

(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  
12. Dezember 2013 (12.12.2013)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2013/182399 A1**

- (51) Internationale Patentklassifikation:  
*B32B 17/10* (2006.01) *H01L 31/048* (2006.01)  
*B60J 7/00* (2006.01)
- (74) Anwalt: **LENDVAI, Tomas**; Saint-Gobain Sekurit Deutschland GmbH & Co.KG, Glasstrasse 1, 52134 Herzogenrath (DE).
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2013/060246
- (81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, 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, PA, 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.
- (22) Internationales Anmeldedatum:  
17. Mai 2013 (17.05.2013)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:  
12170877.0 5. Juni 2012 (05.06.2012) EP
- (71) Anmelder: **SAINT-GOBAIN GLASS FRANCE** [FR/FR]; 18, avenue d'Alsace, F-92400 Courbevoie (FR).
- (84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- (72) Erfinder: **GIRON, Jean-Christophe**; 5525 Warden Avenue, Edina, Minnesota 55436 (US). **STOFFEL, Harald**; Burgstraße 14, 52477 Alsdorf (DE). **VAN DER MEULEN, Uwe**; Im Sief 17, 52385 Nideggen (DE). **NOSITSCHKA, Andreas**; Altstraße 84, 52066 Aachen (DE). **REMY, Pascal**; Feuerbachweg 2B, 52531 Übach-Palenberg (DE). **PRAST, Marc-Oliver**; Wildnis 68, 52134 Herzogenrath (DE). **NEUMANN, Dirk**; Heyden-Straße 319, 52134 Herzogenrath (DE).

Erklärungen gemäß Regel 4.17:

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

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: SUNROOF COMPRISING AN INTEGRATED PHOTOVOLTAIC MODULE

(54) Bezeichnung : DACHSCHEIBE MIT EINEM INTEGRIERTEN PHOTOVOLTAIK-MODUL

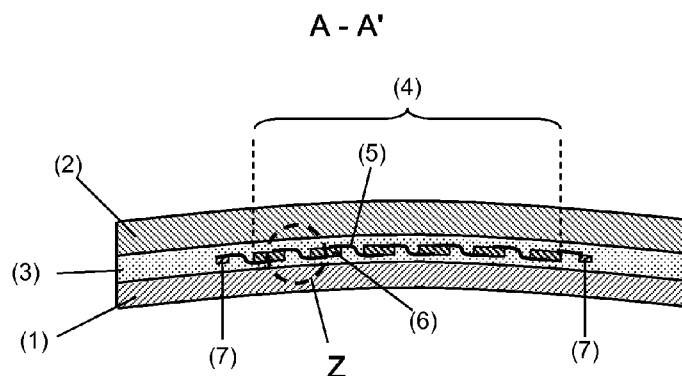


Fig. 2

(57) Abstract: The invention relates to a sunroof that has an integrated photovoltaic module and comprises at least: - a substrate (1) and an outer pane (2) which are interconnected by means of a thermoplastic layer (3) across their entire facing surfaces; and - at least one photovoltaic system (4) which is embedded in the thermoplastic layer (3) and includes at least two strip-shaped solar cells (6) that are connected in series by means of at least one electrically conductive connecting element (5).

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft eine Dachscheibe mit einem integrierten Photovoltaik-Modul, mindestens umfassend - ein Substrat (1) und eine Außenscheibe (2), die über eine thermoplastische Schicht (3) flächenmäßig miteinander verbunden sind, und - in die thermoplastische Schicht (3) eingelagert mindestens ein photovoltaisches System (4), welches mindestens zwei streifenförmig ausgebildete Solarzellen (6) enthält, die über mindestens ein elektrisch leitfähiges Verbindungselement (5) seriell verschaltet sind.

