

(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. März 2011 (24.03.2011)

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2011/033025 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation:
G01J 1/08 (2006.01) *F21S 8/00* (2006.01)
G01J 3/02 (2006.01) *G01R 31/26* (2006.01)
G01J 3/51 (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2010/063624
- (22) Internationales Anmeldedatum:
16. September 2010 (16.09.2010)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
61/242,905 16. September 2009 (16.09.2009) US
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **OERLIKON SOLAR AG, TRÜBBACH** [CH/CH]; Hauptstrasse 1a, CH-9477 Trübbach (CH).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **ADELHELM, Ralf** [DE/DE]; Ricarda-Huch Str. 10, 79114 Freiburg (DE). **MEIER, Johannes** [CH/CH]; Chemin des vignes 3, CH-2035 Corcelles (CH).
- (74) Anwalt: **MICHALSKI HÜTTERMANN & PARTNER**; Neuer Zollhof 2, 40221 Düsseldorf (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, 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, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD AND ARRANGEMENT FOR ADJUSTING A SOLAR SIMULATOR

(54) Bezeichnung : VERFAHREN UND ANORDNUNG ZUM EINSTELLEN EINES SOLARSIMULATORS

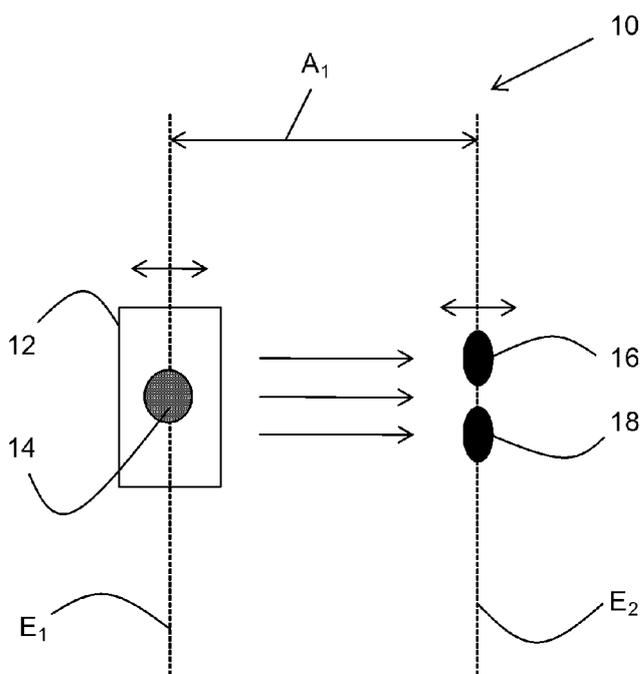


Fig. 2

(57) Abstract: The present invention relates to a method for adjusting a solar simulator (12), particularly for adjusting the spectral exposure rate of a solar simulator (12). By means of the method according to the invention, the spectral exposure rate in particular can be adjusted very precisely, improving a subsequent measurement of a solar cell, for example, with respect to the opto-electronic properties thereof. The method comprises the steps according to the invention: a) disposing a solar simulator in a plane E1; b) disposing at least two detectors in a test plane E2, wherein the test plane E2 comprises a defined distance A1 to the plane E1, and wherein each of the detectors comprises a spectral sensitivity in a different spectral range; c) irradiating the at least two detectors with light of a wavelength range of 250 nm to 4 μm, particularly 300 nm - 1900 nm, particularly preferably 300 nm - 1200 nm; d) changing the distance A1 or adjusting the lamp power of the solar simulator such that the first detector reaches a defined target value; e) checking the actual value of the second detector (18); f) reducing the distance A1 and lowering the lamp power of the solar simulator in the case where the impinging light has too short a wavelength, or increasing the distance A1 and raising the lamp power of the solar simulation in the case where the impinging light has too long a wavelength, and g) repeating the steps d) through f) in the case where the actual values of the detectors deviate from the target values thereof.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2011/033025 A1

**Veröffentlicht:**

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Einstellen eines Solarsimulators (12), insbesondere zum Einstellen der spektralen Bestrahlungsstärke eines Solarsimulators (12). Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren kann insbesondere die spektrale Bestrahlungsstärke sehr genau eingestellt werden, was beispielsweise ein darauffolgendes Vermessen einer Solarzelle mit Bezug auf ihre opto-elektronischen Eigenschaften verbessert. Das Verfahren umfasst erfindungsgemäß die Schritte: a) Anordnen eines Solarsimulators in einer Ebene E1; b) Anordnen wenigstens zweier Detektoren in einer Testebene E2, wobei die Testebene E2 einen definierten Abstand A1 zu der Ebene E1 aufweist, und wobei die Detektoren eine spektrale Empfindlichkeit in einem jeweils unterschiedlichen spektralen Bereich aufweisen; c) Bestrahlen der wenigstens zwei Detektoren mit Licht eines Wellenlängenbereichs von 250nm bis 4µm, insbesondere 300nm-1900nm, besonders bevorzugt 300nm-1200nm; d) Verändern des Abstands A1 oder Einstellen der Lampenleistung des Solarsimulators derart, dass der erste Detektor einen definierten Sollwert erreicht; e) Überprüfen des Ist-Werts des zweiten Detektors (18); f) Verkleinern des Abstands A1 und Verringern der Lampenleistung des Solarsimulators für den Fall, dass das eingestrahlte Licht zu kurzwellig ist, oder Vergrößern des Abstands A1 und Vergrößern der Lampenleistung des Solarsimulators für den Fall, dass das eingestrahlte Licht zu langwellig ist, und g) Wiederholen der Schritte d) bis f) für den Fall, dass die Ist-Werte der Detektoren) von ihren Sollwerten abweichen.

Beschreibung

Verfahren und Anordnung zum Einstellen eines Solarsimulators

Technisches Gebiet

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Anordnung zum Einstellen eines Solarsimulators. Die vorliegende Erfindung betrifft insbesondere ein Verfahren und eine Anordnung zum Einstellen der optimalen spektralen Bestrahlungsstärke eines Solarsimulators zum Messen von Kenngrößen von Mehrfachsolarzellen.

Stand der Technik

- [0002] Die genaue Messung opto-elektronischer Kenngrößen, wie etwa der elektrischen Leistung oder der Strom-Spannungskennlinie, von Solarzellen und Solarmodulen mit einem oder mehreren pn-Übergängen, insbesondere Ein-, Tandem- oder Mehrfachsolarzellen, ist für die Charakterisierung und Qualitätskontrolle von photovoltaischen Elementen von großer Bedeutung.
- [0003] Die Forderung nach hoher und höchster Messgenauigkeit der elektrischen Kenngrößen von Solarzellen besteht von Seiten der Zellen-Hersteller ebenso wie von Anwendern der Photovoltaik. Zentrale Schwierigkeit ist die Erzeugung und Messung von optischer Strahlung in einem geeigneten solaren Spektralbereich.
- [0004] Zur Messung der elektrischen Leistung und anderer opto-elektrischer beziehungsweise opto-elektronischer Kenngrößen von photovoltaischen Elementen werden Solarsimulatoren zur Erzeugung einer Strahlung als Ersatz der solaren Strahlung eingesetzt. Ein typischer, kommerzieller, gepulster Solarsimulator, auch als „Flasher“ bezeichnet, wird oftmals mit einer gepulsten Xenonlampe betrieben.
- [0005] Solarsimulatoren beziehungsweise Sonnensimulatoren mit kontinuierlicher Bestrahlung oder gepulster Bestrahlung von Solarzellen sind kommerziell erhältlich. Die Anforderungen hinsichtlich der zeitlichen und räumlichen Homogenität der Bestrahlungsstärke sowie die Anforderungen an die spektrale Bestrahlungsstärke werden beispielsweise in IEC 60904-9 klassifiziert.

