

(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

20. Dezember 2012 (20.12.2012)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer

WO 2012/171968 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

H01L 31/05 (2006.01) H01L 31/042 (2006.01)  
H01L 31/0224 (2006.01)

31785 Hameln (DE). DULLWEBER, Thorsten [DE/DE]; Theodor-Heuss-Str. 14, 31787 Hameln (DE). SCHULTE-HUXEL, Henning [DE/DE]; Stammestr. 42, 30459 Hannover (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2012/061225

(74) Anwalt: MAIWALD PATENTANWALTS GMBH; KÜHN, Ralph, Elisenhof, Elisenstr. 3, 80335 München (DE).

(22) Internationales Anmeldedatum:

13. Juni 2012 (13.06.2012)

(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, 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, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, 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.

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT,

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:

10 2011 104 159.5 14. Juni 2011 (14.06.2011) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): INSTITUT FÜR SOLARENERGIEFORSCHUNG GMBH [DE/DE]; Am Ohrberg 1, 31860 Emmerthal (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): BLANKEMEYER, Susanne [DE/DE]; Becherstr. 34, 31812 Bad Pyrmont (DE). HAMPE, Carsten [DE/DE]; Klütstraße 50, 31787 Hameln (DE). BOCK, Robert [PL/DE]; Bornatalweg 3, 99092 Erfurt (DE). HARDER, Nils-Peter [DE/DE]; Spittastraße 6, 31787 Hameln (DE). BRENDEL, Rolf [DE/DE]; Sandbeeke 21, 31789 Hameln (DE). LARIONOVA, Yevgeniya [UA/DE]; Gröningerstr. 30,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR ELECTRICALLY CONNECTING SEVERAL SOLAR CELLS AND PHOTOVOLTAIC MODULE

(54) Bezeichnung : VERFAHREN ZUM ELEKTRISCHEN VERBINDELN MEHRERER SOLARZELLEN UND PHOTOVOLTAIKMODUL

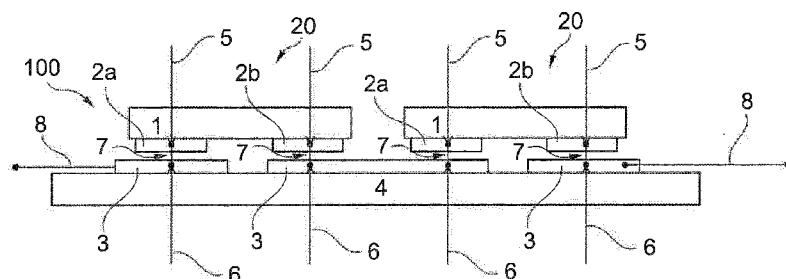


Fig. 1

(57) Abstract: The invention relates to a method for metallizing and connecting solar cell substrates (1) and to a photovoltaic module (100) made of several metallized solar cells (20) that are electrically connected to one another. According to the invention, a solar cell substrate (1), in which second metal layers (2a, 2b) forming electrical metal contacts are optionally provided, is attached to a carrier substrate (4), on the surface of which at least one first metal layer (3) is formed in a suitable pattern. By localized irradiation of the metal layer (2, 3) with laser radiation (5, 6) through the solar cell substrate (1) or the carrier substrate (4), energy is introduced such that the metal layer (2, 3) is heated by absorbed laser radiation (4, 5) for an irreversible bonding to the adjacent surface of the solar cell substrate (1). By the laser bonding of the metal layer (3) on the carrier substrate (4) to the solar cell substrate (1), solar cells can be connected to form a photovoltaic module, wherein conventional soldering of adjacent solar cells via metal bands is no longer required. Non-solderable, cost-effective, in particular silver-free metal layers (2a, 2b) can thus be used for contacting the solar cell substrates (1) of the solar cells (20).

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2012/171968 A1



LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, —  
SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM,  
GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden  
Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls  
Änderungen eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)

**Veröffentlicht:**

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz  
3)

---

Es wird ein Verfahren zum Metallisieren und Verbinden von Solarzellensubstraten (1) sowie ein Photo voltaikmodul (100) aus mehreren metallisierten und miteinander elektrisch verbundenen Solarzellen (20) beschrieben. Ein Solarzellensubstrat (1), in dem optional elektrische Metallkontakte bildende zweite Metallschichten (2a, 2b) vorgesehen sind, wird an ein Trägersubstrat (4) angelagert, an dessen Oberfläche wenigstens eine erste Metallschicht (3) in einem geeigneten Muster ausgebildet ist. Durch lokales Bestrahlen der Metallschicht (2, 3) mit Laserstrahlung (5, 6) durch das Solarzellensubstrat (1) oder das Trägersubstrat (4) hindurch wird Energie derart eingebracht, dass die Metallschicht (2, 3) durch absorbierte Laserstrahlung (5, 6) für ein irreversibles Verbinden mit der angrenzenden Oberfläche des Solarzellensubstrates (1) erhitzt wird. Durch das Laserboden der an dem Trägersubstrat (4) vorgesehenen Metallschicht (3) an das Solarzellensubstrat (1) können Solarzellen zu einem Photovoltaikmodul verschaltet werden, wobei auf die herkömmliche Verlötzung benachbarter Solarzellen über Metallbändchen verzichtet werden kann. Es können somit nicht-lötbare, kostengünstige, insbesondere Silberfreie Metallschichten (2a, 2b) für die Kontaktierung der Solarzellensubstrate (1) der Solarzellen (20) verwendet werden.

Verfahren zum elektrischen Verbinden mehrerer Solarzellen und Photovoltaikmodul

GEBIET DER ERFINDUNG

5

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Metallisieren und elektrischen Verbinden mehrerer Solarzellen. Die Erfindung betrifft ferner ein entsprechend ausgebildetes Photovoltaikmodul.

10 TECHNISCHER HINTERGRUND

Substrate für Solarzellen müssen häufig an ihrer Oberfläche metallisiert werden, beispielsweise, um einen elektrischen Kontakt mit der Solarzelle zu ermöglichen, und insbesondere, um verschiedene Solarzellen elektrisch miteinander verbinden zu können. Dabei soll eine Metallisierung von Solarzellen einerseits mechanisch widerstandsfähig und somit z.B. über eine typische Lebensdauer von Solarzellenmodulen von beispielsweise 30 Jahren stabil sein, um Degradationseffekte so gering wie möglich zu halten. Andererseits soll mit Hilfe der Metallisierung eine gute elektrische Kontaktierung der Solarzellensubstrate bei möglichst geringem elektrischem Widerstand erzielt werden können. Außerdem sollte die Metallisierung im industriellen Maßstab zuverlässig und kostengünstig durchgeführt werden können.

25 Zur Herstellung von Photovoltaikmodulen werden mehrere Solarzellen bisher in einem industriellen Standardprozess meist thermisch durch Metallbändchen miteinander verbunden und zu einem Modul verschaltet. Eine elektrische Kontaktierung der Solarzellen untereinander, seriell oder parallel über die Metallbändchen, erfolgt dabei in der Regel durch Infrarotlöten oder konventionelles Löten.

30

- Während des Lötvorgangs können thermische Belastungen im Schichtverbund der Solarzelle oder in der Metallisierung zur Verschaltung mehrerer Solarzellen zu einer Schädigung oder Zerstörung führen. Dies kann insbesondere bei Wafer-basierten Solarzellen kritisch sein, deren Dicke im Zuge von Kostenreduzierungen von aktuell
- 5 etwa 200 µm auf in Zukunft unter 50 µm bei gleichbleibender Effizienz sinken soll. Bei derart dünnen Solarzellen können aufgrund der Empfindlichkeit der Wafer beim Löten erhöhte Bruchraten auftreten, was die Entwicklung alternativer Metallisierungsverfahren nötig machen kann.
- 10 Auch neuartige Zellkonzepte, die beispielsweise beide Kontakttypen an der selben Oberfläche der Solarzelle aufweisen, können neue schädigungsarme und kosteneffiziente Verfahren zur Metallisierung und damit zur elektrischen Kontaktierung und Verschaltung nötig machen.
- 15 Hinzu kommt, dass die Verschaltung von Solarzellen unter Verwendung von zu verlötenden Metallbändchen aufgrund eines hohen Arbeitsaufwandes sowie aufgrund von zu verwendender Materialien für die Metallisierung einen erheblichen Kostenbeitrag bei der Fertigung von Photovoltaikmodulen bewirken kann. Um die einzelnen Solarzellen beispielsweise mit den Metallbändchen verlöten zu können,
- 20 müssen an den Solarzellen lötbare Kontakte vorgesehen sein. Standardmäßig werden hierzu industrielle Solarzellen im Allgemeinen mit Siebdruckpasten auf Basis von Silber metallisiert. Aufgrund stark gestiegener Rohstoffpreise für Silber wird nach alternativen Materialien für die Metallisierung von Solarzellen gesucht. Sofern diese jedoch nicht selbst lötbar sind, war bisher ein aufwändiges und kostenintensives
- 25 Aufbringen weiterer metallischer, lötfähiger Schichten notwendig.

## ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

Es kann daher ein Bedürfnis an einem Verfahren zum Metallisieren und elektrischen Verbinden von Solarzellen, beispielsweise einem Verfahren zum Verschalten von

- 5 Solarzellen zu einem Photovoltaikmodul, bestehen, bei denen insbesondere oben genannte Defizite herkömmlicher Metallisierungsverfahren überwunden oder reduziert werden. Insbesondere kann ein Bedürfnis an einem zuverlässigen, kostengünstigen und/oder einfach im industriellen Maßstab zu realisierenden Metallisierungsverfahren für Solarzellen bestehen. Ferner kann ein Bedürfnis an
- 10 einem Photovoltaikmodul bestehen, das insbesondere aufgrund seiner herstellungsbedingten Struktur eine verbesserte Zuverlässigkeit bei hoher Effizienz und geringen Herstellungskosten ermöglicht.