WO 2013/182399 A1



---

— *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)*

## **Dachscheibe mit einem integrierten Photovoltaik-Modul**

Die Erfindung betrifft eine Dachscheibe mit einem integrierten Photovoltaik-Modul, ein Verfahren zu deren Herstellung und deren Verwendung.

Es ist bekannt, dass Photovoltaik-Module in die Dachscheibe von Fahrzeugen integriert werden können. Solche Dachscheiben sind beispielsweise aus DE 3713854 A1, DE 4006756 A1 und DE 4105389 C1 bekannt.

Herkömmliche Dachscheiben mit einem integrierten Photovoltaik-Modul, insbesondere mit einem großflächig in der Dachscheibe angeordneten Photovoltaik-Modul auf Basis von kristallinem Silizium, sind opak und können nur eine geringe Krümmung aufweisen. Dies kann die Gestaltungsfreiheit des Fahrzeugherstellers empfindlich einschränken.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine verbesserte Dachscheibe mit einem integrierten Photovoltaik-Modul bereitzustellen. Dabei soll es möglich sein, einen großen Teil der Fläche der Dachscheibe mit dem Photovoltaik-Modul zu versehen und die Dachscheibe mit einer starken Krümmung zu versehen. Zudem soll die Dachscheibe im Bereich des integrierten Photovoltaik-Moduls eine wählbare Teiltransparenz aufweisen.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung wird erfindungsgemäß durch eine Dachscheibe mit einem integrierten Photovoltaik-Modul gemäß dem unabhängigen Anspruch 1 gelöst. Bevorzugte Ausführungen gehen aus den Unteransprüchen hervor.

Die erfindungsgemäße Dachscheibe mit einem integrierten Photovoltaik-Modul umfasst zumindest die folgenden Merkmale:

- ein Substrat und eine Außenscheibe, die über eine thermoplastische Schicht flächenmäßig miteinander verbunden sind, und
- in die thermoplastische Schicht eingelagert mindestens ein photovoltaisches System, welches mindestens zwei streifenförmig ausgebildete Solarzellen enthält, die über mindestens ein elektrisch leitfähiges Verbindungselement seriell verschaltet sind.

Die erfindungsgemäße Dachscheibe ist dafür vorgesehen, im Bereich des Dachs den Innenraum beispielsweise eines Fahrzeugs von der äußeren Umgebung abzugrenzen. Die Außenscheibe ist dabei erfindungsgemäß der äußeren Umgebung zugewandt. Das Substrat

ist dem Innenraum zugewandt. Die Sonnenstrahlung tritt über die Außenscheibe in die Dachscheibe ein und trifft auf das photovoltaische System innerhalb der thermoplastischen Schicht. Die voneinander abgewandten Oberflächen des Substrats und der Deckscheibe bilden bevorzugt die Außenflächen der Dachscheibe. Das bedeutet, dass auf den voneinander abgewandten Oberflächen des Substrats und der Außenscheibe keine weiteren Elemente angeordnet sind, beispielsweise weitere Scheiben. Die voneinander abgewandten Oberflächen des Substrats und der Außenscheibe können aber Beschichtungen aufweisen.

Der Vorteil der Erfindung liegt in der erfindungsgemäßen Unterteilung des photovoltaischen Systems in seriell miteinander verschaltete Solarzellen. Bei geeigneter Dimensionierung der einzelnen Solarzellen weist das photovoltaische System insgesamt eine hohe Flexibilität auf, selbst wenn die einzelnen Solarzellen nur wenig biegsam sind. Dadurch können Dachscheiben mit starker Krümmung realisiert werden. Zudem kann durch die Dimensionierung der Solarzellen sowie die Flächenbelegung der Solarzellen eine gewünschte Teiltransparenz der Dachscheibe im Bereich des photovoltaischen Systems eingestellt werden.

Die Solarzellen sind erfindungsgemäß streifenförmig ausgebildet. Unter einem Streifen wird dabei eine Form, bevorzugt rechteckige Form verstanden, deren Länge deutlich größer ist als deren Breite. Erfindungsgemäß ist die Länge des Streifens größer als die fünffache Breite, bevorzugt größer als die zehnfache Breite.

