(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
24. Juli 2014 (24.07.2014)

WIPO | PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2014/111447 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
H01L 31/0224 (2006.01) *G01R 31/26* (2014.01)
H01L 31/048 (2014.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2014/050765

(22) Internationales Anmeldedatum:
16. Januar 2014 (16.01.2014)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2013 200 681.0
17. Januar 2013 (17.01.2013) DE

(71) Anmelder: **FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG E. V.** [DE/DE]; Hansastraße 27c, 80686 München (DE).

(72) Erfinder: **BRACHMANN, Stefan**; August-Unmüssig-Straße 4, 79297 Winden (DE). **TRANITZ, Marco**; Theodor-Storm-Straße 28, 37308 Heiligenstadt (DE). **SCHMITT, Peter**; Guntramstraße 52, 79106 Freiburg (DE).

(74) Anwalt: **DÖRFLER, Michael**; Fraunhofer-Gesellschaft, Patentabteilung, Hansastrasse 27c, 80686 München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart)*: AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, 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, IR, IS, JP, KE, KG, 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, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, 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.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) **Title**: REFERENCE SOLAR CELL ARRANGEMENT

(54) **Bezeichnung** : REFERENZSOLARZELLENANORDNUNG

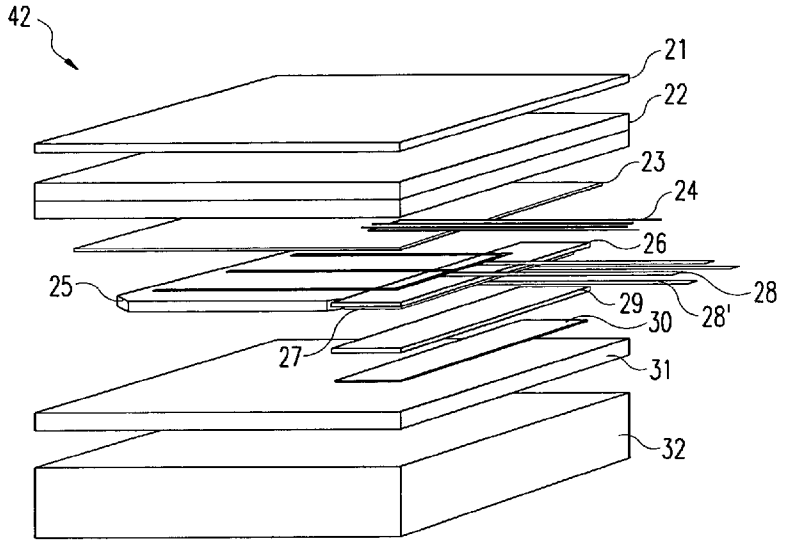


Fig. 2

(57) **Abstract**: The invention comprises a reference solar cell arrangement which has a solar cell having a first solar cell main surface and a second solar cell main surface and a housing (41) in which the solar cell is enclosed. The housing (41) has a connection panel (2) which can be used to set up an electrical connection which leaves the housing (41) in a manner exiting the solar cell. Electrical contact is not made with the entire area of the solar cell on that of the two main surfaces which is not intended to be irradiated with incident light.

(57) **Zusammenfassung**:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2014/111447 A1

(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, 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, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— *mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)*

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

Die Erfindung umfasst eine Referenzsolarzellenanordnung, die eine Solarzelle mit einer ersten Solarzellenhauptoberflache und einer zweiten Solarzellenhauptoberflache und ein Gehäuse (41), in dem die Solarzelle eingefasst ist, aufweist. Das Gehäuse (41) weist ein Anschlussfeld (2) auf, mithilfe dessen sich, abgehend von der Solarzelle, eine das Gehäuse (41) verlassende elektrische Verbindung einrichten lässt. Die Solarzelle ist auf derjenigen der beiden Hauptoberflächen, die nicht zur Bestrahlung mit einfallendem Licht vorgesehen ist, nicht vollflächig elektrisch kontaktiert.

Patentanmeldung:

Referenzsolarzellenanordnung

Anmelderin:

Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V.

Die Anmeldung betrifft den Aufbau einer Referenzsolarzellenanordnung sowie eines Referenzsolarmoduls, das aus mehreren Referenzsolarzellen besteht. Als Referenzsolarzellenanordnung wird hierbei eine Referenzsolarzelle bezeichnet, die in ein Gehäuse eingepasst ist.

Referenzsolarzellenanordnungen werden bevorzugt zur Kalibrierung von Solarzellen, Solarmodulen, Solaranlagen oder Solarsimulatoren verwendet. Diese Kalibrierung kann sowohl "indoor" stattfinden, also in Messlabors und Produktionsstätten, als auch "outdoor", das heißt z.B. am Ort installierter Solarmodule, potenziell interessanter Installationsorte oder ähnlichem.

Des Weiteren eignen sich Referenzsolarzellenanordnungen allgemein für präzise Messungen auf dem Gebiet der Metrologie und Meteorologie. Als Beispiel hierzu seien hochpräzise Lichtintensitäts- und Lichteinstrahlungsmessungen genannt, die mithilfe von Referenzsolarzellenanordnungen durchgeführt werden können.

Der Bedarf an verlässlichen und präzisen Referenzsolarzellenanordnungen ist groß und besteht unter anderem von Seiten der Hersteller, Anwender und Forschungseinrichtungen auf dem Gebiet der Photovoltaik, Metrologie und Meteorologie.

Bisher gibt es jedoch vor allem Referenzsolarzellenanordnungen, die kleinflächige Solarzellen enthalten. Die Größe der verwendeten Solarzellen ist meist kleiner als 5 cm x 5 cm und befindet sich typischerweise im Bereich 2 cm x 2 cm.

Das Design einer typischen Referenzsolarzellenanordnung ist beschrieben in einer Veröffentlichung der World Photovoltaic Scale [C.R. Osterwald et al., *The World Photovoltaic Scale: an international reference cell calibration program*, Conference Record of the 26th IEEE Photovoltaic Specialists Conference, Anaheim, USA, 1997]. Die World Photovoltaic Scale gilt als internationaler Standard zur Kalibrierung von Referenzsolarzellen für die Primär- und Sekundärkalibrierung. In der erwähnten Veröffentlichung wird die Verwendung einer 20 mm x 20 mm großen monokristallinen Float-Zone Silicium-Solarzelle als Referenzsolarzelle beschrieben, die sich auf einer Platte, bestehend aus einer Kupfernickellegierung, befindet.

Die im Handel derzeit angebotenen Referenzsolarzellenanordnungen enthalten ebenfalls in aller Regel kleinflächige Solarzellen. Als Beispiel seien hier die vom Photovoltaik-Kalibrierlabor des Fraunhofer ISE (CalLab) angebotenen Indoor- und Outdoor- Referenzsolarzellenanordnungen genannt, die eine aktive Solarzellfläche von 20 mm x 20 mm mit einer Toleranz unter 10 µm enthalten.

Die Verwendung einer Referenzsolarzellenanordnung mit einer kleinflächigen Solarzelle hat jedoch bedeutende Nachteile.

Zum einen können Inhomogenitäten der Strahlungsintensität bzw. des Strahlungsspektrums des bei einer Indoor-Messung verwendeten Solarsimulators bei Verwendung einer kleinflächigen Referenzsolarzelle nur mit großem Aufwand bewertet und korrigiert werden.

Da die Herstellung von Solarsimulatoren mit einer guten Homogenität der Strahlungsintensität auf der bestrahlten Ebene technisch sehr aufwändig ist, besitzen am Markt erhältliche und in der Praxis oft verwendete Solarsimulatoren aus wirtschaftlichen Gründen oft eine schlechte Homogenität der Strahlungsintensität im bestrahlten Messbereich. Zur Vermessung der eingestrahlten Lichtintensität werden oftmals kleinflächige Referenzsolarzellen verwendet, bei denen die Fläche der Solarzelle klein gegenüber dem bestrahlten Messbereich ist. Die Referenzsolarzellen können demzufolge die Lichtintensität nur in einem kleinen Bereich des gesamten bestrahlten Messbereichs bestimmen. Die restlichen Bereiche des Messbereichs werden, abhängig von der Güte der Homogenität des Solarsimulators, unzureichend bewertet.