Solche Bedürfnisse können mit dem Verfahren und Photovoltaikmodul gemäß den

- 15 unabhängigen Ansprüchen gedeckt werden. Vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen definiert.

Gemäß einem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung wird ein Verfahren zum Metallisieren und elektrischen Verbinden mehrerer Solarzellen vorgeschlagen. Das

- 20 Verfahren weist die folgenden Verfahrensschritte auf: Bereitstellen mehrerer Solarzellensubstrate; Bereitstellen eines Trägersubstrates, welches an einer Oberfläche wenigstens eine fest mit dem Trägersubstrat verbundene erste Metallschicht trägt; Anlagern der Solarzellensubstrate jeweils mit einer Oberfläche eines Solarzellensubstrates angrenzend an die erste Metallschicht an dem
- 25 Trägersubstrat; Einbringen von Energie in die Metallschicht durch lokales Bestrahlen mit Laserstrahlung derart, dass die Laserstrahlung durch wenigstens eines der Solarzellensubstrate und/oder des Trägersubstrates hindurch in einer Richtung hin zu der Metallschicht transmittiert wird, und dass die erste Metallschicht aufgrund von

Erhitzung durch absorbierte Laserstrahlung mit dem angrenzenden Solarzellensubstrat irreversibel verbunden wird.

Dieser Aspekt der Erfindung kann unter anderem als auf der folgenden Idee basierend angesehen werden: Es wurde erkannt, dass Solarzellen dadurch metallisiert und somit elektrisch kontaktiert werden können, dass eine Oberfläche eines Solarzellensubstrates an eine Metallschicht angelegt und mit dieser mechanisch in Kontakt gebracht wird, und die Metallschicht dann mit Hilfe eines Lasers derart bestrahlt wird, dass sie sich lokal stark erhitzt. Die derart erhitzte Metallschicht kann dabei mit der Oberfläche des Solarzellensubstrates zusammenbunden, das heißt, eine mechanisch haftende und elektrisch leitende irreversible Verbindung mit dieser eingehen. Die Tatsache, dass die Verbindung irreversibel ist, kann sich dabei darin ausdrücken, dass die Verbindung nicht wieder gelöst werden kann, ohne dass zumindest eine der an der Verbindung beteiligten Komponenten beschädigt würde.

Wie weiter unten genauer beschrieben, kann es bei einem solchen Bonden oder Verbinden zu einem temporären Verflüssigen von Metall aus der Metallschicht kommen, was einem Laserschweißen entsprechen kann. Wie weiter unten detaillierter dargelegt, kann dabei im Gegensatz zu Lötverfahren auf niedrigschmelzende Zusatzmaterialien mit einer Verflüssigungstemperatur von beispielsweise weniger als 500°C verzichtet werden. Das Laserschweißen kann eine Ausgestaltung eines Schmelzschweißverfahrens sein, bei dem zumindest eine, vorzugsweise beide zu verbindenden Komponenten über Ihre Verflüssigungstemperatur erhitzt werden und nach dem anschließenden Erstarren der Schmelze einstückig miteinander verbunden sein können. Während die zu verbindenden Komponenten dabei in Anlage miteinander gehalten werden und eventuell ein Druck der einen auf die andere Komponente aufgebaut wird, wird die zum Erhitzen der Komponenten notwendige Energie nicht wie beispielsweise beim Reibschweißen über mechanischen Druck eingebracht, sondern kann mittels Laserstrahlung zur Verfügung gestellt werden. Alternativ kann die Laserstrahlung für

den Bondvorgang derart eingestellt sein, dass es zu einem Zusammensintern der Metallschicht und der Oberfläche des Solarzellensubstrates oder zur Bildung einer flüssigen eutektischen Phase zwischen der Metallschicht und der Oberfläche des Solarzellensubstrates kommt. Die Laserstrahlung kann dabei derart eingestrahlt

5 werden, dass sie durch das Solarzellensubstrat und/oder durch das Trägersubstrat hindurchstrahlt, wobei die Eigenschaften der verwendeten Laserstrahlung derart gewählt sein sollten, dass das Material des jeweiligen Substrates weitgehend transparent für die Laserstrahlung ist und es somit erst an der Metallschicht zu einer wesentlichen Absorption der Laserstrahlung kommt.

10

Das vorgeschlagene Metallisierungsverfahren ermöglicht eine zuverlässige, kostengünstige, schnelle und einfache Metallisierung und elektrische Kontaktierung von Solarzellensubstraten.

15 Nachfolgend werden mögliche Details und Vorteile von Ausführungsformen des vorgeschlagenen Metallisierungs- und Verbindungsverfahrens beschrieben.

Das bereitgestellte Solarzellensubstrat kann aus einem beliebigen Halbleitermaterial bestehen. Das Metallisierungsverfahren ist insbesondere zur Metallisierung von

20 dünnen Siliziumwafern mit einer Dicke von beispielsweise weniger als 200 µm, vorzugsweise weniger als 100 µm geeignet, da hohe mechanische Beanspruchungen des Solarzellensubstrates vermieden werden.

25 Die Begriffe „Solarzelle“ und „Solarzellensubstrat“ werden hierin ähnlich verwendet. Ein Solarzellensubstrat kann dabei ein teilprozessiertes Halbleitersubstrat sein, bei dem unter anderem ein pn-Übergang, dielektrische Schichten und gegebenenfalls auch bereits Teile der Metallisierung ausgebildet sind. Eine

Solarzelle soll als fertig prozessiert verstanden werden und kann als solche in ein Photovoltaikmodul integriert sein.

Das bereitgestellte Trägersubstrat kann aus verschiedenen Materialien bestehen.

- 5 Insbesondere kann es bevorzugt sein, das Trägersubstrat aus einem elektrisch nicht leitenden, das heißt isolierenden Material auszubilden. Beispielsweise können für das Trägersubstrat Glas, flexible Polymere oder andere nicht-leitende Schichten verwendet werden. Das Trägersubstrat kann dabei aus einer dünnen Folie bestehen und somit mechanisch flexibel sein, oder beispielsweise in Form einer Glasplatte
- 10 bereitgestellt werden und somit mechanisch steif sein. Insbesondere kann es vorteilhaft sein, für das Trägersubstrat Materialien zu verwenden, wie sie beispielsweise beim Herstellen von Photovoltaikmodulen bereits verwendet werden. Insbesondere können für das Trägersubstrat Folien aus Ethylenvinylazethat (EVA) oder Silikon verwendet werden.

15

Das Trägersubstrat kann insbesondere flächig ausgebildet sein und eine größere Fläche aufweisen als daran angelegte Solarzellensubstrate, so dass mit einem einzelnen Trägersubstrat mehrere Solarzellensubstrate metallisiert und diese untereinander elektrisch verbunden werden können.

20

An einer Oberfläche des Trägersubstrates ist eine Metallschicht vorgesehen, die hierin im Folgenden als erste Metallschicht bezeichnet wird. Diese erste Metallschicht kann auf das Trägersubstrat aufgebracht werden, bevor dieses mit dem Solarzellensubstrat in Kontakt gebracht wird. Dabei kann die erste Metallschicht

25 direkt an das nicht-metallische Trägersubstrat angrenzen, d.h. ohne Zwischlagern anderer insbesondere metallischer Schichten. Die erste Metallschicht kann dabei derart an dem Trägersubstrat abgeschieden oder auf dieses aufgebracht sein, dass sie fest mit dem Trägersubstrat verbunden ist, d.h. nicht schädigungsfrei von dem

Trägersubstrat gelöst werden kann. Alternativ kann die erste Metallschicht derart haftend an dem Trägersubstrat abgeschieden oder auf dieses aufgebracht sein, dass sie vor einem Anboden der Metallschicht an der Oberfläche des Solarzellensubstrates zwar sicher an dem Trägersubstrat verbleibt, nach einem 5 solchen Anboden jedoch die Haftung der Metallschicht an der Oberfläche des Solarzellensubstrates größer ist als an dem Trägersubstrat, sodass das Trägersubstrat von der Metallschicht abgelöst werden kann.

Prinzipiell kann das Trägersubstrat ganzflächig mit der ersten Metallschicht 10 beschichtet sein. Es kann jedoch bevorzugt sein, das Trägersubstrat nur lokal mit Metall zu beschichten, beispielsweise durch eine Maske hindurch, oder Teile einer zunächst ganzflächig abgeschiedenen Metallschicht lokal zu entfernen, so dass die erste Metallschicht als ein Muster aus mehreren Metallschichtbereichen zusammengesetzt ist. Beispielsweise kann zunächst eine Metallschicht großflächig 15 auf die Oberfläche des Trägersubstrates abgeschieden werden und anschließend die ein Muster der ersten Metallschicht bildenden Bereiche, wie sie an das Solarzellensubstrat gebondet werden sollen, beispielsweise mittels eines Lasers von umgebenden Bereichen getrennt werden. Die umgebenden Bereiche können dann vor dem Anboden der an dem Solarzellensubstrat anzubringenden Bereiche der 20 Metallschicht entfernt werden. Alternativ können die umgebenden Bereiche auch an der Oberfläche des Solarzellensubstrates verbleiben, wobei das Trägersubstrat nach dem Anboden der an dem Solarzellensubstrat anzubringenden Bereiche der Metallschicht mitsamt den nicht angebondeten umgebenden Bereichen wieder abgelöst werden kann, wobei sich die angebondeten Bereiche der Metallschicht von 25 dem Trägersubstrat lösen und an dem Solarzellensubstrat verbleiben.