- [0006] Die Auswahl der optimalen Leistung einer Xenonlampe unterliegt vielen Kriterien, die in erster Linie durch die Eigenschaften der Lampe selbst bei der Herstellung bestimmt sind. In gepulstem Betrieb der Lampe ergibt sich in einem nominalen und festen Abstand die nominale Bestrahlungsstärke. Damit sind Lampenleistung und nominaler Abstand durch Vorgabe einer Bestrahlungsstärke oder durch Vorgabe eines Referenzdetektors festgelegt. Typischerweise wird die Leistung der Xenonlampe durch die Spannung der Ladekondensatoren vorgegeben, womit die Einstellung der Ladespannung die Vorgabe der Lampenleistung darstellt. Auch findet eine Leistungselektronik zur Steuerung der Lampenleistung ihren Einsatz. Weiterhin kann auch die Lampenleistung während des Pulses geregelt werden, was mittels eines Strahlungsdetektors mit einem Sollwert geschieht, etwa mittels Referenzsolarzellen gemäß IEC60904-2. Damit wird die Bestrahlungsstärke der Lampe konstant gehalten.
- [0007] Allgemein betrachtet ist die exakte Nachbildung des Sonnenspektrums problematisch. Die technische Nachbildung eines Referenzspektrums mittels eines Solarsimulators nach Stand der Technik hat damit keine befriedigende Qualität. Jedes noch so aufwendige optische Konzept eines Solarsimulators, welches im Kern auf Filterung von Strahlung beruht, ist durch die optischen Transmissions- und Reflexionsgrade der verwendeten Filter beschränkt. Die Transmissions- und Reflexionsgrade aller optischer Filter zeichnen sich durch ihre filtertypischen Bandeneigenschaften aus, die typischerweise keine Korrelation zu spektralen Empfindlichkeiten der Solarzellen oder zu den spektralen Verläufen der Referenzspektren haben.
- [0008] Diese systembedingte Ungenauigkeit der Filter resultiert in einer Messunsicherheit des eigentlichen Testobjekts, der Solarzelle oder des Solarmoduls, was die Messgenauigkeit von Leistungsmessungen ins-besondere von Mehrfachsolarzellen wesentlich herabsetzen kann.

Darstellung der Erfindung

- [0009] Es ist daher die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren und eine Anordnung zum Einstellen der spektralen Bestrahlungsstärke eines

Solarsimulators zu schaffen, mit denen das Messen von spezifischen Kenngrößen einer Solarzelle, wie insbesondere die elektrische Leistung oder die Strom-Spannungskennlinie, genau und einfach durchführbar ist.

[0010] Diese Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren gemäß Anspruch 1 und eine Anordnung gemäß Anspruch 7. Besonders bevorzugte Ausgestaltungen sind in den Unteransprüchen angegeben.

[0011] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Einstellen eines Solarsimulators, insbesondere zum Einstellen der spektralen Bestrahlungsstärke eines Solarsimulators, umfassend die Schritte:

- a) Anordnen eines Solarsimulators in einer Ebene E_1 ;
- b) Anordnen wenigstens zweier Detektoren in einer Testebene E_2 , wobei die Testebene E_2 einen definierten Abstand A_1 zu der Ebene E_1 aufweist, und wobei die Detektoren eine spektrale Empfindlichkeit in einem jeweils unterschiedlichen spektralen Bereich aufweisen;
- c) Bestrahlen der wenigstens zwei Detektoren mit Licht eines Wellenlängenbereichs von 250nm bis 4 μ m, insbesondere 300nm-1900nm, besonders bevorzugt 300nm-1200nm;
- d) Verändern des Abstands A_1 oder Einstellen der Lampenleistung des Solarsimulators derart, dass der erste Detektor einen definierten Sollwert erreicht;
- e) Überprüfen des Ist-Werts des zweiten Detektors (18);
- f) Verkleinern des Abstands A_1 und Verringern der Lampenleistung des Solarsimulators für den Fall, dass das eingestrahlte Licht zu kurzwellig ist, oder Vergrößern des Abstands A_1 und Vergrößern der Lampenleistung des Solarsimulators für den Fall, dass das eingestrahlte Licht zu langwellig ist, und
- g) Wiederholen der Schritte d) bis f) für den Fall, dass die Ist-Werte der Detektoren von ihren Sollwerten abweichen.

[0012] Das erfindungsgemäße Verfahren basiert auf einer iterativen Annäherung von dem Abstand der wenigstens zwei Detektoren zu dem Solarsimulator und gleichzeitig von der Lampenleistung des Solarsimulators, bis die von sämtlichen Detektoren gemessenen Ist-Werte der spektralen Bestrahlungsstärke genau den gewünschten Sollwerten entsprechen. Das

Einstellen ist daher erfindungsgemäß insbesondere ein Kalibrieren des Solarsimulators.

- [0013] Das erfindungsgemäße Verfahren zeichnet sich dabei insbesondere aus durch die Verwendung mindestens zweier spektral selektiver Referenzdetektoren. Diese Detektoren weisen jeweils eine Selektivität in einem unterschiedlichen Spektralbereich auf. Einer der Detektoren ist selektiv in einem vergleichsweise energiereichen beziehungsweise kurzwelligen spektralen Anteil und kann auch als blaue Komponentenzelle bezeichnet werden. Ein weiterer Detektor ist selektiv in einem vergleichsweise energiearmen, beziehungsweise langwelligen spektralen Anteil und kann auch als rote Komponentenzelle bezeichnet werden.
- [0014] Die beiden Detektoren beziehungsweise Komponentenzellen sind zweckmäßigerweise mit Kalibrierwerten, also Sollwerten, hinsichtlich des Referenzspektrums auszustatten (IEC60904-2, -4).
- [0015] Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird davon ausgegangen, dass die Ist-Werte der beiden Detektoren beziehungsweise ihre jeweilige spektrale Bestrahlungsstärke von den gewünschten Sollwerten abweichen. Die Sollwerte sind dabei insbesondere von den Detektoren ausgeworfene Daten, wie etwa eine Spannung, die den gewünschten Werten der spektralen Bestrahlungsstärke entsprechen. Typischerweise liegen Soll- und Ist-Werte einige Prozent auseinander.
- [0016] Mit Messung der beiden Detektoren kann die Diskrepanz zwischen den Sollwerten bezüglich des Referenzspektrums und den Ist-Werten unter dem Simulatorspektrum ermittelt werden.
- [0017] Das erfindungsgemäße Verfahren greift dazu die Eigenschaften des leistungsabhängigen spektralen Verlaufs der Lampe beziehungsweise der Beleuchtungseinrichtung des Solarsimulators auf.
- [0018] Dabei wird ausgenutzt, dass bei Beleuchtungseinrichtungen beziehungsweise Lampen in Solarsimulatoren nahe dem nominalen Betriebsstrom der Lampe die spektrale Bestrahlungsstärke im relativen Verlauf zwar weitgehend konstant bleibt. Dagegen geht die Änderung der elektrischen Leistung einer Lampe jedoch einher mit der Änderung des spektralen Verlaufs. Das bedeutet eine Änderung der relativen spektralen

Bestrahlungsstärke. So kann die steigende elektrische Stromdichte in der Lampe mit der Anhebung des kurzwelligen Anteils im Spektrum beobachtet werden. Qualitativ kann für das sichtbare Licht das physikalische Gesetz der Wienschen Verschiebung zu höherer Farbtemperatur bei höherer Lampenleistung erkannt werden.