Eine Aufnahme des Homogenitätsprofils des bestrahlten Messbereichs mittels mehrerer Einzelmessungen unter Verwendung einer kleinflächigen Solarzelle und anschließendem Ermitteln eines Korrekturfaktors ist zwar theoretisch denkbar, aber sehr aufwändig und überdies prinzipiell fehlerbehaftet. Selbst bei Verwendung eines Solarsimulators mit hoher Güte bezüglich der Homogenität der eingestrahlten Lichtintensität sollten zur Reduzierung von Kalibrierfehlern immer Solarzellenproben mit Referenzsolarzellen gleich großer Apertur verglichen werden.

Ein anderer Nachteil kleinflächiger Referenzsolarzellen ist der große spektrale Mismatch, der prinzipiell mit dem unterschiedlichen Solarzelldesign der in der Referenzsolarzellenanordnung verwendeten Solarzelle und der zu untersuchenden Solarzelle einhergeht. Im Speziellen sind die bei Referenzsolarzellenanordnungen verwendeten Solarzellen oftmals im Labor hergestellte Hocheffizienzsolarzellen, die eine hervorragende Absorption über einen breiten Wellenlängenbereich aufweisen und überdies mit nur sehr geringen Kontaktwiderständen in der Referenzsolarzellenanordnung verschaltet sind. Bei den zu vermessenden Solarzellenproben handelt es sich dagegen in der Regel um industriell gefertigte Standard-Solarzellen, deren spektrale Absorption weniger stark ausgeprägt ist und die potenziell diverse weitere, unter Umständen bedeutende, Strom-, Spannungs- und Füllfaktorverluste aufweisen.

Es gibt diverse Methoden zur Berücksichtigung des spektralen Mismatches zwischen der in der Referenzsolarzellenanordnung verwendeten Solarzelle und der untersuchten Solarzelle. Idealerweise würde man jedoch von vornherein den spektralen Mismatch minimieren, indem man für die Referenzsolarzellenanordnung eine Solarzelle wählt, deren Solarzelldesign dem der zu untersuchenden Solarzellenproben möglichst nahe kommt.

Eine Aufgabe der Erfindung ist die Bereitstellung einer verbesserten Referenzsolarzellenanordnung, die unter anderem den Einbau großflächiger Solarzellen ermöglicht.

Die Erfindung umfasst eine Referenzsolarzellenanordnung, die zumindest aus einer Solarzelle und einem Gehäuse, in dem die Solarzelle eingefasst ist, besteht. Das Gehäuse weist ein Anschlussfeld auf, mithilfe dessen sich, abgehend von der

Solarzelle, eine das Gehäuse verlassende elektrische Verbindung einrichten lässt. Diese elektrische Verbindung kann dauerhaft eingerichtet oder trennbar sein. Die Solarzelle ist auf derjenigen der beiden Hauptoberflächen, die nicht zur Bestrahlung mit einfallendem Licht vorgesehen ist, nicht vollflächig elektrisch kontaktiert.

Solarzellen sind in der Regel flächig ausgeführt, das heißt, sie besitzen zwei im Wesentlichen zueinander parallele Hauptoberflächen, sowie weitere Schmalseiten, deren Flächeninhalt jeweils deutlich, d.h. insbesondere um mindestens eine Zehnerpotenz, kleiner als der beider Hauptoberflächen ist. Dabei versteht sich von selbst, dass jede reale Solarzelle prozesstechnisch bedingte Unebenheiten sowie Strukturierungen auf ihren Hauptoberflächen aufweisen kann.

Eine Referenzsolarzellenanordnung besteht immer aus einem Gehäuse, das in der Regel speziell für die jeweilige Anordnung entwickelt wurde. Durch die Verkapselung der Solarzelle in dem Gehäuse wird die dauerhafte Erhaltung der Solarzelleneigenschaften gewährleistet. Insbesondere wird die Solarzelle vor Umwelteinflüssen wie Temperatur, Feuchtigkeit und mechanischer Belastung geschützt.

Das Anschlussfeld, das Teil des Gehäuses ist, gewährleistet eine dauerhafte und präzise reproduzierbare Kontaktierung der Solarzelle.

Des Weiteren sind Referenzsolarzellenanordnungen in der Regel im Betrieb derartig eingebaut, dass die eine Hauptoberfläche der Solarzelle dem einfallenden Licht zugewandt ist, während die andere Hauptoberfläche dem Laminat und der Gehäuserückwand zugewandt ist. Im Folgenden wird die dem einfallenden Licht zugewandte Hauptoberfläche als Vorderseite der Solarzelle und die andere Hauptoberfläche als Rückseite der Solarzelle bezeichnet.

Bei herkömmlichen Referenzsolarzellenanordnungen ist der elektrische Kontakt zwischen der Solarzellenrückseite und den stromabführenden Mitteln stets vollflächig ausgebildet. So wird beispielsweise bei einer typischen Referenzsolarzellenanordnung die Solarzelle direkt auf eine Platte aus einem elektrischen und thermisch gut leitenden Material, z.B. einer Nickelkupferlegierung, positioniert und fixiert. Unter Fixierung ist hierbei zu verstehen, dass die Solarzelle

sowie weitere Komponenten der Referenzsolarzellenanordnung, wie etwa ein Temperaturfühler, die Verkabelung oder die Auflageplatte, im Gehäuse verkapselt werden, um einen dauerhaft stabilen und präzisen Betrieb zu gewährleisten.

Die Vorteile der direkten Verbindung zwischen Solarzellenrückseite und Auflageplatte bestehen zu einem in einer homogenen thermischen Ankopplung der Solarzelle an ein wärmeleitendes Medium. Zum anderen lässt sich so ein relativ geringer elektrischer Widerstand zwischen dem Rückseitenkontakt der Solarzelle und der Auflageplatte realisieren.

Dabei ist zu beachten, dass die Wärmeausdehnungskoeffizienten der beiden aufeinander liegenden bzw. aufeinander gepressten Materialien, nämlich der Solarzelle und der Auflageplatte, im Regelfall signifikante Unterschiede aufweisen. Da es prinzipiell unter Einstrahlung zu einer Erwärmung der Referenzsolarzellenanordnung kommt, ist eine Ausdehnung einiger ihrer Komponenten, wie der Solarzelle und der Auflageplatte, nicht zu vermeiden. Typischerweise besteht die Solarzelle aus einem Halbleitermaterial wie Silicium oder einem Verbindungshalbleiter mit Elementen der III. und V. Hauptgruppe und die Auflageplatte aus einer Legierung aus verschiedenen Metallen. In diesem Fall weisen die Ausdehnungskoeffizienten beträchtliche Unterschiede auf.

Bei kleinflächigen Referenzsolarzellenanordnungen, bei denen die Größe der Solarzelle einen Wert im Bereich 20 mm x 20 mm nicht übersteigt, sind die negativen Effekte, die sich aus den unterschiedlichen Ausdehnungskoeffizienten ergeben, in der Regel nicht bedeutend. Da jedoch insbesondere an Referenzsolarzellen höchste Ansprüche bezüglich Präzision und Langzeitstabilität gestellt werden, ist prinzipiell eine Lösung der mit der unterschiedlichen Ausdehnung verbundenen Probleme auch bei kleinflächigen Referenzsolarzellenanordnungen wünschenswert.

Bei großflächigen Referenzsolarzellenanordnung, die eine Solarzelle mit einer elektrisch aktiven Fläche von beispielsweise größer als 50 mm x 50 mm enthält, um zum Beispiel den vorbeschriebenen Nachteilen der Inhomogenitäten der Strahlungsintensität beziehungsweise des Strahlungsspektrums oder des spektralen Mismatches zu begegnen, kann der Effekt der unterschiedlichen Ausdehnungskoeffizienten sehr bedeutsam werden. Bei Erwärmung der

Referenzsolarzellenanordnung kann es dann zu Verspannungen und Verwölbungen in der Solarzelle kommen, selbst Risse und Brüche sind schon empirisch beobachtet worden. Aus diesem Grund haben sich großflächige Referenzsolarzellenanordnungen bisher nicht durchgesetzt.