Das Muster der ersten Metallschicht kann dabei dazu angepasst sein, mit Hilfe der ersten Metallschicht nicht nur beispielsweise verschiedene Solarzellensubstrate zu

metallisieren, sondern diese auch über die erste Metallschicht miteinander elektrisch zu verbinden. Die erste Metallschicht kann hierbei eine Schichtdicke im Bereich von 30 nm bis 300  $\mu$ m, vorzugsweise im Bereich von 100 nm bis 100  $\mu$ m aufweisen. Die verwendete Schichtdicke der ersten Metallschicht kann dabei abhängig von einem 5 über die Metallschicht zu erzielenden elektrischen Widerstand ausgewählt werden.

Prinzipiell kann jedes Metall für die erste Metallschicht verwendet werden. Es kann jedoch bevorzugt sein, ein kostengünstiges und/oder bei niedrigen Temperaturen verflüssigbares Metall einzusetzen. Beispielsweise kann ein Metall eingesetzt 10 werden, dessen Liquidustemperatur zwar oberhalb einer Temperatur von beispielsweise 500°C, vorzugsweise oberhalb von 570°C, liegt und dass sich somit nicht mit herkömmlichen Lötverfahren aufschmelzen lässt, dessen Liquidustemperatur jedoch unterhalb einer Temperatur von beispielsweise 1600°C liegt und das sich somit verhältnismäßig einfach durch Einstrahlen von Laserlicht 15 aufschmelzen lässt. Ferner sollte das Metall einfach, beispielsweise mit herkömmlichen Aufdampfverfahren oder Druckverfahren, auf das Trägersubstrat aufgebracht werden können. Weiterhin sollte das Metall für die Verschaltung von mehreren Solarzellensubstraten eine ausreichend hohe elektrische Leitfähigkeit aufweisen. Das Metall für die erste Metallschicht braucht nicht lötfähig zu sein. Als 20 vorteilhaft für die erste Metallschicht hat sich Aluminium herausgestellt. Aluminium ist zwar nicht lötfähig, kann aber kostengünstig zu Verfügung gestellt und verarbeitet werden und hat sich insbesondere bei der Kontaktierung von Siliziumsolarzellensubstraten bereits seit langem bewährt. Andere für die 25 Solarzellenfertigung bevorzugte Metalle, die für die erste Metallschicht eingesetzt werden können, sind unter anderem Silber (Ag), Kupfer (Cu), Titan (Ti), Nickel (Ni), Gold (Au) und Palladium (Pd).

Das mit der ersten Metallschicht versehene Trägersubstrat und das zu metallisierende Solarzellensubstrat werden im Rahmen des Metallisierungsvorganges derart aneinander angelagert, dass die zu metallisierende Oberfläche des Solarzellensubstrates an die erste Metallschicht des Trägersubstrates angrenzt, das

5 heißt, mit dieser in mechanischem Kontakt steht, bzw. zu dieser eng benachbart angeordnet wird.

Anschließend wird ein Laserstrahl derart auf das Solarzellensubstrat oder auf das Trägersubstrat gerichtet, dass Laserstrahlung die Grenzfläche zwischen dem

10 Solarzellensubstrat und dem Trägersubstrat erreicht und dort von der ersten Metallschicht oder einer weiter unten beschriebenen zweiten Metallschicht so stark absorbiert wird, dass die erste Metallschicht aufgrund der durch die Absorption der Laserstrahlung bewirkten Erhitzung direkt mit dem angrenzenden Solarzellensubstrat irreversibel verbunden wird, d.h. die erste Metallschicht eine Verbindung mit dem

15 Halbleitermaterial des Solarzellensubstrates oder mit dem Metall einer daran vorgesehenen zweiten Metallschicht eingeht, wobei die Verbindung nicht schädigungsfrei wieder gelöst werden kann. Eine solche Verbindung wird nachfolgend teilweise auch als „Bondverbindung“ bezeichnet und der Vorgang des Erhitzens und Verbindens mittels Laserstrahlung wird auch als „Bonden“ bezeichnet.

20

Hierzu sollten Eigenschaften der Laserstrahlung, wie z.B. deren Wellenlänge, deren Leistungsdichte und eventuell deren Pulsdauer derart gewählt sein, dass es in dem Material des Solarzellensubstrates bzw. des Trägersubstrates, durch das die Laserstrahlung zunächst transmittiert werden soll, nicht zu einer wesentlichen, d.h.

25 beispielsweise das Material signifikant erhitzenden, Absorption der Laserstrahlung kommt. Insbesondere können die Eigenschaften der verwendeten Laserstrahlung derart gewählt sein, dass es beim Bestrahlen der Metallschicht zu keiner schädigenden Erhitzung des Solarzellensubstrates kommt, die eine Reduzierung des

- 10 -

Wirkungsgrades der fertig metallisierten Solarzelle bewirken würde. Die Verwendung eines gepulsten Lasers hat sich für ein schädigungsarmes Bonden als vorteilhaft erwiesen.

- 5    Ferner kann es vorteilhaft sein, die Eigenschaften der Laserstrahlung derart zu wählen, dass es durch Absorption der Laserstrahlung in der Metallschicht temporär zu einer lokalen Verflüssigung der Metallschicht kommt.

- 10    Insbesondere können die Intensität und eine Pulsdauer der verwendeten Laserstrahlung so gewählt sein, dass in der Metallschicht ausreichend viel Laserstrahlung absorbiert wird, um diese zumindest zeitweise über die Schmelztemperatur oder die Liquidustemperatur der Metallschicht zu erhitzen. Die Metallschicht verflüssigt sich dann kurzzeitig lokal und kann beim anschließenden Erstarren einen mechanisch und elektrisch zuverlässigen Bondkontakt mit der 15    angrenzenden Oberfläche des Solarzellensubstrates oder einer zuvor darauf abgeschiedenen zweiten Metallschicht eingehen.

- 20    Alternativ können Eigenschaften der Laserstrahlung so gewählt sein, dass die Metallschicht durch die Absorption zwar nicht bis zur Schmelz- oder Liquidustemperatur erhitzt wird, jedoch eine Eutektikumtemperatur, bei der die Metallschicht mit dem Halbleitermaterial des angrenzenden Solarzellensubstrates eine flüssige eutektische Phase bildet, überschritten wird. Während beispielsweise die Schmelztemperatur von Aluminium bei 660 °C liegt, ist die eutektische Temperatur, bei der Aluminium mit Silizium eine flüssige Phase bildet, bereits bei 25    577 °C erreicht, so dass für diese spezielle Materialkombination eine geringere Laserstrahlungsabsorption bzw. Laserstrahlintensität genügen kann.

- 11 -

Als weitere Alternative kann es bei bestimmten Materialkombinationen genügen, die Metallschicht durch Laserstrahlabsorption nur soweit zu erhitzen, dass es zu einem Sintervorgang kommt, bei dem eine Bondverbindung durch Diffusion von Atomen zwischen der ersten Metallschicht und dem Solarzellensubstrat bzw. einer weiteren, 5 auf dem Solarzellensubstrat abgeschiedenen zweiten Metallschicht bewirkt wird.

Bei dem Vorgang des Laserbondens, insbesondere des Laserschweißens oder Lasersinterns, bei dem die zuvor auf das Trägersubstrat abgeschiedene erste Metallschicht an das Solarzellensubstrat gebondet wird und auf diese Weise einen 10 elektrischen Kontakt herstellt, kann vorgesehen sein, dass die erste Metallschicht in direkten Kontakt mit der Oberfläche des angrenzen Solarzellensubstrates kommt und mit dessen Material eine irreversibel Verbindung eingeht.

Wie bereits angemerkt, kann alternativ an einer Oberfläche des Solarzellensubstrates 15 eine zweite Metallschicht ausgebildet sein. Diese zweite Metallschicht kann die Oberfläche des Solarzellensubstrates ganzflächig oder lokal mit einem Muster überdecken. Bei Solarzellen ist z.B. vorgesehen, dass an Kontaktbereichen zu Basis- oder Emitterbereichen des Solarzellensubstrates lokal metallisierte Bereiche vorgesehen sind. Herkömmlich wird hierzu Metall meist lokal aufgedampft oder 20 aufgedruckt. Für den Bondvorgang kann dann die Laserstrahlung durch das Solarzellensubstrat oder das Trägersubstrat hindurch derart gerichtet werden, dass es zur Absorption in der ersten Metallschicht und/oder in der zweiten Metallschicht kommt und zumindest eine dieser beiden Metallschichten ausreichend für ein irreversibles Verbinden erhitzt wird.