- [0019] Das Verfahren beginnt bei einem nominalen Abstand zwischen dem Solarsimulator, beziehungsweise zwischen der Lampe des Solarsimulators, und den Detektoren, und einer nominalen Leistung der Beleuchtungseinrichtung des Solarsimulators. Die Nominalwerte sind dabei durch definierte Anfangswerte gegeben, die insbesondere abhängig sind von dem gewählten Solarsimulator beziehungsweise der in dem Solarsimulator verwendeten Lampe und dem verwendeten Detektor.
- [0020] Dabei werden die Detektoren mit Licht einer Wellenlänge in einem Bereich von 250nm bis 4 μ m, insbesondere 300nm-1900nm, besonders bevorzugt 300nm-1200nm, bestrahlt. Derartige Strahlung kann dabei die natürliche Sonnenstrahlung besonders gut imitieren und dadurch die erzielten Messungen besonders genau gestalten.
- [0021] Ausgehend von diesen Nominalwerten beginnt die iterative Annäherung des Abstands zwischen dem Solarsimulator und den Detektoren beziehungsweise der Lampenleistung. Dazu wird zunächst der Sollwert eines Detektors eingestellt, bevor über eine Variation von Abstand und Lampenleistung der Sollwert des zweiten Detektors angenähert wird. Diese Schritte werden so oft wiederholt, bis beide Detektoren ihre Sollwerte erreicht haben. Typische Veränderungen der Verfahrensparameter liegen in der Größenordnung von 10% des nominalen Abstandes sowie 10% der Lampenleistung.
- [0022] Hintergrund des Verfahrens ist dabei stets, eine Erhöhung des kurzwelligen gegenüber dem langwelligen Spektralanteils durch Erhöhung der Leistung mit einhergehender Erhöhung des Abstandes zur Kompensation der Bestrahlungsstärke zu erreichen bzw. eine Senkung des kurzwelligen gegenüber dem langwelligen Spektralbereiches durch Verringerung der Leistung mit einhergehender Verringerung des Abstandes zur Kompensation der Bestrahlungsstärke zu erreichen.

- [0023] Da die Änderung der relativen spektralen Bestrahlungsstärke entscheidend ist, entspricht die Erhöhung beziehungsweise Senkung des kurzwelligen gegenüber dem langwelligen Spektralbereich gleichermaßen die Senkung beziehungsweise Erhöhung des langwelligen gegenüber dem kurzwelligen Spektralbereich. Die absolute spektrale Bestrahlungsstärke wird durch den korrekten Abstand gegeben. Es ist daher frei wählbar, ob in dem Schritt d) mit dem kurzwelligen Detektor, also mit der blauen Komponentenzelle, oder mit dem langwelligen Detektor, also mit der roten Komponentenzelle, gestartet wird.
- [0024] Aufgrund der Verwendung wenigstens zweier Detektoren ist das erfindungsgemäße Verfahren in besonders geeigneter Weise zur Einstellung der spektralen Bestrahlungsstärke eines bevorzugt gepulsten Solarsimulators zur Vermessung von Solarzellen und Solarmodulen mit mindestens zwei aktiven Übergängen geeignet. Das erfindungsgemäße Verfahren ist insbesondere für ein nachfolgendes Vermessen von Mehrfachsolarzellen, wie etwa Tandemsolarzellen, geeignet. Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren kann insbesondere die optimale Einstellung des Spektrums des Solarsimulators für photovoltaische Elemente mit zwei Übergängen gefunden werden.
- [0025] Mehrfachsolarzellen beziehungsweise Tandemsolarzellen umfassen zwei Solarzellen, beziehungsweise Teilzellen, die insbesondere monolithisch übereinander geschichtet sind. Die einzelnen Teilzellen werden dabei auf einen bestimmten Wellenlängenbereich optimiert. Auf diese Weise kann ein breiteres Spektrum des Sonnenlichts absorbiert werden, was den Wirkungsgrad der Mehrfachsolarzellen erhöht.
- [0026] Im Fall von Mehrfachsolarzellen, wie insbesondere Tandem-Modulen (tandem junction), wird neben der Nachbildung eines Referenzspektrums eine zusätzliche, besondere spektrale Einstellmöglichkeit gefordert:
- [0027] Das (resultierende) Spektrum des Solarsimulators soll in den einzelnen Teilzellen einer Mehrfachsolarzelle dieselben Ströme generieren wie es unter dem Referenzspektrum der Fall ist. Dies ist insbesondere bedingt durch die serielle Verschaltung der Mehrfachsolarzellen beziehungsweise der Teilzellen. Da die einzelnen Ströme in der Regel am Testobjekt nicht

messbar sind, da die Tandem-Zellen als Stapel aus Halbleiterschichten hergestellt werden, die nicht mehr individuell zugänglich sind, werden spezielle Strahlungsdetektoren eingesetzt, welche annähernd die spektrale Empfindlichkeit der einzelnen Teilzellen einer Mehrfachsolarzelle besitzen.

- [0028] Diese Forderung wird erfindungsgemäß durch das Vorsehen wenigstens zweier Detektoren erfüllt, wobei die Anzahl der Detektoren an die Anzahl an Teilzellen angepasst sein kann.
- [0029] Zur Vereinfachung werden erfindungsgemäß alle in Frage kommenden Strahlungsempfänger im Folgenden unter dem Begriff „Solarzelle“ zusammengefasst, auch wenn beispielsweise die Empfänger nicht auf den photovoltaischen Effekt beruhen oder beispielsweise nur in Kombination mit weiteren Vorrichtungen die elektrischen Kenngrößen messbar werden.
- [0030] Die sachdienlichen Grenzen dieses Verfahrens sind oftmals insbesondere gegeben durch die Variabilität des spektralen Verlaufs in Abhängigkeit des verfügbaren elektrischen Leistungsbereiches der Lampe sowie in der akzeptablen Inhomogenität in der Testebene, die sich in vielen Fällen ähnlich einer Punktlichtquelle mit abnehmendem Abstand erhöht.
- [0031] Im Rahmen einer vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird der Solarsimulator mit einem Filter verwendet, der an ein Referenzspektrum angepasst ist. Dadurch ist die spektrale Verteilung der Lampe bereits an das solare Referenzspektrum, wie typischerweise AM1.5 global, angepasst, weshalb durch das beschriebene Verfahren nur noch kleinere Ungenauigkeiten ausgeräumt werden müssen. In anderen Worten liegen die Ist-Werte der Detektoren bereits nah an ihren Sollwerten. Besonders bevorzugt werden hier Transmissionsfilter verwendet. Das erfindungsgemäße Verfahren ist dann besonders effektiv und zeitsparend durchführbar.
- [0032] Im Rahmen einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird der Abstand A_1 durch ein Verlagern des Solarsimulators relativ zu der Testebene E_1 verändert. Diese Ausgestaltung ist besonders einfach und ohne unverhältnismäßig hohen apparativen Aufwand möglich.

