

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges
Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales
Veröffentlichungsdatum
22. November 2012 (22.11.2012)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2012/156149 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation:
H01L 31/048 (2006.01) *H01L 31/042* (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2012/056044
- (22) Internationales Anmeldedatum:
3. April 2012 (03.04.2012)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
11166652.5 19. Mai 2011 (19.05.2011) EP
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): SAINT-GOBAIN GLASS FRANCE [FR/FR];
18, avenue d'Alsace, F-92400 Courbevoie (FR).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): SCHUMACHER,
Holger; Von-Arnim-Straße 20, 41515 Grevenbroich (DE).

(74) Anwalt: LENDVAI, Tomas; Saint-Gobain Sekurit
Deutschland GmbH & Co. KG, Glasstrasse 1, 52134
Herzogenrath (DE).

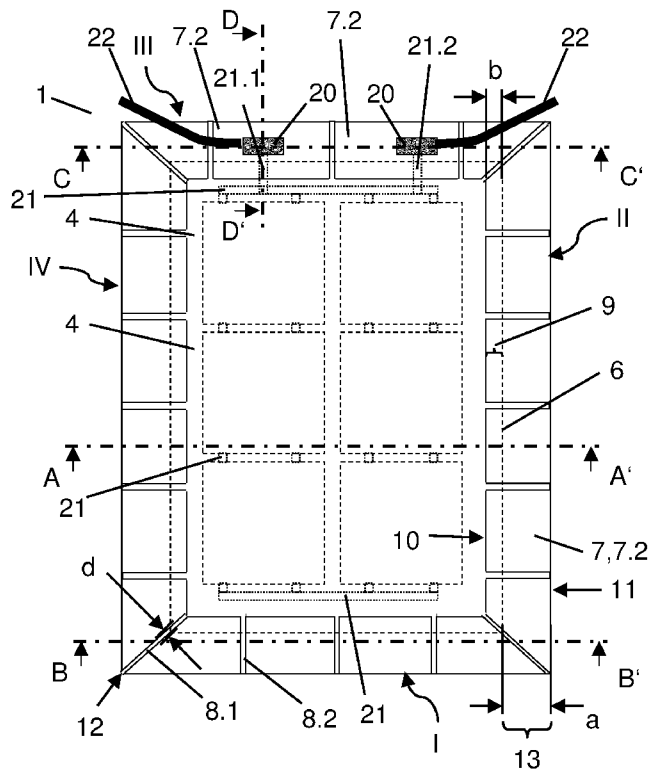
(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, 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, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(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,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: SOLAR PANEL

(54) Bezeichnung : SOLARMODUL



Figur 1A

(57) Abstract: The invention relates to a solar panel (1) which comprises at least a) a support layer (2) and, arranged one on top of the other, a first intermediate layer (3), at least one solar cell (4), a second intermediate layer (5) and a front pane (6), b) a first edge reinforcing layer (7.1) and a second edge reinforcing layer (7.2), at least one terminal housing (20) and at least two collecting conductors (21.1, 21.2) which connect the solar cell (4) to the terminal housing (20) in an electrically conducting manner. The support layer (2) has a portion (13) that projects over the periphery of the front pane (6). The first edge reinforcing layer (7.1) is arranged above the peripheral projection (13) and has a cut-out section (16). The second edge reinforcing layer (7.2) is arranged above the first edge reinforcing layer (7.1) and has an opening (17). The collecting conductor (21.1, 21.2) is located in the cut-out section (16) and in the opening (17).

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende
[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



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, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

— hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, ein Patent zu beantragen und zu erhalten (Regel 4.17 Ziffer ii)

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

Erklärungen gemäß Regel 4.17:

— hinsichtlich der Identität des Erfinders (Regel 4.17 Ziffer i)

Erfindung betrifft ein Solarmodul (1), welches mindestens umfasst: a) eine Trägerschicht (2) und darauf übereinander angeordnet eine erste Zwischenschicht (3), mindestens eine Solarzelle (4), eine zweite Zwischenschicht (5) und eine Frontscheibe (6), b) eine erste Randverstärkungsschicht (7.1) und eine zweite Randverstärkungsschicht (7.2), mindestens ein Anschlussgehäuse (20) und mindestens zwei Sammelleiter (21.1, 21.2), die die Solarzelle (4) mit dem Anschlussgehäuse (20) elektrisch leitend verbinden, wobei die Trägerschicht (2) einen umlaufenden Überstand (13) über die Frontscheibe (6) aufweist, die erste Randverstärkungsschicht (7.1) oberhalb des umlaufenden Überstandes (13) angeordnet ist und eine Aussparung (16) aufweist, die zweite Randverstärkungsschicht (7.2) oberhalb der ersten Randverstärkungsschicht (7.1) angeordnet ist und eine Öffnung (17) aufweist und der Sammelleiter (21.1, 21.2) in der Aussparung (16) und in der Öffnung (17) angeordnet ist.

Solarmodul

Die Erfindung betrifft ein Solarmodul, ein Verfahren zur Herstellung eines Solarmoduls sowie ein Flachdach mit Solarmodul.

Photovoltaische Schichtsysteme zur direkten Umwandlung von Sonnenstrahlung in elektrische Energie sind hinreichend bekannt. Die Materialien und die Anordnung der Schichten sind so abgestimmt, dass einfallende Strahlung von einer oder mehreren halbleitenden Schichten mit möglichst hoher Strahlungsausbeute direkt in elektrischen Strom umgewandelt wird. Photovoltaische und flächig ausgedehnte Schichtsysteme werden als Solarzellen bezeichnet.

Solarzellen enthalten in allen Fällen Halbleitermaterial. Die größten bislang bekannten Wirkungsgrade von mehr als 20 % werden mit Hochleistungssolarzellen aus monokristallinem, polykristallinem oder mikrokristallinem Silizium oder Gallium-Arsenid erzielt. Mehr als 80% der zurzeit installierten Solarzellenleistung basiert auf kristallinem Silizium. Dünnschichtsolarzellen benötigen Trägersubstrate zur Bereitstellung einer ausreichenden mechanischen Festigkeit. Aufgrund der physikalischen Eigenschaften und der technologischen Handhabbarkeit sind Dünnschichtsysteme mit amorphen, mikromorphen oder polykristallinen Silizium, Cadmium-Tellurid (CdTe), Gallium-Arsenid (GaAs), Kupfer-Indium-(Gallium)-Selenid-Sulfid ($\text{Cu}(\text{In,Ga})(\text{S,Se})_2$), Kupfer-Zink-Zinn-Sulfo-Selenid (CZTS) sowie organischen Halbleitern besonders für Solarzellen geeignet. Der pentenäre Halbleiter $\text{Cu}(\text{In,Ga})(\text{S,Se})_2$ gehört zur Gruppe der Chalkopyrit-Halbleiter, die häufig als CIS (Kupferindiumdiselenid oder -sulfid) oder CIGS (Kupferindiumgalliumdiselenid, Kupferindiumgalliumdisulfid oder Kupferindiumgalliumdisulfoselenid) bezeichnet werden. S kann in der Abkürzung CIGS für Selen, Schwefel oder eine Mischung beider Chalkogene stehen.

Eine elektrische Schaltung von mehreren Solarzellen wird als Photovoltaik- oder Solarmodul bezeichnet. Die Schaltung von Solarzellen wird in bekannten witterungsstabilen Aufbauten dauerhaft vor Umwelteinflüssen geschützt. Üblicherweise sind zwei Scheiben aus eisenarmem Kalk-Natron-Glas und haftvermittelnde Polymerfolien mit den Solarzellen zu einem bewitterungsstabilen Solarmodul verbunden. Die Solarmodule können über Anschlussdosen oder Anschlussgehäuse in

eine Schaltung von mehreren Solarmodulen eingebunden sein. Die Schaltung von Solarmodulen ist über bekannte Leistungselektronik mit dem öffentlichen Versorgungsnetz oder einer autarken elektrischen Energieversorgung verbunden.

Flachdächer von Lagerhallen oder Industrieanlagen haben eine große, exponierte und nicht abgeschattete Fläche. Sie eignen sich daher besonders gut für die Installation von Photovoltaikanlagen. Die Dachhaut von Flachdächern besteht in der Regel aus Metallblechen und beispielsweise aus Trapezblechen. Flachdächer weisen üblicherweise nur eine geringe Dachneigung von 2% bis 17,6% auf und haben nur eine geringe Tragfähigkeit von beispielsweise 75 kg/m².

Solarmodule nach dem Stand der Technik, bei denen die Solarzellen zwischen zwei Scheiben aus Kalk-Natron-Glas einlaminieren sind, haben ein hohes Flächengewicht von beispielsweise 18 kg/m². Sie eignen sich deshalb nicht zur Montage auf Flachdächern mit geringer Tragfähigkeit.

US 2010/0065116 A1 offenbart ein Dünnglas-Solarmodul mit einem Flächengewicht von 5 kg/m² bis 10 kg/m². Das Dünnglas-Solarmodul umfasst eine Trägerschicht, Solarzellen und eine Frontscheibe aus sehr dünnem, chemisch gehärtetem Glas. Das sehr dünne Glas ist flexibel. Die Frontscheibe ist so nachgiebig, dass die Einschlagsenergie eines Hagelkorns bei dem gesetzlich vorgeschriebenen Hagelschlagtest durch die Trägerschicht auf der Rückseite des Solarmoduls aufgenommen wird.

Ein solcher Aufbau ist für Hochleistungssolarzellen aus kristallinem Silizium nicht geeignet. Das kristalline Silizium ist spröde und würde durch die Verbiegung der Frontscheibe brechen. Dies führt in der Regel zur Zerstörung eines großen Bereichs der Solarzelle, selbst wenn die Frontscheibe so flexibel ist, dass sie nicht beschädigt wird.

In Solarmodulen nach dem Stand der Technik, werden die Solarzellen durch Sammelleiter verbunden und die Sammelleiter aus dem Solarmodul herausgeführt. Wie aus US 2008/0041434 A1 bekannt ist, werden die Sammelleiter beispielsweise an einer Außenkante des Solarmoduls aus dem Verbund der zwei Scheiben herausgeführt. Die Sammelleiter werden um die Außenkante herumgeführt und auf der

Rückseite des Solarmoduls verklebt. Die Austrittsstelle des Sammelleiters aus dem Verbund ist eine Schwachstelle für eine mechanische Beschädigung des Sammelleiters. Außerdem kann an der Austrittsstelle Feuchtigkeit leicht in das Solarmodul eindringen.

Aus US 2008/0041434 A1 ist ebenfalls ein Solarmodul bekannt, bei dem die Sammelleiter durch Öffnungen in der rückwärtigen, der Sonneneinstrahlung abgewandten Scheibe herausgeführt werden. Das Einbringen der Öffnungen in eine Scheibe aus Glas ist ein aufwendiger und kostenintensiver Prozessschritt. Des Weiteren wird die Scheibe durch die Öffnung in ihrer Stabilität geschwächt.

JP 2003 161 003 A beschreibt ein verkapseltes Solarmodul, bei dem eine wasserdichte und dünne Anschlussbox auf der Rückseite des Solarmoduls angeordnet ist. Das Gehäuse des Solarmoduls ist dabei einstückig aus einem Harz geformt.

DE 197 12 747 A1 offenbart ein photovoltaisches Solarmodul mit einer dem einfallenden Licht zugewandten Außenscheibe, wenigstens einer in Lichteinfallrichtung dahinter unter Erzeugung eines Scheibenzwischenraumes mit Abstand angeordneten Innenabdeckung und einem die Außenscheibe und die Innenabdeckung umlaufend dicht miteinander verbindenden Randaufbau. Zwischen der Außenscheibe und der Innenabdeckung sind in Gießharz, Verbundfolie(n) oder dergleichen eingebettete Solarzellen angeordnet. Die Solarzellen sind mit einem elektrisch verschaltenden Leitersystem verbunden, von dem Anschlussleitungen zum elektrischen Verbinden mit benachbarten weiteren Solarmodulen in den außerhalb des Solarmoduls liegenden Bereich führen.

FR 2 362 494 A1 beschreibt ein Solarmodul mit serienverschalteten Solarzellen, bei dem der Außenanschluss im Randbereich des Solarmoduls angeordnet ist.

DE 10 2005 020 129 A1 beschreibt ein Solarmodul mit einem elektrischen Anschlusssystem zur elektrischen Verschaltung des Solarmoduls. Das Anschlusssystem umfasst ein Verbinderelement zum externen elektrischen Anschluss des Moduls. Das Verbinderelement enthält ein mechanisches Anschlussmittel für ein weiteres Verbinderelement, so dass das Verbindersystem modular erweiterbar ist. Das

Verbinderelement ist bevorzugt im Eckbereich des Solarpanels oder zu einem gewissen Teil auf einer Hauptfläche des Solarpanels angeordnet.

WO 2008/148524 A2 offenbart ein Solarmodul mit einem elektrischen Anschlusssystem zur elektrischen Verschaltung des Solarmoduls. Das Anschlusssystem umfasst ein Verbinderelement, das am Rand des Solarmoduls auf einem Überstand einer ersten Scheibe über einer zweiten Scheibe angeordnet ist.

EP 1 860 705 A1 offenbart ein stabiles, selbsttragendes Solarmodul, das an seinen äußeren Bereichen in einem Montagerahmen angeordnet ist. Der Montagerahmen weist Kerben auf, durch die auf dem Solarmodul befindliche Flüssigkeiten abfließen können.

DE 10 2009 016 735 A1 beschreibt ein Solarmodul mit einer Frontscheibe und einer Rückscheibe, wobei eine der Scheiben eine Dicke von mindestens 3 mm und die andere eine Dicke von höchstens 2 mm aufweist.

DE 10 2008 049 890 A1 offenbart eine photovoltaische Anordnung mit einer transparenten Kunststoffschicht und einem auf einer Seite der transparenten Kunststoffschicht angeordneten Photovoltaik-Modul. Das Photovoltaik-Modul weist mindestens eine Photovoltaikzelle auf, die zwischen einer der transparenten Kunststoffschicht zugewandten Vorderseiten-Abdeckschicht und einer der Kunststoffschicht abgewandten Rückseiten-Abdeckschicht angeordnet ist.

US 4,830,038 A beschreibt ein Solarmodul, das durch ein Elastomer unterstützt und eingekapselt wird. Das Elastomer wird in einem Spritzgussverfahren um die Rückseite, die Seitenflächen und einen Teil der Frontseite gegossen.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung liegt darin, ein Solarmodul mit verbesserter Herausführung der Sammelleiter bereitzustellen. Das verbesserte Solarmodul soll insbesondere leichtgewichtig und zur Installation auf einem Flachdach geeignet sein.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung wird erfindungsgemäß durch ein Solarmodul gemäß Anspruch 1 gelöst. Bevorzugte Ausführungen gehen aus den Unteransprüchen hervor. Des Weiteren umfasst die Erfindung ein Verfahren zur Herstellung eines

Solarmoduls. Eine Verwendung des erfindungsgemäßen Solarmoduls geht aus weiteren Ansprüchen hervor.