Die Solarzellen weisen bevorzugt eine Länge von 5 cm bis 30 cm, besonders bevorzugt von 10 cm bis 20 cm auf. Die Solarzellen weisen bevorzugt eine Breite von 1 mm bis 10 mm, besonders bevorzugt von 2 mm bis 5 mm auf. Das ist besonders vorteilhaft im Hinblick auf die Flexibilität des photovoltaischen Systems, die Leistung des photovoltaischen Systems und einen ästhetischen Eindruck der erfindungsgemäßen Dachscheibe.

Die streifenförmigen Solarzellen können beispielsweise aus einer herkömmlichen, kommerziell erhältlichen Solarzelle geschnitten werden. Durch die streifenförmige Ausbildung mit den erfindungsgemäßen geringen Breiten können Dachscheiben mit Krümmung realisiert werden, ohne dass man dabei auf die Verwendung von speziellen, nämlich besonders dünnen Solarzellen beschränkt ist.

Die streifenförmigen Solarzellen sind bevorzugt parallel zueinander angeordnet, so dass die langen Kanten der Solarzellen einander zugewandt sind. Dann sind die Solarzellen vorteilhaft platzsparend angeordnet und können einfach über die elektrisch leitfähigen Verbindungselemente seriell verschaltet werden. Das photovoltaische System kann auch zwei oder mehrere nebeneinander angeordnete Gruppen von Solarzellen aufweisen, wobei die Solarzellen jeweils einer Gruppe parallel zueinander angeordnet sind. So wird vorteilhaft eine großflächige Belegung der Dachscheibe mit dem photovoltaischen System erreicht.

Ein erfindungsgemäßes photovoltaisches System beziehungsweise eine Gruppe von parallel zueinander angeordneten Solarzellen enthält bevorzugt von 10 bis 100, besonders bevorzugt von 20 bis 50 Solarzellen. Das ist besonders vorteilhaft im Hinblick auf eine großflächige Belegung der Dachscheibe mit dem photovoltaischen System und die Leistung des photovoltaischen Systems.

Der Abstand zwischen benachbarten Solarzellen, welche parallel zueinander angeordnet sind, beträgt bevorzugt von 1 mm bis 10 mm, besonders bevorzugt von 2 mm bis 5 mm. Über den Abstand kann die Transmission von Licht durch die Dachscheibe im Bereich des photovoltaischen Systems eingestellt werden.

Im Bereich des photovoltaischen Systems sind die Solarzellen bevorzugt mit einer Flächenbelegung von 20% bis 90%, besonders bevorzugt von 50% bis 80% in der Dachscheibe angeordnet. Das ist besonders vorteilhaft im Hinblick auf die Leistung des photovoltaischen Systems. Durch die Flächenbelegung kann die Transmission von Licht durch die Dachscheibe im Bereich des photovoltaischen Systems eingestellt werden. Der Bereich des photovoltaischen Systems wird dabei durch die außenliegenden Seitenkanten der Gruppe von seriell miteinander verschalteten Solarzellen festgelegt und enthält die Solarzellen sowie die Zwischenräume zwischen den Solarzellen. Der Bereich des photovoltaischen Systems ist also der kleinste Bereich der Dachscheibe, in dem die Solarzellen des photovoltaischen Systems vollständig angeordnet sind.

Das photovoltaische System ist bevorzugt vollständig oder teilweise im Durchsichtsbereich der erfindungsgemäßen Dachscheibe angeordnet. Dort kann das photovoltaische System vorteilhaft großflächig angeordnet werden und einen vom Hersteller wählbaren Transmissionsgrad von Licht bewirken. Der Durchsichtsbereich ist dabei die Fläche der Dachscheibe abzüglich eines umlaufenden Randbereichs mit einer Breite von 5 cm. Das

photovoltaische System ist nicht oder nicht ausschließlich im Randbereich der Dachscheibe angeordnet. In einer besonders bevorzugten Ausgestaltung ist das photovoltaische System vollständig im Durchsichtsbereich der Dachscheibe angeordnet, weist also einen Abstand zu den Seitenkanten der Dachscheibe von mindestens 5 cm auf.