- [0033] Im Rahmen einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird der Abstand A_1 durch ein Verlagern der Detektoren relativ zu dem Solarsimulator verändert. Diese Ausgestaltung ist insbesondere für eine industrielle Anwendung von Vorteil. Dabei ist es insbesondere möglich, die Verschiebemöglichkeit als Teil einer Zuführvorrichtung auszugestalten, wodurch mit dem Verfahren nicht nur der Solarsimulator einstellbar ist, sondern mit wenigen Schritten auch die zu vermessende Solarzelle vermessen werden kann.
- [0034] Im Rahmen einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird der Solarsimulator mit einem Neutraldichtefilter verwendet. Eine Kombination eines Neutraldichtefilters mit dem erfindungsgemäßen Verfahren erhöht die Einstellmöglichkeiten und macht das erfindungsgemäße Verfahren dadurch deutlich flexibler.
- [0035] Die Erfindung betrifft ferner ein Verfahren zum Vermessen eines Objekts, insbesondere einer Solarzelle, umfassend die Schritte:
- Einstellen des Solarsimulators nach einem erfindungsgemäßen Verfahren unter Verwendung eines Neutraldichtefilters N_1 mit einer Transmission von insbesondere 95% und Vermessen des Objekts,
 - Einstellen der Lampenleistung des Solarsimulators auf einen definierten Sollwert eines Detektors unter Verwendung eines Neutraldichtefilters N_2 , wobei der Neutraldichtefilter N_2 eine Transmission aufweist, die geringer ist als die des Neutraldichtefilters N_1 , insbesondere von 90%, und erneutes Vermessen des Objekts,
 - Einstellen der Lampenleistung auf einen definierten Sollwert eines weiteren Detektors unter Verwendung des Neutraldichtefilters N_2 und erneutes Vermessen der Solarzelle,
 - Einstellen der Lampenleistung auf den Sollwert des ersten Detektors ohne Neutraldichtefilter und erneutes Vermessen des Objekts, und
 - Einstellen der Lampenleistung auf den Sollwert des weiteren Detektors ohne Neutraldichtefilter und erneutes Vermessen des Objekts.
- [0036] Dieses Verfahren dient der Charakterisierung des Objekts im Hinblick auf die Sensitivität einer spektralen Variation und liefert Informationen über das Zusammenspiel der beiden Teilzellen im Objekt. Das Objekt ist dabei

insbesondere eine Mehrfachsolarzelle.

- [0037] Die Erfindung betrifft ferner eine Anordnung zum Einstellen eines Solarsimulators, insbesondere zum Einstellen der spektralen Bestrahlungsstärke eines Solarsimulators, umfassend einen Solarsimulator, der eine Beleuchtungseinrichtung aufweist, mit der Licht in einer Wellenlänge von 250nm bis 4 μ m, insbesondere 300nm-1900nm, besonders bevorzugt 300nm-1200nm, erzeugbar ist, und ferner umfassend wenigstens zwei Detektoren, die für Licht einer jeweils unterschiedlichen Wellenlänge innerhalb der des erzeugten Lichts selektiv sind, und die in einer Testebene E_2 in einem Abstand A_1 von der Ebene E_1 des Solarsimulators angeordnet sind, wobei der Abstand A_1 veränderbar ist.
- [0038] Mit einer derartigen erfindungsgemäßen Anordnung können die mit Bezug auf das erfindungsgemäße Verfahren erläuterten Vorteile erzielt werden.
- [0039] Im Rahmen einer bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Anordnung weist der Solarsimulator eine Xenonlampe als Beleuchtungseinrichtung auf. Eine Xenonlampe ist besonders geeignet, Licht beziehungsweise Strahlung mit einem Spektrum zu erzeugen, das dem des Sonnenlichts besonders ähnlich ist. Die Einstellung des Solarsimulators ist so mit Bezug auf ein anschließendes Vermessen eines Objekts, wie insbesondere einer Solarzelle, besonders geeignet. Besonders bevorzugt ist die Xenonlampe dabei eine Kurzbogen-Hochdruck-Xenonlampe, oder eine auch als Flasher bezeichnete Langbogen-Niederdruck-Xenonlampe.
- [0040] Im Rahmen einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Anordnung weist die Anordnung ferner eine Aufnahme für ein zu vermessendes Objekt, insbesondere für eine Solarzelle auf. Dadurch wird ermöglicht, dass in direktem Anschluss an das Einstellen des Solarsimulators das zu vermessende Objekt, insbesondere eine Solarzelle, vermessen werden kann. Dadurch ist die Anordnung autark und ferner für ein besonders zeitsparendes Messen der Solarzelle geeignet.
- [0041] Im Rahmen einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der

erfindungsgemäßen Anordnung ist der Solarsimulator zum Verändern des Abstands A_1 verlagerbar ausgestaltet. Diese Ausgestaltung ist besonders einfach und ohne unverhältnismäßig hohen apparativen Aufwand möglich.

[0042] Im Rahmen einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Anordnung sind die wenigstens zwei Detektoren zum Verändern des Abstands A_1 verlagerbar ausgestaltet. Diese Ausgestaltung ist insbesondere für eine industrielle Anwendung von Vorteil. Dabei ist es insbesondere möglich, ein Verlagerungsmittel als Teil einer Zuführvorrichtung auszugestalten, wodurch mit dem Verfahren nicht nur der Solarsimulator einstellbar ist, sondern mit wenigen Schritten auch die zu vermessende Solarzelle vermessen werden kann.

[0043] Im Rahmen einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Anordnung sind die wenigstens zwei Detektoren orthogonal zu der optischen Achse des durch die Beleuchtungseinrichtung erzeugten Lichts beziehungsweise der erzeugten Strahlung angeordnet. In dieser Ausgestaltung sind besonders gute Ergebnisse mit Bezug auf die Genauigkeit der eingestellten spektralen Bestrahlungsstärke erzielbar.

[0044] Im Rahmen einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Anordnung ist eine Linearverschiebung für den Solarsimulator und/oder für die wenigstens zwei Detektoren zum Verändern des Abstands A_1 vorgesehen. Dies ist eine besonders einfache und verlässliche Möglichkeit der Verlagerung des Solarsimulators und/oder der Detektoren, mit der ferner auch kleinste Verlagerungen genau und reproduzierbar durchführbar sind.

[0045] Im Rahmen einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Anordnung weist der Solarsimulator einen Neutraldichtefilter auf. Insbesondere weist der Neutraldichtefilter dabei eine Transmission von 90% oder von 95% auf.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0046] Die erfindungsgemäßen Gegenstände werden mit Bezug auf weitere Vorteile und vorteilhafte Ausgestaltungen durch die Figuren veranschaulicht und in der nachfolgenden Beschreibung erläutert. Dabei

ist zu beachten, dass die Figuren nur beschreibenden Charakter haben und nicht dazu gedacht sind, die Erfindung in irgendeiner Form einzuschränken.