Das erfindungsgemäße Solarmodul umfasst

- a) eine Trägerschicht und darauf übereinander angeordnet eine erste Zwischenschicht, mindestens eine Solarzelle, eine zweite Zwischenschicht und eine Frontscheibe und
- b) eine erste Randverstärkungsschicht und eine zweite Randverstärkungsschicht, mindestens ein Anschlussgehäuse und mindestens zwei Sammelleiter, die die Solarzelle mit dem Anschlussgehäuse elektrisch leitend verbinden,

wobei die Trägerschicht einen umlaufenden Überstand über die Frontscheibe aufweist, die erste Randverstärkungsschicht oberhalb des umlaufenden Überstandes angeordnet ist und eine Aussparung aufweist, die zweite Randverstärkungsschicht oberhalb der ersten Randverstärkungsschicht angeordnet ist und eine Öffnung aufweist und der Sammelleiter in der Aussparung und in der Öffnung angeordnet ist.

Die Begriffe „übereinander angeordnet“ oder „oberhalb angeordnet“ beschreiben im Sinne der Erfindung eine deckungsgleiche oder eine abschnittsweise Anordnung.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Solarmoduls weist die Trägerschicht einen umlaufenden Überstand über die Frontscheibe von mindestens 0,3 cm auf, bevorzugt von 0,5 cm bis 5 cm und besonders bevorzugt von 1 bis 2 cm. Die Randverstärkungsschicht kann auf dem Überstand angeordnet und beispielsweise mit dem Überstand verklebt werden. Dadurch werden eine sichere Befestigung der Randverstärkung und ein zusätzlicher Schutz der Außenkante des Solarmoduls erzielt. Des Weiteren wird die Außenkante des Solarmoduls vor eindringender Feuchtigkeit geschützt, insbesondere in dem Bereich, in dem die Sammelleiter zwischen Frontscheibe und Trägerschicht herausgeführt werden.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung umfasst die Solarzelle eine monokristalline oder polykristalline Solarzelle, bevorzugt mit einem dotierten Halbleitermaterial wie Silizium oder Gallium-Arsenid.

In einer alternativen Ausgestaltung der Erfindung umfasst die Solarzelle eine Dünnschichtsolarzelle, die bevorzugt amorphes, mikromorphes oder polykristallines

Silizium, Cadmium-Tellurid (CdTe), Gallium-Arsenid (GaAs), Kupfer-Indium-(Gallium)-Selenid-Sulfid ($\text{Cu}(\text{In,Ga})(\text{S,Se})_2$), Kupfer-Zink-Zinn-Sulfo-Selenid (CZTS) oder organische Halbleiter enthält.

Alternativ umfasst die Solarzelle eine Tandemzelle aus zwei übereinander angeordneten Solarzellen unterschiedlichen Typs, beispielsweise eine kristalline Silizium-Solarzelle in Kombination mit einer Dünnschichtsolarzelle, einer organischen Solarzelle oder einer amorphen Silizium-Solarzelle.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung umfasst die Solarzelle alle Solarzellen, die selbst und/oder deren Trägermaterial spröde sind und durch leichte Verbiegung oder punktuelle Belastung mit geringen Kräften brechen oder beschädigt werden. Eine leichte Verbiegung bedeutet hier beispielsweise eine Krümmung mit einem Krümmungsradius von weniger als 1500 mm. Eine punktuelle Belastung mit geringen Kräften bedeutet hier beispielsweise eine Indentation durch den Einschlag eines Hagelkorns mit einem Durchmesser von 25 mm und einer Geschwindigkeit von 23 m/s in einem Hagelschlagtest. Eine Beschädigung bedeutet hier eine Verschlechterung der photovoltaischen Eigenschaften der Solarzelle durch eine mechanische Beschädigung des Halbleitermaterials, des Trägermaterials oder elektrischer Leitungsverbindungen, beispielsweise durch einen Kurzschluss oder eine Leitungsunterbrechung. Die Beschädigung der Solarzelle mindert den Wirkungsgrad der Solarzelle beispielsweise sofort nach dem Einschlag um mehr als 3 %. Üblicherweise findet eine weitere Verschlechterung des Wirkungsgrads aufgrund von Mikrorissen im Laufe der Zeit statt.

Die erste und/oder zweite Zwischenschicht enthält eine Klebeschicht, bevorzugt eine oder mehrere Klebefolien, besonders bevorzugt aus Ethylen-Vinyl-Acetat (EVA), Polyvinylbutyral (PVB), Ionomeren, thermoplastischem Polyurethan (TPU), thermoplastischem Elastomerpolyolefin (TPO), thermoplastischem Elastomer (TPE) oder anderen Materialien mit entsprechenden klebenden und feuchtigkeitsabdichtenden Eigenschaften. Die Dicke einer Klebeschicht kann breit variieren und beträgt bevorzugt von 0,2 mm bis 1 mm und insbesondere 0,4 mm.

Die äußeren Abmessungen des erfindungsgemäßen Solarmoduls können breit variieren und betragen bevorzugt von 0,6 m x 0,6 m bis 1,2 m x 2,4 m. Ein

erfindungsgemäßes Solarmodul enthält bevorzugt von 6 bis 100 einzelne Solarzellen oder Solarzellenarrays. Die Fläche einer einzelnen Solarzelle beträgt bevorzugt von 153 mm x 153 mm bis 178 mm x 178 mm.

Die Frontscheibe enthält ein für Sonnenlicht weitgehend transparentes Material, bevorzugt Glas, besonders bevorzugt Flachglas, Floatglas, Quarzglas, Borosilikatglas, Solarglas, Kalk-Natron-Glas, oder Polymere, bevorzugt Polyethylen, Polypropylen, Polycarbonat, Polymethylmethacrylat und/oder Gemische davon. Die Frontscheibe enthält besonders bevorzugt eisenarmes Kalk-Natron-Glas mit einer besonders hohen Transparenz für Sonnenlicht von mehr als 90 % in einem Wellenlängenbereich von 300 nm bis 1500 nm.

Die Frontscheibe enthält bevorzugt thermisch teilvorgespanntes oder vorgespanntes Glas mit einer Vorspannung von 30 MPa bis 120 MPa und bevorzugt von 32 MPa bis 85 MPa. Die Frontscheibe kann zusätzliche weitere Beschichtungen, wie Antirefektionsschichten, Antihafschichten oder Antikratzschichten aufweisen. Die Frontscheibe kann eine einseitige oder beidseitige Mikrostrukturierung oder Nanostrukturierung aufweisen, die beispielsweise die Reflektion von einfallendem Sonnenlicht reduziert. Die Frontscheibe kann eine Einzelscheibe oder eine Verbundscheibe aus zwei oder mehreren Scheiben sein. Die Verbundscheibe kann weitere Schichten, wie transparente thermoplastische Klebeschichten oder Kunststoffschichten enthalten.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung muss die Frontscheibe ausreichend stabil und unnachgiebig sein, um die darunterliegenden Solarzellen vor Beschädigung zu schützen. Mögliche Ursachen für Beschädigungen sind Hagelschlag, Windlast, Schneelast oder Verbiegung bei der Montage sowie ein Betreten durch Personen oder Tiere oder das Fallenlassen eines Werkzeugs. Gleichzeitig soll die Frontscheibe möglichst dünn sein und ein geringes Gewicht aufweisen, um für die Montage auf Flachdächern mit geringer Tragfähigkeit geeignet zu sein.

Wie Versuche der Erfinder gezeigt haben, genügen erfindungsgemäße Solarmodule mit Frontscheiben aus teilvorgespanntem oder vorgespanntem Kalk-Natron-Glas mit einer Dicke von mindestens 0,9 mm den technischen Anforderungen hinsichtlich Verwindungssteifheit und Stabilität.

Erfindungsgemäße Frontscheiben mit einer Dicke von mindestens 0,9 mm bieten insbesondere einen ausreichenden Schutz für im Solarmodul enthaltenen kristalline Solarzellen im Hagelschlagtest nach IEC 61215. Der Hagelschlagtest umfasst den Beschlag der Vorderseite des Solarmoduls mit Hagelkörnern mit einem Durchmesser von 25 mm und einer Geschwindigkeit von 23 m/s. Die erfindungsgemäße Frontscheibe hat eine ausreichende Stabilität und Unnachgiebigkeit um die Energie des Einschlags eines Hagelkorns zu absorbieren, ohne dass die kristalline Solarzelle im Inneren des Solarmoduls beschädigt wird.

Alternativ kann die Frontscheibe flexibel sein und bei Belastungen nachgiebig sein. Die auftretenden Kräfte werden durch die Trägerschicht aufgenommen. Nachgebende Frontscheiben, das heißt Frontscheiben aus nachgiebigen Materialien oder sehr dünne Frontscheiben sind nicht für Solarmodule mit spröden oder kristallinen Solarzellen geeignet. Die kristalline Solarzelle würde durch die Verbiegung der Frontscheibe brechen. Dies führt in der Regel zur Zerstörung eines großen Bereichs der Solarzelle, selbst wenn die Frontscheibe nicht beschädigt wird.

Die Dicke der Frontscheibe bestimmt maßgeblich das Gewicht des Solarmoduls. Um ein möglichst leichtgewichtiges Solarmodul bereitzustellen, welches für die Installation auf einem Flachdach mit einer nur geringen Tragfähigkeit geeignet ist, werden vorzugsweise Frontscheiben mit einer Dicke von höchstens 2,8 mm verwendet. Ein erfindungsgemäßes Solarmodul mit einer Frontscheibe mit einer Dicke von 2,8 mm hat ein Flächengewicht von etwa 10 kg/m². Ein solches Solarmodul eignet sich für die Montage auf Flachdächern mit einer niedrigen Traglastreserve von mindestens 10 kg/m².

Die erfindungsgemäße Frontscheibe selbst wird durch den Hagelschlagtest nicht beschädigt, sofern der Hageleinschlag nicht in einem Randbereich erfolgt. Die Randbereiche von Glasscheiben sind besonders empfindlich gegen Abplatzer und Ausmuschelungen.

Der Randbereich der Frontscheibe kann durch eine Randverstärkung stabilisiert werden. Die erfindungsgemäße Randverstärkung schützt den Randbereich der Frontscheibe vor Beschädigungen im Hagelschlagtest.

Die Randverstärkung umfasst eine oder mehrere Schichten bevorzugt aus Metall, Glas, Gummi, Kunststoff oder glasfaserverstärktem Kunststoff. Die Randverstärkung umfasst besonders bevorzugt das Material der Trägerschicht. Die Trägerschicht hat vorteilhafterweise einen an das Solarmodul und die Frontscheibe angepassten thermischen Ausdehnungskoeffizienten. Dadurch treten keine oder nur geringe mechanische Spannungen aufgrund von unterschiedlicher Temperatúrausdehnung der Materialien des Solarmoduls auf.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung eines erfindungsgemäßen Solarmoduls ist die Oberseite der Randverstärkung bündig mit der Frontscheibe angeordnet.

In einer alternativen Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Randverstärkung ist die Randverstärkung um eine Höhe h über die Frontscheibe überhöht. Die Höhe h beträgt bevorzugt mindestens 0,5 mm und besonders bevorzugt 1 mm bis 5 mm. Wie bereits ausgeführt, ist der äußere Bereich einer Frontscheibe besonders anfällig für Abplatzer oder Ausmuschelungen des Glases, beispielsweise bei Auftreffen eines Hagelkorns im Hagelschlagtest. Durch die Überhöhung h der Randverstärkung über die Frontscheibe entsteht ein geschützter Bereich. Ein Hagelkorn mit einem Durchmesser von beispielsweise 25 mm kann wegen der Überhöhung h der Randverstärkung nicht in den besonders beschädigungsanfälligen Randbereich der Frontscheibe vordringen. Die Höhe h kann durch einfache Versuche im Hagelschlagtest ermittelt werden.

In einer weiteren alternativen Ausgestaltung eines erfindungsgemäßen Solarmoduls überdeckt die Randverstärkung einen umlaufenden Randbereich der Frontscheibe. Die Randverstärkung überdeckt den umlaufenden Randbereich der Frontscheibe bevorzugt über eine Breite b von mindestens 0,3 cm, besonders bevorzugt von 0,5 cm bis 2 cm.

Da die Randverstärkung die Frontscheibe abschnittsweise überhöht oder überlappt, bildet sich eine umlaufende Umrandung, die die Frontscheibe ringförmig umschließt. Im Falle von Regenfällen oder Schneeschmelzen, kann sich im Bereich des Übergangs zwischen Frontscheibe und Randverstärkung Wasser ansammeln, welche wegen der umlaufenden Randverstärkung nicht abfließen kann. Die stehende Wasseransammlung fördert die Bildung von Algen. Außerdem kann die dauerhafte

Wassereinwirkung die Feuchtigkeitsabdichtungen des Solarmoduls belasten. Des Weiteren sammelt sich in diesem Bereich Schmutz, Sand und Staub, der nicht durch Regenwasser weggespült werden kann.

Die Ansammlung von Wasser und Schmutz am Übergang zwischen Frontscheibe und Randverstärkung betrifft besonders Solarmodule auf Dächern, die nur eine geringe Dachneigung haben, sogenannten Flachdächern.

Ein wichtiger Aspekt der vorliegenden Erfindung umfasst deshalb Wasserablauffinnen, die in die Randverstärkung eingebracht sind. Durch die Wasserablauffinnen kann Regenwasser oder Schmelzwasser abfließen. Das abfließende Wasser kann Schmutz, Sand und Staub mit sich führen und die Frontscheibe des Solarmoduls frei von Verunreinigungen halten.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung eines erfindungsgemäßen Solarmoduls weist die Randverstärkung an jeder Ecke des Solarmoduls mindestens eine Wasserablauffrinne auf, die die Innenseite der Randverstärkung mit der Außenseite der Randverstärkung verbindet. Außenseite der Randverstärkung bedeutet hier die Seite der Randverstärkung, die sich an der Außenseite des Solarmoduls befindet. Innenseite der Randverstärkung bedeutet, die der Außenseite der Randverstärkung gegenüberliegende Seite.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Solarmoduls weist die Randverstärkung an jeder umlaufenden Außenseite des Solarmoduls mindestens eine Wasserablauffrinne auf.