Erfindungsgemäß wurde erkannt, dass es einer neuartigen Rückseitenkontaktierung der Solarzelle in der Referenzsolarzellenanordnung bedarf.

Eine Lösung des Problems besteht darin, einen vollflächigen Kontakt zwischen der Rückseite der Solarzelle und der Auflageplatte zu vermeiden. Anstatt die Rückseite der Solarzelle wie bisher vollflächig mit der elektrisch leitenden Auflageplatte zu kontaktieren, werden alternative Kontaktierungsstrukturen eingesetzt, bei denen die Solarzellenhauptoberfläche, die nicht zur Bestrahlung mit einfallendem Licht vorgesehen ist, nicht vollflächig elektrisch kontaktiert.

Diese Kontaktierungsstrukturen können beispielsweise Stromsammler sein, die aus einem elektrisch leitenden Material bestehen und auf die Rückseite der Solarzelle aufgebracht werden. Sollte die Rückseite mit einer isolierenden Schicht bedeckt sein, muss diese gegebenenfalls lokal entfernt werden. Falls die Vorderseite der Solarzelle zum Abführen der Ladungsträger Stromsammler aufweist, kann es vorteilhaft sein, wenn die Stromsammler auf der Rückseite eine ähnliche Geometrie und Anordnung wie die Stromsammler auf der Vorderseite aufweisen. Dadurch wird eine asymmetrische thermo-mechanische Belastung der Stromsammler vermieden und damit ein parasitärer Schichtwiderstand minimiert.

Eine mögliche Ausführungsform der Stromsammler sind Stromsammelschienen, sogenannte Busbars. Diese verlaufen in der Regel orthogonal zu den Kontaktfingern, die typischerweise auf der Solarzellenvorderseite aufgebracht sind. Eine andere Ausführungsform der Stromsammler sind sogenannte Kontaktpads oder eine direkt aufgebrachte Fingermetallisierung. Dies können Kontaktierungspunkte in beliebiger Größe und Geometrie sein. Auch hier kann es von Vorteil sein, die Kontaktierung auf der Rückseite der Kontaktstruktur auf der Vorderseite anzupassen.

Verwendet man die oben geschilderten Kontaktierungsstrukturen statt einer vollflächigen Rückseitenkontaktierung, können nun auch andere Solarzellentypen in

der Referenzsolarzellenanordnung eingesetzt werden. Ein Beispiel dafür sind Rückseitenkontaktzellen, bei denen sowohl der Emitter- als auch der Basiskontakt auf der Rückseite liegen. Mit einer passenden Kontaktierung und Verschaltung können diese in das Gehäuse eingebaut werden und beide Kontakte von der Solarzelle nach außen geleitet werden. Weitere Beispiele für alternative, rückseitenstrukturierte Solarzellen sind Emitter-Wrap-Through (EWT) und Metal-Wrap-Through (MWT) Solarzellen.

Abgesehen von den bisher genannten Solarzellen, deren elektrisch aktive Schicht aus einem kristallinen Halbleitermaterial besteht, können auch weitere Solarzelltypen, wie Dünnschichtsolarzellen, organische Solarzellen oder Farbstoffsolarzellen in der erfindungsgemäßen Referenzsolarzellenanordnung verwendet werden.

Da die Kontaktierung der Rückseite der Solarzelle durch andere Mittel und Maßnahmen, als bisher nach dem Stand der Technik für Referenzsolarzellen bekannt, erreicht wird, ist eine wesentliche Folge, dass die Auflageplatte in der Referenzsolarzellenanordnung obsolet geworden ist. Dadurch stellt sich das Problem der unterschiedlichen Wärmeausdehnungskoeffizienten nicht mehr. Eine Konsequenz davon ist insbesondere, dass nun Referenzsolarzellenanordnungen mit großflächigen Solarzellen möglich sind.

Es mag rückschauend verwundern, dass bisher keine Referenzsolarzellenanordnungen entwickelt worden sind, bei denen die Solarzellenhauptoberfläche, die nicht zur Bestrahlung mit einfallendem Licht vorgesehen ist, nicht vollflächig elektrisch kontaktiert. Solche Solarzellen sind schließlich aus dem Stand der Technik bekannt. Die mit der Entwicklung von Referenzsolarzellen beschäftige Fachwelt hat anscheinend das Problem nicht hinreichend analysiert und von daher immer als Lösung gewählt keine großflächigen Solarzellen einzusetzen. Damit standen grundsätzlich brauchbare Referenzsolarzellenanordnungen zur Verfügung, welche allerdings die eingangs geschilderten Nachteile aufwiesen. Erst die erfindungsgemäße Referenzsolarzellenanordnung gestattet den Einsatz großflächiger Solarzellen und ermöglicht die damit verbundenen Vorteile.

Gemäß einer Ausführungsform der erfindungsgemäßen Anordnung enthält die Referenzsolarzellenanordnung einen Temperaturfühler, der im thermischen Kontakt zur Solarzelle steht und eine Erfassung der Solarzellentemperatur ermöglicht.

Für hochpräzise und verlässliche Messungen mit einer Referenzsolarzellenanordnung ist es wichtig, die genaue Temperatur der Referenzsolarzelle während der Messung zu kennen, da in der Regel der gemessene Strom und die gemessene Spannung abhängig von der Zelltemperatur sind. Sind die Temperaturkoeffizienten der Referenzsolarzelle, das heißt die Korrelation von Strom und Spannung mit der Zelltemperatur, sowie die Temperatur der zu vergleichenden Solarzelle bekannt, können die Messwerte der Referenzsolarzelle korrigiert werden.

In herkömmlichen Referenzsolarzellenanordnungen wird der Temperaturfühler typischerweise mit einer Feder an die Unterseite der Auflageplatte gepresst, während sich die Referenzsolarzelle in gutem thermischen Kontakt mit der Oberseite der Auflageplatte befindet. In der erfindungsgemäßen Referenzsolarzellenanordnung wird dagegen der Temperaturfühler bevorzugt direkt an die Rückseite der Referenzsolarzelle angebracht. Die Temperatur der Solarzelle während der Messung kann damit unmittelbar und direkt bestimmt werden. Der Temperaturfühler kann beispielsweise ein Pt100-Sensor sein, der auf der Abhängigkeit des elektrischen Widerstands von der Temperatur bei Platin basiert. Der Pt100-Sensor kann beispielsweise mit einem wärmeleitenden Kleber oder einer wärmeleitenden Paste an der Solarzelle befestigt werden.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform der erfindungsgemäßen Referenzsolarzellenanordnung ist diese geeignet, eine breite Auswahl von Solarzellen in die Anordnung zu integrieren. Damit können auch kommerziell erhältliche Standardsolarzellen eingesetzt werden. Da die Größe der Solarzelle in herkömmlichen Referenzsolarzellenanordnungen zumeist auf Maße im Bereich 20 mm x 20 mm beschränkt ist, werden dort als Solarzellen typischerweise im Labor speziell angefertigte Hocheffizienzsolarzellen verwendet, da sich Solarzellen mit diesen Abmessungen kaum in der industriellen Produktion herstellen lassen.

Es ist aber andererseits wünschenswert, dass sich die Referenzsolarzelle und die zu vergleichende Solarzelle möglichst stark ähneln, etwa zur Reduzierung des

spektralen Mismatches. In der erfindungsgemäßen Anordnung können im Prinzip Solarzellen beliebiger Größe eingebaut werden, wenn das Gehäuse entsprechend angepasst wird. So ist es beispielsweise für einen Hersteller von Solarzellen, der die Kenngrößen der fertigen Solarzellen einer Prozesslinie überprüfen möchte, mit relativ wenig Aufwand möglich, sich eine Referenzsolarzellenanordnung anzufertigen, in der eine repräsentative Solarzelle aus der Prozesslinie, deren Solarzellen er überprüfen möchte, in die Anordnung integriert ist.