25

Ein wichtiger möglicher Vorteil des beschriebenen Metallisierungsverfahrens kann darin gesehen werden, dass für den Bondvorgang zwischen der Oberfläche des Solarzellensubstrates und der daran angrenzenden ersten Metallschicht bzw. für den

Fall, dass an dem Solarzellensubstrat eine zweite Metallschicht vorgesehen ist, zwischen der ersten Metallschicht und der daran angrenzenden zweiten Metallschicht kein Zusatzmaterial mit einer Verflüssigungstemperatur, d.h. einer Schmelz- oder Liquidustemperatur, die geringer, vorzugsweise wesentlich wie beispielsweise um 5 mehr als 50°C geringer, ist als die Verflüssigungstemperatur der Metalle der ersten Metallschicht bzw. der ersten und zweiten Metallschicht, zwischengelagert zu werden braucht. Insbesondere braucht kein elektrisch leitfähiges Zusatzmaterial zwischengelagert werden. Weiterhin braucht insbesondere in den Bereichen, in denen das Solarzellensubstrat bzw. die daran vorgesehene zweite Metallschicht mit 10 der ersten Metallschicht irreversible verbunden wird, kein elektrisch leitfähiges Material wie beispielsweise ein Lotmaterial vorgesehen werden. Mit anderen Worten ist es aufgrund der durch Absorption von Laserstrahlung möglichen Erzeugung hoher Temperaturen in einer der Metallschichten möglich, diese beispielsweise durch Verflüssigen direkt, d.h. einstückig, mit einer angrenzenden Oberfläche des 15 Solarzellensubstrates bzw. der angrenzenden anderen Metallschicht stoffschlüssig zu verbinden, ohne dass es eines niedrigschmelzenden Zusatzmaterials bedarf, wie dies bei herkömmlichen Lötvorgängen nötig ist. Alle an der elektrischen Verbindung zwischen dem Solarzellensubstrat und der ersten Metallschicht, die unter anderem zum Verschalten mehrerer Solarzellensubstrate dienen kann, beteiligten Materialien 20 können somit hochschmelzend sein, d.h. die Verflüssigungstemperaturen aller beteiligten Materialien können z.B. oberhalb von 500°C, vorzugsweise oberhalb von 570°C liegen.

Sofern sowohl an dem Trägersubstrat eine erste Metallschicht als auch an dem 25 Solarzellensubstrat eine zweite Metallschicht vorgesehen sind, können diese beiden Metallschichten aus dem gleichen Metall bestehen. Beispielsweise können beide Metallschichten aus Aluminium bestehen. Dabei kann genutzt werden, dass Aluminium zwar nicht herkömmlich verlötet werden kann, da sich an seiner Oberfläche schnell eine Oxidschicht bildet, welche z.B. mit Flussmitteln nicht

aufgelöst werden kann, der hier vorgeschlagene Laserbondprozess jedoch in der Lage ist, die beiden Aluminiumschichten mechanisch haftend und elektrisch leitend miteinander zu verbinden.

5 Der Begriff „Metall“ soll hierin breit verstanden werden und sowohl reine Metalle als auch Metallmischungen, Metallegierungen und Stapel aus unterschiedlichen Metallschichten umfassen.

10 Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung wird ein Photovoltaikmodul aus mehreren metallisierten und miteinander elektrisch verbundenen Solarzellen vorgeschlagen. Das Photovoltaikmodul weist mehrere Solarzellen und ein einzelnes Trägersubstrat auf. An einer Oberfläche des Trägersubstrates ist eine mit diesem fest verbundene erste Metallschicht vorgesehen. Jede der Solarzellen ist dabei mit einer Oberfläche an der Metallschicht des Trägersubstrats angelagert angeordnet und zumindest lokal einstückig mit der Metallschicht elektrisch verbunden.

15 Ein solches Photovoltaikmodul kann vorteilhaft mit dem oben beschriebenen Metallisierungsverfahren erzeugt werden.

20

Unter "lokal einstückig verbunden" kann hierbei verstanden werden, dass die an dem Trägersubstrat vorgesehene Metallschicht, die vorzugsweise direkt an das nicht-metallische Trägersubstrat angrenzt, direkt mit einer Oberfläche eines Halbleitersubstrats der Solarzelle oder einer an einer solchen Oberfläche zuvor 25 angebrachte Metallkontakte schicht stoffschlüssig verbunden ist, d.h. ohne Zwischenlagerung weiterer Zusatzmaterialien, wie z.B. niedrigschmelzender elektrisch leitfähiger Lotmaterialien.

Das hierin beschriebene Metallisierungsverfahren sowie das entsprechend herstellbare Photovoltaikmodul gemäß verschiedenen Ausführungsformen der Erfindung ermöglicht eine Vielzahl von Vorteilen:

5

Das Verfahren ermöglicht, mehrere Solarzellen quasi gleichzeitig, d.h. in einem einzigen Verfahrensschritt, zu metallisieren, elektrisch zu kontaktieren und

miteinander zu verschalten. Anstatt jede Solarzelle einzeln zu metallisieren, wie dies bei herkömmlichen, zu verlötzenden Metallbändchen zur Verschaltung mehrerer

- 10 Solarzellen nötig war, kann ein großflächiges Trägersubstrat mit einer zuvor in einem passenden Muster darauf abgeschiedenen ersten Metallschicht vorbereitet werden, um eine Vielzahl von Solarzellen im Rahmen eines gemeinsamen Verarbeitungsschrittes durch das beschriebene Laserbondverfahren zu metallisieren und durch elektrisches Kontaktieren miteinander zu verschalten. Dadurch kann eine
- 15 Prozessierung, wie beispielsweise ein Verschalten mehrerer Solarzellen zu einem Photovoltaikmodul, vereinfacht und kosteneffizienter gestaltet werden.

Auf dem Trägersubstrat kann eine ganzflächige Metallisierung oder zumindest eine großflächige Metallisierung vorgesehen werden, wodurch bessere

- 20 Querleitfähigkeiten und damit eine Einsparung von Metall für die Metallisierung der Solarzellen ermöglicht werden.

Die Verwendung der Laserbondtechnologie ermöglicht eine Metallisierung und Verschaltung von Solarzellen mit Hilfe des metallisierten Trägersubstrates, ohne die

- 25 Solarzellen übermäßigen thermischen Belastungen aussetzen zu müssen.

Ferner ermöglicht die Laserbondtechnologie eine direkte Verbindung einer Vielzahl von Metallen, wobei unter anderem auch nicht-lötbare Metalle auf diese Weise elektrisch und mechanisch miteinander verbunden werden können. Somit kann klassisch nicht lötfähiges Aluminium zur Metallisierung und Verschaltung von

- 5 Solarzellen eingesetzt werden. Eine direkte Verbindung der auf dem Trägersubstrat vorgesehenen ersten Metallschicht mit dem Solarzellensubstrat oder einer an der Oberfläche dieses Solarzellensubstrates zuvor abgeschiedenen zweiten Metallschicht ist dabei ohne zusätzliche Klebemittel oder Lötpasten möglich, wodurch sowohl Prozessschritte als auch Prozessierungsmaterial eingespart werden können. Auf die 10 herkömmlich für die Metallisierung von Solarzellensubstraten verwendeten, lötfähigen Silbermetallisierungen auf dem Solarzellensubstrat oder andere ähnliche Metallisierungen kann verzichtet werden, da eine Lötfähigkeit dieser Metallisierungen nicht mehr vorausgesetzt wird. Hierdurch können erheblich Kosten eingespart werden.

15

Dadurch, dass bei Verwendung von Laserbondverfahren eine einzige Metallart zur Metallisierung des Solarzellensubstrates genügt, können Korrosionserscheinungen durch Kontakt von verschiedenen Metallen, die unterschiedlich edel sind, vermieden werden.

20

Dadurch, dass ein flächiges Trägersubstrat mit einer ebenfalls flächigen Metallschicht zur Metallisierung des Solarzellensubstrates verwendet wird und die Metallschicht verteilt über eine große Fläche an das Solarzellensubstrat gebondet wird, können lokale Belastungen auf das Solarzellensubstrat gering gehalten werden.

- 25 Dies ist insbesondere für sehr dünne und somit mechanisch empfindliche Solarzellensubstrate vorteilhaft.

Insbesondere bei der Einkapselung von Solarzellen zu Photovoltaikmodulen können die bei der Bestrahlung mit dem Laser in der ersten Metallschicht generierten Löcher durch ein Eindringen von Laminationsmaterial in diese Löcher zu einer verbesserten Haftung des Laminationsmaterials beitragen.

5

Bei einer speziellen Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens kann zwischen dem Solarzellensubstrat und dem Trägersubstrat eine Schicht aus polymerem Material, wie z.B. eine Folie aus Ethylenvinylazethat (EVA) oder Silikon, zwischengelagert werden. Diese Schicht kann dazu dienen, etwaige

- 10 Hohlräume zwischen dem Solarzellensubstrat zu füllen oder abzudichten. Die Schicht kann beispielsweise während eines Einkapselns der fertigen Solarzellen verformt und/oder mit ähnlichen Schichten einen Einkapselungsmaterials in Kontakt gebracht werden. Auf diese Weise kann weitgehend vermieden werden, dass z.B. Feuchtigkeit in ein verkapseltes Solarzellenmodul eindringt, sich in Hohlräumen anlagert und zu Korrosion führt. In Bereichen, in denen die erste Metallschicht mit der Oberfläche des Solarzellensubstrat bzw. einer dort vorgesehenen zweiten Metallschicht zusammengebondet werden soll, kann die polymere Schicht beispielsweise lokal unterbrochen sein oder während des Lasers lokal entfernt werden.
- 15

20

Durch eine geeignete Wahl des Trägersubstrates kann eine flexible Bauweise erreicht werden. Hierdurch kann zum Beispiel das Photovoltaikmodul an verschiedenste Formen oder Untergründe angepasst werden.

- 25 In dem bei der vorgeschlagenen Metallisierung ein selbsttragendes, mechanisch stabiles Trägersubstrat verwendet wird, kann zum Beispiel auf dünnen Wafern basierenden Solarzellen eine mechanische Unterstützung durch das Trägersubstrat

gewährt werden, was Bruchraten bei der Herstellung von Photovoltaikmodulen verringern kann.