Die Breite der Wasserablauffrinne ist vorteilhafterweise so gewählt, dass ein Hagelkorn mit einem Durchmesser von 25 mm bei einer Geschwindigkeit von 23 m/s bei zentralem oder seitlichem Aufschlag auf die Wasserablauffrinne, die Frontscheibe nicht beschädigt. Die Breite der Wasserablauffrinne ist abhängig von der Dicke der Randverstärkung, das heißt von der Höhe h der Überhöhung der Randverstärkung über die Frontscheibe, und kann durch einfache Versuche ermittelt werden. In einer vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Solarmoduls hat die Wasserablauffrinne (8.1, 8.2) eine Breite (d) von 0,5 mm bis 5 mm, bevorzugt von 2,5 mm bis 5 mm.

Die Randverstärkung umfasst eine erste Randverstärkungsschicht und eine zweite Randverstärkungsschicht. Die erste und/oder die zweite Randverstärkungsschicht können aus zwei oder mehr Teilen bestehen. Die erste und die zweite Randverstärkungsschicht können alternativ einstückig ausgestaltet sein und einen ersten Bereich aufweisen, der die erste Randverstärkungsschicht ausbildet und einen zweiten Bereich aufweisen, der die zweite Randverstärkungsschicht ausbildet.

Die erste Randverstärkungsschicht ist zumindest abschnittsweise oberhalb des umlaufenden Überstandes der Trägerschicht über die Frontscheibe angeordnet. Die erste Randverstärkungsschicht ist insbesondere an der Seite des Solarmoduls, an dem die Sammelleiter aus dem Solarmodul herausgeführt werden, oberhalb des umlaufenden Überstandes angeordnet. Die erste Randverstärkungsschicht weist eine oder mehrere Aussparungen, bevorzugt zwei Aussparungen, auf.

Die zweite Randverstärkungsschicht ist oberhalb der ersten Randverstärkungsschicht angeordnet. Die zweite Randverstärkungsschicht weist eine oder mehrere Öffnungen, bevorzugt zwei Öffnungen auf.

Die erste Randverstärkungsschicht und die zweite Randverstärkungsschicht sind durch Klebeschichten miteinander und/oder mit der Trägerschicht und der Frontscheibe verklebt. Die Klebeschichten dichten den Randbereich des Solarmoduls vor Feuchtigkeitseintritt ab und isolieren die spannungsführenden Teile des Solarmoduls. Die Klebeschichten enthalten bevorzugt einen Acrylatkleber, Ethylen-Vinyl-Acetat (EVA), Silikon oder eine doppelseitige Klebefolie.

Die Aussparung der ersten Randverstärkungsschicht ist zu dem Schichtenaufbau aus Zwischenschichten, Solarzellen und Frontscheibe hin offen ausgestaltet. Die Aussparung ist an der Stelle angeordnet, an der der Sammelleiter den Schichtenaufbau verlässt, wobei der Sammelleiter nach dem Austritt aus dem Schichtenaufbau innerhalb der Aussparung angeordnet ist. Die Dicke der ersten Randverstärkungsschicht ist vorzugsweise kleiner als die Dicke des Schichtenaufbaus. Die zweite Randverstärkungsschicht ist oberhalb der ersten Randverstärkungsschicht angeordnet und kann diese überlappen. Die Öffnung der zweiten Randverstärkungsschicht ist oberhalb der Aussparung der ersten

Randverstärkungsschicht angeordnet und bildet mit dieser einen gemeinsamen Hohlraum.

Oberhalb der Öffnung der zweiten Randverstärkungsschicht ist mindestens ein Anschlussgehäuse angeordnet, bevorzugt ein Anschlussgehäuse für jeden Sammelleiter. Der Sammelleiter ist nach dem Austritt aus dem Schichtenaufbau und vor dem Eintritt in das Anschlussgehäuse innerhalb des Hohlraums aus Aussparung der ersten Randverstärkungsschicht und Öffnung der zweiten Randverstärkungsschicht angeordnet.

Der Sammelleiter tritt durch die Öffnung aus der Randverstärkung heraus. Der Sammelleiter ist im Anschlussgehäuse mit der Anschlussleitung elektrisch leitend verbunden. Die Verbindung erfolgt bevorzugt über Stecker, Kontaktstifte, Kontaktzungen, Federelement, Crimp-Verbindungen, Lötstellen, Schweißstellen oder andere elektrische Leitungsverbindungen. In einer vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Solarmoduls überdeckt das Anschlussgehäuse die komplette Öffnung. Das Anschlussgehäuse und/oder der aus Öffnung und Aussparung gebildete Hohlraum können durch ein Vergussmittel verschlossen werden. Das Vergussmittel dichtet das Solarmodul gegen eindringende Feuchtigkeit ab und enthält beispielsweise Polyurethan, Acryl, Silikon oder andere geeignete abdichtende Materialien.

Die Aussparung der ersten Randverstärkungsschicht ist beispielsweise rechteckig, mit spitzen oder abgerundeten Ecken oder halbkreisförmig ausgebildet. Die Aussparung kann auch andere Formen aufweisen, in denen ein oder mehrere Sammelleiter angeordnet werden können. Die Aussparung ist bevorzugt in einen engen Bereich um die Sammelleiter herum begrenzt.

Die Öffnung der zweiten Randverstärkungsschicht ist bevorzugt rechteckig, quadratisch, oder kreisförmig ausgebildet, wobei gleichwohl alle Formen geeignet sind, innerhalb derer der Sammelleiter zweckmäßigerweise angeordnet werden kann.

Ein wichtiger Aspekt der Erfindung umfasst die Anpassung der thermischen Ausdehnungskoeffizienten von Frontscheibe und Trägerschicht: Unterschiedliche thermische Ausdehnungskoeffizienten von Frontscheibe und Trägerschicht können bei Temperaturänderungen zu einer unterschiedlichen Temperatúrausdehnung führen.

Eine unterschiedliche Temperatúrausdehnung von Frontscheibe und Trägerschicht kann zu einer Verbiegung des Solarmoduls und damit zu einer Beschädigung der kristallinen Solarzellen führen. Temperaturänderungen von mehr als 100°C treten beispielsweise bei der Lamination des Solarmoduls oder bei einer Erwärmung des Solarmoduls auf dem Dach auf.

Der zweite thermische Ausdehnungskoeffizient, das heißt der thermische Ausdehnungskoeffizient der Frontscheibe, beträgt bevorzugt von $8 \times 10^{-6} / \text{K}$ bis $10 \times 10^{-6} / \text{K}$ und für teilvorgespanntes Kalk-Natron-Glas beispielsweise von $8 \times 10^{-6} / \text{K}$ bis $9,3 \times 10^{-6} / \text{K}$.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Solarmoduls beträgt die Differenz zwischen dem ersten thermischen Ausdehnungskoeffizient der Trägerschicht eines erfindungsgemäßen Solarmoduls und dem zweiten thermischen Ausdehnungskoeffizienten der Frontscheibe $\leq 300 \%$, bevorzugt $\leq 200 \%$ und besonders bevorzugt $\leq 50 \%$ des zweiten thermischen Ausdehnungskoeffizienten der Frontscheibe.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Solarmoduls enthält die Trägerschicht einen glasfaserverstärkten Kunststoff. Der glasfaserverstärkte Kunststoff enthält beispielsweise ein mehrlagiges Glasfasergewebe, das in einen Gießharzformstoff aus ungesättigtem Polyesterharz eingebettet ist. Der Glasgehalt des glasfaserverstärkten Kunststoffs beträgt bevorzugt von 30 % bis 75 % und besonders bevorzugt von 50 % bis 75 %.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Solarmoduls hat die Trägerschicht einen ersten thermischen Ausdehnungskoeffizienten von $7 \times 10^{-6} / \text{K}$ bis $35 \times 10^{-6} / \text{K}$, bevorzugt von $9 \times 10^{-6} / \text{K}$ bis $27 \times 10^{-6} / \text{K}$ und besonders bevorzugt von $9 \times 10^{-6} / \text{K}$ bis $20 \times 10^{-6} / \text{K}$.

In einer alternativen Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Solarmoduls beträgt die Differenz zwischen dem ersten thermischen Ausdehnungskoeffizient und dem zweiten thermischen Ausdehnungskoeffizienten $\leq 17 \%$, bevorzugt $\leq 12 \%$ und besonders bevorzugt $\leq 7 \%$ des zweiten thermischen Ausdehnungskoeffizienten.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Solarmoduls enthält die Trägerschicht eine Metallfolie mit einem ersten thermischen Ausdehnungskoeffizienten von $7,3 \times 10^{-6} /K$ bis $10,5 \times 10^{-6} /K$. Die erste Zwischenschicht kann eine Stapelfolge aus zumindest einer ersten Klebeschicht, einer Isolationsschicht und einer zweiten Klebeschicht enthalten. Die Isolationsschicht enthält bevorzugt eine feste, isolierende Folie, beispielsweise aus Polyethylenterephthalat (PET). Die Isolationsschicht hat die Aufgabe die Sammelleiter und die Rückseite der Solarzellen von der elektrisch leitenden Metallfolie der Trägerschicht zu isolieren. Die Metallfolie enthält bevorzugt einen rostfreien Stahl, bevorzugt einen Edelstahl der EN-Werkstoffnummer 1.4016, 1.4520, 1.4511, 1.4017, 1.4113, 1.4510, 1.4516, 1.4513, 1.4509, 1.4749, 1.4724 oder 1.4762.

Ein weiterer Aspekt der Erfindung umfasst ein Flachdach mit

- a) einer Dachhaut mit einer Dachneigung von 1% (0,6°) bis 23,1% (13°),
- b) mindestens einem erfindungsgemäßen Solarmodul, angeordnet auf der Dachhaut,

wobei die Dachhaut und das erfindungsgemäße Solarmodul durch mindestens eine Klebeschicht und/oder Verbindungsmittel zumindest abschnittsweise miteinander verbunden sind.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Flachdachs beträgt die Dachneigung von 2 % (1,1°) bis 17,6 % (10°), bevorzugt von 5 % (2,9°) bis 17,6 % (10°) und besonders bevorzugt von 5 % (2,9°) bis 8,8 % (5°).

Die Klebeschicht, mit der das erfindungsgemäße Solarmodul und die Dachhaut verbunden sind, enthält bevorzugt einen Acrylatkleber, einen Butylkleber, einen Bitumenkleber oder einen Silikonkleber oder eine doppelseitige Klebefolie. Die Verbindungsmittel enthalten bevorzugt Schraub-, Klemm- oder Nietverbindungen und/oder Halteschienen, Führungsschienen oder Ösen aus Kunststoff oder Metall, wie Aluminium, Stahl oder Edelstahl.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Flachdachs enthält die Dachhaut einen Kunststoff, bevorzugt Polymethylmethacrylat (PMMA, Plexiglas®), Polyester, Bitumen, polymermodifiziertes Bitumen, Polyvinylchlorid (PVC) oder

thermoplastische Elastomere auf Olefinbasis (TPO), vorzugsweise mit einem flachen, kammerförmigen oder gewellten Profil.

In einer alternativen Ausgestaltung enthält die Dachhaut ein Metallblech, bevorzugt ein Metallblech aus Kupfer, Aluminium, Stahl, verzinkten und/oder mit Kunststoff beschichteten Stahl. Das Metallblech hat beispielsweise ein trapezförmiges Profil und wird im Folgenden als Trapezblech bezeichnet. Oberhalb oder unterhalb der Dachhaut können weitere Schichten angeordnet sein, beispielsweise Schichten zur thermischen Isolierung. Die Schichten zur thermischen Isolierung enthalten bevorzugt Kunststoffe oder Kunststoffschäume, beispielsweise aus Polystyrol oder Polyurethan.

Die Verschraubung des Solarmoduls mit der Dachhaut eines erfindungsgemäßen Flachdachs erfolgt vorzugsweise in einem Bereich der Randverstärkung des Solarmoduls und insbesondere im Bereich des Überstands der Trägerschicht über die Frontscheibe. Dies hat den besonderen Vorteil, dass kein Loch in die Frontscheibe eingebracht werden muss. Ein Loch in die gläserne Frontscheibe einzubringen ist ein aufwendiger und kostenintensiver Prozessschritt. Des Weiteren wird die Stabilität der Frontscheibe durch das Loch reduziert.

Ein weiterer Aspekt der Erfindung umfasst ein Verfahren zur Herstellung eines erfindungsgemäßen Solarmoduls, wobei zumindest:

- a) eine erste Randverstärkungsschicht mit mindestens einer Aussparung auf einem Überstand der Trägerschicht über die Frontscheibe angeordnet wird und die Sammelleiter durch die Aussparung geführt werden,
- b) eine zweite Randverstärkungsschicht mit mindestens einer Öffnung oberhalb der ersten Randverstärkungsschicht angeordnet wird und die Sammelleiter durch die Öffnung geführt werden und
- c) mindestens ein Anschlussgehäuse mit den Sammelleitern verbunden wird.

Zwischen Trägerschicht und Frontscheibe sind zumindest eine erste Zwischenschicht, eine Solarzelle und eine zweite Zwischenschicht angeordnet. Trägerschicht, erste Zwischenschicht, Solarzelle, zweite Zwischenschicht und Frontscheibe werden durch laminieren, bevorzugt bei einer Temperatur von 100 °C bis 170 °C miteinander verbunden. Der erhaltene Aufbau wird im Folgenden laminierte Schichtenfolge genannt.

In einer vorteilhaften Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird die Randverstärkung aus mindestens einer ersten Randverstärkungsschicht und einer bündig zu der Oberfläche der Frontscheibe angeordneten zweiten Randverstärkungsschicht gebildet. Die erste Randverstärkungsschicht und die zweite Randverstärkungsschicht können einstückig oder mehrteilig ausgestaltet sein und werden beispielsweise durch Klebeschichten miteinander und mit der laminierten Schichtenfolge verbunden.

Die erste Randverstärkungsschicht und die zweite Randverstärkungsschicht enthalten vorzugsweise einen glasfaserverstärkten Kunststoff.

In einer vorteilhaften Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird die Randverstärkung aus mindestens einer ersten Randverstärkungsschicht und mindestens einer die Frontscheibe in einem Randbereich abschnittsweise überlappenden zweiten Randverstärkungsschicht gebildet. Die erste Randverstärkungsschicht und die zweite Randverstärkungsschicht werden durch Klebeschichten mit der laminierten Schichtenfolge und miteinander verbunden.

In einer vorteilhaften Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird die Randverstärkung vor dem Laminieren auf der Trägerschicht angeordnet und mit der Schichtenfolge durch den Laminationsvorgang verbunden.