Jede Solarzelle umfasst bevorzugt eine photovoltaisch aktive Absorberschicht zwischen einer Frontelektrode und einer Rückelektrode. Die Frontelektrode ist auf der zur Außenscheibe hingewandten Oberfläche der Absorberschicht angeordnet. Die Rückelektrode ist auf der zum Substrat hingewandten Oberfläche der Absorberschicht angeordnet. Die Frontelektrode und/oder die Rückelektrode können beispielsweise als dünne leitende oder halbleitende Schichten ausgebildet sein mit Dicken von bevorzugt von 300 nm bis 2  $\mu\text{m}$ . Die Schichten können dabei beispielsweise Molybdän, Titan, Wolfram, Nickel, Titan, Chrom, Tantal, Aluminium-dotiertes Zinkoxid und/oder Indium-Zinnoxid enthalten. Die Frontelektrode und/oder die Rückelektrode können aber auch beispielsweise als Geflecht dünner Drähte, welche beispielsweise Aluminium, Kupfer, Silber und/oder Gold enthalten, ausgebildet sein.

Die photovoltaisch aktive Absorberschicht enthält in einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung kristallines Silizium, beispielsweise monokristallines Silizium oder polykristallines Silizium. Die photovoltaisch aktive Absorberschicht weist bevorzugt eine Schichtdicke von 10  $\mu\text{m}$  bis 500  $\mu\text{m}$ , besonders bevorzugt von 20  $\mu\text{m}$  bis 200  $\mu\text{m}$  auf. Solche sogenannte Dickschicht-Solarzellen sind grundsätzlich nur wenig biegsam. Die erfindungsgemäße Unterteilung des photovoltaischen Systems in seriell miteinander verschaltete Solarzellen ist dabei besonders vorteilhaft, weil dem photovoltaischen System eine Biegsamkeit verliehen wird, welche die Realisierung von Dachscheiben mit starker Krümmung erlaubt.

Das photovoltaische System kann aber prinzipiell auch ein Dünnschichtsystem sein. Darunter werden Schichtsysteme mit Dicken von nur wenigen Mikrometern verstanden. Die photovoltaisch aktive Absorberschicht kann dabei beispielsweise amorphes oder mikromorphes Silizium, Cadmium-Tellurid ( $\text{CdTe}$ ), Cadmium-Selenid ( $\text{CdSe}$ ), Gallium-Arsenid ( $\text{GaAs}$ ), halbleitende organische Polymere oder Oligomere oder einen Chalkopyrithalbleiter wie eine Verbindung der Gruppe Kupfer-Indium-Schwefel/Selen (CIS), beispielsweise Kupfer-Indium-Diselenid ( $\text{CuInSe}_2$ ), oder eine Verbindung der Gruppe Kupfer-Indium-Gallium-Schwefel/Selen (CIGS), beispielsweise  $\text{Cu}(\text{InGa})(\text{SSe})_2$  enthalten.

Die photovoltaisch aktive Absorberschicht kann dabei bevorzugt eine Schichtdicke von 500 nm bis 5  $\mu\text{m}$ , besonders bevorzugt von 1  $\mu\text{m}$  bis 3  $\mu\text{m}$  aufweisen.

Das photovoltaische System kann natürlich weitere Einzelschichten umfassen, die dem Fachmann bekannt sind, beispielsweise eine Pufferschicht zur Anpassung der elektronischen Eigenschaften zwischen der Absorberschicht und einer Elektroden- oder Diffusionsspererschichten.