[0047] Es zeigen:

[0048] Fig.1 ein Verfahrensschema des erfindungsgemäßen Verfahrens, und

[0049] Fig. 2 eine erfindungsgemäße Anordnung zum Einstellen eines Solarsimulators.

Detaillierte Beschreibung der Zeichnungen

[0050] In Figur 1 ist das erfindungsgemäße Verfahren anhand eines Verfahrensschemas gezeigt.

[0051] Erfindungsgemäß wird davon ausgegangen, dass die Ist-Werte der wenigstens zwei Detektoren und damit die von der Beleuchtungseinrichtung erzeugte Strahlung von den gewünschten Bedingungen beziehungsweise Sollwerten abweichen, weshalb die Einstellung des Solarsimulators, insbesondere die Einstellung der spektralen Bestrahlungsstärke des Solarsimulators, notwendig wird.

[0052] Gemäß Figur 1 startet das erfindungsgemäße Verfahren bei einem nominalen Abstand zwischen dem Solarsimulator und den wenigstens zwei Detektoren. Dabei strahlt die Beleuchtungseinrichtung des Solarsimulators umfassend den Lampenkopf, das bedeutet der Lampe mit etwaiger Optik mit Gehäuse, Zuleitungen und Halterungen, ferner mit einer nominalen Lampenleistung.

[0053] Der nominale Abstand kann typischerweise einige Dezimeter bis zu etlichen Metern betragen, wohingegen die nominale Beleuchtungsstärke bei insbesondere $1000\text{W}/\text{m}^2$ auf einer Testfläche der Größe einer Solarzelle, insbesondere in dem Bereich eines oder mehrere Quadrat-Dezimeter, oder eines Solarmoduls, insbesondere in dem Bereich eines oder mehrerer Quadrat-Meter, mit homogener Verteilung liegt. Die Beleuchtungseinrichtung kann dabei insbesondere als sogenannter Flasher ausgebildet sein. Das bedeutet, dass das erzeugte Licht beziehungsweise die erzeugte Strahlung in Form von zeitlich begrenzten Blitzen erzeugt wird. Das Plateau der Strahlung liegt dabei insbesondere

in der Größenordnung von Millisekunden.

- [0054] Im Folgenden wird der Abstand eines Detektors zu dem Solarsimulator beziehungsweise zu dem Lampenkopf des Solarsimulators variiert, bis beispielsweise der für energiereiche Strahlung selektive Detektor, also die blaue Komponentenzelle, ihren Sollwert erreicht. Alternativ kann die blaue Komponentenzelle beziehungsweise ihr Ist-Wert zur Regelung der Lampenleistung herangezogen, um den Sollwert der blauen Komponentenzelle zu erreichen.
- [0055] Nunmehr wird zusätzlich zu der blauen Komponentenzelle auch der für energiearme Strahlung selektive Detektor, also die rote Komponentenzelle, vermessen. Erreichen beide Detektoren beziehungsweise Komponentenzellen ihren Sollwert, ist das Verfahren beendet, der Solarsimulator ist wie gewünscht eingestellt beziehungsweise kalibriert.
- [0056] Liegt jedoch der Ist-Wert der roten Komponentenzelle unter dem Soll-Wert beziehungsweise Nominalwert, bedeutet dies, dass die spektrale Verteilung hin zu kurzwelligen Wellenlängen ausgehend von den Sollwerten verschoben ist, das Licht also zu kurzwellig ist. In diesem Fall ist die Leistung der Lampe zu verringern und der Abstand A_1 muss verkürzt werden, insbesondere zwischen zwei Blitzen des als Flasher ausgebildeten Solarsimulators. Die Verringerung von Lampenleistung und Abstand A_1 orientieren sich dabei zweckmäßig an der Diskrepanz von Soll- und Istwert.
- [0057] Liegt der Ist-Wert der roten Komponentenzelle dagegen über dem Soll-Wert, bedeutet dies, dass die spektrale Verteilung hin zu langwelligen Wellenlängen ausgehend von den Sollwerten verschoben ist, das Licht also zu langwellig ist. In diesem Fall ist die Leistung der Lampe zu erhöhen und der Abstand muss erhöht werden. Die Erhöhung von Lampenleistung und Abstand orientieren sich zweckmäßigerweise an der Diskrepanz von Soll- und Istwert.
- [0058] Die Veränderung der Lampenleistung geht dabei erfindungsgemäß einher mit der Veränderung des Abstands zwischen dem Solarsimulator und dem Detektor beziehungsweise den Detektoren.

- [0059] Nunmehr werden beiden Detektoren erneut vermessen. Messen beide Detektoren ihre Sollwerte, ist das Verfahren beendet.
- [0060] Liegen die Sollwerte nicht vor, wird das Verfahren erneut damit begonnen, den Sollwert eines Detektors einzustellen. Ein Wiederholen dieser Schritte führt zu einer iterativen Veränderung des Abstandes beziehungsweise der Lampenleistung, bis sowohl die rote als auch die blaue Komponentenzelle, also beide Detektoren, ihre Sollwerte erreicht haben.
- [0061] Dabei ist ersichtlich, dass das vorbeschriebene Verfahren gleichermaßen durchgeführt werden kann, wenn die rote und die blaue Komponentenzelle vertauscht werden, also mit dem Einstellen des Abstands der roten Komponentenzelle begonnen wird.
- [0062] Da das erfindungsgemäße Verfahren eine Änderung des Abstandes zwischen Lampenkopf und Testebene erfordert, sollte mit jeder neuen Positionierung die zentrierte und orthogonale Ausrichtung des Testobjektes zur optischen Achse des Systems geprüft werden.
- [0063] In einer Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens kann ein zu vermessendes Objekt, wie etwa eine Solarzelle, unter Verwendung eines Neutraldichtefilters (NDF) vermessen werden. Als Messobjekte kommen sämtliche Strahlungsempfänger für optische Strahlung des Bereiches der solaren Strahlung in Frage, bei denen durch Absorption der optischen Strahlung messbare Änderungen der elektrischen Eigenschaften verursacht werden.
- [0064] Die Bestrahlungsstärke kann in der Testebene E_1 , also bei einem Abstand A_1 durch Neutraldichtefilter geändert werden. In kommerziellen Flashern werden bereits Neutraldichtefilter angeboten, die ohne Einfluss auf die relative spektrale Bestrahlungsstärke eine stufenweise Abschwächung der Bestrahlungsstärke ermöglichen.
- [0065] Die Kombination von Neutraldichtefiltern (NDF) mit dem erfindungsgemäßen Verfahren erhöht die Einstellmöglichkeiten: Prinzipiell kann bei Verwendung des Neutraldichtefilters und gleichbleibendem Abstand die Lampenleistung erhöht werden, was zu einer Erhöhung des kurzwelligen Spektralanteils führt. Alternativ kann bei gleicher Lampenleistung der Abstand verkürzt werden.