In einer alternativen Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird ein Strang mit dem Querschnitt der Randverstärkung extrudiert, der Strang in Segmente unterteilt und Aussparungen sowie Öffnungen in die Segmente eingebracht. Zusätzlich können Wasserablafrinnen in die Segmente eingebracht werden. Anschließend werden die Segmente der Randverstärkung mit der laminierten Schichtenfolge verbunden, beispielsweise verklebt.

Die Extrusion der Randverstärkung erfolgt durch an sich bekannte Extrusionsverfahren, bei denen Kunststoffe oder andere zähflüssige, härtbare Materialien in einem kontinuierlichen Verfahren durch eine speziell geformte Düse gepresst werden. Es entsteht ein Strang mit dem Querschnitt der Düse in beliebiger Länge. Der Strang kann in Segmente unterteilt werden, die die Länge jeweils einer

Seite des Solarmoduls aufweisen. Alternativ kann der Strang in Segmente unterteilt werden, die jeweils eine umlaufende Länge des Solarmoduls haben. Die Kunststoffe können thermoplastische Kunststoffe sein, die während der Extrusion erhitzt werden.

Die Aussparungen, Öffnungen und Wasserablauffinnen werden bevorzugt durch Schneiden oder Fräsen in die Oberfläche der Segmente eingebracht. Die Wasserablauffinnen können während der Extrusion, beispielsweise durch ein sich bewegendes Formwerkzeug, in die Oberfläche der Segmente eingebracht werden. Die Wasserablauffinnen können alternativ nach der Extrusion und vor dem Verkleben mit der laminierten Schichtenfolge in die Segmente eingebracht werden. Die Wasserablauffinnen können in einer weiteren Alternative nach dem Verkleben mit der laminierten Schichtenfolge eingebracht werden.

Extrudierte Randverstärkungen enthalten bevorzugt Polyvinylchlorid (PVC), Polyethylen (PE), Polypropylen (PP), Polyamid (PA), High Density Polyethylen (HDPE), Low Density Polyethylen (LDPE), Acrylnitril-Butadien-Styrol-Copolymerisat (ABS), Polycarbonat (PC), Styrolbutadien (SB), Polymethylmethacrylat (PMMA), Polyurethan (PUR) und Polyethylenterephthalat (PET).

In einer alternative Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird die Randverstärkung durch Reaction Injection Molding (RIM) oder durch ein Spritzgussverfahren hergestellt wird.

Bei dem an sich bekannten Verfahren des Reaction Injection Molding (RIM) werden zwei Komponenten (und eventuell weitere Zusätze) in einem Mischer intensiv gemischt und unmittelbar anschließend als Reaktionsmasse in ein formgebendes Werkzeug gespritzt. Die Aushärtung findet in dem formgebenden Werkzeug statt. Die Aussparungen, Öffnungen und Wasserablauffinnen können bereits durch das formgebende Werkzeug vorgegeben werden oder nach dem Aushärten in den Rohling der Randverstärkung eingebracht werden.

Zur Herstellung einer Randverstärkung durch Reaction Injection Molding eignen sich besonders Kunststoffe wie Polyurethan (PUR), High Density Polyethylen (HDPE), Low Density Polyethylen (LDPE), Polyurea und Polyisocyanurat (PIR)

Bei dem an sich bekannten Spritzgußverfahren werden bevorzugt Schmelzen von thermoplastischen Kunststoffen in ein formgebendes Werkzeug gepresst. Die Aussparungen, Öffnungen und Wasserablaufrippen können bereits durch die Form vorgegeben werden oder nach dem Aushärten in den Rohling der Randverstärkung eingebracht werden.

Ein weiterer Aspekt der Erfindung umfasst die Verwendung eines erfindungsgemäßen Solarmoduls auf einem Flachdach, bevorzugt auf einem Metallflachdach eines Gebäudes oder eines Fahrzeugs zur Fortbewegung auf dem Wasser, auf dem Land oder in der Luft. Für die Installation von erfindungsgemäßen Solarmodulen sind besonders Flachdächer von Lagerhallen, Industrieanlagen und Garagen oder Unterständen wie Carports geeignet, deren Dächer eine große, exponierte und nicht abgeschattete Fläche haben und eine geringe Dachneigung aufweisen.

Ein weiterer Aspekt der Erfindung umfasst die Verwendung eines erfindungsgemäßen Solarmoduls auf einem Flachdach mit einer Dachneigung von 1% (0,6°) bis 23,1% (13°), bevorzugt von 2 % (1,1°) bis 17,6 % (10°), besonders bevorzugt von 5 % (2,9°) bis 17,6 % (10°) und ganz besonders bevorzugt von 5 % (2,9°) bis 8,8 % (5°).

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

Die Erfindung wird nachfolgend anhand einer Zeichnung und eines Beispiels näher erläutert. Die Zeichnung ist nicht vollständig maßstabsgetreu. Die Erfindung wird durch die Zeichnung in keiner Weise eingeschränkt.

Es zeigen:

Figur 1A eine schematische Darstellung eines Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Solarmoduls,

Figur 1B eine Querschnittsdarstellung entlang der Schnittlinie D-D' aus Figur 1A,

Figur 1C eine Querschnittsdarstellung entlang der Schnittlinie C-C' aus Figur 1A,

Figur 1D eine Querschnittsdarstellung entlang der Schnittlinie A-A' aus Figur 1A,

Figur 1E eine Querschnittsdarstellung entlang der Schnittlinie B-B' aus Figur 1A,

Figur 1 F eine vereinfachte schematische Darstellung des Anschlussbereichs des erfindungsgemäßen Solarmoduls aus Figur 1A,
Figur 2 eine Querschnittsdarstellung des Rands eines alternativen Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Solarmoduls,
Figur 3 eine schematische Darstellung eines weiteren Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Solarmoduls,
Figur 4 eine Querschnittsdarstellung des Schichtenaufbaus eines alternativen Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Solarmoduls,
Figur 5A eine Querschnittsdarstellung eines erfindungsgemäßen Flachdachs,
Figur 5B eine Querschnittsdarstellung einer alternativen Ausgestaltung eines erfindungsgemäßen Flachdachs,
Figur 5C eine Querschnittsdarstellung einer weiteren alternativen Ausgestaltung eines erfindungsgemäßen Flachdachs,
Figur 6A eine Querschnittsdarstellung eines Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Solarmoduls entlang der Schnittlinie A-A' aus Figur 1A,
Figur 6B einen Ausschnitt aus Figur 2A mit einem Hagelkorn im Hagelschlagtest und
Figur 7 ein detailliertes Flussdiagramm des erfindungsgemäßen Verfahrens.

Ausführliche Beschreibung der Zeichnungen

In Figur 1A ist ein insgesamt mit der Bezugszahl 1 bezeichnetes erfindungsgemäßes Solarmodul veranschaulicht. Die Figur 1A zeigt eine Aufsicht auf die Vorderseite, das heißt auf die der Sonne zugewandte Seite, des Solarmoduls. Die Rückseite des Solarmoduls 1 ist im Sinne der vorliegenden Erfindung die der Vorderseite abgewandte Seite. Als Außenseiten I, II, III, IV des Solarmoduls 1 werden im Folgenden, die den äußeren Rand der Vorderseite und der Rückseite umlaufenden Seiten bezeichnet.

Das Solarmodul 1 umfasst eine Mehrzahl seriell verschalteter Solarzellen 4, von denen in der Figur 1 A sechs dargestellt sind. Die Solarzellen 4 sind in diesem Beispiel monokristalline Silizium-Solarzellen. Jede Solarzelle hat eine Nennspannung von beispielsweise 0,63 V, so dass das Solarmodul 1 eine Gesamtnennspannung von beispielsweise 3,8 V hat. Die Spannung wird über zwei Sammelleiter 21.1, 21.2 zu zwei Anschlussgehäusen 20 im Randbereich der Seite III des Solarmoduls 1

herausgeführt. In den Anschlussgehäusen 20 erfolgt die elektrische Leitungsverbindung zu den Anschlussleitungen 22. Die Anschlussleitungen 22 sind mit einem Stromnetz oder weiteren Solarmodulen verbunden, die in dieser Abbildung nicht dargestellt sind.

Die Sammelleiter 21.1, 21.2 sind mit den Solarzellen 4 elektrisch leitend verbunden. Ein Sammelleiter 21 enthält üblicherweise ein metallisches Band, beispielsweise ein verzinntes Kupferband mit einer Dicke von 0,03 mm bis 0,3 mm und einer Breite von 2 mm bis 16 mm. Kupfer hat sich für solche Sammelleiter bewährt, da es eine gute elektrische Leitfähigkeit sowie eine gute Verarbeitbarkeit zu Folien besitzt. Gleichzeitig sind die Materialkosten niedrig. Es können auch andere elektrisch leitende Materialien verwendet werden, die sich zu Folien verarbeiten lassen. Beispiele hierfür sind Aluminium, Gold, Silber oder Zinn und Legierungen davon.

Figur 1B zeigt eine Querschnittsdarstellung entlang der Schnittlinie D-D' und Figur 1C eine Querschnittsdarstellung entlang der Schnittlinie C-C' aus Figur 1A. Das erfindungsgemäße Solarmodul 1 umfasst einen Schichtaufbau aus Trägerschicht 2, erster Zwischenschicht 3, Solarzelle 4, zweiter Zwischenschicht 5 und Frontscheibe 6. Die Trägerschicht 2 hat einen umlaufenden Überstand 13 über die Frontscheibe 6 von beispielsweise 2 cm. Das erfindungsgemäße Solarmodul 1 weist eine erste Randverstärkungsschicht 7.1 mit einer Aussparung 16 auf. Die erste Randverstärkungsschicht 7.1 ist oberhalb des Überstands 13 angeordnet. Des Weiteren ist eine zweite Randverstärkungsschicht 7.2 mit einer Öffnung 17 oberhalb der ersten Randverstärkungsschicht 7.1 angeordnet. Die zweite Randverstärkungsschicht 7.2 überdeckt einen umlaufenden Randbereich 9 der Frontscheibe 6 von beispielsweise 1 cm.

Die Sammelleiter 21.1, 21.2 sind an einem Ende mit der Solarzelle 4 und am anderen Ende über eine elektrische Leitungsverbindung 23 mit der Anschlussleitung 22 verbunden. Die Sammelleiter 21.1, 21.2 sind im Bereich der Randverstärkung 7 innerhalb der Aussparung 16 der ersten Randverstärkungsschicht 7.1 und innerhalb der Öffnung 17 der zweiten Randverstärkungsschicht 7.2 angeordnet. Der Sammelleiter 21 ist innerhalb der Aussparung 16 um 90° entlang seiner Mittelachse gedreht. Der Ort der Drehung ist mit dem Bezugszeichen 27 bezeichnet.

Figur 1 D zeigt eine Querschnittsdarstellung entlang der Schnittlinie A-A' aus Figur 1 A. Aus Figur 1 D wird der Schichtenaufbau des erfindungsgemäßen Solarmoduls 1 nochmals ersichtlich. Das Solarmodul 1 enthält eine Trägerschicht 2 aus beispielsweise einem glasfaserverstärkten Kunststoff. Der glasfaserverstärkte Kunststoff enthält beispielsweise ein mehrlagiges Glasfasergewebe, das in einen Gießharzformstoff aus ungesättigtem Polyesterharz eingebettet ist. Die Trägerschicht 2 hat beispielsweise einen Glasgehalt von 54 %, ein Flächengewicht von $1,65 \text{ kg/mm}^2$ und eine Dicke von 1 mm.

Oberhalb der Trägerschicht 2 ist eine erste Zwischenschicht 3 angeordnet. Die erste Zwischenschicht 3 enthält beispielsweise eine Klebefolie aus Ethylen-Vinyl-Acetat (EVA) mit einer Dicke von 0,4 mm.

Oberhalb der ersten Zwischenschicht 3 sind mehrere kristalline Solarzellen 4 angeordnet, von denen in Figur 1 D zwei dargestellt sind. Die kristalline Solarzelle 4 besteht beispielsweise aus einer monokristallinen Siliziumsolarzelle mit einer Größe von 156 mm x 156 mm. Alle Solarzellen 4 eines erfindungsgemäßen Solarmoduls 1 sind über Sammelleiter und je nach Verwendungszweck in Reihenschaltung oder Parallelschaltung miteinander elektrisch leitend verbunden. Des Weiteren können Sperr- oder Bypassdioden in das Solarmodul 1 integriert sein.

Oberhalb der Solarzellen 4 ist eine zweite Zwischenschicht 5 angeordnet, die beispielsweise eine Klebefolie aus Ethylen-Vinyl-Acetat (EVA) mit einer Dicke von 0,4 mm enthält.

Oberhalb der zweiten Zwischenschicht 5 ist eine Frontscheibe 6 angeordnet. Die Frontscheibe 6 enthält beispielsweise ein eisenarmes Kalk-Natron-Glas mit einer Dicke von 0,9 mm bis 2,8 mm und insbesondere von 1 mm. Das Kalk-Natron-Glas ist mit einer Vorspannung von beispielsweise 40 MPa thermisch teilvorgespannt. Teilvorgespanntes Glas unterscheidet sich von vorgespanntem Glas durch einen langsameren Abkühlungsprozess. Der langsamere Abkühlungsprozess führt zu geringeren Spannungsunterschieden zwischen dem Kern und den Oberflächen des Glases. Die Biegefestigkeit von teilvorgespanntem Glas liegt zwischen der von nichtvorgespanntem und vorgespanntem Glas. Teilvorgespanntes Glas hat im

Bruchfall eine hohe Resttragfähigkeit und eignet sich deshalb besonders für absturzsichere Verglasungen an Gebäuden oder im Dachbereich.

Die Trägerschicht 2 hat einen ersten thermischen Ausdehnungskoeffizienten von beispielsweise $27 \times 10^{-6} /K$. Die Frontscheibe 6 hat einen zweiten thermischen Ausdehnungskoeffizienten von beispielsweise $9 \times 10^{-6} /K$. Die Differenz von erstem und zweitem thermischen Ausdehnungskoeffizienten beträgt $18 \times 10^{-6} /K$ und damit 200 % des zweiten thermischen Ausdehnungskoeffizienten.