Die Solarzellen des photovoltaischen Systems sind erfindungsgemäß über elektrisch leitfähige Verbindungselemente seriell miteinander verschaltet. Dabei ist die Rückelektrode einer jeden Solarzelle mit der Frontelektrode der in einer ersten Richtung benachbarten Solarzelle elektrisch leitend verbunden. Die Frontelektrode der Solarzelle ist mit der Rückelektrode der in der anderen Richtung benachbarten Solarzelle elektrisch leitend verbunden. Die Verbindung zwischen zwei benachbarten Solarzellen erfolgt mittels mindestens eines Verbindungselements. Die elektrisch leitfähigen Verbindungselemente sind bevorzugt als Bänder oder Streifen ausgebildet, welche zumindest ein Metall oder eine Metalllegierung enthalten. Die elektrisch leitfähigen Verbindungselemente enthalten bevorzugt zumindest Aluminium, Kupfer, verzinnertes Kupfer, Gold, Silber, Zinn oder Legierungen oder Gemische davon. Die elektrisch leitfähigen Verbindungselemente weisen bevorzugt eine Dicke von 0,03 mm bis 0,8 mm auf. Die elektrisch leitfähigen Verbindungselemente weisen bevorzugt eine Breite von 0,5 mm bis 20 mm, besonders bevorzugt von 2 mm bis 8 mm auf. Mit Breite wird dabei diejenige Dimension der Verbindungselemente bezeichnet, entlang derer die Verbindungselemente mit den Elektroden in Kontakt stehen. Die Länge der Verbindungselemente richtet sich nach dem Abstand benachbarter Solarmodule. Damit wird eine besonders vorteilhafte und effektive elektrische Kontaktierung benachbarter Solarzellen erreicht. Eine stabile Verbindung zwischen Verbindungselement und Elektrode kann beispielsweise durch Löten, Schweißen, Bonden, Klemmen, Kleben mittels eines elektrisch leitfähigen Klebers oder durch geeignetes Einlegen in die thermoplastische Zwischenschicht erreicht werden.

In die thermoplastische Schicht sind bevorzugt an sich bekannte Sammelleiter, sogenannte Busbars, zur elektrischen Kontaktierung des photovoltaischen Systems eingelagert. Die beiden endständigen Solarzellen der Reihenschaltung sind bevorzugt direkt oder über jeweils zumindest ein elektrisch leitfähiges Verbindungselement mit jeweils einem Sammelleiter elektrisch verbunden. Der Sammelleiter ist bevorzugt als Band oder Streifen

ausgebildet. Der Sammelleiter enthält bevorzugt zumindest ein Metall oder eine Metalllegierung. Prinzipiell kann jedes elektrisch leitfähige Material, das sich zu Folien verarbeiten lässt, für den Sammelleiter verwendet werden. Besonders geeignete Materialien für den Sammelleiter sind beispielsweise Aluminium, Kupfer, verzinnertes Kupfer, Gold, Silber oder Zinn und Legierungen davon. Der Sammelleiter hat beispielsweise eine Dicke von 0,03 mm bis 0,3 mm und eine Breite von 2 mm bis 16 mm.

