterial ausgefüllt werden und

- Aufbringen eines weiteren Elektrodenbereiches (En) auf die Rückseite des Flächensubstrats (S), so daß die n^{++} -Schicht mit dem weiteren Elektrodenbereich (En) durch die Öffnungsstrukturen (O) kontaktiert ist.

34. Verfahren nach Anspruch 33,
dadurch **gekennzeichnet**, dass die Merkmale der Ansprüche 22-26 sowie 29-32
derart anwendbar sind, dass die in den genannten Ansprüchen angegebenen
elektrisch leitenden Schichtmaterialien (n), (En), (p), (Ep), (p^{++}) in ihrer Leitungsnatur
zu invertieren sind.

1 / 1

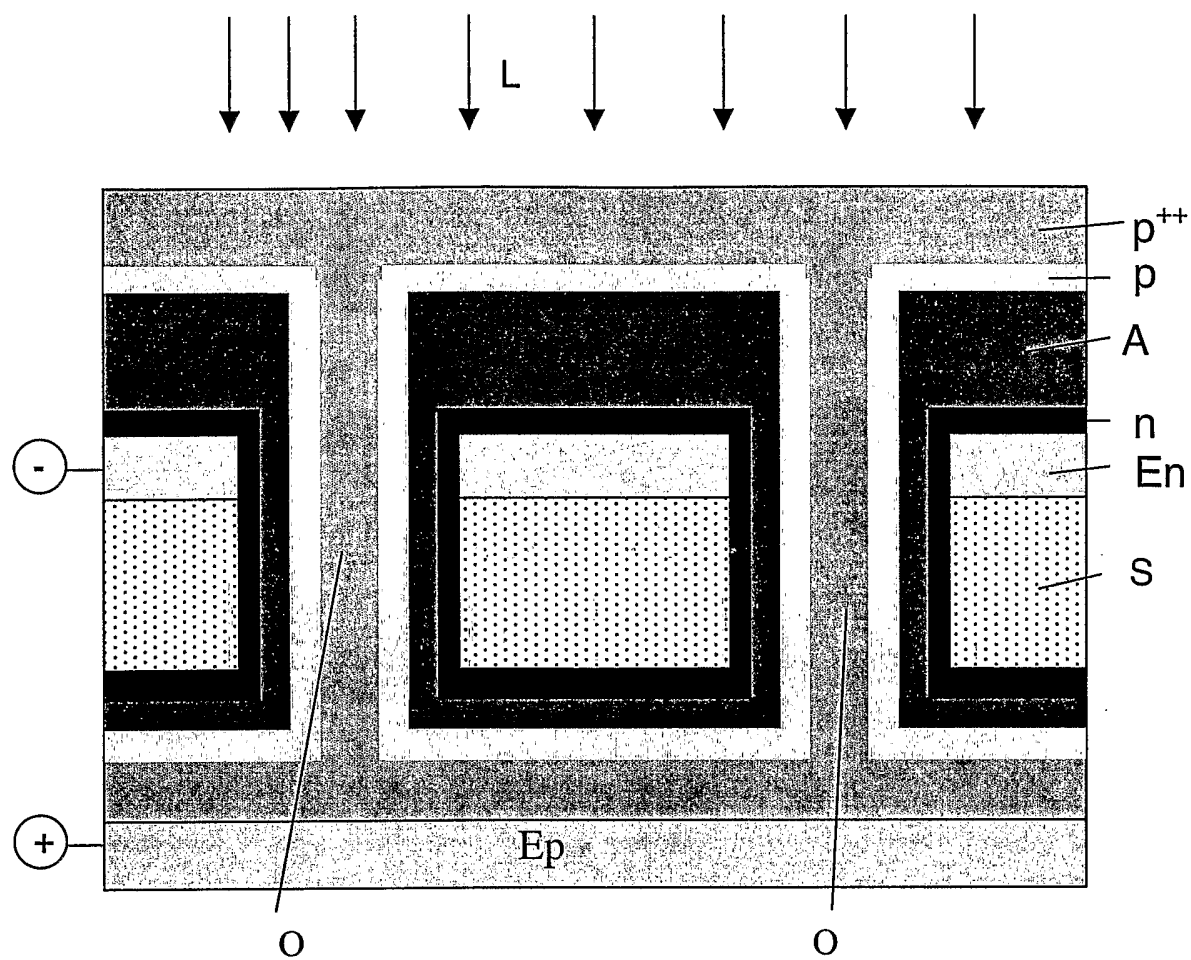


Fig. 1

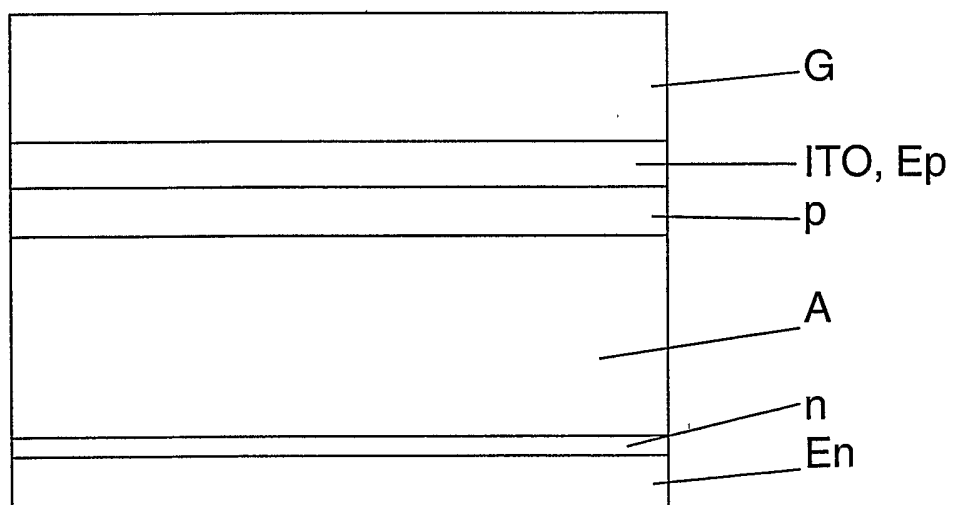


Fig. 2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.

PCT/EP 02/12241

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 H01L51/20

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)

IPC 7 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 practical, search terms used)

WPI Data, CHEM ABS Data, EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 97 10617 A (HOECHST AG) 20 March 1997 (1997-03-20) page 5 abstract page 23 -page 24 page 33 -page 37; examples 8-10 ---	1,21
A	US 6 239 355 B1 (SALAFSKY JOSHUA S) 29 May 2001 (2001-05-29) abstract; figures 1,2 column 3, line 55 -column 5, line 24; claims ---	1,21
A	WO 01 59854 A (BURROUGHES JEREMY HENLEY ;CAMBRIDGE DISPLAY TECH (GB)) 16 August 2001 (2001-08-16) abstract; claims 1,3,8; figure 1 --- -/--	1,21

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

A document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

E earlier document but published on or after the international filing date

L document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

O document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

P document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

T later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

X document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

Y document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

G document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

23 January 2003

Date of mailing of the international search report

31/01/2003

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Paisdor, B

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.

PCT/EP 02/12241

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 30 13 991 A (BAYER AG) 15 October 1981 (1981-10-15) abstract; claims page 8, line 15 - line 27 page 19, line 12 - line 25; figure 3 ---	1,21
A	US 3 969 746 A (KENDALL DON LESLIE ET AL) 13 July 1976 (1976-07-13) figures 1-9 column 2 -column 5 ---	1,21
A	FROMHERZ T ET AL: "Comparison of photovoltaic devices containing various blends of polymer and fullerene derivatives" SOLAR ENERGY MATERIALS AND SOLAR CELLS, ELSEVIER SCIENCE PUBLISHERS, AMSTERDAM, NL, vol. 63, no. 1, June 2000 (2000-06), pages 61-68, XP004201247 ISSN: 0927-0248 cited in the application abstract page 62 -page 63 -----	1-34

