

(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
2. Dezember 2010 (02.12.2010)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2010/136166 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:
H01L 27/142 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2010/003159

(22) Internationales Anmeldedatum:
24. Mai 2010 (24.05.2010)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2009 022 378.9 23. Mai 2009 (23.05.2009) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme
von US): **SOLARION AG PHOTOVOLTAIK**
[DE/DE]; Ostende 5, 04288 Leipzig (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **RAGNOW, Steffen**
[DE/DE]; Seeburgstrasse 24, 04103 Leipzig (DE).
BRAUN, Alexander [DE/DE]; Stephanstrasse 20, 04103
Leipzig (DE). **OTTE, Karsten** [DE/DE]; Dölitzer Strasse
18, 04277 Leipzig (DE).

(74) Anwälte: **NENNING, Peter** et al.; Rechtsanwaltsgesell-
schaft MbH, Schlossgasse 2-4, 04109 Leipzig (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, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, 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, KH, 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, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC,
SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN,
TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ,
UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD,
RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY,
CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS,
IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO,
SE, SI, SK, SM, 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 (Regel 48 Absatz
2 Buchstabe g)

(54) Title: PARTIALLY TRANSPARENT FLEXIBLE THIN FILM SOLAR CELLS AND METHOD FOR THE PRODUCTION THEREOF

(54) Bezeichnung : TEILTRANSPARENTE FLEXIBLE DÜNNSCHICHTSOLARZELLEN UND VERFAHREN ZU IHRER HERSTELLUNG

(57) Abstract: The aim of the invention is to provide transparent and partially transparent flexible thin film solar cells. The aim is achieved in that flexible thin film solar cells are processed using a tool, such that the entire cell structure is pierced, the transparency is ensured by the openings thus created, and the energy conversion yield remains high. An example is a flexible thin film solar cell according to the figure.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung hat die Aufgabe, transparente und teiltransparente flexible Dünnschichtsolarzellen zur Verfügung zu stellen. Die Aufgabe wird gelöst, indem flexible Dünnschichtsolarzellen mit einem Werkzeug dergestalt bearbeitet werden, dass der gesamte Zellaufbau durchstoßen wird, durch die geschaffenen Öffnungen die Transparenz gesichert ist und die Ausbeute der Energiewandlung hoch bleibt. Ein Beispiel ist eine flexible Dünnschichtsolarzelle, die der Abbildung entspricht.



WO 2010/136166 A2

Teiltransparente flexible Dünnschichtsolarzellen und Verfahren zu ihrer Herstellung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung teiltransparenter flexibler Dünnschichtsolarzellen, die sowohl in der Architektur als auch in der Autoindustrie angewendet werden können.

Es ist bereits bekannt, teiltransparente Dünnschichtsolarzellen herzustellen. Zu diesem Zweck werden Dünnschichtsolarzellen auf einem festen Träger, meistens Glas, verschaltet und mit Laserstrahlen geritzt. Es entsteht eine Öffnung, durch welche Licht durchtreten kann und damit die Transparenz erzeugt. Dies funktioniert naturgemäß nur bei transparenten Trägern, insbesondere bei Glas als Träger. Zusätzlich ist die Verwendung einer teuren Produktionstechnologie, wie z.B. Lasertechnologie, zur Erzeugung der Kreuzungspunkte notwendig.

Es ist weiterhin bekannt, dass kristalline Silizium-Wafer dergestalt geätzt werden, dass ein Kreuzgitter entsteht. Dabei sind die Kreuzungspunkte durch totalen Materialabtrag gekennzeichnet, so dass hier eine Transparenz entsteht, die gewünscht ist.

Es ist bisher nicht bekannt, teiltransparente Dünnschichtsolarzellen auf flexiblem Trägermaterial herzustellen.

Die Erfindung hat das Ziel, in ökonomisch vertretbarer Weise transparente oder teiltransparente Dünnschichtsolarzellen zur Verfügung zu stellen. Das soll durch einen intelligenten Verfahrensablauf der Herstellung erreicht werden. Die erfindungsgemäßen Dünnschichtsolarzellen sollen ein ausgewogenes Verhältnis von optischer Transparenz und elektrischer Leistung aufweisen, um den jeweiligen spezifischen Anforderungen des Einsatzgebietes gerecht zu werden.