Die Referenzsolarzellenanordnung kann somit auf die zu untersuchenden Testobjekte optimiert werden. Dies bezieht sich zum einen auf die gerade erwähnten Solarzellen. Zum anderen lässt sich dies jedoch auch auf die weiteren Komponenten der Anordnung erweitern, beispielsweise auf die verwendeten Front-, Verkapselungs- und Rückseitenmaterialien. Auch hier ist es erstrebenswert, wenn diese Komponenten bei der Referenzsolarzellenanordnung und der zu messenden Solarzelle bzw. des zu messenden Solarmoduls möglichst ähnlich sind. Auch hier ist es möglich, die Referenzsolarzellenanordnung entsprechend den Anforderungen des Benutzers anzupassen.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform der erfindungsgemäßen Referenzsolarzellenanordnung ist der Rahmen des Gehäuses derartig gestaltet, dass die Winkelakzeptanz der Anordnung mindestens 160°, bevorzugt mindestens 170° beträgt.

Die Winkelakzeptanz beschreibt den maximalen Winkel, unter dem einfallende Strahlen auf die Referenzsolarzellenanordnung auftreffen können, ohne dass die Solarzelle zumindest partiell abgeschattet wird. Die Abschattung kann beispielsweise durch Teile des Gehäuserahmens erfolgen. Die Winkelakzeptanz spielt vor allem bei Outdoor-Messungen eine Rolle, bei denen es nicht unüblich ist, dass die Sonneneinstrahlung zumindest zum Teil in großem Winkel entfernt von der Normalen der Solarzelle auf diese auftrifft. Eine hohe Winkelakzeptanz kann beispielsweise durch ein Gehäuseprofil erreicht werden, dessen Kante zur Solarzelle hin abgeflacht ist.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform der erfindungsgemäßen Referenzsolarzellenanordnung ist das Gehäuse derartig gestaltet, dass die

Gesamthöhe der Referenzsolarzellenanordnung höchstens 30 mm, vorzugsweise höchstens 20 mm, besonders bevorzugt höchstens 10 mm, beträgt.

Eine flach ausgebildete Referenzsolarzellenanordnung ist in der Regel vorteilhaft, da sie vielseitiger einsetzbar ist. Betrachtet man beispielsweise Messungen, die mithilfe eines Sonnensimulators vorgenommen werden, also sogenannte Indoor-Messungen, bestimmt man beispielsweise in einem ersten Schritt die Solarzellenkenngrößen der Referenzsolarzellenanordnung, entfernt diese vom Ort der Messung, platziert die zu untersuchende Solarzelle an diesen Ort und bestimmt in einem zweiten Schritt unter gleichen Messbedingungen die Kenngrößen zu untersuchenden Solarzelle. Bei diesen Vergleichsmessungen muss unter anderem sehr sorgfältig darauf geachtet werden, dass der Abstand von der zu untersuchenden Solarzelle und von der Referenzsolarzelle zur Bestrahlungsquelle, dem Solarsimulator, in beiden Fällen gleich groß ist. Ein flaches Gehäuse der Referenzsolarzellenanordnung kann hier durchaus vorteilhaft sein.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform der erfindungsgemäßen Referenzsolarzellenanordnung wird mittels eines thermisch gut leitenden und komprimierbaren Materials die homogene thermische Ankopplung der Solarzelle an das Gehäuse und die Umgebung gewährleistet.

Diese gute thermische Ankopplung der Solarzelle an das Laminat und das Gehäuse und die Umgebung kann beispielsweise durch eine sogenannte Adaptionsmatte und/ oder den Einsatz von Vergussmaterial realisiert werden. Weiterhin ist zu beachten, dass in einer möglichen Ausführungsform der erfindungsgemäßen Anordnung das Gehäuse im Wesentlichen nur aus einem Rahmen besteht. Das Gehäuse ist somit in Richtung der einfallenden Strahlung sowie auf der gegenüberliegenden Seite offen. Dies sorgt für eine optimale thermische Ankopplung der Solarzelle an die Umgebung.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform der erfindungsgemäßen Referenzsolarzellenanordnung werden aufgrund des speziellen Designs des Gehäuses parasitäre horizontale Lichtleitungseffekte im Abdeckglas minimiert.

Damit ist vor allem gemeint, dass der Gehäuserahmen eine Einkopplung der einfallenden Strahlung über die Glasseiten im Wesentlichen verhindert. Somit

resultiert die gemessene Leistung der Referenzsolarzelle im Wesentlichen aus der direkt auf die Referenzsolarzelle einfallenden Strahlung und wird nicht durch zusätzliche Strahlung, die über Kanten des Abdeckglases in die Solarzelle eingekoppelt werden, verfälscht.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform der erfindungsgemäßen Referenzsolarzellenanordnung sind Basis, Emitter und Anschlussfeld sowie Verbindungen von Basis und Emitter zum Anschlussfeld potenzialfrei zum Gehäuse ausgeführt. Damit wird die elektrische Isolation der Basis und des Emitters gegenüber dem Gehäuse gewährleistet.

Bei der erfindungsgemäßen Referenzsolarzellenanordnung ist es notwendig, eine elektrische Verbindung zwischen der Basis der Referenzsolarzelle und dem Anschlussfeld sowie zwischen dem Emitter der Referenzsolarzelle und dem Anschlussfeld zu realisieren. Die Gesamtheit der elektrischen Verbinder wird im weiteren als innere Schaltung bezeichnet. Um die elektrische Isolation von Basis und Emitter gegenüber dem Gehäuse zu gewährleisten, damit beispielsweise das Gehäuse, das in direktem Kontakt zu einem menschlichen Bediener der Referenzsolarzellenanordnung stehen kann, keine Spannung trägt, sind Basis, Emitter und Anschlussfeld sowie Verbindungen von Basis und Emitter zum Anschlussfeld potenzialfrei zum Gehäuse ausgeführt. Eine elektrische Isolation von Basis und Emitter gegenüber dem Gehäuse ist auch wichtig, damit keine elektrische Verbindung vom Gehäuse zu anderen Geräten in der Umgebung der Referenzsolarzellenanordnung entstehen kann. Die Isolierung der Verschaltung kann z.B. durch Einlage von isolierendem Material zwischen die verschiedenen elektrischen Verbinder erfolgen.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform der erfindungsgemäßen Referenzsolarzellenanordnung ermöglicht das Anschlussfeld die Kontaktierung und die Aufnahme eines Nebenschlusswiderstands, der auch als Shuntwiderstand bezeichnet wird.

Das Anschlussfeld selber erfüllt dabei mehrere Aufgaben. Es dient der Verschaltung der elektrischen Verbinder und der Anschlussstecker. Es ermöglicht eine dauerhafte und präzise reproduzierbare Kontaktierung. Die Form des Anschlussfeldes dient

darüber hinaus als Handhabungshilfe, trägt die Befestigungsbohrungen und stellt den mechanischen Schwerpunkt des Gehäuses dar.

In der erfindungsgemäßen Anordnung dient das Anschlussfeld darüber hinaus der Aufnahme eines Nebenschlusswiderstands.

Unter einem Nebenschlusswiderstand versteht man dabei einen niederohmigen elektrischen Widerstand, der zur Messung des elektrischen Stromes verwendet wird. Dieser Nebenschlusswiderstand kann in das Anschlussfeld montiert, beispielsweise gelötet, werden. Dabei ist es wichtig, dass die entsprechenden elektrischen Verbindungen so kurz wie möglich ausgestaltet und symmetrisch angeschlossen sind, was durch die Montage des Nebenschlusswiderstands im Anschlussfeld möglich ist. Des Weiteren kann der Nebenschlusswiderstand bei Montage auf dem Gehäuse mit einfachen Mitteln gekühlt werden.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform der erfindungsgemäßen Referenzsolarzellenanordnung werden die Basis- und Emitterkontakte der Referenzsolarzelle mit Kontaktierungsschienen verbunden, die den Strom an derselben Kante der Solarzelle abführen.