Die Trägerschicht 2 weist in diesem Ausführungsbeispiel einen umlaufenden Überstand 13 über die Frontscheibe 6 auf. Die Breite a des Überstandes beträgt bevorzugt von 0,5 cm bis 10 cm und beispielsweise 2 cm. Die Randverstärkung 7 ist oberhalb des Überstandes 13 der Trägerschicht 2 und oberhalb eines Randbereichs 9 der Frontscheibe 6 angeordnet. Die Breite b des Randbereichs 9 beträgt bevorzugt 0,5 cm bis 10 cm und beispielsweise 1 cm. Die Randverstärkung 7 enthält eine erste Randverstärkungsschicht 7.1 und eine zweite Randverstärkungsschicht 7.2. Die erste Randverstärkungsschicht 7.1 ist über eine Klebeschicht 14 und beispielsweise über ein doppelseitiges Klebeband mit der Trägerschicht 2 verbunden. Die Dicke der ersten Randverstärkungsschicht 7.1 wird beispielsweise so gewählt, dass die Oberseite der ersten Randverstärkungsschicht 7.1 und die Oberseite der Frontscheibe 6 eine bündige und plane Fläche bilden. Die erste Randverstärkungsschicht 7.1 kann auch eine Schichtfolge aus mehreren Lagen und beispielsweise aus zwei Lagen enthalten. Die erste Randverstärkungsschicht 7.1 kann auch nur einen Klebstoff, beispielsweise ein doppelseitiges Klebeband enthalten, wobei die Dicke des Klebebandes den Höhenunterschied zwischen Trägerschicht 2 und Frontscheibe 6 ausgleicht.

Die zweite Randverstärkungsschicht 7.2 ist abschnittsweise oberhalb der ersten Randverstärkungsschicht 7.1 und oberhalb eines Randbereichs 9 der Frontscheibe 6 angeordnet. Die zweite Randverstärkungsschicht 7.2 ist durch eine Klebeschicht 15 mit der ersten Randverstärkungsschicht 7.1 und dem Randbereich 9 der Frontscheibe 6 verbunden. Die zweite Randverstärkungsschicht 7.2 schützt den empfindlichen äußeren Randbereich 9 der Frontscheibe 6 vor Beschädigung, beispielsweise vor Hagelschlag.

Die Randverstärkung 7 mit einer ersten Randverstärkungsschicht 7.1 und einer zweiten Randverstärkungsschicht 7.2 kann gleichwohl aus einem Stück gefertigt sein, beispielsweise aus einem Kunststoff wie Polyurethan (PU) oder Polyvinylchlorid (PVC). Die aus einem Stück gefertigte Randverstärkung 7 hat dann einen ersten Abschnitt mit einer beispielsweise streifenförmigen Aussparung und einen zweiten Abschnitt mit einer beispielsweise runden Öffnung, die oberhalb der streifenförmigen Aussparung des ersten Abschnitts angeordnet ist. Die Randverstärkung 7 kann beispielsweise durch Extrusion, Spritzgussverfahren oder Reaction Injection Moulding (RIM) hergestellt werden.

Figur 1 E zeigt eine Querschnittsdarstellung entlang der Schnittlinie B-B' aus Figur 1A. In der zweiten Randverstärkungsschicht 7.2 sind mehrere Wasserablauffinnen 8.1, 8.2 in Form von Aussparungen angeordnet. Die Wasserablauffinnen 8.1, 8.2 verbinden den inneren Rand 10 der zweiten Randverstärkungsschicht 7.2 mit dem äußeren Rand 11 der zweiten Randverstärkungsschicht 7.2. Die Breite d der Wasserablauffinnen 8.1, 8.2 beträgt von 1 mm bis 5 mm und beispielsweise 3 mm. Die Breite d der Wasserablauffinnen 8.1, 8.2 und die Dicke der zweiten Randverstärkungsschicht 7.2 werden so gewählt, dass ein Hagelkorn mit einem Durchmesser von 25 mm im Hagelschlagtest die Frontscheibe nicht beschädigt. Dies kann im Rahmen einfacher Versuche ermittelt werden.

In dem in den Figuren 1 A-E dargestellten Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Solarmoduls 1 ist jeweils eine Wasserablauffrinne 8.1 in jeder Ecke 12 des Solarmoduls 1 angeordnet. Die Wasserablauffinnen 8.1 sind beispielsweise unter einem Winkel von 45° zu den Außenseiten I, II, III, IV des Solarmoduls 1 angeordnet. Außerdem weist jede lange Außenseite II, IV des Solarmoduls 1 fünf Wasserablauffinnen 8.2 und jede kurze Außenseite I, III des Solarmoduls 1 drei Wasserablauffinnen 8.2 auf. Die Wasserablauffinnen 8.2 an den Außenseiten I, II, III, IV des Solarmoduls 1 sind beispielsweise rechtwinklig zu den Außenseiten I, II, III, IV des Solarmoduls 1 angeordnet.

Das erfindungsgemäße Solarmodul 1 hat ein Flächengewicht von etwa 5,6 kg/m².

Figur 1 F zeigt eine vereinfachte schematische Darstellung des Anschlussbereichs des erfindungsgemäßen Solarmoduls aus Figur 1A. Die erste Randverstärkungsschicht 7.1

ist unterhalb der zweiten Randverstärkungsschicht 7.2 angeordnet. Die Aussparungen 16 der ersten Randverstärkungsschicht 7.1 sind unterhalb der Öffnungen 17 der zweiten Randverstärkungsschicht 7.2 angeordnet. Die Sammelleiter 21.1, 21.2 verlaufen innerhalb der Aussparung 16 bis unter die Öffnungen 17. Dort werden die Sammelleiter 21.1, 21.2 orthogonal zur Trägerschicht 2 nach oben und aus der zweiten Randverstärkungsschicht 7.2 heraus geführt. Die Anschlussgehäuse und Anschlussleitungen sind der besseren Übersichtlichkeit in Figur 1 F nicht dargestellt.

Figur 2 zeigt eine Querschnittsdarstellung des Rands eines alternativen Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Solarmoduls. Die erste Randverstärkungsschicht 7.1 und die zweite Randverstärkungsschicht 7.2 haben jeweils eine Dicke, die etwa der Hälfte des Schichtenaufbaus aus erster Zwischenschicht 3, Solarzellen 4, zweiter Zwischenschicht 5 und Frontscheibe 6 entspricht. Die zweite Randverstärkungsschicht 7.2 bildet mit der Frontscheibe 6 einen bündigen Übergang 25. Diese Ausgestaltungsform ist besonders für dicke Frontscheiben 6, bevorzugt mit einer Dicke von mehr als 2,8 mm geeignet. Im Gegensatz zu dünnen Frontscheiben 6, werden dicke Frontscheiben 6 beim Hagelschlagtest mit einer Beaufschlagung durch Hagel im Randbereich der Frontscheibe 6 nicht beschädigt.

Figur 3 zeigt eine schematische Darstellung eines weiteren Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Solarmoduls. Die Sammelleiter 21 enthalten beispielsweise eine Metallfolie aus verzinnem Kupfer mit einer Breite von 5 mm und einer Dicke von 0,2 mm. Die Sammelleiter 21 können in einem Bereich um die Stelle, an der sie über die Frontscheibe 6 hinausragen, eine zusätzliche Isolierung 26 aufweisen, beispielsweise eine Polyimidfolie oder einen Buthyl-Gummi. Die Isolierung 26 kann auf der Oberseite, also der der Frontscheibe 6 zugewandten Seite der Sammelleiter 21 angeordnet sein. In einer vorteilhaften Ausgestaltung umhüllt die Isolierung 26 den Sammelleiter 21 auf der Oberseite, der Unterseite und den beiden Außenseiten. Die Isolierung 26 isoliert den Sammelleiter gegen Feuchtigkeit, die in den Zwischenraum zwischen Frontscheibe 6 und Randverstärkung 7 eindringt.

Figur 4 zeigt eine Querschnittsdarstellung des Schichtenaufbaus eines alternativen Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Solarmoduls 1. Der Schichtenaufbau umfasst eine Trägerschicht 2, eine erste Zwischenschicht 3, kristalline Solarzellen 4,

eine zweite Zwischenschicht 5 und eine Frontscheibe 6. Die Trägerschicht 2 enthält in diesem Ausführungsbeispiel eine Metallfolie, beispielsweise eine Folie aus einem rostfreien Edelstahl wie Nirosta, Werkstoffnummer 1.4016 mit einer Dicke von 0,3 mm.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Solarmoduls 1 enthält die erste Zwischenschicht 3 eine Stapelfolge aus einer ersten Klebeschicht 3.1, einer Isolationsschicht 3.2 und einer zweiten Klebeschicht 3.3. Die erste Klebeschicht 3.1 und die zweite Klebeschicht 3.3 enthalten beispielsweise eine Klebefolie aus Ethylen-Vinyl-Acetat (EVA) mit einer Dicke von 0,4 mm. Die Isolationsschicht 3.2 enthält eine feste, isolierende Folie, beispielsweise aus Polyethylenterephthalat (PET) mit einer Dicke von 50 µm. Die Isolationsschicht 3.2 hat die Aufgabe die Sammelleiter 21 und die Rückseite der Solarzellen 4 von der elektrisch leitenden Metallfolie der Trägerschicht 2 zu isolieren. Die elektrische Isolation durch die zusätzliche Isolationsschicht 3.2 ist besonders wichtig, da insbesondere Unebenheiten und Lötstellen der Solarzellen 4 und Sammelleiter 21 eine dünne und vergleichsweise weiche Zwischenschicht aus Ethylen-Vinyl-Acetat (EVA) im Laminationsprozess durchdringen können. Dies kann zu Kurzschlüssen und Leckströmen im Solarmodul 1 führen.

Figur 5 A zeigt eine Querschnittsdarstellung eines erfindungsgemäßen Flachdachs 30 mit erfindungsgemäßen Solarmodulen 1. Die Solarmodule 1 sind in einem Schnitt entlang der Schnittlinie B-B' aus Figur 1 A dargestellt. Die Dachhaut 31 des erfindungsgemäßen Flachdachs 30 enthält beispielsweise eine Membran aus Bitumen, polymermodifiziertem Bitumen, thermoplastische Elastomere auf Olefinbasis (TPO) oder Polyvinylchlorid (PVC). Die Solarmodule 1 sind jeweils über eine Klebeschicht 32 mit der Dachhaut 31 verklebt. Die Klebeschicht 32 enthält beispielsweise Buthyl, Acryl, Bitumen, Silikon oder einen anderen bewitterungsstabilen Kleber. Die Dachhaut 31 des Flachdachs 30 hat beispielsweise eine Neigung von 3°.

Im Falle von Regen oder Schneeschmelzen kann das auf der Frontscheibe anfallende Wasser über die Wasserablauffinnen 8.1 und 8.2 abfließen.

Figur 5 B zeigt eine Querschnittsdarstellung einer alternativen Ausgestaltung eines erfindungsgemäßen Flachdachs 30. Die Solarmodule 1 sind in einem Schnitt entlang der Schnittlinie B-B' aus Figur 1 A dargestellt. Mehrere U-förmige Halteschienen 35

sind fest mit der Dachhaut 31 des Flachdachs 30 verbunden. Die Halteschienen 35 enthalten beispielsweise einen Kunststoff oder ein Metall wie Aluminium. Die erfindungsgemäßen Solarmodule 1 werden an zwei gegenüberliegenden Außenseiten I, III oder II, IV in die U-förmigen Halteschienen 35 eingeführt und durch diese gehalten.

Figur 5 C zeigt eine Querschnittsdarstellung einer weiteren alternativen Ausgestaltung eines erfindungsgemäßen Flachdachs 30. Die Solarmodule 1 sind in einem Schnitt entlang der Schnittlinie B-B' aus Figur 1 A dargestellt. Die Dachhaut 31 enthält ein Trapezblech 34 mit hohen Stellen, sogenannten Stegen und dazwischen befindlichen Vertiefungen, sogenannte Sicken. Der Abstand einer Sickenmitte zur Nächsten beträgt beispielsweise 207 mm. Die Profiltiefe, das heißt der Höhenunterschied zwischen Steg und Sicke beträgt beispielsweise 35 mm. Das Trapezblech hat eine Dicke von beispielsweise 0,75 mm und besteht aus einem verzinkten Stahlblech. Die Solarmodule 1 sind im Bereich der Randverstärkung 7 und insbesondere im Bereich des Überstands der Trägerschicht 2 über die Frontscheibe 6 mit dem Trapezblech 34 verschraubt.

Figur 6 A zeigt eine Querschnittsdarstellung einer alternativen Ausgestaltung eines erfindungsgemäßen Solarmoduls 1 entlang der Schnittlinie A-A' aus Figur 1 A. Die Ausgestaltung unterscheidet sich von dem Beispiel aus Figur 1 B dadurch, dass die zweite Randverstärkung 7.2 die Frontscheibe 6 nicht überlappt. Die zweite Randverstärkung 7.2 ist um eine Höhe h über die Frontscheibe 6 überhöht. Die Höhe h beträgt beispielsweise 1 mm.

Figur 6 B zeigt einen Ausschnitt des Randes des Solarmoduls 1 aus Figur 6 A. Der äußere Bereich einer Frontscheibe 6 ist besonders anfällig für Abplatzer oder Ausmuschelungen des Glases, beispielsweise bei Auftreffen eines Hagelkorns 40 im Hagelschlagtest. Durch die Überhöhung h der zweiten Randverstärkungsschicht 7.2 über die Frontscheibe 6 entsteht ein geschützter Bereich 41. Ein Hagelkorn 40 mit einem Durchmesser von beispielsweise 25 mm kann wegen der Überhöhung mit der Höhe h der zweiten Randverstärkungsschicht 7.2 nicht in den besonders beschädigungsanfälligen Bereich 41 der Frontscheibe 6 vordringen. Die Höhe h kann durch einfache Versuche im Hagelschlagtest ermittelt werden.

Figur 7 zeigt ein detailliertes Flussdiagramm des erfindungsgemäßen Verfahrens.