Die Erfindung hat die Aufgabe, ein Verfahren zur Herstellung transparenter oder teiltransparenter Dünnschichtsolarzellen auf einem flexiblen Träger anzugeben und nach diesem Verfahren transparente oder teiltransparente Dünnschichtsolarzellen herzustellen.

BESTÄTIGUNGSKOPIE

Die Aufgabe wird dadurch gelöst, dass zunächst eine flexible Dünnschichtsolarzelle in an sich bekannter Weise durch Schichtaufbau auf einem flexiblen Träger hergestellt wird. Der flexible Träger kann dabei ein Kunststoff wie Polyimid, Metallfolie, dünne Keramik, Textil oder dergleichen sein. Der Schichtaufbau der Dünnschichtsolarzelle kann zu CuInSe_2 (CIS), Cu(In,Ga)Se_2 (CIGS), Cu(In,Ga)(Se,S)_2 (CIGSS) oder CuGaSe_2 (CGS) oder vergleichbaren Dünnschichtsolarzellen führen.

Erfindungsgemäß werden flexible Dünnschichtsolarzellen mit einem Werkzeug dergestalt bearbeitet, dass der gesamte Zellaufbau einschließlich des flexiblen Trägers durchbrochen wird. Geeignet dazu ist zum Beispiel ein Stanzwerkzeug, das Öffnungen als ein Muster durch die Zelle erzeugt. Die Öffnungen gewährleisten die Transparenz, sie wirken als Fenster für das Licht, während das Gerüst der Dünnschichtsolarzellen die Stabilität derselben sichert.

Als Werkzeug besonders geeignet sind Rotationsstanzwerkzeuge, aber auch Mikrobohrer oder Laserstrahlanordnungen.

Das Verhältnis der Flächen zwischen entfernter und verbliebener Dünnschichtsolarzelle beträgt 5:1 bis zu 1:60. Bevorzugt ist ein Verhältnis von 1:8. Das gewährleistet sowohl Stabilität als auch Transparenz und begrenzt den Verlust an Energiewandlungskapazität.

Die angesprochenen Flächenverhältnisse werden in Abbildung 1 gezeigt.

In einer Ausführungsform der Erfindung werden die gestanzten Dünnschichtsolarzellen zwischen transparenten starren Platten bzw. Folien einlaminieren, so dass eine starre bzw. flexible Stabilität gewährleistet ist, die in einer Reihe von Anwendungsfällen gefordert sein kann.

Durch umfangreiche Versuche wurde festgestellt, welche Stanzmuster sich besonders eignen, um einmal die Stabilität der flexiblen Dünnschichtsolarzelle zu sichern, die Transparenz im gewünschten Umfang zu gewährleisten und die Energieausbeute auf erforderlichem Niveau zu halten.

Die Erfindung soll nachstehend an Ausführungsbeispielen näher erläutert werden.

Beispiel 1

Dieses Beispiel 1 ist nicht erfinderisch und beschreibt den Herstellungsprozess einer CIGS-Dünnschichtsolarzelle, die nachfolgend teiltransparent gestaltet wird. Es wird wie folgt verfahren:

- (a) ganzflächiges Abscheiden einer Molybdänschicht auf einer Polyimidfolie in bekannter Weise mittels DC-Sputtern.
- (b) ganzflächiges Abscheiden der photoaktiven Halbleiterschicht ($\text{Cu}(\text{In}, \text{Ga})\text{Se}_2$) mittels Vakuum-Koverdampfung der Elemente Kupfer (Cu), Indium (In), Gallium (Ga) und Selen (Se).
- (c) ganzflächiges Abscheiden einer Pufferschicht, vorzugsweise bestehend aus Cadmiumsulfid (CdS) im nasschemischen Bad, z.B. nach DE 10 2007 036 715
- (d) ganzflächiges Abscheiden einer intrinsischen Zinkoxidschicht (i-ZnO) mittels RF-Sputtern.
- (e) ganzflächiges Abscheiden einer Aluminium-dotierten Zinkoxidschicht (ZnO:Al) über DC-Sputtern.
- (f) Erzeugen von Strukturierungsgräben mittels mechanischem Ritzen.
- (g) Aufbringen der Kontaktfinger und Sammelkontakte über Bedruckung mit Polymerpaste mit darin enthaltenen elektrisch leitfähigen Partikeln im Siebdruckverfahren und anschließende Trocknung der gedruckten Paste.
- (h) Vereinzeln der Solarzellen in entsprechende Abmessungen mittels Rotationsstanze.