Wie schon vorstehend erläutert, dienen elektrische Verbinder dazu, den Strom von den Kontakten an der Solarzelle zum Anschlussfeld zu leiten. Die elektrischen Verbinder können dabei als Kontaktierungsschienen gefertigt sein. Sie bestehen aus einem elektrisch gut leitenden Material und sind in einer bevorzugten Ausführungsform starr. Somit lassen sich die Kontaktierungsschienen kontrolliert im Gehäuse positionieren.

Für hochpräzise Messungen ist es wichtig, genau den Kontaktwiderstand des Basis- und des Emitterkontakts zu kennen, um ihn bei der Auswertung der Messergebnisse korrekt berücksichtigen zu können. Weist die Referenzsolarzelle beispielsweise Stromsammelschienen, sogenannte Busbars, auf ihrer Vorderseite auf sowie Stromsammelschienen in ähnlicher Geometrie und Anordnung auf ihrer Rückseite, kann die innere Verschaltung so ausgestaltet sein, dass sie Kontaktierungsschienen enthält, die die vorderseitigen Stromsammelschienen mit dem Anschlussfeld und die rückseitigen Stromsammelschienen mit dem Anschlussfeld verbinden. In einer

bevorzugten Ausführungsform führen diese Kontaktierungsschienen den Strom an derselben Kante ab und sind sich in ihrer Geometrie ähnlich. Mit einem derartigen Aufbau werden die Unterschiede bei den Kontaktwiderständen des Basis- und des Emitterkontakts deutlich reduziert und eine Auswertung der Messergebnisse erleichtert.

In einer weiteren Ausführungsform der erfindungsgemäßen Referenzsolarzellenanordnung sind die Kontaktierungsschienen elektrisch isoliert voneinander.

Insbesondere wenn die Kontaktierungsschienen von Emitter und Basis an derselben Kante der Referenzsolarzelle abgeführt werden und sich in Geometrie und Anordnung ähneln, könnten sich ohne geeignete Gegenmaßnahmen die Kontaktierungsschienen zumindest teil- und zeitweise berühren. Dies würde zu einem Kurzschluss führen und gilt es selbstredend zu vermeiden.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform der erfindungsgemäßen Referenzsolarzellenanordnung ist die elektrische Isolation der Kontaktierungsschienen von Basis und Emitter durch ein Mehrschichtsystem isolierender Materialien realisiert.

Diese Materialien können beispielsweise Vlies und Ethylenvinylacetat sein. Der Verbund aus beiden Materialien kann die zuverlässige elektrische Isolation der Kontaktierungsschienen gewährleisten. Eine dünne Lage Vlies zwischen den Kontaktierungsschienen stellt dabei die Isolierung sicher, während das Ethylenvinylacetat die Rolle des Verkapselungsmaterials übernimmt.

Sollte ein Temperaturfühler in der Anordnung integriert sein, kann auch dieser durch eine angepasste und entsprechend positionierte Lage Isolationsmaterial, beispielsweise Vlies, von den übrigen Komponenten der Anordnung elektrisch isoliert werden.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform der erfindungsgemäßen Referenzsolarzellenanordnung kann die elektrische Isolation der

Kontaktierungsschienen durch Einbettung derselben in ein isolierendes Verkapselungsmaterial, beispielsweise Ethylenvinylacetat, erfolgen.

Hierfür wird das Verkapselungsmaterial bei Temperaturen oberhalb des materialtypischen Schmelzbereichs aufgeschmolzen. Nach dem Abkühlen liegt ein dauerhafter Verbund vor, der insbesondere wärmebeständig ist und gute Alterungseigenschaften aufweist. Bei dieser Variante der Isolation der inneren Schaltung erspart man sich den Einsatz separater dünner Isolationsschichten, wie beispielsweise Vlies.

Eine andere Variante ist die Verwendung von mehrlagigen flexiblen Leiterfolien oder Leiterplatten, die ebenfalls eine zuverlässige und stabile elektrische Isolation der inneren Schaltung gewährleistet und ohne ein aufwändiges Mehrlagensystem auskommt.

Sollte die Referenzsolarzellenanordnung einen Temperaturfühler enthalten, müssen in der Regel auch hierfür elektrische Verbindungen zum Anschlussfeld gelegt werden. Es ist darauf zu achten, dass in diesem Fall auch die elektrischen Verbindungen des Temperaturfühlers gegenüber den Kontaktierungsschienen elektrisch voneinander isoliert sind.

Des Weiteren umfasst die Erfindung eine Referenzsolarzellenanordnung, die mehrere Solarzellen enthält. Eine derartige Referenzsolarzellenanordnung wird im Folgenden auch als Referenzsolarmodul bezeichnet.

Ein Referenzsolarmodul wird insbesondere für kalibrierende Messungen von Solarmodulen benötigt. Analog zu kleinflächigen Referenzsolarzellen, die man sukzessive an verschiedenen Orten im Messbereich positioniert und jeweils separate Messungen durchführt, um damit einen Anhaltspunkt von einer Referenzmessung über den gesamten Messbereich zu gewinnen, ist es auch möglich, mit einer einfachen Referenzsolarzelle durch sukzessive Messungen die komplette Fläche eines zu untersuchenden Solarmoduls abzudecken. Diese Art der Referenzmessung auf Modulebene ist allerdings ebenso fehlerbehaftet wie die Referenzmessung an großflächigen Solarzellen mithilfe einer kleinflächigen Referenzsolarzelle. Ein

Referenzsolarmodul mit einer vergleichbaren Apertur wie die zu untersuchenden Solarmodule ist daher wünschenswert.

Diese Problemstellung wird gelöst durch den Einsatz eines erfindungsgemäßen Referenzsolarmoduls, also einer Referenzsolarzellenanordnung, die mehrere Solarzellen umfasst. Es enthält idealerweise Solarzellen, die ähnliche geometrische und spektrale Eigenschaften aufweisen wie die Solarzellen in dem zu untersuchenden Solarmodul. Das Referenzsolarmodul besteht neben den Solarzellen ebenso aus einem Gehäuse, einer Verkapselung und einem Anschlussfeld. Die Verschaltung der einzelnen Solarzellen untereinander ist sinnvoll zu wählen. Werden alle Solarzellen einzeln kontaktiert, sind potenziell alle vorhandenen Solarzellen elektrisch aktiv. Es ist andererseits auch möglich, nur einzelne Solarzellen zu kontaktieren und zu verschalten, so dass nur diese elektrisch aktiv sind und zur Referenzmessung beitragen. Analog zu der Referenzsolarzellenanordnung ist auch bei der Konstruktion des Referenzsolarmoduls vor allem auf die dauerhafte Erhaltung der Solarmoduleigenschaften und präzise und reproduzierbare Solarmodulkenngrößen zu achten.

Nachfolgend soll die Erfindung anhand mehrerer Figuren näher erläutert werden. Des Weiteren wird ein Ausführungsbeispiel der Erfindung beschrieben. Es zeigen

Figur 1: Gehäuse einer Referenzsolarzellenanordnung

Figur 2: Aufbau einer Referenzsolarzelle

Figur 3: Querschnitt einer Referenzsolarzelle

Figur 4: Verdeutlichung einer verbesserten Winkelakzeptanz der Referenzsolarzellenanordnung

Figur 5: Aufbau eines Referenzsolarmoduls

Die Figur 1 zeigt schematisch einen Teil des Gehäuses 1 einer Referenzsolarzellenanordnung. Es besteht beispielsweise aus Aluminium, das eloxiert und schwarz gefärbt wurde. Es besitzt ein Anschlussfeld 2, das der Verschaltung der

elektrischen Verbinder dient und Öffnungen für die Anschlussstecker 4 trägt. Zwei Öffnungen sind für den Basis- und Emitterkontakt der Referenzsolarzelle vorgesehen, die dritte Öffnung für das Widerstandsthermometer, d.h. den Temperaturfühler. Möchte man beispielsweise einen Nebenschlusswiderstand anschließen, ist dies intern im Anschlussfeld möglich.

Das Anschlussfeld 2 ermöglicht eine dauerhafte und präzise reproduzierbare Kontaktierung. Die Form des Anschlussfeldes 2 dient darüber hinaus als Handhabungshilfe, trägt die Befestigungsbohrungen 3 und stellt den mechanischen Schwerpunkt des Gehäuses dar.