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 02/12241

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 9710617	A	20-03-1997	DE 19533850 A1	27-03-1997
			AU 708210 B2	29-07-1999
			AU 6988596 A	01-04-1997
			CN 1196138 A	14-10-1998
			WO 9710617 A1	20-03-1997
			EP 0850492 A1	01-07-1998
			JP 11513522 T	16-11-1999
			US 5885368 A	23-03-1999
US 6239355	B1	29-05-2001	AU 1311900 A	01-05-2000
			CA 2346294 A1	20-04-2000
			EP 1129496 A2	05-09-2001
			WO 0022682 A2	20-04-2000
WO 0159854	A	16-08-2001	AU 3202201 A	20-08-2001
			EP 1254485 A1	06-11-2002
			WO 0159854 A1	16-08-2001
DE 3013991	A	15-10-1981	DE 3013991 A1	15-10-1981
			FR 2480506 A1	16-10-1981
			GB 2073949 A ,B	21-10-1981
			JP 56157071 A	04-12-1981
			US 4385102 A	24-05-1983
US 3969746	A	13-07-1976	NONE	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 02/12241

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 H01L51/20

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 7 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)

WPI Data, CHEM ABS Data, EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	WO 97 10617 A (HOECHST AG) 20. März 1997 (1997-03-20) Seite 5 Zusammenfassung Seite 23 -Seite 24 Seite 33 -Seite 37; Beispiele 8-10 ----	1,21
A	US 6 239 355 B1 (SALAFSKY JOSHUA S) 29. Mai 2001 (2001-05-29) Zusammenfassung; Abbildungen 1,2 Spalte 3, Zeile 55 -Spalte 5, Zeile 24; Ansprüche ----	1,21
A	WO 01 59854 A (BURROUGHS JEREMY HENLEY ;CAMBRIDGE DISPLAY TECH (GB)) 16. August 2001 (2001-08-16) Zusammenfassung; Ansprüche 1,3,8; Abbildung 1 ----- -/-	1,21



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 älteres Dokument, 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 anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

23. Januar 2003

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

31/01/2003

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Paisdor, B

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 02/12241

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 30 13 991 A (BAYER AG) 15. Oktober 1981 (1981-10-15) Zusammenfassung; Ansprüche Seite 8, Zeile 15 - Zeile 27 Seite 19, Zeile 12 - Zeile 25; Abbildung 3 ---	1,21
A	US 3 969 746 A (KENDALL DON LESLIE ET AL) 13. Juli 1976 (1976-07-13) Abbildungen 1-9 Spalte 2 -Spalte 5 ---	1,21
A	FROMHERZ T ET AL: "Comparison of photovoltaic devices containing various blends of polymer and fullerene derivatives" SOLAR ENERGY MATERIALS AND SOLAR CELLS, ELSEVIER SCIENCE PUBLISHERS, AMSTERDAM, NL, Bd. 63, Nr. 1, Juni 2000 (2000-06), Seiten 61-68, XP004201247 ISSN: 0927-0248 in der Anmeldung erwähnt Zusammenfassung Seite 62 -Seite 63 -----	1-34

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 02/12241

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
WO 9710617	A	20-03-1997	DE	19533850 A1	27-03-1997
			AU	708210 B2	29-07-1999
			AU	6988596 A	01-04-1997
			CN	1196138 A	14-10-1998
			WO	9710617 A1	20-03-1997
			EP	0850492 A1	01-07-1998
			JP	11513522 T	16-11-1999
			US	5885368 A	23-03-1999
US 6239355	B1	29-05-2001	AU	1311900 A	01-05-2000
			CA	2346294 A1	20-04-2000
			EP	1129496 A2	05-09-2001
			WO	0022682 A2	20-04-2000
WO 0159854	A	16-08-2001	AU	3202201 A	20-08-2001
			EP	1254485 A1	06-11-2002
			WO	0159854 A1	16-08-2001
DE 3013991	A	15-10-1981	DE	3013991 A1	15-10-1981
			FR	2480506 A1	16-10-1981
			GB	2073949 A ,B	21-10-1981
			JP	56157071 A	04-12-1981
			US	4385102 A	24-05-1983
US 3969746	A	13-07-1976	KEINE		