Es wird angemerkt, dass hierin Ausführungsformen, Merkmale und Vorteile der  
5 Erfindung teilweise in Bezug auf das Verfahren zum Metallisieren und elektrische Verbinden mehrerer Solarzellen und teilweise in Bezug auf ein derart herstellbares Photovoltaikmodul beschrieben werden. Ein Fachmann wird jedoch erkennen, dass, sofern dies nicht anders angegeben ist, die Ausführungsformen und Merkmale der Erfindung auch jeweils analog auf die jeweiligen anderen Erfindungsgegenstände  
10 übertragen werden können. Insbesondere wird ein Fachmann erkennen, dass Merkmale der verschiedenen Ausführungsformen in beliebiger Weise untereinander kombiniert werden können.

#### KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

15

Weitere Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden dem Fachmann aus der nachfolgenden Beschreibung von beispielhaften Ausführungsformen, die jedoch nicht als die Erfindung beschränkend auszulegen sind, und unter Bezugnahme auf die begleitenden Zeichnungen ersichtlich.

20

Fig. 1 zeigt eine Anordnung von Solarzellen während einer Metallisierung gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

25

Fig. 2 zeigt eine alternative Anordnung von Solarzellen während einer Metallisierung gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

Fig. 3 zeigt eine weitere alternative Anordnung von Solarzellen während einer Metallisierung gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

5

Fig. 4 zeigt eine Draufsicht auf ein mit einem Muster metallisiertes Trägersubstrat.

10 Fig. 5 zeigt eine Draufsicht auf zuvor lokal metallisierte Solarzellensubstrate.

Fig. 6 zeigt eine Draufsicht auf Solarzellensubstrate, die mit Hilfe eines Trägersubstrates metallisiert und miteinander elektrisch verbunden sind gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

15

Die in den Figuren dargestellten Details sind jeweils nur schematisch veranschaulicht und nicht maßstabsgetreu wiedergegeben. Gleiche Bezugszeichen beziehen sich in den verschiedenen Figuren auf gleiche oder entsprechende Merkmale.

## 20 DETAILLIERTE BESCHREIBUNG BEVORZUGTER AUSFÜHRUNGSFORMEN

Fig. 1 zeigt eine als Photovoltaikmodul 100 ausgebildete Anordnung aus mehreren metallisierten und miteinander elektrisch verbundenen Solarzellen 20. In dem 25 gezeigten Beispiel sind die Solarzellen 20 waferbasierte Siliziumsolarzellen, bei denen beide Kontakttypen an einer Rückseite eines Solarzellensubstrates 1

angeordnet sind. Dabei sind Emitterbereiche der Solarzelle mit einer einen ersten Kontakttyp bildenden Aluminium-Metallschicht 2a beschichtet, wohingegen Basisbereiche mit einer einen zweiten Kontakttyp bildenden Aluminium-Metallschicht 2b beschichtet sind.

5

In Fig. 5 ist eine Draufsicht auf das Solarzellensubstrat 1 mit den die unterschiedlichen Kontakttypen bildenden Metallschichten 2a, 2b dargestellt.

Aus Gründen der übersichtlicheren Darstellung sind in den Figuren keine weiteren  
10 Details der Solarzelle 20 wie zum Beispiel verschiedenartig dotierte Emitter- und Basisbereiche, Oberflächenpassivierungsschichten, etc. dargestellt.

Vorbereitend für einen Metallisierungsvorgang wird ein Trägersubstrat 4 mit einer Metallschicht 3, die ebenfalls aus Aluminium besteht, beschichtet. Wie in Fig. 4 in  
15 Draufsicht schematisch dargestellt, bedeckt die Metallschicht 3 das Trägersubstrat 4 nicht ganzflächig, sondern wird als spezielles Muster mit sammelnden Busbars 3a und längsverbindenden Fingern 3b ausgebildet. Das Trägersubstrat 4 kann dabei eine dünne flexible Folie, beispielsweise aus EVA sein, wie es herkömmlich zur Verkapselung von Solarzellen eingesetzt wird. Alternativ kann das Trägersubstrat 4  
20 eine starre Glasscheibe sein. Auf das Trägersubstrat 4 kann die Metallschicht 3 beispielsweise mit Hilfe von Aufdampftechnologien unter Verwendung geeigneter Masken oder durch Drucktechnologien aufgebracht werden.

Um die Solarzellensubstrate 1 zu metallisieren und ergänzend die Solarzellen 20  
25 untereinander zu verschalten, werden diese in Anlage mit dem Trägersubstrat 4 gebracht. Dabei werden die Solarzellensubstrate 1 so auf dem Trägersubstrat 4 positioniert, dass die die verschiedenen Kontakttypen bildenden Metallschichten 2a,

2b an vorgesehenen Positionen an das passend dazu ausgebildete Muster der auf dem Trägersubstrat 4 abgeschiedenen Metallschicht 3 angrenzen.

- Nachfolgend wird mit einem Laserstrahl 6 ein Verbindungsreich 7, an dem eine
- 5 Metallschicht 3 des Trägersubstrats 4 an eine Metallschicht 2a, 2b des Solarzellensubstrats 1 angrenzt, bestrahlt. Hierzu kann beispielsweise ein gepulster Nd-YAG-Laser, der zum Beispiel in einem Wellenlängenbereich von 1064 nm, 532 nm oder 355 nm emittiert, verwendet werden. Laserpulsdauern im Bereich weniger Nanosekunden bis hin zu mehrere Mikrosekunden wurden als geeignet erkannt.
- 10 Außerdem wurde erkannt, dass Leistungsdichten im Bereich von 0.1 J/cm<sup>2</sup> bis 10 kJ/cm<sup>2</sup>, vorzugsweise 0.5 J/cm<sup>2</sup> bis 5 kJ/cm<sup>2</sup> vorteilhafte Metallisierungsergebnisse liefern. Eigenschaften der verwendeten Laserstrahlen werden dabei derart angepasst an das Material des Trägersubstrats 4 gewählt, dass die Laserstrahlung 6 weitestgehend ungehindert durch das Trägersubstrat 4 hin zu der Metallschicht 3
- 15 transmittiert wird.

In der Metallschicht 3 wird ein Teil der eingestrahlten Laserstrahlungsleistung absorbiert und führt somit zu einer thermischen Erhitzung. Das Metall der Schicht 3 wird dabei kurzzeitig derart stark erhitzt, dass es mit den Metallschichten 2a, 2b auf

20 dem Solarzellensubstrat 1 eine irreversible Bondverbindung eingeht.

Hierzu kann das Metall der ersten Metallschicht 3 beispielsweise über seinen Schmelzpunkt hinaus erhitzt werden, so dass es sich in seiner flüssigen Phase einstückig und stoffschlüssig mit der angrenzenden zweiten Metallschicht 2a, 2b auf

25 dem Solarzellensubstrat 1 verbinden kann. In diesem Fall wirkt die angestrahlte Laserstrahlung 6 wie beim Laserschweißen.

Alternativ können die Eigenschaften der eingestrahlten Laserstrahlung 6 so gewählt werden, dass die erste Metallschicht 3 weniger stark erhitzt wird, wobei es zu einer

Bondverbindung durch eine Art Zusammensintern der ersten Metallschicht 3 mit einer angrenzenden Metallschicht 2a, 2b an dem Solarzellensubstrat 1 kommen kann.

- Wie in Fig. 1 dargestellt, kann die durch das Trägersubstrat 4 transmittierte
- 5 Laserstrahlung 6 durch eine beispielsweise in entgegengesetzter Richtung durch das Solarzellensubstrat 1 transmittierte Laserstrahlung 5 ergänzt oder durch diese ersetzt werden. Da das Solarzellensubstrat 1 in der Regel andere Absorptionseigenschaften aufweist wie das Trägersubstrat 4, müssen hierbei die Eigenschaften der verwendeten Laserstrahlung 5 entsprechend angepasst werden, um sicherzustellen, dass die
- 10 Laserstrahlung 5 weitgehend durch das Solarzellensubstrat 1 transmittiert und dann in der darauf abgeschiedenen Metallschicht 2a, 2b absorbiert wird.

- In Fig. 6 ist eine Draufsicht auf die in Fig. 1 gezeigte Anordnung aus mehreren Solarzellen 20 schematisch dargestellt. Solarzellen 20, bei denen, wie in Fig. 5
- 15 dargestellt, Metallisierungen 2a, 2b für die verschiedenen Kontakttypen ausgebildet sind, sind dabei auf einem Trägersubstrat 4 angeordnet. Die Solarzellen 20 sind dabei derart positioniert, dass die Metallschichtbereiche 2a, 2b über entsprechend metallisierten Bereichen 3b des Trägersubstrats 4, wie in Fig. 4 dargestellt, angeordnet sind. Beide Metallschichten 2, 3 bestehen hierbei aus Aluminium. An
- 20 einer Vielzahl von Verbindungsbereichen 7 sind durch das oben beschriebene Laserbondverfahren Verbindungspunkte ausgebildet, durch die jede der Solarzellen 20 einstückig mit der auf dem Trägersubstrat 4 vorgesehenen Metallschicht 3 verbunden ist. Externe Anschlüsse 8 dienen dazu, die von den Solarzellen zur Verfügung gestellte elektrische Leistung Verbrauchern zugänglich zu machen.

25

In den Fig. 2 und 3 sind alternative Ausführungsformen von Photovoltaikmodulen 100 dargestellt, wie sie mit dem beschriebenen Metallisierungsverfahren unter Verwendung eines Laserbondens gefertigt werden können.

In Fig. 2 wird dabei an beiden Seiten eines Solarzellensubstrates 1 ein passend metallisiertes Trägersubstrat 4 angeordnet. Beispielsweise können Solarzellen 20, bei denen die verschiedenen Kontakttypen an gegenüberliegenden Oberflächen ausgebildet sind, zwischen zwei Trägersubstraten 4 zwischengelagert werden.