Die Figur 2 zeigt den Aufbau einer Referenzsolarzelle 42 als Explosionszeichnung. Der Aufbau ist dargestellt mit der Frontseite nach unten. Eine Rückseitenfolie 21 schließt den Verbund nach unten ab. Diese kann beispielsweise aus einem dreilagigen TPT-Aufbau bestehen, nämlich einer Hochleistungs-Polyethylenerephthalat-Folie zur elektrischen Isolation zwischen zwei Tedlar® -Folien.

Zwei Lagen Verkapselungsmaterial 22, bestehend z.B. aus Ethylenvinylacetat, sorgen für eine homogene thermische Ankopplung und schützen den Zellaufbau vor Druck während des Laminationsprozesses. Die Kontakte eines präzisen Temperaturfühlers in Vierleiter-Ausführung 24, z.B. ein Pt100-Sensor gemäß DIN EN 60751:2009-05, werden durch ein Vlies 23 elektrisch von der Rückseite des aktiven Bereichs 25 der Solarzelle 42 getrennt. Die elektrische Isolation wird dabei nur für die Kontakte des Temperaturfühlers 24 realisiert; der Pt100-Sensor hat direkten thermischen und elektrischen Kontakt zur Solarzellenrückseite. Der aktive Bereich 25 der Solarzelle 42 kann technologisch in verschiedenen Formen ausgeführt sein, beispielsweise kann sie eine kristalline Silicium-Solarzelle sein (monokristallin, multikristallin, quasi-monokristallin), aus Verbindungshalbleitern bestehen (z.B. III-V-Halbleiter oder II-VI-Halbleiter), aus organischen Halbleitern bestehen, eine Farbstoffsolarzelle oder Dünnschichtsolarzelle sein. Als Beispiel für eine Silicium-Solarzelle sei eine handelsübliche multikristalline Solarzelle in der Größe 156 mm x 156 mm genannt.

Ein Verbund aus Verkapselungsmaterial 26 und Vlies 27 isoliert Basiskontakte 28- und Emitterkontakte 28' des aktiven Bereichs 25 der Solarzelle 42 elektrisch voneinander. Der Emitterkontakt 28‘ sowie der Basiskontakt 28 sind jeweils in

Vierleitertechnik ausgeführt um ohmsche Widerstandseffekte zu minimieren. Ein weiterer Verbund aus Verkapselungsmaterial 29 und Rückseitenfolie 30 dient als Abdeckung zur Frontseite um Reflexionen zu vermeiden. Als Frontseitenabdeckung dient ein äußeres Verkapselungsmaterial 31 und eine Glasscheibe 32. Als Glasscheibe kann z.B. eisenarmes Floatglas in Form von Einscheiben-Sicherheits-Glas verwendet werden. Dies verbessert die Transmission und erhöht die Sicherheit im Falle eines Glasbruchs.

Die Figur 3 zeigt den Querschnitt der verkapselten Referenzsolarzelle. Die nummerierten Elemente sind in der Beschreibung von Figur 2 näher erläutert. Die Figur 3 verdeutlicht, dass das Problem der elektrischen Isolation der einzelnen Komponenten Basiskontakt 28, Emitterkontakt 28' und Temperatursensor 24 durch ein innovatives Mehrschichtensystem aus Verkapselungsmaterial 31, Vlies 27 und Rückseitenfolie 30 gelöst wurde.

Die Figur 4 verdeutlicht das Konzept der Winkelakzeptanz bei Referenzsolarzellenanordnungen und wie die Winkelakzeptanz in der vorliegenden Erfindung optimiert wurde. Der Gehäuserahmen 41 stellt die seitliche Begrenzung der Referenzsolarzellenanordnung dar und besteht beispielsweise aus schwarz eloxiertem Aluminium. Auf der Vorderseite der Anordnung ist der Rahmen zur in den Figuren 2 und 3 näher gezeigten Referenzsolarzelle 42 hin in einem Winkel abgeflacht, der beispielsweise im Bereich 5° bis 15° liegt. Die Referenzsolarzelle 42 ist eingebettet in ein weiteres Verkapselungsmaterial 43. Zur Vorderseite ist der Aufbau mit einer Glasscheibe 44, etwa Einscheiben-Sicherheits-Glas, geschützt.

Treffen nun Strahlen 45, ausgehend von einer Strahlungsquelle 46, auf die Referenzsolarzellenanordnung, hängt es von der Ausgestaltung des Gehäuserahmens sowie von der Positionierung der Referenzsolarzelle 42 relativ zum Abschluss des Gehäuserahmens 41 ab, ob und gegebenenfalls bei welchem Einstrahlungswinkel die Referenzsolarzelle 42 partiell oder komplett vom Gehäuserahmen 41 abgeschattet wird. In Figur 4 ist der Einstrahlungswinkel der Strahlungsquelle 46 gezeigt, der in Bezug zur Normalen der Referenzsolarzelle 42 maximal groß ist, um noch keine Verschattung der Referenzsolarzelle 42 zu bewirken. Vergrößert sich der Einstrahlungswinkel, werden die der Strahlungsquelle 46

zugewandten seitlichen Bereiche der Referenzsolarzelle 42 partiell abgeschattet. In der Praxis muss oftmals ein Kompromiss gewählt werden zwischen einer größtmöglichen Winkelakzeptanz auf der einen Seite und einer Gehäuserahmenhöhe, die noch eine ausreichend gute mechanische Stabilität gibt, einer technologisch sinnvollen Dicke des Abdeckglases sowie einem sinnvollen Abstand der Referenzsolarzelle 42 zum Abschluss des Gehäuserahmens 41 auf der anderen Seite.

Die Figur 5 beschreibt den Aufbau einer Referenzsolarmoduls 51 mit neun Solarzellen, die den vorher beschriebenen Referenzsolarzellen 42 entsprechen und zur Unterscheidung voneinander vorliegend mit 52 und 53a bis 53h nummeriert sind. Beispielsweise ist nur die Solarzelle 52 kontaktiert und somit elektrisch aktiv, während die übrigen Solarzellen 53a bis 53h nicht kontaktiert und somit elektrisch inaktiv sind. Andererseits ist es ebenso möglich, dass mehrere Solarzellen kontaktiert und elektrisch aktiv sind.

Wird nun mit diesem Referenzsolarmodul 51 eine Referenzmessung an einem zu untersuchenden Solarmodul vorgenommen, hat die Verwendung des beschriebenen Referenzsolarzellenmoduls 51 mit mehreren Solarzellen Vorteile gegenüber der Referenzmessung an einem zu untersuchenden Solarmodul mit einer Referenzsolarzellenanordnung, die nur eine Solarzelle umfasst.

So können bei einer Referenzmessung mit einem Referenzsolarmodul Einflüsse der benachbarten Solarzellen untereinander berücksichtigt werden, z.B. Reflektionen oder Wärmeleitungseffekte. Wird des Weiteren eine Anordnung gewählt, bei der mehrere Solarzellen kontaktiert und elektrisch aktiv sind, so dass sich die Apertur des zu untersuchenden Solarmoduls und des Referenzmoduls angleichen, hat dies weitere Vorteile, insbesondere bei inhomogenen Strahlungsquellen.

Patentansprüche

1. Referenzsolarzellenanordnung, umfassend eine Solarzelle (42) mit einer ersten Solarzellenhauptoberfläche und einer zweiten Solarzellenhauptoberfläche, und ein Gehäuse (41), in dem die Solarzelle (42) eingebaut ist, wobei das Gehäuse (41) ein Anschlussfeld (2) aufweist, mithilfe dessen sich, abgehend von der Solarzelle (42), eine das Gehäuse (41) verlassende elektrische Verbindung einrichten lässt,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Solarzellenhauptoberfläche, die nicht zur Bestrahlung mit einfallendem Licht vorgesehen ist, nicht vollflächig elektrisch kontaktiert ist.

2. Referenzsolarzellenanordnung nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Referenzsolarzellenanordnung einen Temperaturfühler (24) enthält, der im thermischen Kontakt zur Solarzelle (42) steht.

3. Referenzsolarzellenanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Solarzelle (42) aus einer breiten Auswahl von Solarzellen auswählbar ist und/oder die Verwendung von verschiedenen Front-, Verkapselungs- und Rückseitenmaterialien (29, 30, 31) möglich ist.

4. Referenzsolarzellenanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Rahmen des Gehäuses (41) derartig gestaltet ist, dass die Winkelakzeptanz der Referenzsolarzellenanordnung mindestens 160°, vorzugsweise mindestens 170°, beträgt.

5. Referenzsolarzellenanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
das Gehäuse (41) derartig gestaltet ist, dass die Gesamthöhe der Referenzsolarzellenanordnung höchstens 30 mm, bevorzugt höchstens 20 mm, besonders bevorzugt höchstens 10 mm, beträgt.

6. Referenzsolarzellenanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, *dadurch gekennzeichnet, dass*
eine über die Solarzellenhauptoberfläche, die nicht zur Bestrahlung mit einfallendem Licht vorgesehen ist, homogene thermische Ankopplung der Solarzelle an das Gehäuse (41) und die Umgebung gewährleistet ist.

7. Referenzsolarzellenanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, *dadurch gekennzeichnet, dass*
das Gehäuse (41) so ausgebildet ist, dass parasitäre horizontale Lichtleitungseffekte in einer transparenten Abdeckung (32) des Gehäuses (41) minimiert werden.

8. Referenzsolarzellenanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, *dadurch gekennzeichnet, dass*
Basis (28'), Emitter (28') und Anschlussfeld (2) sowie Verbindungen von Basis und Emitter zum Anschlussfeld (2) potenzialfrei zum Gehäuse (41) ausgeführt sind.

9. Referenzsolarzellenanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, *dadurch gekennzeichnet, dass*
das Anschlussfeld (2) eine Kontaktierung und Aufnahme des Nebenschlusswiderstands ermöglicht.

10. Referenzsolarzellenanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, *dadurch gekennzeichnet, dass*
Basis- und Emitterkontakte (28') der Solarzelle mit Kontaktierungsschienen verbunden sind und die Kontaktierungsschienen ausgebildet sind, den Strom an der gleichen Kante der Solarzelle zu- und/oder abzuführen.

11. Referenzsolarzellenanordnung nach Anspruch 10, *dadurch gekennzeichnet, dass*
die Kontaktierungsschienen voneinander elektrisch isoliert sind.

12. Referenzsolarzellenanordnung nach Anspruch 11, *dadurch gekennzeichnet, dass*

zur elektrischen Isolation der Kontaktierungsschienen von Basis (28') und Emitter (28') die Kontaktierungsschienen in ein Verkapselungsmaterial, das einen isolierenden Abstandshalter, vorzugsweise Vlies und Ethylenvinylacetat, enthält oder umfasst, eingebettet sind.

13. Referenzsolarzellenanordnung nach einem der Ansprüche 2 bis 12, *dadurch gekennzeichnet, dass* der Temperaturfühler (24) gegenüber den Kontaktierungsschienen von Basis (28') und Emitter (28') und gegenüber dem Gehäuse (41) elektrisch isoliert ist.

14. Referenzsolarzellenanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, *dadurch gekennzeichnet, dass* die Referenzsolarzellenanordnung mindestens zwei Solarzellen umfasst und ein Referenzsolarmodul (51) bildet.