In weiteren Beispielen sind die folgenden Varianten realisiert worden:

zu (a): neben Polyimidfolie sind andere temperaturstabile Polymerfolien, Metallfolien, Glassubstrate oder Verbundwerkstoffe (z.B. glasfaserverstärkten Textilien) als Substrate verwendet worden. Die Molybdänschicht kann auch aus mehreren Metallschichten bestehen.

zu (b): neben Cu(In,Ga)Se_2 sind als photoaktive Schicht auch die Verbindungen CuGaSe_2 , CuInSe_2 , CuGaS_2 , CuInS_2 , Cu(In,Ga)(S,Se)_2 verwendet worden. Die photoaktive Schicht kann auch durch einen Druckprozess, eine galvanische Abscheidung oder dem Aufputtern der Metalle und Cu, In, Ga und nachfolgender Selenisierung dargestellt werden.

zu (c): die CdS-Schicht ist durch alternative Puffer wie z.B. ZnS, ZnSe, InS, InSe, ZnMgO etc. ersetzt worden.

zu (e): ZnO:Al sind z.B. durch ZnO:Ga, ZnO:B oder ITO ersetzt worden

zu (f): das Erzeugen der Strukturierungsgraben ist mit Hilfe von Lasern erfolgt

zu (g): die Kontaktfinger und Sammelkontakte sind mittels Vakuumverdampfung eines Metalls und der Verwendung von Schattenmasken abgeschieden worden.

zu (h): das Vereinzeln der Solarzellen ist mit Lasern oder mechanischen Stanzen wie z. B. Flachbettstanzen erfolgt.

Beispiel 2

Das Verfahren zur Herstellung teiltransparenter Dünnschichtsolarzellen geht von funktionsfähigen Dünnschichtsolarzellen aus und behandelt diese wie folgt.

Nach dem Prozessschritt g) (Aufbringen des Kontaktgrids) erfolgt das Vereinzeln der Zellen in geforderte Größen mittels einer Rotationsstanze. Gleichzeitig werden mit der selben Rotationsstanze Bereiche zwischen den Kontaktfingern ausgestanzt, um eine Teiltransparenz zu erreichen.

Die ausgestanzten Bereiche können neben den in den Abbildungen dargestellten Mustern beliebige Formen wie z.B. Rechtecke, Quadrate, Sterne, Kreuze etc. aufweisen (jeweils mit oder ohne abgerundete Ecken). Bevorzugte Formen sind Kreise.

Bei Kreisen besteht das geringste Risiko des Einreißen und somit Beschädigung der flexiblen Dünnschichtsolarzelle.

Beim Stanzen wird der gesamte Schichtaufbau der Solarzelle inklusive des flexiblen Substrates durchtrennt.

Alternativ zu Rotationsstanzen können für den Trennprozess beliebige mechanische Stanzen wie z.B. Flachbettstanzen, Mikrobohrer oder Laser verwendet werden.

Die im Beispiel verwendete Dünnschichtsolarzelle stammt aus der Produktion der Solarion AG Leipzig und weist vor dem Stanzen die folgenden Parameter auf:

Gesamt Fläche = 3906mm²

Transparenz = 0%

Leistung = 250mW

Nunmehr wird die flexible Dünnschichtsolarzelle bearbeitet.

Als Stanzwerkzeug wird eine Rotationsstanze verwendet. Nach erfolgter Behandlung weisen die Zellen die folgenden Parameter auf.

Beispiel Zelle 1

Gesamt Fläche = 3472 mm²

Transparenz = 11 %

Leistung = 220 mW

Beispiel Zelle 2

Gesamt Fläche = 3584 mm²

Transparenz = 9 %

Leistung = 212 mW

Das Ausstanzen kann erfindungsgemäß auch vor dem Aufbringen der Kontaktfinger (Prozessschritt g) oder vor dem Erzeugen der Strukturierungsgräben (Prozessschritt f) erfolgen.

Beispiel 3

Die flexiblen Dünnschichtsolarzellen werden zwischen zwei transparenten starren Auflageflächen, nämlich Glasplatten, fixiert und kontaktiert.