- 5 Metallschichten 2 an der Vorder- und Rückseite des Solarzellensubstrates 1 können dann mit Hilfe von Laserstrahlung 6 mit Metallschichten 3 an den Trägersubstraten 4 durch einen Laserbondvorgang mechanisch und elektrisch verbunden werden. Zur seriellen Verschaltung der Solarzellen können interne Metallverbindungen 9 zwischen den Metallschichten 3, die benachbarte Solarzellen kontaktieren,
- 10 vorgesehen sein. Hierzu kann beispielsweise eine an dem oberen Trägersubstrat 4 vorgesehene Metallschicht 3 in einem Bereich zwischen zwei benachbarten Solarzellen 20 direkt mit einer an dem unteren Trägersubstrat 4 vorgesehene Metallschicht 3 verbunden werden.
- 15 Fig. 3 zeigt eine weitere Ausführungsform eines Photovoltaikmoduls 100. Ähnlich wie in der Ausführungsform aus Fig. 2 werden Solarzellen 20 beidseitig von Trägersubstraten 4 kontaktiert. An einer Rückseite der Solarzellensubstrate 1 ist jedoch zusätzlich zu den Metallschichten 2 eine Dielektrikumschicht 10 vorgesehen. Diese kann beispielsweise zur Passivierung der Oberfläche des Solarzellensubstrates
- 20 1 dienen. Alternativ kann in ähnlicher Weise eine Schicht aus polymerem Material zwischengelagert werden, die bei der fertiggestellten Solarzelle etwaige Hohlräume ausfüllen oder abdichten kann, um Korrosionsschäden zu vermeiden.

- Es hat sich herausgestellt, dass während des Laserbondvorgangs eine solche,
- 25 beispielsweise etwa 100 nm dünne Dielektrikumsschicht 10 durchdrungen werden kann und eine elektrische und mechanische Verbindung der Metallschicht 2 an dem Solarzellensubstrat 1 mit der Metallschicht 3 an dem Trägersubstrat 4 bewirkt werden kann.

Es wird darauf hingewiesen, dass eine Vielzahl unterschiedlicher Ausgestaltungen, wie erste und zweite Metallschichten 2, 3 an dem Solarzellensubstrat 1 bzw. am Trägersubstrat 4 ausgebildet sein können, möglich sind. Ferner können weitere Dielektrikumsschichten 10 an verschiedenen Positionen an dem Solarzellensubstrat 5 1, beispielsweise über der Metallschicht 2, zwischen der Metallschicht 2 und dem Solarzellensubstrat 1, etc. an den verschiedenen Oberflächen des Solarzellensubstrates 1 vorgesehen sein. Diese Dielektrikumsschichten 10 können zur Passivierung der Oberfläche des Solarzellensubstrates 1 oder als Antireflexschicht oder als elektrisch isolierende Schicht dienen und sollen den 10 Laserbondvorgang zwischen dem Solarzellensubstrat 1 und der Metallschicht 3 an dem Trägersubstrat 4 nicht behindern.

Abschließend wird darauf hingewiesen, dass in den in den Figuren dargestellten Ausführungsformen jeweils bereits an dem Solarzellensubstrat 1 Metallschichten 2 15 vorgesehen sind, mit denen dann im Rahmen des Metallisierungsvorgangs die an dem Trägersubstrat 4 vorgesehenen Metallschichten 3 eine einstückige Verbindung eingehen können. Da das eingesetzte Laserbondverfahren hierbei eine Verwendung von Aluminium für die Metallschichten 2 an dem Solarzellensubstrat 1 ermöglicht, kann dies eine für den industriellen Einsatz bevorzugte Ausführungsform sein.

20 Allerdings müssen an dem Solarzellensubstrat 1 nicht zwingend bereits Metallschichten 2 vorgesehen sein. In (nicht graphisch dargestellten) Ausführungsformen können die an dem Trägersubstrat 4 vorgesehenen Metallschichten 3 während des Laserbondvorganges auch direkt eine 25 Bondverbindung mit einer Oberfläche des Halbleitermaterials des Solarzellensubstrates 1 eingehen. Dabei kann bei Verwendung von Aluminium für die Metallschicht 3 insbesondere vorteilhaft genutzt werden, dass Aluminium bereits unterhalb seiner Schmelztemperatur, d.h. oberhalb einer Eutektikumtemperatur, eine flüssige eutektische Phase mit Silizium eines Solarzellensubstrates 1 bilden kann und 30 es somit bereits bei niedrigeren Temperaturen zu einer einstückigen elektrischen

Verbindung der an dem Trägersubstrat 4 vorgesehenen Metallschicht 3 mit dem Solarzellensubstrat 1 kommen kann.

Abschließend wird darauf hingewiesen, dass die Begriffe „umfassen“, „aufweisen“ 5 etc. das Vorhandensein weiterer Elemente nicht ausschließen. Der Begriff „ein“ schließt auch das Vorhandensein einer Mehrzahl von Gegenständen nicht aus. Die Bezugszeichen in den Ansprüchen dienen lediglich der besseren Lesbarkeit und sollen den Schutzbereich der Ansprüche in keiner Weise einschränken.

- 25 -

Bezugszeichenliste

- 1 Solarzellensubstrat
- 2 zweite Metallschicht
- 5 3 erste Metallschicht
- 4 Trägersubstrat
- 5 Laserstrahlung
- 6 Laserstrahlung
- 7 Verbindusbereich
- 10 8 externe Anschlüsse
- 9 interne Metallverbindung
- 10 Dielektrikumschicht
- 20 Solarzelle
- 100 Photovoltaikmodul

15

Ansprüche

- 5        1. Verfahren zum Metallisieren und elektrischen Verbinden mehrerer Solarzellen (20), wobei das Verfahren aufweist:  
Bereitstellen mehrerer Solarzellensubstrate (1);  
Bereitstellen eines Trägersubstrates (4), welches an einer Oberfläche wenigstens eine fest mit dem Trägersubstrat (4) verbundene erste Metallschicht (3) trägt;  
10      Anlagern der Solarzellensubstrate (1) jeweils mit einer Oberfläche eines Solarzellensubstrates (1) angrenzend an die erste Metallschicht (3) an dem Trägersubstrat (4);  
Einbringen von Energie in die Metallschicht (3) durch lokales Bestrahlen der Metallschicht (3) mit Laserstrahlung (5, 6) derart, dass die Laserstrahlung (5, 6) durch wenigstens eines des Solarzellensubstrates (1) und des Trägersubstrates (4) hindurch in einer Richtung hin zu der ersten Metallschicht (3) transmittiert wird und dass die erste Metallschicht (3) aufgrund von Erhitzung durch absorbierte Laserstrahlung (5, 6) direkt mit 15      20      dem angrenzenden Solarzellensubstrat (1) irreversibel verbunden wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei zwischen die Oberfläche der Solarzellensubstrate (1) und die daran angrenzende erste Metallschicht (3) kein Zusatzmaterial, insbesondere kein elektrisch leitfähiges Zusatzmaterial, mit einer Verflüssigungstemperatur, die wesentlich geringer ist als die Verflüssigungstemperatur des Metalls der ersten Metallschicht (3), zwischengelagert wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei an einer Oberfläche zumindest 25      30      eines Solarzellensubstrates (1) eine fest mit dem Solarzellensubstrat

verbundene zweite Metallschicht (2) ausgebildet ist, und wobei durch das lokale Bestrahlen mit Laserstrahlung (5, 6) zumindest eine der ersten und der zweiten Metallschicht (3, 2) für das irreversible Verbinden erhitzt wird.

- 5        4. Verfahren nach Anspruch 3, wobei zwischen die erste Metallschicht (3) und die daran angrenzende zweite Metallschicht (1) kein Zusatzmaterial, insbesondere kein elektrisch leitfähiges Zusatzmaterial, mit einer Verflüssigungstemperatur, die wesentlich geringer ist als die Verflüssigungstemperatur der Metalle der ersten und zweiten Metallschicht, (3, 2) zwischengelagert wird.
- 10        5. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4, wobei die erste und die zweite Metallschicht (3, 2) aus dem gleichen Metall bestehen.
- 15        6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei die erste und/oder die zweite Metallschicht (3, 2) eine Schichtdicke im Bereich von 50nm bis 300µm aufweist.
- 20        7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei Eigenschaften der Laserstrahlung (5, 6) derart gewählt sind, dass es durch Absorption der Laserstrahlung (5, 6) in zumindest einer der ersten und der zweiten Metallschicht (2, 3) temporär zu einem lokalen Verflüssigen der Metallschicht (2, 3) kommt.
- 25        8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei Eigenschaften der Laserstrahlung (5, 6) derart gewählt sind, dass es beim Bestrahlen der Metallschicht (2, 3) zu keiner einen Wirkungsgrad der jeweiligen Solarzelle reduzierenden schädigenden Erhitzung des Solarzellensubstrates (1) kommt.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei die Metallschicht (2, 3) mit einem gepulsten Laser bestrahlt wird.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei das Trägersubstrat (4) aus einem elektrisch nichtleitenden Material besteht.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei das Trägersubstrat (4) aus einer Folie besteht.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, wobei zwischen das Solarzellensubstrat und das Trägersubstrat eine Schicht aus polymerem Material zwischengelagert wird.
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 und 4, wobei kein elektrisch leitfähiges Zusatzmaterial mit einer Verflüssigungstemperatur von weniger als 500°C zwischengelagert wird.
14. Photovoltaikmodul aus mehreren metallisierten und miteinander elektrisch verbundenen Solarzellen (20), aufweisend:
  - mehrere Solarzellen (20);
  - ein einzelnes Trägersubstrat (4), welches an einer Oberfläche wenigstens eine fest mit dem Trägersubstrat verbundene erste Metallschicht (3) trägt; wobei jede der Solarzellen (20) mit einer Oberfläche an der ersten Metallschicht (3) des Trägersubstrates (1) angelagert angeordnet ist; und
  - wobei jede der Solarzellen (20) zumindest lokal einstückig mit der Metallschicht (3) elektrisch verbunden ist.
15. Photovoltaikmodul nach Anspruch 14, wobei zwischen die Solarzellen (20) und die daran angrenzende erste Metallschicht (3) kein Zusatzmaterial, insbesondere kein elektrisch leitfähiges Zusatzmaterial, mit einer

- 29 -

Verflüssigungstemperatur, die wesentlich geringer ist als die Verflüssigungstemperatur des Metalls der ersten Metallschicht (3), zwischengelagert ist.