Es zeigen:

- | | |
|----------------|---|
| 1 | Solarmodul |
| 2 | Trägerschicht |
| 3 | erste Zwischenschicht |
| 3.1 | erste Klebeschicht |
| 3.2 | Isolationsschicht |
| 3.3 | zweite Klebeschicht |
| 4 | Solarzelle |
| 5 | zweite Zwischenschicht |
| 6 | Frontscheibe |
| 7 | Randverstärkung |
| 7.1 | erste Randverstärkungsschicht |
| 7.2 | zweite Randverstärkungsschicht |
| 8.1, 8.2 | Wasserablaufrinne |
| 9 | Randbereich der Frontscheibe 6 |
| 10 | Innenseite der Randverstärkung 7 |
| 11 | Außenseite der Randverstärkung 7 |
| 12 | Ecke des Solarmoduls 1 |
| 13 | Überstand der Trägerschicht 2 über die Frontscheibe 6 |
| 14 | Klebeschicht |
| 15 | Klebeschicht |
| 16 | Aussparung |
| 17 | Öffnung |
| 20 | Anschlussgehäuse |
| 21, 21.1, 21.2 | Sammelleiter |
| 22 | Anschlussleitung |
| 23 | elektrische Leitungsverbindung zwischen Sammelleiter 21 und Anschlussleitung 22 |
| 25 | bündiger Übergang zwischen Frontscheibe 6 und Randverstärkung 7 |
| 26 | Isolierung der Sammelleiter 21 |
| 27 | Drehung des Sammelleiters 21 |
| 30 | Flachdach |
| 31 | Dachhaut |
| 32 | Klebeschicht |

34	Trapezblech
35	Halteschiene, U-förmige Schiene
36	Verschraubung
40	Hagelkorn
41	Bereich der Frontscheibe 6
a	Breite des Überstands 13 der Trägerschicht 2 über die Frontscheibe 6
b	Breite des Randbereichs 9
d	Breite der Wasserablaufrinne 8.1, 8.2
h	Höhe der Überhöhung von Randverstärkung 7 über Frontscheibe 6
A-A'	Schnittlinie
B-B'	Schnittlinie
C-C'	Schnittlinie
D-D'	Schnittlinie
I, II, III, IV	Seite, Außenseite des Solarmoduls 1

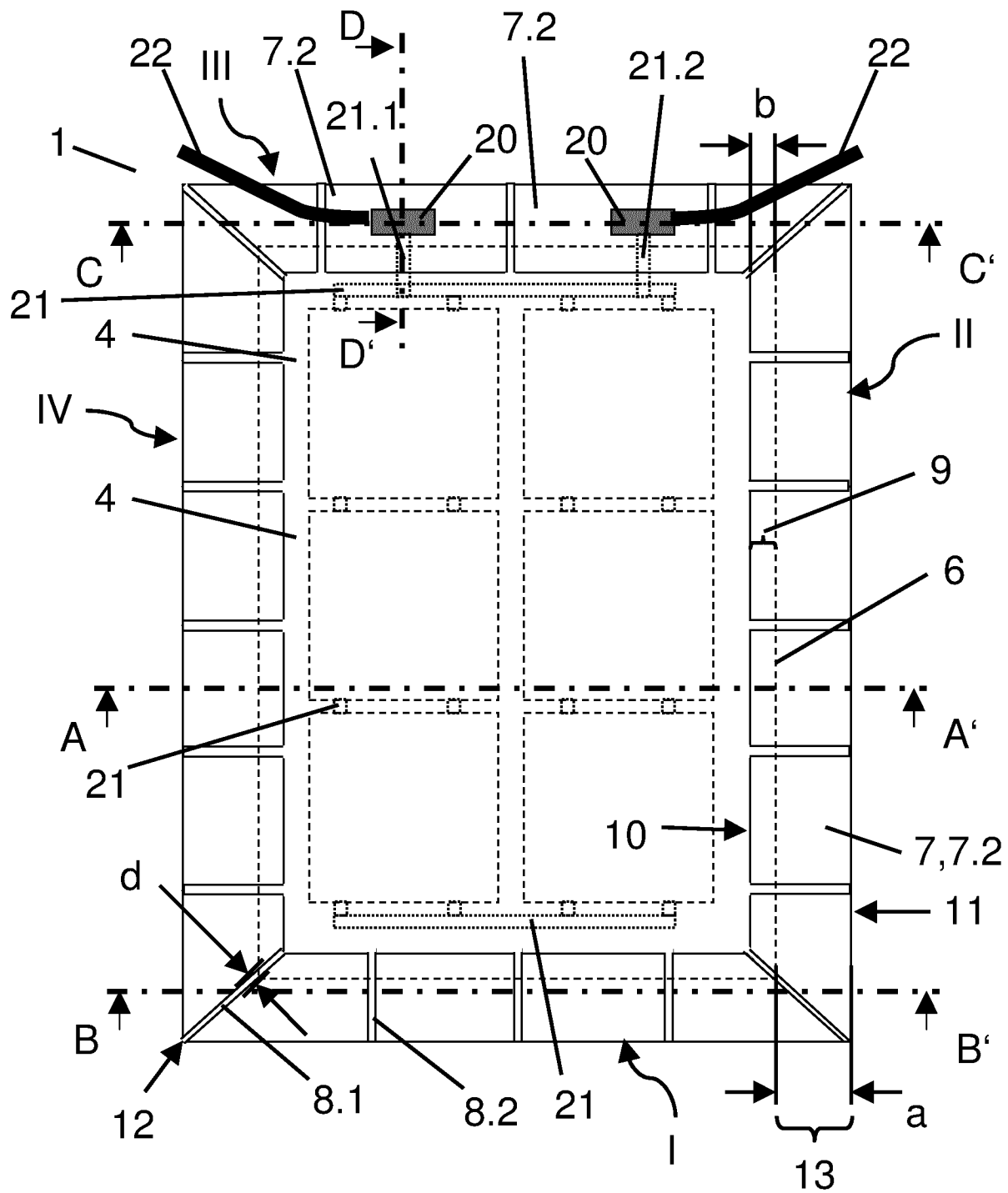
Patentansprüche

1. Solarmodul (1), umfassend:
 - a) eine Trägerschicht (2) und darauf übereinander angeordnet eine erste Zwischenschicht (3), mindestens eine Solarzelle (4), eine zweite Zwischenschicht (5) und eine Frontscheibe (6),
 - b) eine erste Randverstärkungsschicht (7.1) und eine zweite Randverstärkungsschicht (7.2), mindestens ein Anschlussgehäuse (20) und mindestens zwei Sammelleiter (21.1, 21.2), die die Solarzelle (4) mit dem Anschlussgehäuse (20) elektrisch leitend verbinden,wobei die Trägerschicht (2) einen umlaufenden Überstand (13) über die Frontscheibe (6) aufweist, die erste Randverstärkungsschicht (7.1) oberhalb des umlaufenden Überstandes (13) angeordnet ist und eine Aussparung (16) aufweist, die zweite Randverstärkungsschicht (7.2) oberhalb der ersten Randverstärkungsschicht (7.1) angeordnet ist und eine Öffnung (17) aufweist und der Sammelleiter (21.1, 21.2) in der Aussparung (16) und in der Öffnung (17) angeordnet ist.
2. Solarmodul nach Anspruch 1, wobei die zweite Randverstärkung (7.2) mindestens einen umlaufenden Randbereich (9) der Frontscheibe (6) von mindestens 0,2 cm, bevorzugt von 0,5 cm bis 5 cm und besonders bevorzugt von 1 cm bis 2 cm überdeckt.
3. Solarmodul nach Anspruch 1 oder 2, wobei die zweite Randverstärkungsschicht (7.2) an jeder Ecke (12) des Solarmoduls (1) mindestens eine Wasserablaufrinne (8.1) aufweist, die die Innenseite (10) und die Außenseite (11) der zweiten Randverstärkungsschicht (7.2) verbindet.
4. Solarmodul nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die zweite Randverstärkungsschicht (7.2) an jeder Außenseite (I, II, III, IV) des Solarmoduls mindestens eine Wasserablaufrinne (8.2) aufweist, die die Innenseite (10) und die Außenseite (11) der zweiten Randverstärkungsschicht (7.2) verbindet.

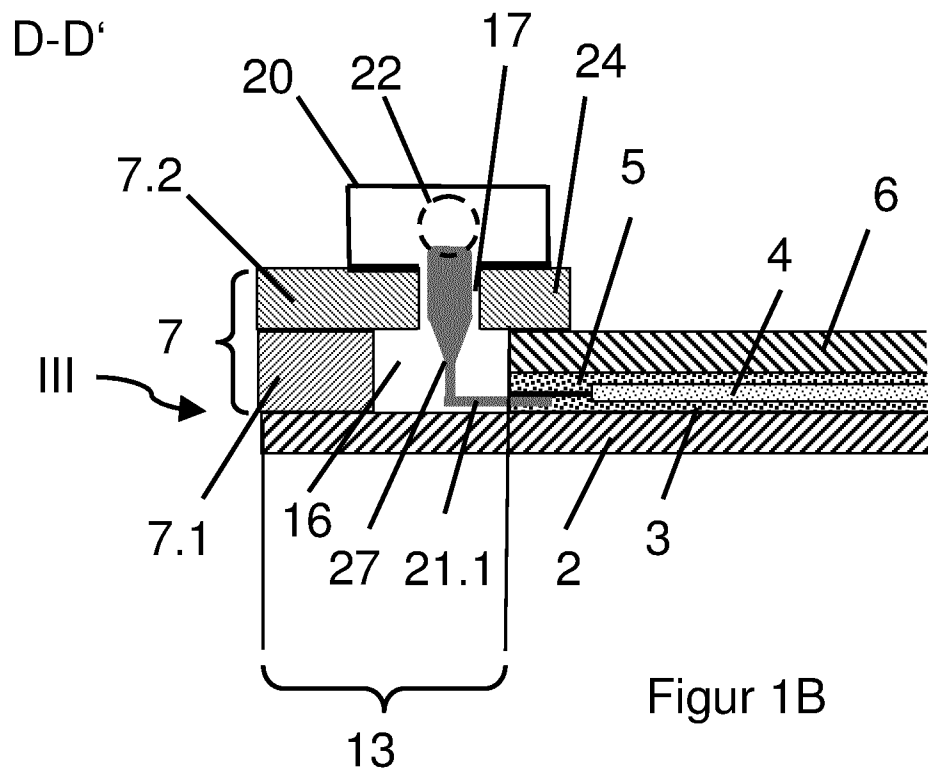
5. Solarmodul nach Anspruch 3 oder 4, wobei die Wasserablaufrinne (8.1, 8.2) eine Breite (d) von 0,3 mm bis 5 mm, bevorzugt von 2 mm bis 4 mm hat.
6. Solarmodul nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei die Solarzelle eine monokristalline oder polykristalline Solarzelle ist und ein dotiertes Halbleitermaterial, bevorzugt aus Silizium oder Gallium-Arsenid, oder eine Tandemzelle mit einer kristallinen Solarzelle enthält.
7. Solarmodul nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei die Frontscheibe (6) thermisch teilvorgespanntes oder vorgespanntes Glas mit einer Dicke von 0,9 mm bis 2,8 mm enthält.
8. Solarmodul nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei die Trägerschicht (2) einen ersten thermischen Ausdehnungskoeffizienten und die Frontscheibe (6) einen zweiten thermischen Ausdehnungskoeffizienten aufweist und die Differenz zwischen dem ersten thermischen Ausdehnungskoeffizienten und dem zweiten thermischen Ausdehnungskoeffizienten von der Frontscheibe (6) $\leq 300 \%$ und bevorzugt $\leq 17 \%$, des zweiten thermischen Ausdehnungskoeffizienten beträgt.
9. Solarmodul nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei die Trägerschicht (2) einen glasfaserverstärkten Kunststoff mit einem ersten thermischen Ausdehnungskoeffizienten von $7,3 \times 10^{-6} /K$ bis $35 \times 10^{-6} /K$ enthält.
10. Solarmodul nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei die Trägerschicht (2) einen umlaufenden Überstand (13) über die Frontscheibe (6) von mindestens 0,3 cm, bevorzugt von 0,5 cm bis 5 cm und besonders bevorzugt von 1 cm bis 2 cm aufweist,
11. Flachdach (30) mit einem Solarmodul (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 10, umfassend:
 - a) eine Dachhaut (31) mit einer Dachneigung von 1 % bis 23,1 %,
 - b) mindestens ein Solarmodul (1), angeordnet auf der Dachhaut (31), wobei die Dachhaut (31) und das Solarmodul (1) durch mindestens eine

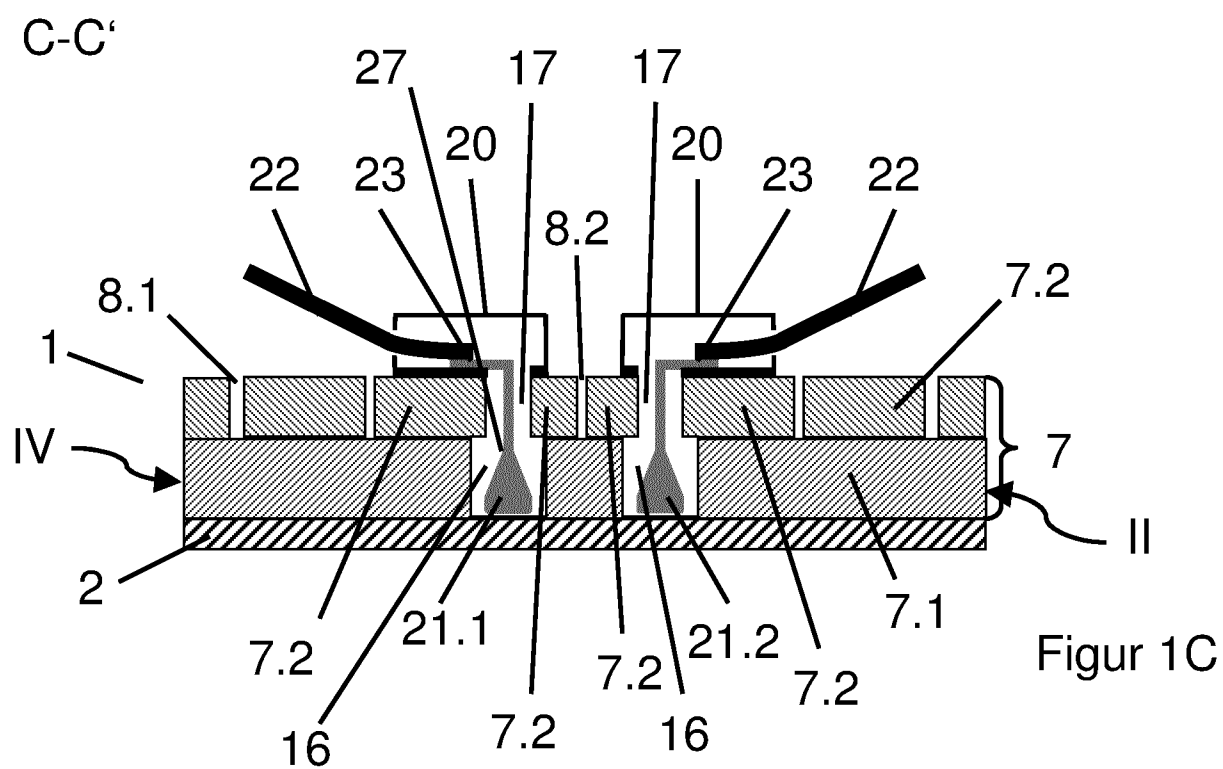
Klebeschicht (32) und/oder Verbindungsmittel (35) zumindest abschnittsweise miteinander verbunden sind.