- [0066] Vorzugsweise werden zwei Neutraldichtefilter mit einer Transmission von 95% (NDF95) und 90% (NDF90) wie folgt zur Untersuchung eines photovoltaischen Objekts mit zwei Übergängen, wie insbesondere einer Tandem-Solarzelle eingesetzt, wobei selbstverständlich auch Neutraldichtefilter mit abweichenden Transmissionswerten möglich sind:
- [0067] Unter Verwendung des Neutraldichtefilters mit einer Transmission von 95% wird das erfindungsgemäße Verfahren zur Approximation des Referenzspektrums eingesetzt und das Objekt unter diesen Bedingungen, in der Regel unter Standardtestbedingungen, gemessen.
- [0068] In einem nächsten Schritt wird unter alleiniger Verwendung des Neutraldichtefilters mit einer Transmission von 90% die Lampenleistung auf den Soll-Wert eines Detektors beziehungsweise einer der Komponentenzelle angepasst und eine zweite Messung an dem zu vermessenden Objekt durchgeführt. Eine dritte Messung liefert die Anpassung der Lampenleistung auf die zweite Komponentenzelle.
- [0069] Anschließend wird ohne Verwendung eines Neutraldichtefilters die Lampenleistung auf den Soll-Wert des ersten Detektors beziehungsweise der ersten Komponentenzelle angepasst, woraufhin das Testobjekt ein viertes Mal gemessen wird. Eine fünfte Messung wird bei der auf die zweite Komponentenzelle angepassten Lampenleistung durchgeführt.
- [0070] Dieses Verfahren dient der Charakterisierung des zu vermessenden Objekts, also insbesondere der Tandem-Solarzelle im Hinblick auf die Sensitivität einer spektralen Variation und liefert Informationen über das Zusammenspiel der beiden Teilzellen im Testobjekt.
- [0071] Wesentlicher technischer Bestandteil dieses erfindungsgemäßen Messverfahrens ist die Abstufung der Bestrahlungsstärke unter Verwendung mindestens zweier Neutraldichtefilter, die unter mindestens drei Lampenleistungen eine annähernd äquidistante positive und negative Änderung des Sollwertes mindestens einer Komponentenzelle, das bedeutet beispielsweise Sollwert +/- 5%, liefert.
- [0072] Eine erfindungsgemäße Anordnung 10 zum Durchführen des erfindungsgemäßen Verfahrens ist in Figur 2 gezeigt.
- [0073] Gemäß Figur 2 umfasst die Anordnung 10 einen Solarsimulator 12, der in

einer Ebene E_1 angeordnet ist. Der Solarsimulator 12 umfasst dabei eine Lampe beziehungsweise Beleuchtungseinrichtung 14. Die Beleuchtungseinrichtung 14 ist dazu geeignet, Licht in einer Wellenlänge von 250nm bis 4 μ m, insbesondere 300nm-1900nm, besonders bevorzugt 300nm-1200nm, zu erzeugen. Besonders bevorzugt umfasst die Beleuchtungseinrichtung 14 eine Xenonlampe, wobei diese und damit der Solarsimulator 12 als Flasher beziehungsweise Blitzlichtsimulator ausgebildet sein kann.

- [0074] Die Anordnung 10 umfasst ferner wenigstens zwei Detektoren 16, 18, die als Referenzsolarzellen beziehungsweise Referenzsolarmodule ausgestaltet sein können. Die Detektoren 16, 18 sind dabei für Licht einer jeweils unterschiedlichen Wellenlänge selektiv. Beispielsweise ist der Detektor 16 für vergleichsweise kurzwelliges Licht selektiv und wird daher als blaue Komponentenzelle bezeichnet, wohingegen der Detektor 18 für vergleichsweise langwelliges Licht selektiv ist und daher als rote Komponentenzelle bezeichnet wird.
- [0075] Besonders bevorzugt umfasst der Solarsimulator 12 dabei einen an das Referenzspektrum angepassten Filter, um so bereits ein angenähertes Simulatorspektrum zu erhalten.
- [0076] Die Detektoren 16, 18 sind in einem Abstand A_1 von dem Solarsimulator 12 beziehungsweise seiner Beleuchtungseinrichtung 14 angeordnet. Vorzugsweise sind die Detektoren 16, 18 ferner orthogonal zu der optischen Achse der durch die Beleuchtungseinrichtung 14 erzeugten Strahlung angeordnet.
- [0077] Erfindungsgemäß kann dabei vorgesehen sein, dass der Solarsimulator 12 und/oder die beiden Detektoren 16, 18 verlagerbar ausgestaltet sind. Um diesbezüglich erstens eine mechanisch reproduzierbare Abstandsänderung und zweitens eine präzise Ausrichtung der Detektoren 16, 18 zu erreichen, kann mindestens eine mechanische laterale Linearverschiebung für den Solarsimulator 12 beziehungsweise seine Beleuchtungseinrichtung 14 oder aber für eine Halterung der Detektoren 16, 18 vorgesehen sein. Die Vorrichtungen zur Linearverschiebung sind vorzugsweise fest in einem Boden oder einer Decke der Anordnung

verankert, damit sämtliche Abstände reproduzierbar sind. Ein elektromechanischer Antrieb der Linearverschiebung bietet entsprechende Vorteile.

[0078] Es ist ferner vorteilhaft, wenn die Anordnung 10 ferner eine Aufnahme für ein zu testendes Objekt, insbesondere für eine Solarzelle, aufweist.

Dadurch kann in einem nächsten Schritt nach dem Einstellen des Solarsimulators 12 direkt eine Messung eines Objekts, wie etwa einer Solarzelle erfolgen.

[0079] Die einzelnen Kombinationen der Bestandteile und der Merkmale von den bereits erwähnten Ausführungen sind exemplarisch; der Austausch und die Substitution dieser Lehren mit anderen Lehren, die in dieser Druckschrift enthalten sind mit den zitierten Druckschriften werden ebenfalls ausdrücklich erwogen. Der Fachmann erkennt, dass Variationen, Modifikationen und andere Ausführungen, die hier beschrieben werden, ebenfalls auftreten können ohne von dem Erfindungsgedanken und dem Umfang der Erfindung abzuweichen.

[0080] Entsprechend ist die obengenannte Beschreibung beispielhaft und nicht als beschränkend anzusehen. Das in den Ansprüchen verwendete Wort umfassen schließt nicht andere Bestandteile oder Schritte aus. Der unbestimmte Artikel „ein“ schließt nicht die Bedeutung eines Plurals aus. Die bloße Tatsache, dass bestimmte Maße in gegenseitig verschiedenen Ansprüchen rezitiert werden, verdeutlicht nicht, dass eine Kombination von diesen Maßen nicht zum Vorteil benutzt werden kann. Der Umfang der Erfindung ist in den folgenden Ansprüchen definiert und den dazugehörigen Äquivalenten.