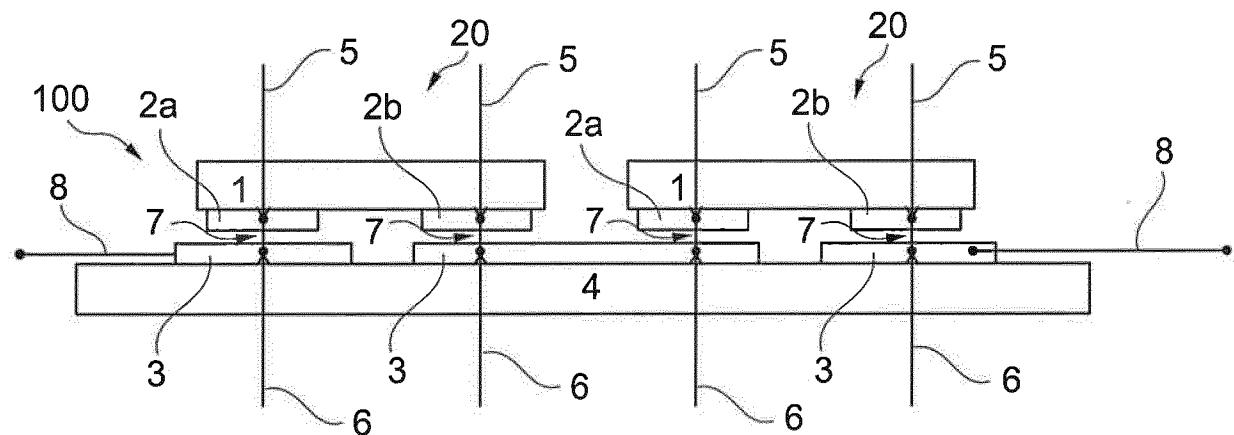


Fig. 1

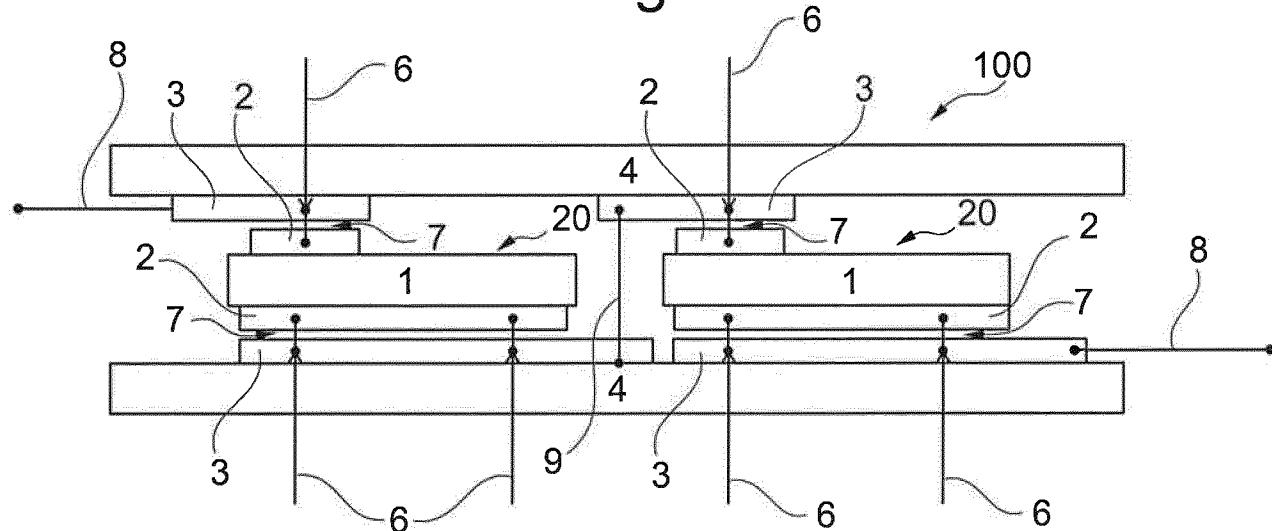


Fig. 2

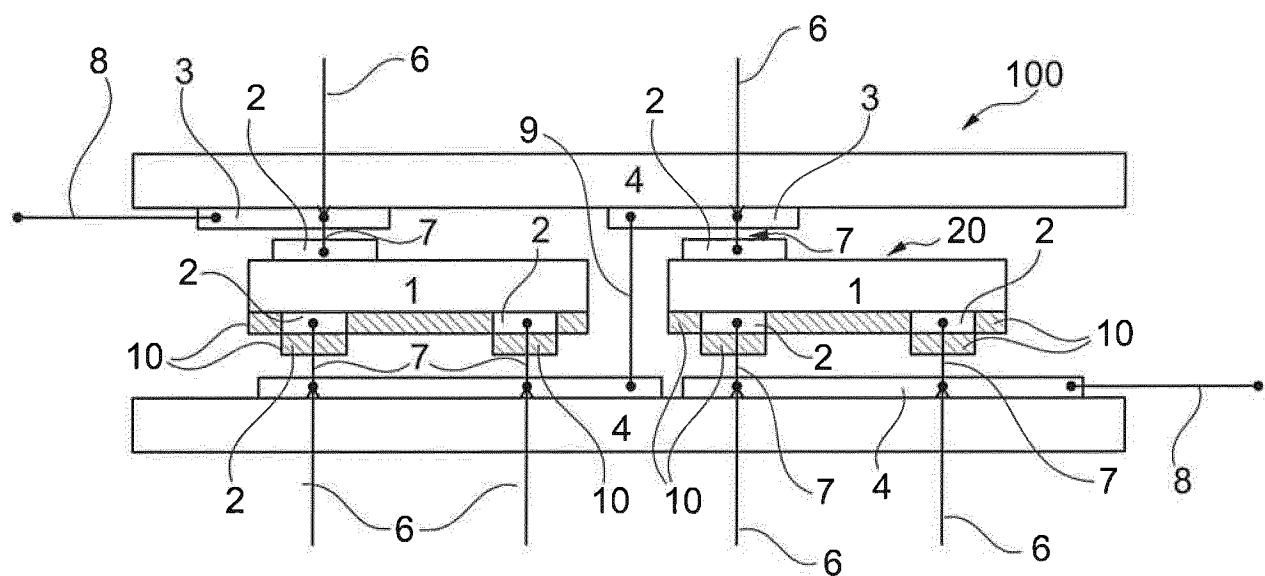


Fig. 3

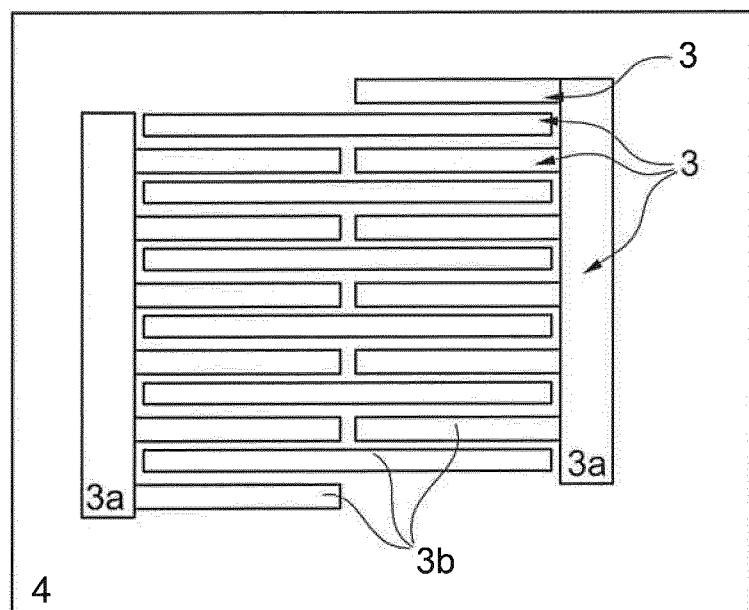


Fig. 4

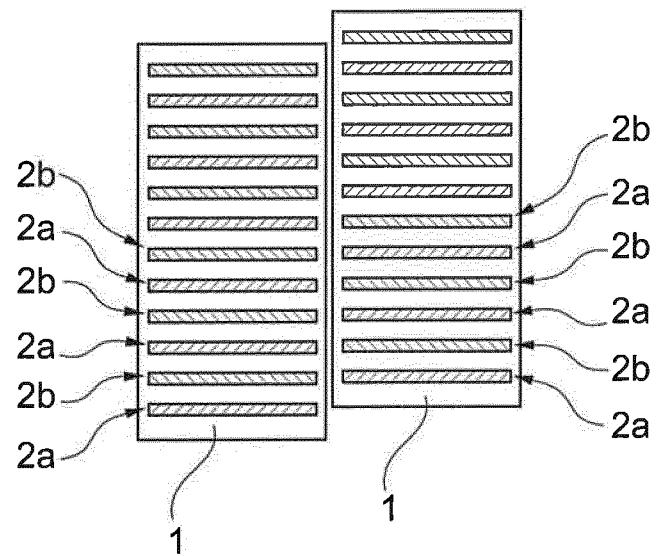


Fig. 5

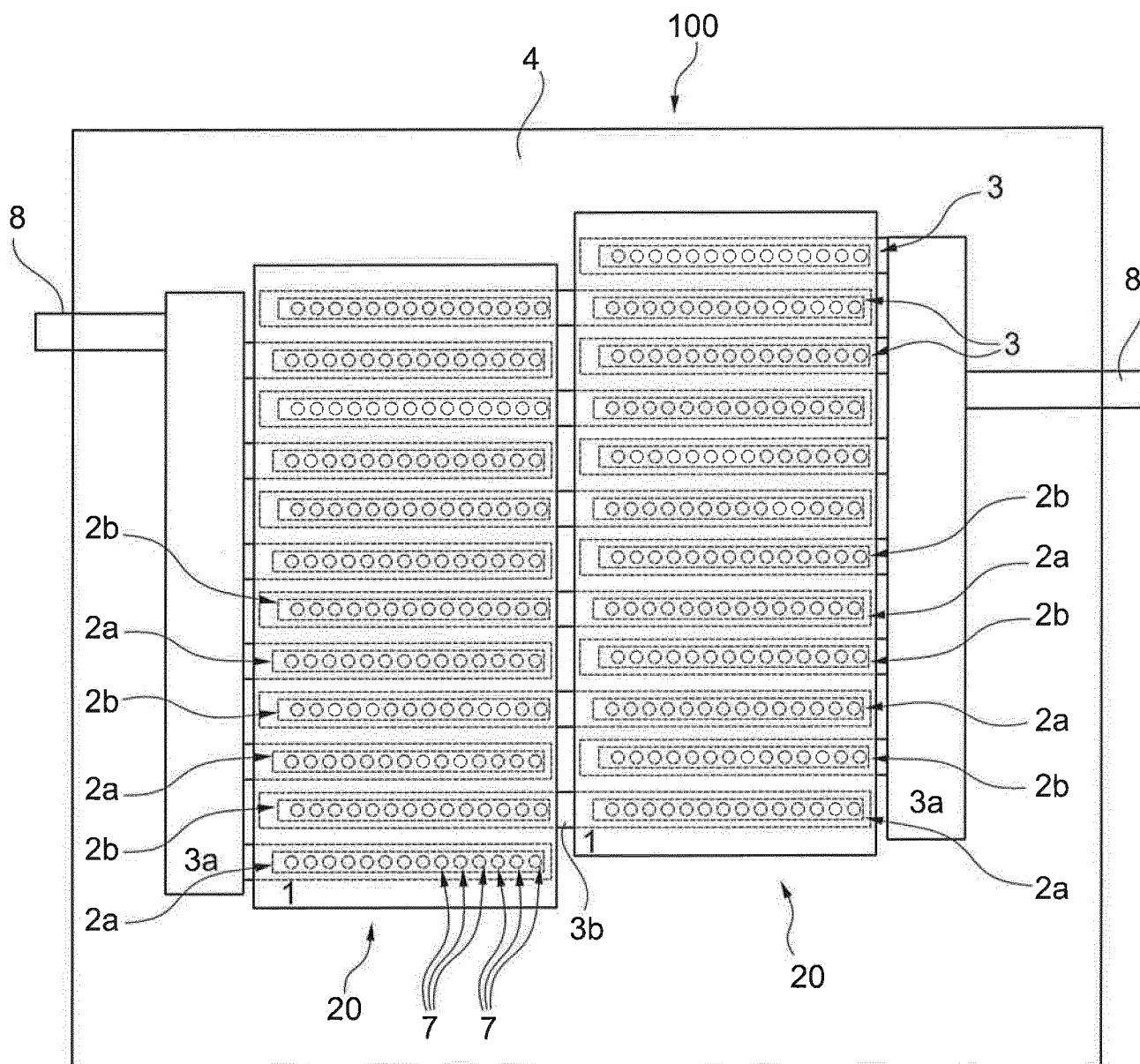


Fig. 6

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP2012/061225

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
INV. H01L31/05 H01L31/0224 H01L31/042  
ADD.

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)  
H01L B23K

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 practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2010/025269 A1 (APPLIED MATERIALS INC [US]; WEIDMAN TIMOTHY W [US]; GAY CHARLES [US];) 4 March 2010 (2010-03-04) abstract; figures 2,3,8,9,11,12 paragraphs [0004], [0007], [0009], [0010], [0042] - [0045], [0048] - [0050], [0052], [0054], [0060], [0062] - [0069], [0074] ----- WO 2010/027265 A2 (SOLLAND SOLAR ENERGY HOLDING B [NL]; VON MOLTKE BODO [DE]; BOTHE FRANK) 11 March 2010 (2010-03-11) abstract; figures 2-6 page 1, line 3 - page 2, lines 3, 12-17 page 3, lines 20-28 page 4, lines 2-3, 27 - page 6, line 29 page 7, lines 5-10 ----- -/-	1-8, 10-15  1,3,10, 14
X		

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family 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 application or patent 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

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
16 October 2012	24/10/2012
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer  Cichos, Anna

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP2012/061225

## C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	KR 100 638 824 B1 (SAMSUNG ELECTRO MECH [KR]) 19 October 2006 (2006-10-19) abstract; figures 3-14 page 3 - page 5 -----	1-5, 7-10, 13-15
A	DE 197 51 487 A1 (PAC TECH GMBH [DE]) 2 June 1999 (1999-06-02) column 1 - column 2 column 4, lines 24-36 column 5, lines 17-46 column 6, lines 20-28 -----	1-15

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2012/061225

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)		Publication date
WO 2010025269	A1	04-03-2010	CN	102132423 A		20-07-2011
			EP	2329530 A1		08-06-2011
			JP	2012501551 A		19-01-2012
			TW	201027773 A		16-07-2010
			US	2010051085 A1		04-03-2010
			WO	2010025269 A1		04-03-2010
<hr/>						
WO 2010027265	A2	11-03-2010	CN	102217095 A		12-10-2011
			EP	2335289 A2		22-06-2011
			JP	2012502465 A		26-01-2012
			TW	201115766 A		01-05-2011
			US	2011192826 A1		11-08-2011
			WO	2010027265 A2		11-03-2010
<hr/>						
KR 100638824	B1	19-10-2006				
DE 19751487	A1	02-06-1999	DE	19751487 A1		02-06-1999
			EP	1032482 A1		06-09-2000
			EP	1283085 A1		12-02-2003
			JP	2001523585 A		27-11-2001
			US	6394158 B1		28-05-2002
			WO	9926753 A1		03-06-1999