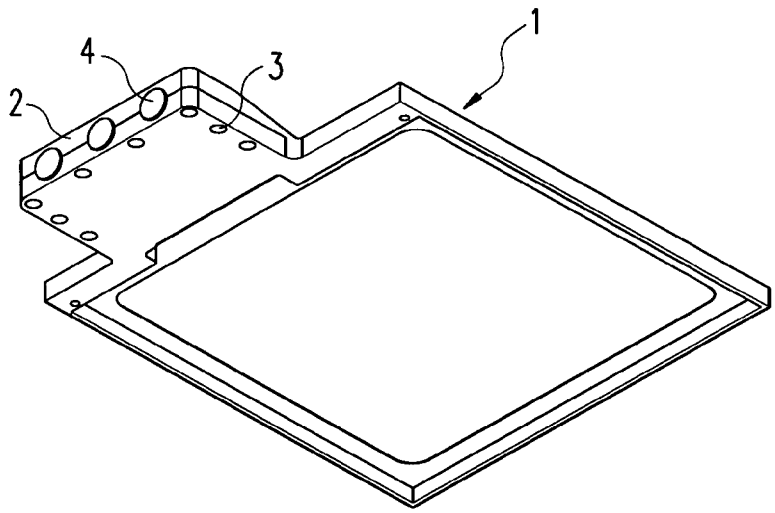


Fig. 1

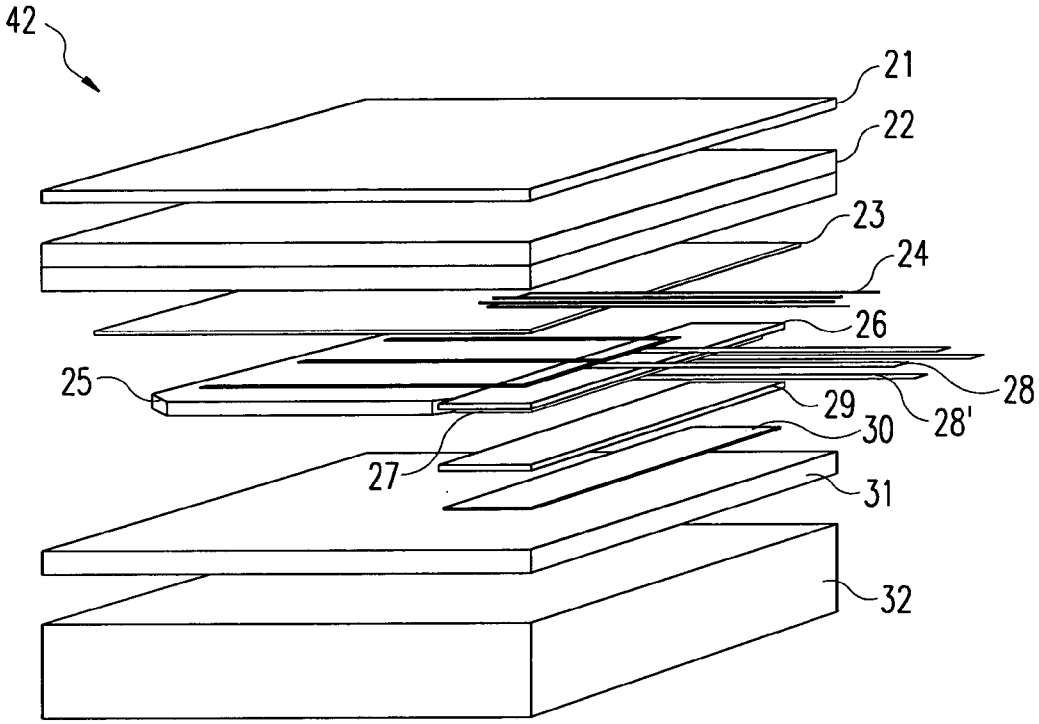

42
21
22
23
24
26
25
28
29
28'
30
27
31
32

Fig. 2

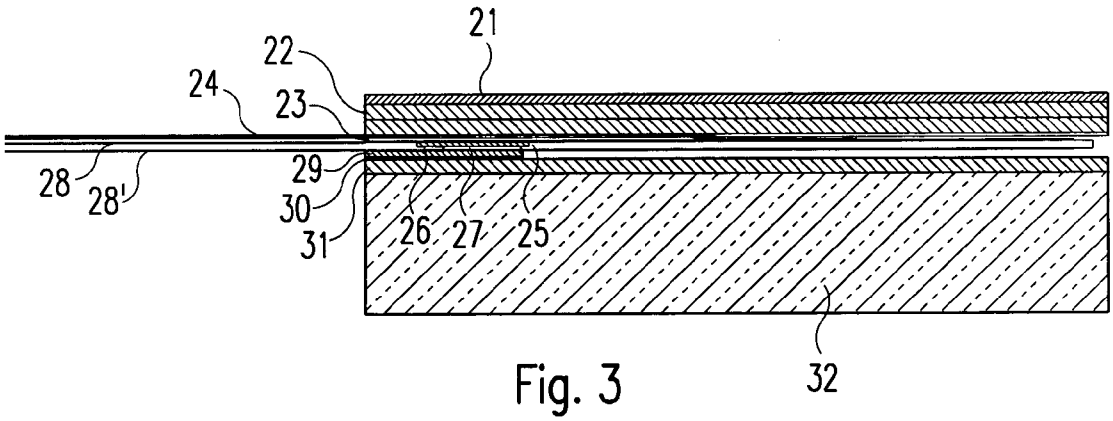

21
22
24
23
28
28'
29
30
31
26
27
25
32

Fig. 3

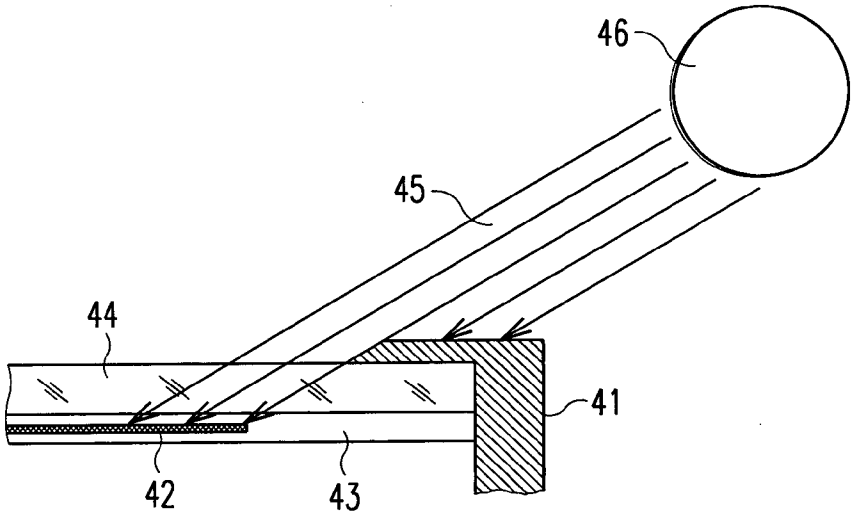


Fig. 4

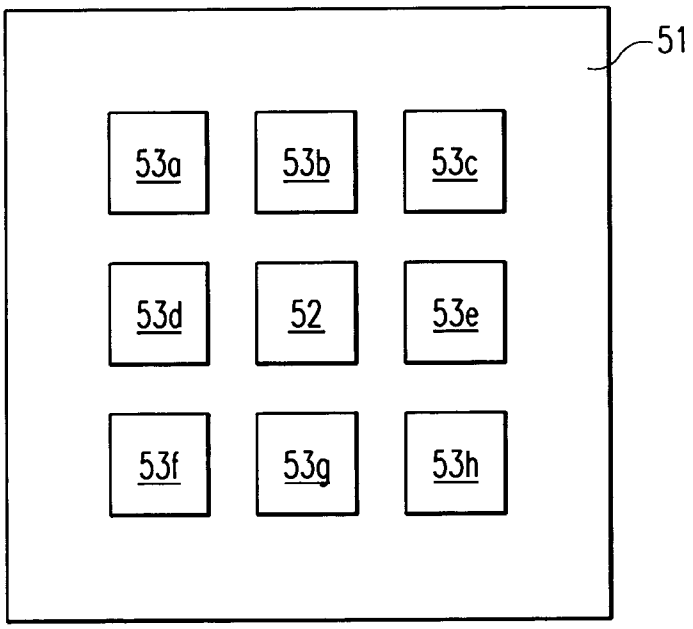


Fig. 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2014/050765

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. H01L31/0224 H01L31/048 G01R31/26
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 G01R

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	C. R. OSTERWALD ET AL: "The world photovoltaic scale: an international reference cell calibration program", PROGRESS IN PHOTOVOLTAICS: RESEARCH AND APPLICATIONS, vol. 7, no. 4, 31 August 1999 (1999-08-31) , pages 287-297, XP055117549, ISSN: 1062-7995, DOI: 10.1002/(SICI)1099-159X(199907/08)7:4<287: :AID-PIP259>3.3.CO;2-9	1-13
Y	figures 2, 3 Nr. (ix); page 289 page 291, last line - page 292, line 3 Nrn. (viii), (ii), (vi), (vii), (xii); page 289 page 292, paragraphs 5, 6	2,13

-/--

[X] Further documents are listed in the continuation of Box C.

[X] 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
13 May 2014	20/05/2014

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Czogalla, Thomas

1

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (April 2005)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2014/050765

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	EP 1 662 582 A2 (SANYO ELECTRIC CO [JP]) 31 May 2006 (2006-05-31) paragraphs [0066], [0033], [0054]; figure 8 paragraphs [0031] - [0035] page 9, lines 12-14; figure 1 -----	1,3-12, 14 2,13
X	EP 2 302 692 A1 (SHARP KK [JP]) 30 March 2011 (2011-03-30) paragraphs [0025] - [0028], [0062]; figures 1A-1D paragraphs [0053] - [0056] -----	1,14

1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/EP2014/050765

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 1662582 A2	31-05-2006	CN 1779993 A	31-05-2006
		EP 1662582 A2	31-05-2006
		JP 4404753 B2	27-01-2010
		JP 2006147984 A	08-06-2006
		US 2006107991 A1	25-05-2006
EP 2302692 A1	30-03-2011	CN 102077361 A	25-05-2011
		EP 2302692 A1	30-03-2011
		JP 4838827 B2	14-12-2011
		JP 2010016074 A	21-01-2010
		KR 20110014231 A	10-02-2011
		US 2011094562 A1	28-04-2011
		WO 2010001927 A1	07-01-2010

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2014/050765

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. H01L31/0224 H01L31/048 G01R31/26
ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
H01L G01R

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	C. R. OSTERWALD ET AL: "The world photovoltaic scale: an international reference cell calibration program", PROGRESS IN PHOTOVOLTAICS: RESEARCH AND APPLICATIONS, Bd. 7, Nr. 4, 31. August 1999 (1999-08-31) , Seiten 287-297, XP055117549, ISSN: 1062-7995, DOI: 10.1002/(SICI)1099-159X(199907/08)7:4<287: :AID-PIP259>3.3.CO;2-9	1-13
Y	Abbildungen 2, 3 Nr. (ix); Seite 289 Seite 291, letzte Zeile - Seite 292, Zeile 3 Nrn. (viii), (ii), (vi), (vii), (xii); Seite 289 Seite 292, Absätze 5, 6	2,13

-/--

[X] Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen [X] 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 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 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
13. Mai 2014	20/05/2014

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

1

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X Y	EP 1 662 582 A2 (SANYO ELECTRIC CO [JP]) 31. Mai 2006 (2006-05-31) Absätze [0066], [0033], [0054]; Abbildung 8 Absätze [0031] - [0035] Seite 9, Zeilen 12-14; Abbildung 1 -----	1,3-12, 14 2,13
X	EP 2 302 692 A1 (SHARP KK [JP]) 30. März 2011 (2011-03-30) Absätze [0025] - [0028], [0062]; Abbildungen 1A-1D Absätze [0053] - [0056] -----	1,14

1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2014/050765

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 1662582 A2	31-05-2006	CN 1779993 A	31-05-2006
		EP 1662582 A2	31-05-2006
		JP 4404753 B2	27-01-2010
		JP 2006147984 A	08-06-2006
		US 2006107991 A1	25-05-2006
EP 2302692 A1	30-03-2011	CN 102077361 A	25-05-2011
		EP 2302692 A1	30-03-2011
		JP 4838827 B2	14-12-2011
		JP 2010016074 A	21-01-2010
		KR 20110014231 A	10-02-2011
		US 2011094562 A1	28-04-2011
		WO 2010001927 A1	07-01-2010