Ansprüche

1. Verfahren zum Einstellen eines Solarsimulators (12), insbesondere zum Einstellen der spektralen Bestrahlungsstärke eines Solarsimulators (12), umfassend die Schritte:
 - a) Anordnen eines Solarsimulators (12) in einer Ebene E_1 ;
 - b) Anordnen wenigstens zweier Detektoren (16, 18) in einer Testebene E_2 , wobei die Testebene E_2 einen definierten Abstand A_1 zu der Ebene E_1 aufweist, und wobei die Detektoren (16, 18) eine spektrale Empfindlichkeit in einem jeweils unterschiedlichen spektralen Bereich aufweisen;
 - c) Bestrahlen der wenigstens zwei Detektoren (16, 18) mit Licht eines Wellenlängenbereichs von 250nm bis 4 μ m, insbesondere 300nm-1900nm, besonders bevorzugt 300nm-1200nm;
 - d) Verändern des Abstands A_1 oder Einstellen der Lampenleistung des Solarsimulators (12) derart, dass der erste Detektor (16) einen definierten Sollwert erreicht;
 - e) Überprüfen des Ist-Werts des zweiten Detektors (18);
 - f) Verkleinern des Abstands A_1 und Verringern der Lampenleistung des Solarsimulators (12) für den Fall, dass das eingestrahlte Licht zu kurzwellig ist, oder Vergrößern des Abstands A_1 und Vergrößern der Lampenleistung des Solarsimulators (12) für den Fall, dass das eingestrahlte Licht zu langwellig ist, und
 - g) Wiederholen der Schritte d) bis f) für den Fall, dass die Ist-Werte der Detektoren (16, 18) von ihren Sollwerten abweichen.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Solarsimulator (12) mit einem Filter verwendet wird, der an ein Referenzspektrum angepasst ist.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Abstand A_1 durch ein Verlagern des Solarsimulators (12) relativ zu der Testebene E_1 verändert wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Abstand A_1 durch ein Verlagern der Detektoren (16, 18) relativ zu dem Solarsimulator (12) verändert wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass

der Solarsimulator (12) mit einem Neutraldichtefilter verwendet wird.

6. Verfahren zum Vermessen eines Objekts, insbesondere einer Solarzelle, umfassend die Schritte:
 - Einstellen des Solarsimulators (12) nach einem Verfahren gemäß Anspruch 5 unter Verwendung eines Neutraldichtefilters N_1 mit einer Transmission von insbesondere 95% und Vermessen des Objekts,
 - Einstellen der Lampenleistung des Solarsimulators (12) auf einen definierten Sollwert eines Detektors (16) unter Verwendung eines Neutraldichtefilters N_2 , wobei der Neutraldichtefilter N_2 eine Transmission aufweist, die geringer ist als die des Neutraldichtefilters N_1 , insbesondere von 90%, und erneutes Vermessen des Objekts,
 - Einstellen der Lampenleistung auf einen definierten Sollwert eines weiteren Detektors (18) unter Verwendung des Neutraldichtefilters N_2 und erneutes Vermessen der Solarzelle,
 - Einstellen der Lampenleistung auf den Sollwert des ersten Detektors (16) ohne Neutraldichtefilter und erneutes Vermessen des Objekts, und
 - Einstellen der Lampenleistung auf den Sollwert des weiteren Detektors (18) ohne Neutraldichtefilter und erneutes Vermessen des Objekts.
7. Anordnung zum Einstellen eines Solarsimulators (12), insbesondere zum Einstellen der spektralen Bestrahlungsstärke eines Solarsimulators (12), umfassend einen Solarsimulator (12), der eine Beleuchtungseinrichtung (14) aufweist, mit der Licht in einer Wellenlänge von 250nm bis 4 μ m, insbesondere 300nm-1900nm, besonders bevorzugt 300nm-1200nm, erzeugbar ist, und ferner umfassend wenigstens zwei Detektoren (16, 18), die für Licht einer jeweils unterschiedlichen Wellenlänge innerhalb der des erzeugten Lichts selektiv sind, und die in einer Testebene E_2 in einem Abstand A_1 von der Ebene E_1 des Solarsimulators (12) angeordnet sind, wobei der Abstand A_1 veränderbar ist.
8. Anordnung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Solarsimulator (12) eine Xenonlampe als Beleuchtungseinrichtung (14) aufweist.
9. Anordnung nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Anordnung (10) ferner eine Aufnahme für ein zu vermessendes Objekt,

insbesondere für eine Solarzelle, aufweist.

10. Anordnung nach einem der Ansprüche 7 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass der Solarsimulator (12) zum Verändern des Abstands A_1 verlagerbar ausgestaltet ist.
11. Anordnung nach einem der Ansprüche 7 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die wenigstens zwei Detektoren (16, 18) zum Verändern des Abstands A_1 verlagerbar ausgestaltet sind.
12. Anordnung nach einem der Ansprüche 7 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die wenigstens zwei Detektoren (16, 18) orthogonal zu der optischen Achse des durch die Beleuchtungseinrichtung (14) erzeugten Lichts angeordnet sind.
13. Anordnung nach einem der Ansprüche 7 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass eine Linearverschiebung für den Solarsimulator (12) und/oder für die wenigstens zwei Detektoren (16, 18) zum Verändern des Abstands A_1 vorgesehen ist.
14. Anordnung nach einem der Ansprüche 7 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass der Solarsimulator (12) einen Neutraldichtefilter aufweist.
15. Anordnung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass der Neutraldichtefilter eine Transmission von 90% oder von 95% aufweist.