<hr/>						

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2012/061225

A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
 INV. H01L31/05 H01L31/0224 H01L31/042  
 ADD.

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

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
 H01L B23K

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)

EPO-Internal, WPI Data

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	WO 2010/025269 A1 (APPLIED MATERIALS INC [US]; WEIDMAN TIMOTHY W [US]; GAY CHARLES [US];) 4. März 2010 (2010-03-04) Zusammenfassung; Abbildungen 2,3,8,9,11,12 Absätze [0004], [0007], [0009], [0010], [0042] - [0045], [0048] - [0050], [0052], [0054], [0060], [0062] - [0069], [0074] ----- -/-	1-8, 10-15



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" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. 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 erforderlicher Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erforderlicher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

16. Oktober 2012

24/10/2012

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
 Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
 NL - 2280 HV Rijswijk  
 Tel. (+31-70) 340-2040,  
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Cichos, Anna

1

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2012/061225

**C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN**

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	WO 2010/027265 A2 (SOLLAND SOLAR ENERGY HOLDING B [NL]; VON MOLTKE BODO [DE]; BOTHE FRANK) 11. März 2010 (2010-03-11) Zusammenfassung; Abbildungen 2-6 Seite 1, Zeile 3 - Seite 2, Zeilen 3, 12-17 Seite 3, Zeilen 20-28 Seite 4, Zeilen 2-3, 27 - Seite 6, Zeile 29 Seite 7, Zeilen 5-10 -----	1,3,10, 14
X	KR 100 638 824 B1 (SAMSUNG ELECTRO MECH [KR]) 19. Oktober 2006 (2006-10-19) Zusammenfassung; Abbildungen 3-14 Seite 3 - Seite 5 -----	1-5, 7-10, 13-15
A	DE 197 51 487 A1 (PAC TECH GMBH [DE]) 2. Juni 1999 (1999-06-02) Spalte 1 - Spalte 2 Spalte 4, Zeilen 24-36 Spalte 5, Zeilen 17-46 Spalte 6, Zeilen 20-28 -----	1-15
1		

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2012/061225

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
WO 2010025269	A1	04-03-2010	CN EP JP TW US WO	102132423 A 2329530 A1 2012501551 A 201027773 A 2010051085 A1 2010025269 A1		20-07-2011 08-06-2011 19-01-2012 16-07-2010 04-03-2010 04-03-2010
WO 2010027265	A2	11-03-2010	CN EP JP TW US WO	102217095 A 2335289 A2 2012502465 A 201115766 A 2011192826 A1 2010027265 A2		12-10-2011 22-06-2011 26-01-2012 01-05-2011 11-08-2011 11-03-2010
KR 100638824	B1	19-10-2006	DE EP EP JP US WO	19751487 A1 1032482 A1 1283085 A1 2001523585 A 6394158 B1 9926753 A1		02-06-1999 06-09-2000 12-02-2003 27-11-2001 28-05-2002 03-06-1999
DE 19751487	A1	02-06-1999				