Alternativ werden die Dünnschichtsolarzellen zwischen zwei transparenten flexiblen Auflageflächen, nämlich transparenten Kunststofffolien fixiert und kontaktiert.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung teiltransparenter Dünnschichtsolarzellen, dadurch gekennzeichnet, dass flexible Dünnschichtsolarzellen mit einem Werkzeug dergestalt bearbeitet werden, dass sie einschließlich Trägerfolie in einem Muster durchstoßen werden, wobei das Muster sowohl die mechanische Stabilität der flexiblen Dünnschichtsolarzelle als auch den Wirkungsgrad der Energie-wandlung als auch die angestrebte optische Transparenz gewährleistet.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Verhältnis zwischen entfernter und belassener Fläche von flexiblen Dünnschichtsolarzellen zwischen 5:1 und 1:60 beträgt.
3. Verfahren nach den Ansprüchen 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Verhältnis wie 1:8 beträgt.
4. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüchen 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass ein Muster aus regelmäßig angeordneten kreisförmigen Ausstanzungen besteht.
5. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die ausgestanzten Bereiche Rechtecke einschließlich Quadrate oder Sterne oder Kreuze darstellen.
6. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass zum Einbringen der Öffnungen in die flexible Dünnschicht-solarzellen als Werkzeuge Stanzen, Mikrobohreranordnungen oder Laser-strahlanordnungen angewendet werden.
7. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die teiltransparenten flexiblen Dünnschichtsolarzellen zu Modulen verschaltet werden.

8. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die flexiblen teiltransparenten Dünnschichtsolarzellen zwischen starren transparenten Trägern fixiert werden.
9. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die flexiblen teiltransparenten Dünnschichtsolarzellen zwischen flexiblen transparenten Trägern fixiert werden.
10. Teiltransparente flexible Dünnschichtsolarzelle, dadurch gekennzeichnet, dass die Trägerfolie einschließlich der energiewandelnden Schichten Öffnungen tragen, welche das Durchtreten von Licht ermöglichen und die Teiltransparenz sicherstellen.

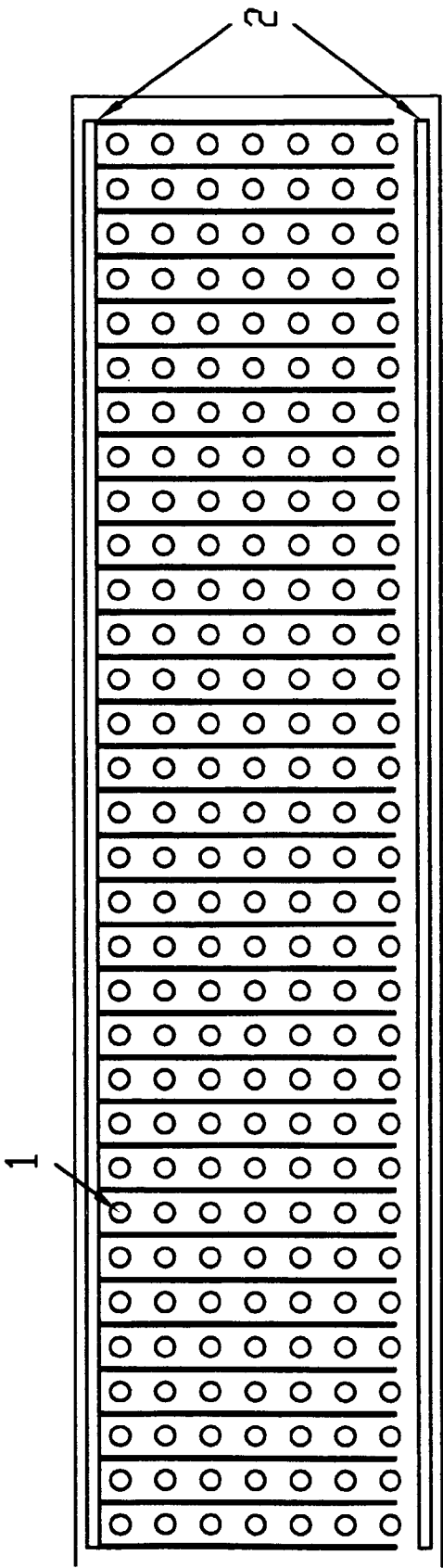


Abbildung 1