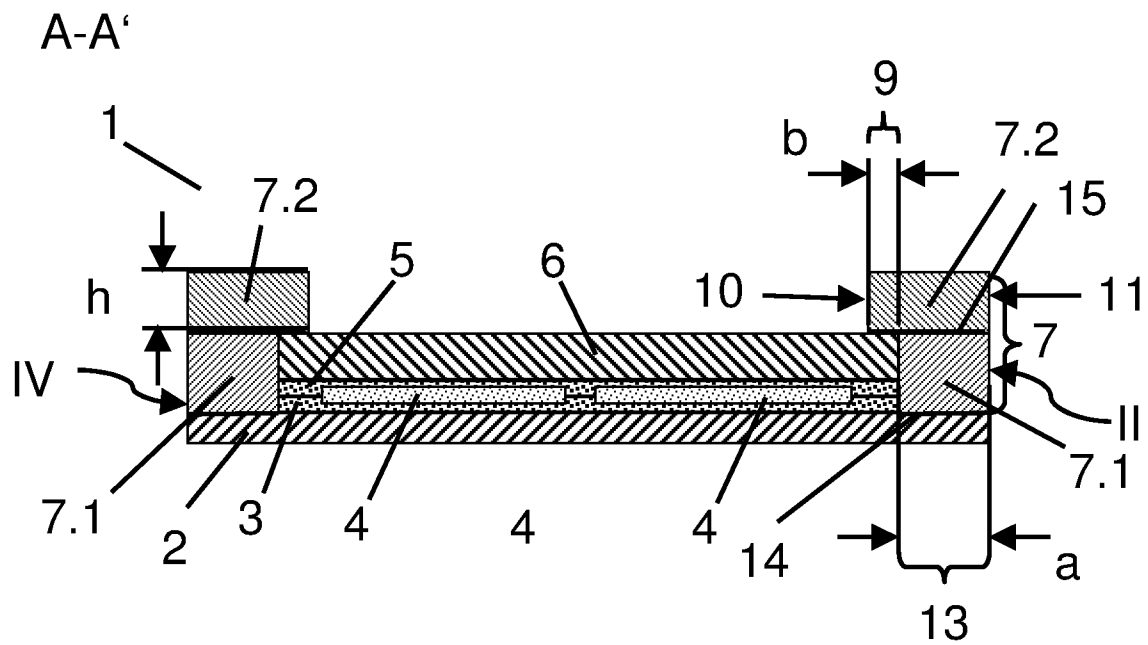
12. Verfahren zur Herstellung eines Solarmoduls (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei zumindest:
 - a) eine erste Randverstärkungsschicht (7.1) mit mindestens einer Aussparung (16) auf einem Überstand (13) der Trägerschicht (2) über die Frontscheibe (6) angeordnet wird und die Sammelleiter (21.1, 21.2) durch die Aussparung (16) geführt werden,
 - b) eine zweite Randverstärkungsschicht (7.2) mit mindestens einer Öffnung (17), die oberhalb der ersten Randverstärkungsschicht (7.1) angeordnet wird und die Sammelleiter (21.1, 21.2) durch die Öffnung (17) geführt werden und
 - c) mindestens ein Anschlussgehäuse (20) mit den Sammelleitern (21.1, 21.2) verbunden wird.
13. Verfahren zur Herstellung eines Solarmoduls (1) nach Anspruch 12, wobei die zweite Randverstärkung (7.2) einen Randbereich (9) der Frontscheibe (6) zumindest abschnittsweise überlappt.
14. Verwendung eines Solarmoduls (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 10 auf einem Flachdach (30), bevorzugt auf einem Metallflachdach, eines Gebäudes oder eines Fahrzeugs zur Fortbewegung auf dem Wasser, auf dem Land oder in der Luft.
15. Verwendung eines Solarmoduls (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 10 auf einem Flachdach mit einer Dachneigung von 1% bis 23,1%, bevorzugt von 2% bis 17,6% und besonders bevorzugt von 5% bis 8,8%.