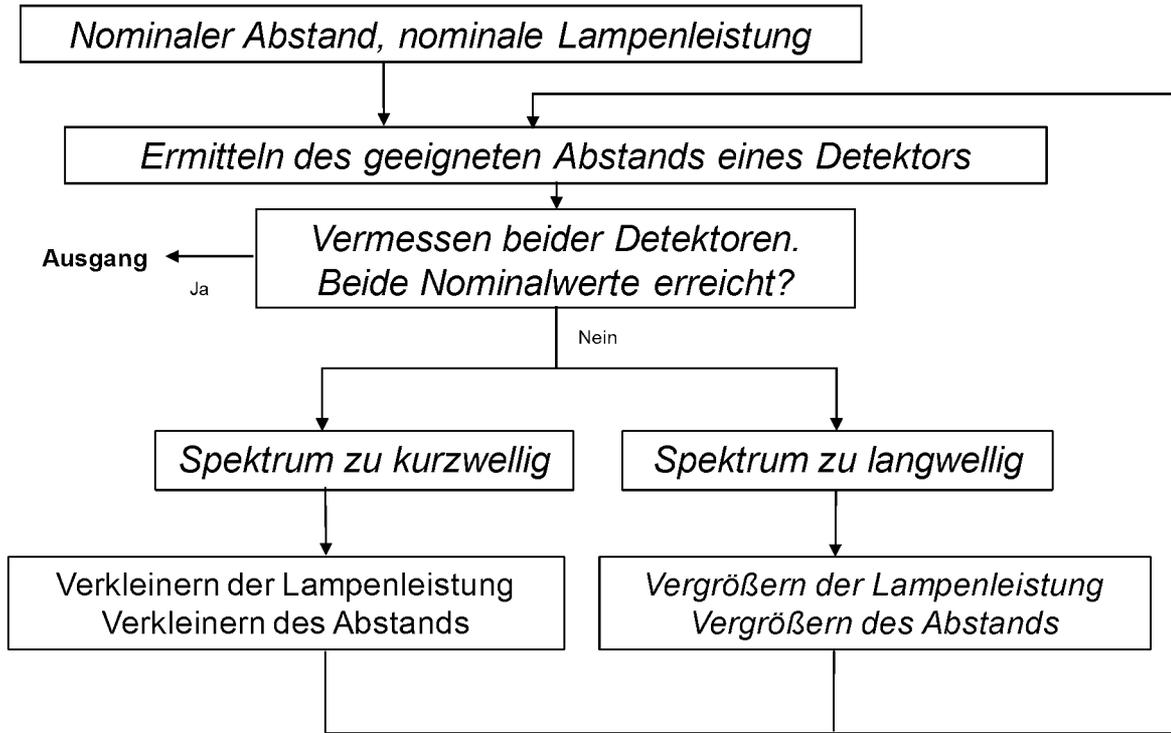


Fig. 1

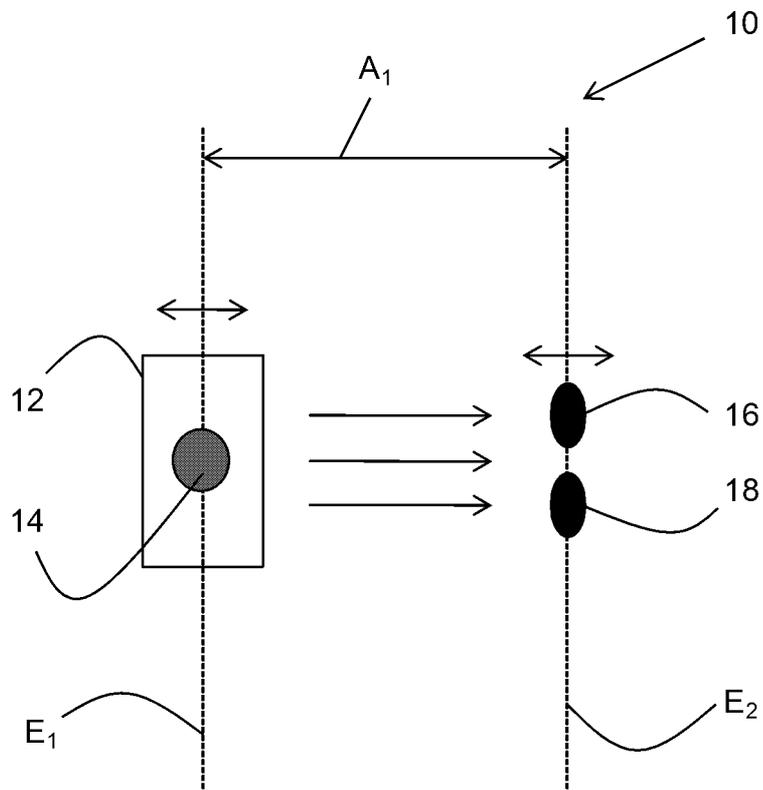


Fig. 2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2010/063624

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
INV. G01J1/08	G01J3/02	G01J3/51
ADD.	F21S8/00	G01R31/26
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) G01J F21S 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 practical, 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	EP 1 179 857 A2 (CANON KK [JP]) 13 February 2002 (2002-02-13) paragraph [0075] - paragraph [0080]; figures 1,3,4 paragraph [0086] - paragraph [0108]	1-5,7-15
Y	EP 1 463 092 A2 (CANON KK [JP]) 29 September 2004 (2004-09-29) paragraphs [0042], [0048]	1-5,7-15
X	EP 1 170 596 A2 (CANON KK [JP]) 9 January 2002 (2002-01-09) paragraphs [0002] - [0016] paragraphs [0052] - [0062]; figures 1,4	1-5,7-15
Y	WO 2009/092354 A2 (PASAN SA [CH]; ADELHELM RALF [DE]) 30 July 2009 (2009-07-30) pages 7-9; figure 1	1-5,7-15
	-/--	
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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 document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art. "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 23 December 2010		Date of mailing of the international search report 05/01/2011
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 Hambach, Dirk

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2010/063624

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 101 290 340 A (GUOHUA LI [CN]) 22 October 2008 (2008-10-22) * abstract; figure 1 -----	1-15
A	HISHIKAWA Y ET AL: "Calibration and measurement of solar cells and modules by the solar simulator method in Japan", PROCEEDINGS OF 3RD WORLD CONFERENCE ON PHOTOVOLTAIC ENERGY CONVERSION,, vol. 2, 11 May 2003 (2003-05-11), pages 1081-1084, XP002534105, the whole document -----	1-15
Y	DE 10 2007 018825 A1 (NAT INST OF ADVANCED IND SCIEN [JP]) 31 January 2008 (2008-01-31) paragraph [0026]; figure 2 -----	5,14,15

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2010/063624

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date	
EP 1179857	A2	13-02-2002	CN 1341863 A US 2002030153 A1	27-03-2002 14-03-2002
EP 1463092	A2	29-09-2004	JP 2004273245 A US 2004174691 A1	30-09-2004 09-09-2004
EP 1170596	A2	09-01-2002	CN 1331488 A US 2002014886 A1	16-01-2002 07-02-2002
WO 2009092354	A2	30-07-2009	DE 102008010010 A1	22-10-2009
CN 101290340	A	22-10-2008	NONE	
DE 102007018825	A1	31-01-2008	JP 2007311085 A US 2007267056 A1	29-11-2007 22-11-2007

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2010/063624

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. G01J1/08 G01J3/02 G01J3/51 F21S8/00 G01R31/26 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) G01J F21S 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	EP 1 179 857 A2 (CANON KK [JP]) 13. Februar 2002 (2002-02-13) Absatz [0075] - Absatz [0080]; Abbildungen 1,3,4 Absatz [0086] - Absatz [0108]	1-5,7-15
Y	EP 1 463 092 A2 (CANON KK [JP]) 29. September 2004 (2004-09-29) Absätze [0042], [0048]	1-5,7-15
X	EP 1 170 596 A2 (CANON KK [JP]) 9. Januar 2002 (2002-01-09) Absätze [0002] - [0016] Absätze [0052] - [0062]; Abbildungen 1,4	1-5,7-15
Y	WO 2009/092354 A2 (PASAN SA [CH]; ADELHELM RALF [DE]) 30. Juli 2009 (2009-07-30) Seiten 7-9; Abbildung 1	1-5,7-15
-/-		
<input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist		"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche		Absenddatum des internationalen Recherchenberichts
23. Dezember 2010		05/01/2011
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 Hambach, Dirk

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	CN 101 290 340 A (GUOHUA LI [CN]) 22. Oktober 2008 (2008-10-22) * Zusammenfassung; Abbildung 1 -----	1-15
A	HISHIKAWA Y ET AL: "Calibration and measurement of solar cells and modules by the solar simulator method in Japan", PROCEEDINGS OF 3RD WORLD CONFERENCE ON PHOTOVOLTAIC ENERGY CONVERSION,, Bd. 2, 11. Mai 2003 (2003-05-11), Seiten 1081-1084, XP002534105, das ganze Dokument -----	1-15
Y	DE 10 2007 018825 A1 (NAT INST OF ADVANCED IND SCIEN [JP]) 31. Januar 2008 (2008-01-31) Absatz [0026]; Abbildung 2 -----	5,14,15

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2010/063624

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 1179857	A2	CN 1341863 A	27-03-2002
		US 2002030153 A1	14-03-2002
EP 1463092	A2	JP 2004273245 A	30-09-2004
		US 2004174691 A1	09-09-2004
EP 1170596	A2	CN 1331488 A	16-01-2002
		US 2002014886 A1	07-02-2002
WO 2009092354	A2	DE 102008010010 A1	22-10-2009
CN 101290340	A	KEINE	
DE 102007018825	A1	JP 2007311085 A	29-11-2007
		US 2007267056 A1	22-11-2007