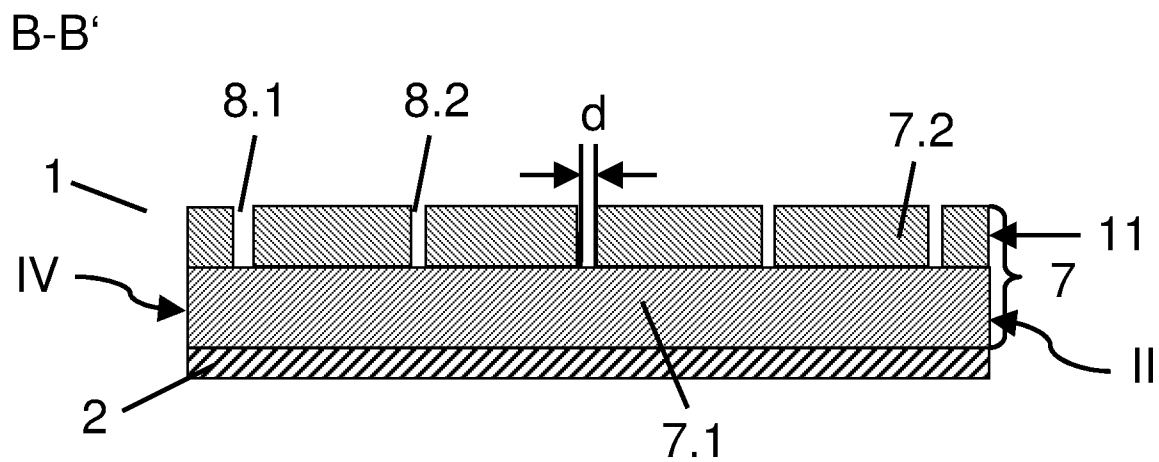
Figur 1A



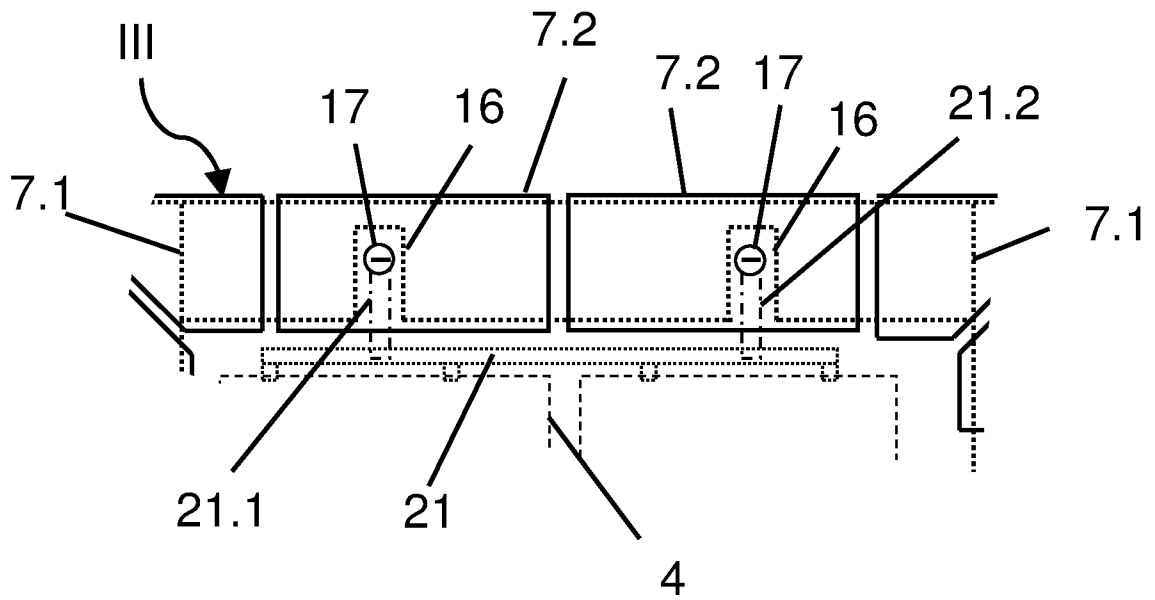




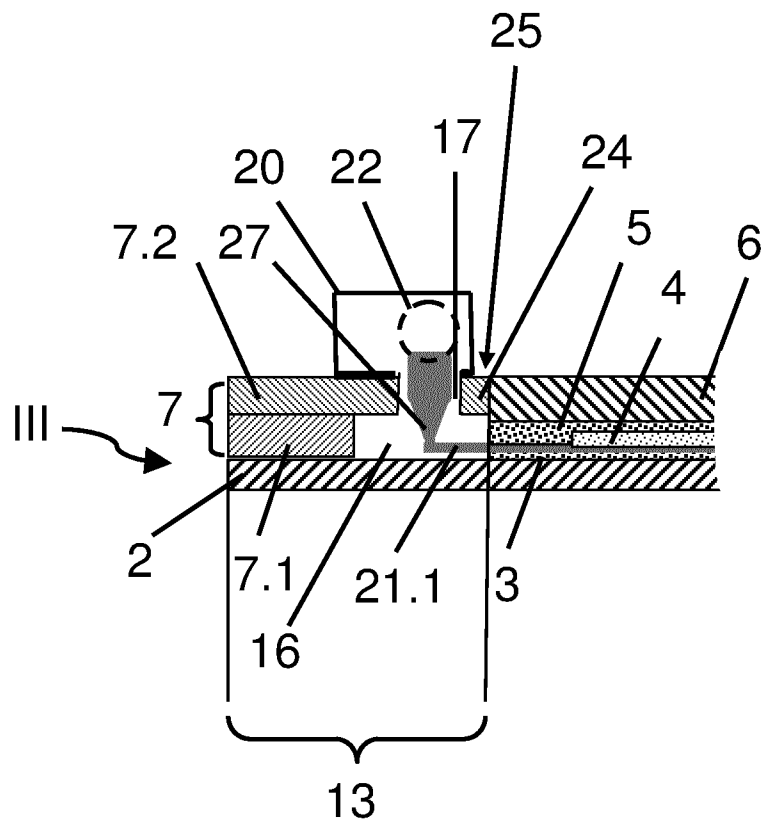
Figur 1D



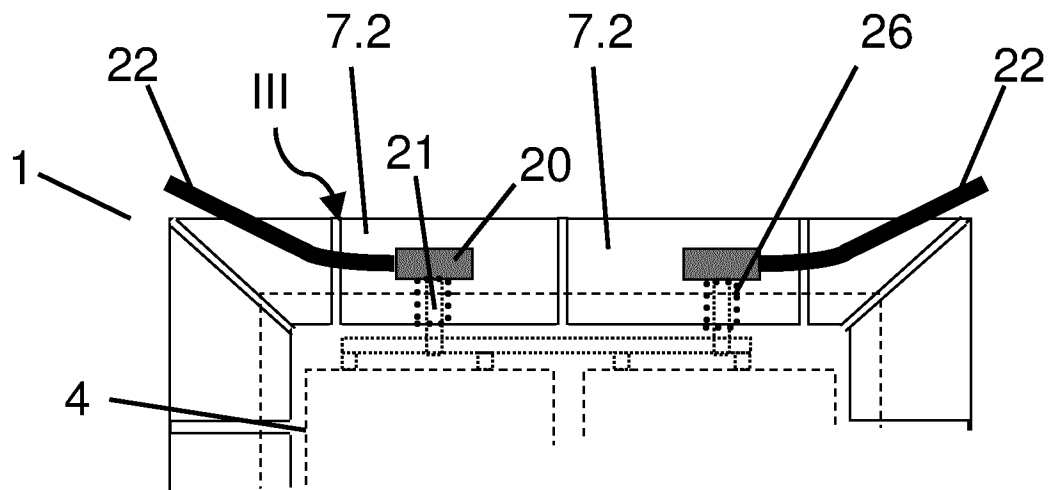
Figur 1E



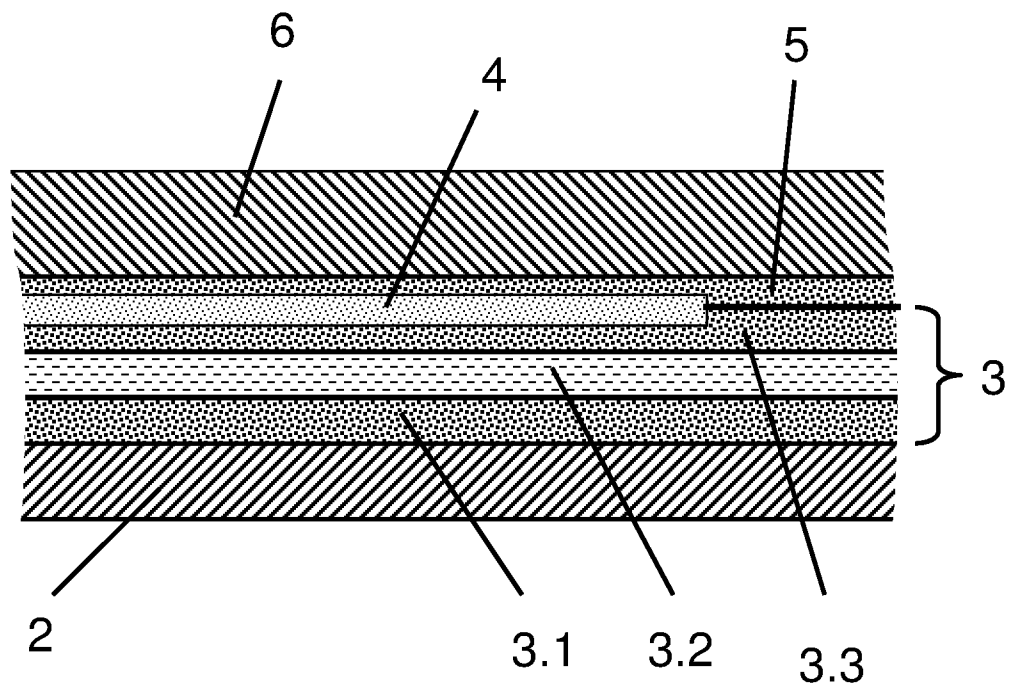
Figur 1F



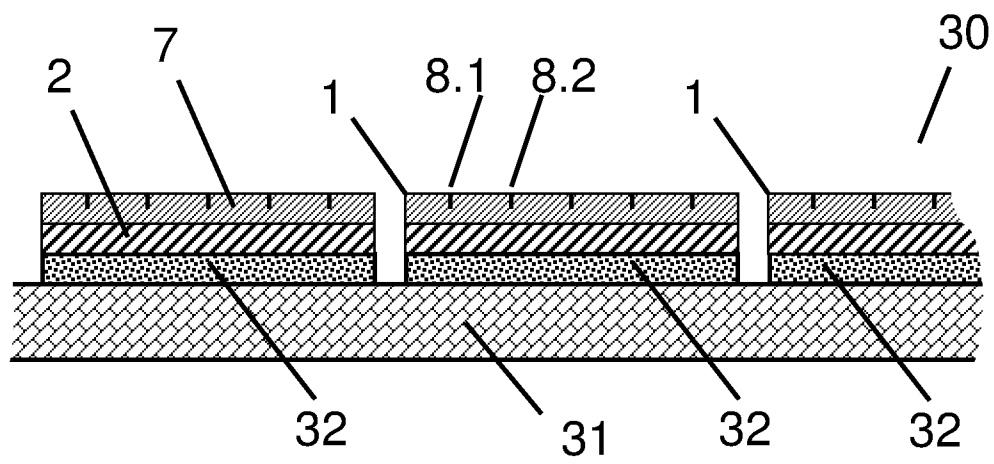
Figur 2



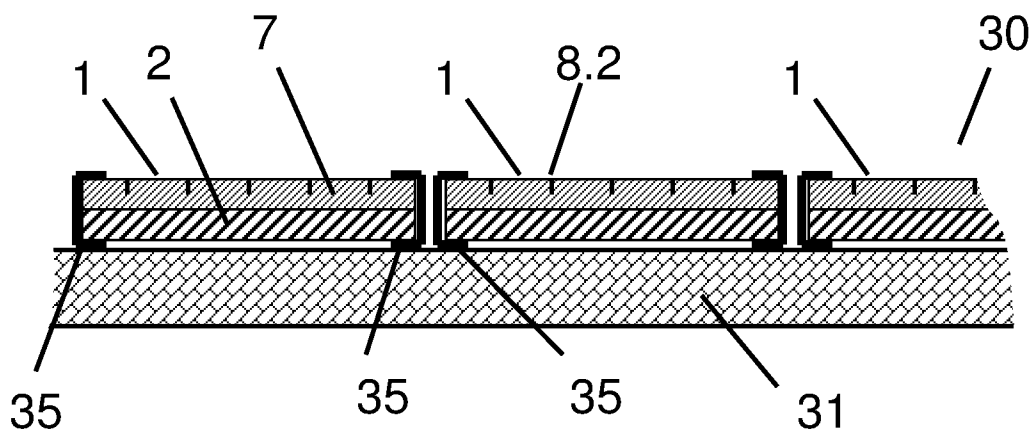
Figur 3



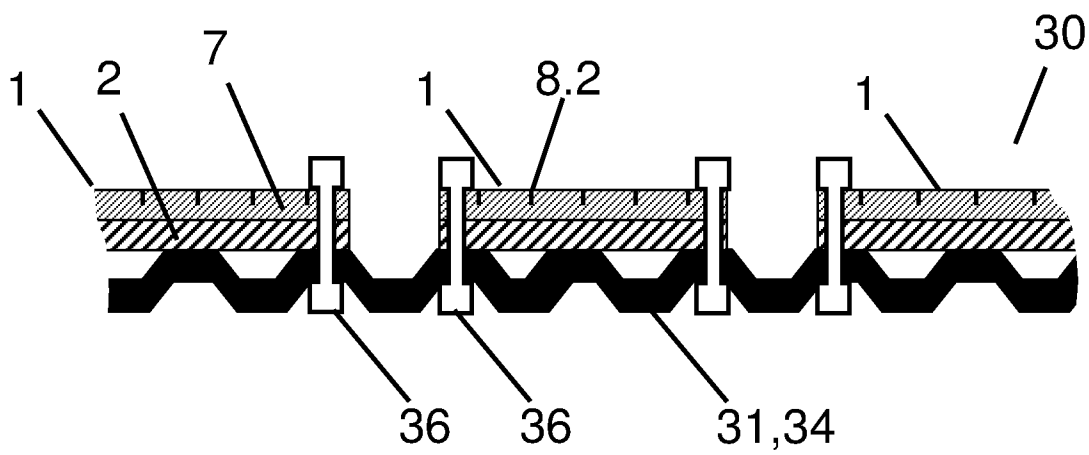
Figur 4



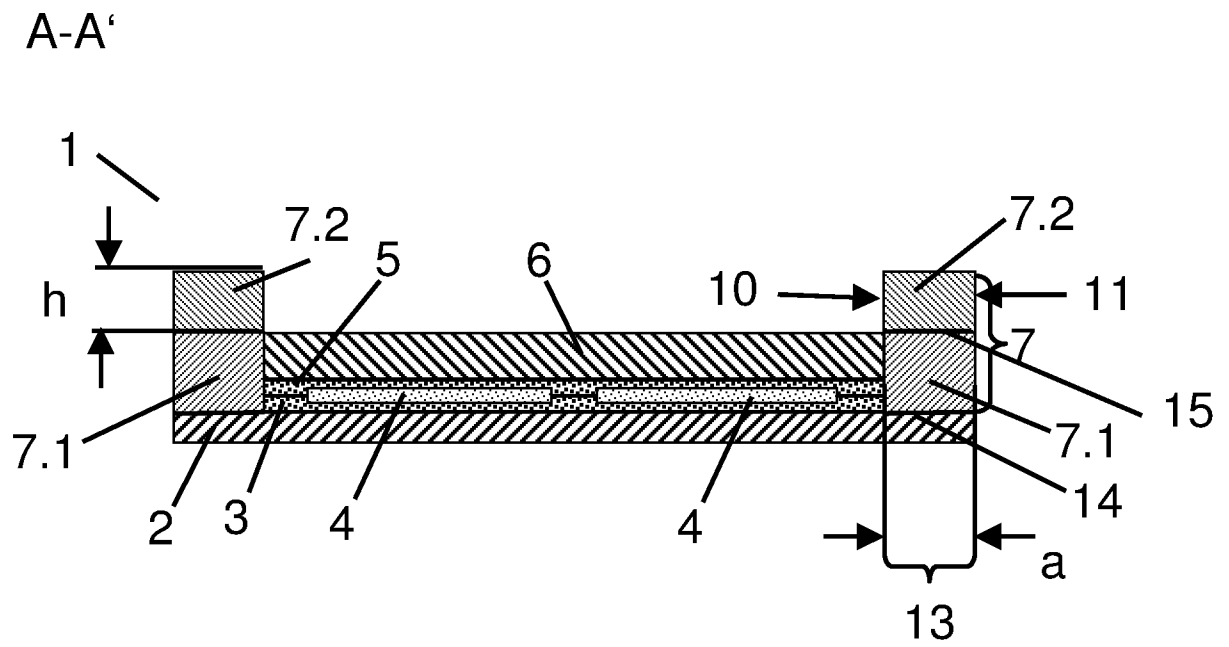
Figur 5A



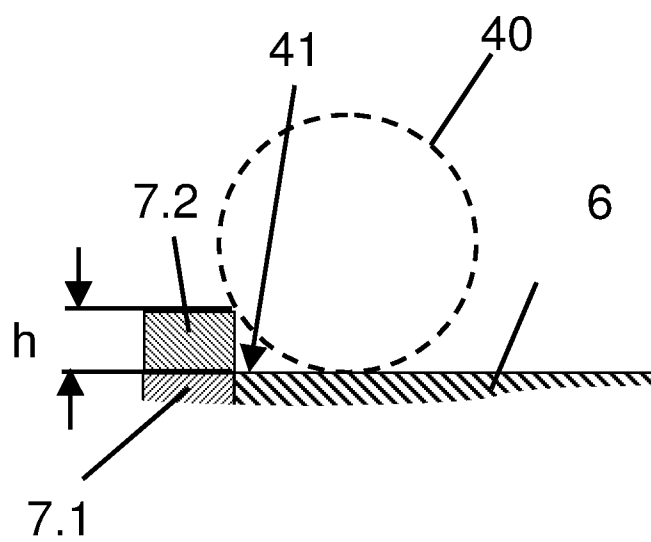
Figur 5B



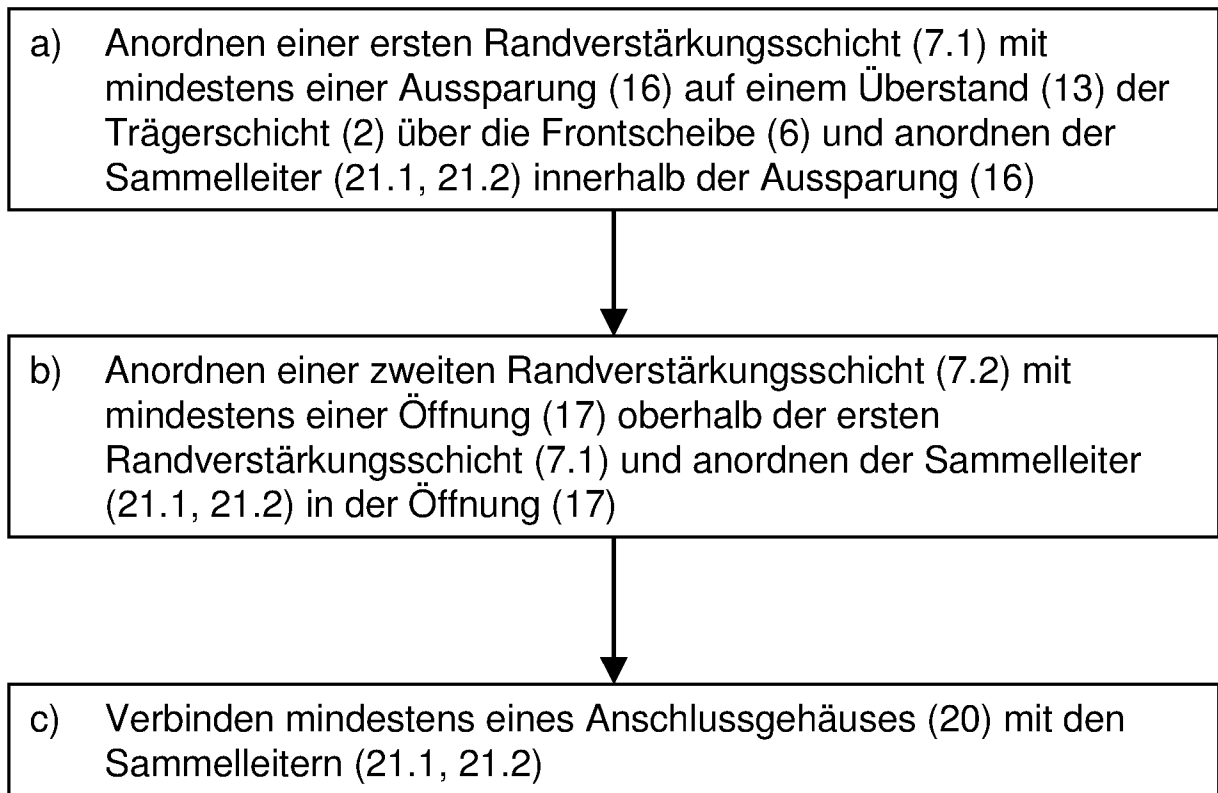
Figur 5C



Figur 6A



Figur 6B



Figur 7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2012/056044

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 INV. H01L31/048 H01L31/042
 ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
 H01L

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5 008 062 A (ANDERSON A JEROME [US] ET AL) 16 April 1991 (1991-04-16) abstract column 10, line 46 - column 12, line 20; figure 8	1-15
A	----- US 6 369 315 B1 (MIZUKAMI SEISHIRO [JP] ET AL) 9 April 2002 (2002-04-09) abstract paragraphs [0055] - [0063]; figures 4-10	1,12
A	----- EP 1 983 578 A2 (IFV ENSOL S L [ES]) 22 October 2008 (2008-10-22) abstract paragraphs [0016] - [0022]; figures 1-4 ----- -/-	1,12



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

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

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

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

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

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

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

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

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

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

3 May 2012

Date of mailing of the international search report

22/05/2012

Name and mailing address of the ISA/

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

Authorized officer

Ferro Pozo, José

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2012/056044

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2011/048504 A1 (KINARD RICHARD DALE [US] ET AL) 3 March 2011 (2011-03-03) abstract paragraphs [0101] - [0108], [0118], [0119]; figures 1-4 -----	1,12

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2012/056044

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5008062	A	16-04-1991	NONE

US 6369315	B1	09-04-2002	AT 262217 T 15-04-2004
		AU 6438199 A	05-10-2000
		DE 69915584 D1	22-04-2004
		DE 69915584 T2	24-03-2005
		EP 1041647 A1	04-10-2000
		JP 3443029 B2	02-09-2003
		JP 2000286439 A	13-10-2000
		US 6369315 B1	09-04-2002

EP 1983578	A2	22-10-2008	EP 1983578 A2 22-10-2008
		ES 1065346 U	01-08-2007

US 2011048504	A1	03-03-2011	CN 102047432 A 04-05-2011
			US 2011048504 A1 03-03-2011
			WO 2009086241 A2 09-07-2009

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. H01L31/048 H01L31/042
ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
H01L

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 5 008 062 A (ANDERSON A JEROME [US] ET AL) 16. April 1991 (1991-04-16) Zusammenfassung Spalte 10, Zeile 46 - Spalte 12, Zeile 20; Abbildung 8	1-15
A	US 6 369 315 B1 (MIZUKAMI SEISHIRO [JP] ET AL) 9. April 2002 (2002-04-09) Zusammenfassung Absätze [0055] - [0063]; Abbildungen 4-10	1,12
A	EP 1 983 578 A2 (IFV ENSOL S L [ES]) 22. Oktober 2008 (2008-10-22) Zusammenfassung Absätze [0016] - [0022]; Abbildungen 1-4 ----- -/-	1,12



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf 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

3. Mai 2012

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

22/05/2012

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

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

Bevollmächtigter Bediensteter

Ferro Pozo, José

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 2011/048504 A1 (KINARD RICHARD DALE [US] ET AL) 3. März 2011 (2011-03-03) Zusammenfassung Absätze [0101] - [0108], [0118], [0119]; Abbildungen 1-4 -----	1,12

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2012/056044

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 5008062	A	16-04-1991	KEINE
US 6369315	B1	09-04-2002	AT 262217 T 15-04-2004 AU 6438199 A 05-10-2000 DE 69915584 D1 22-04-2004 DE 69915584 T2 24-03-2005 EP 1041647 A1 04-10-2000 JP 3443029 B2 02-09-2003 JP 2000286439 A 13-10-2000 US 6369315 B1 09-04-2002
EP 1983578	A2	22-10-2008	EP 1983578 A2 22-10-2008 ES 1065346 U 01-08-2007
US 2011048504	A1	03-03-2011	CN 102047432 A 04-05-2011 US 2011048504 A1 03-03-2011 WO 2009086241 A2 09-07-2009