Die äußeren Zuleitungen des photovoltaischen Systems sind bevorzugt als geeignete Kabel ausgebildet, bevorzugt Flachleiter wie Folienleiter. Die Kabel sind mit den Sammelleitern verbunden, bevorzugt durch Kleben, Löten, Schweißen, Klemmen, Bonden oder Kleben. Die Kabel erstrecken sich bevorzugt ausgehend von den Sammelleitern im Inneren der thermoplastischen Schicht über die Seitenkanten der thermoplastischen Schicht hinaus.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung enthält die Dachscheibe zumindest zwei erfindungsgemäße photovoltaische Systeme, welche durch eine Kontaktierung mit zumindest zwei gemeinsamen Sammelleitern parallel verschaltet sind. Die Dachscheibe kann beispielsweise von 2 bis 15, bevorzugt von 3 bis 8 photovoltaische Systeme umfassen.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung enthält das Substrat Glas, bevorzugt Flachglas, Floatglas, Quarzglas, Borosilikatglas oder Kalk-Natron-Glas. Das Substrat kann dabei nichtvorgespannt, teilvorgespannt, vorgespannt oder gehärtet, beispielsweise thermisch oder chemisch gehärtet sein. Das Substrat kann aber auch Kunststoffe, beispielsweise starre Kunststoffe, insbesondere Polyethylen, Polypropylen, Polycarbonat, Polymethylmethacrylat, Polystyrol, Polyamid, Polyester, Polyvinylchlorid und/oder Gemische davon enthalten. Die Dicke des Substrats beträgt bevorzugt von 0,7 mm bis 25 mm, besonders bevorzugt von 0,8 mm bis 5 mm. Der besondere Vorteil liegt in der Stabilität der erfindungsgemäßen Dachscheibe.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist das Substrat als flexible Folie ausgebildet. Die Dicke der flexiblen Folie beträgt bevorzugt größer oder gleich 0,02 mm, beispielsweise von 0,02 mm bis 2 mm. Die Dicke der flexiblen Folie beträgt besonders bevorzugt von 0,25 mm bis 2 mm, ganz besonders bevorzugt von 0,3 mm bis 1,5 mm und insbesondere von 0,45 mm bis 1 mm. Der besondere Vorteil liegt in einem geringen Gewicht der erfindungsgemäßen Dachscheibe und geringen Herstellungskosten. Die flexible Folie enthält bevorzugt zumindest ein Polymer, besonders bevorzugt ein thermoplastisches

Polymer. Das thermoplastische Polymer ist bevorzugt mit Fluor substituiert. Das ist besonders vorteilhaft im Hinblick auf die chemische und mechanische Stabilität des Substrats. Das Substrat enthält ganz besonders bevorzugt zumindest Polyvinylfluorid, und/oder Polyvinylidenfluorid. Das ist besonders vorteilhaft im Hinblick auf die chemische und mechanische Beständigkeit sowie die Haftung der thermoplastischen Schicht am Substrat. Die flexible Folie kann aber auch aus anderen Materialien gefertigt sein, beispielsweise aus geeigneten Metallen oder Legierungen.

Die Außenscheibe enthält bevorzugt Glas, bevorzugt Flachglas, Floatglas, Quarzglas, Borosilikatglas oder Kalk-Natron-Glas. Die Außenscheibe kann nichtvorgespannt, teilvorgespannt, vorgespannt oder gehärtet, beispielsweise thermisch oder chemisch gehärtet sein. Die Dicke der Außenscheibe beträgt bevorzugt von 1,0 mm bis 12 mm, besonders bevorzugt von 1,4 mm bis 4 mm. Das ist besonders vorteilhaft im Hinblick auf die Stabilität der erfindungsgemäßen Dachscheibe und den Schutz des photovoltaischen Schichtsystems vor äußeren Einflüssen, beispielsweise vor Beschädigung durch Niederschlag wie Hagel oder Graupel. Ist das Substrat als flexible Folie ausgebildet, so beträgt die Dicke der Außenscheibe bevorzugt von 2,8 mm bis 5 mm. Dadurch wird eine vorteilhafte Stabilität der Dachscheibe erreicht. Die Außenscheibe kann prinzipiell aber auch Kunststoffe, beispielsweise starre Kunststoffe, insbesondere Polyethylen, Polypropylen, Polycarbonat, Polymethylmethacrylat, Polystyrol, Polyamid, Polyester, Polyvinylchlorid und/oder Gemische davon enthalten.

Die thermoplastische Schicht enthält bevorzugt zumindest ein thermoplastisches Polymer, bevorzugt Ethylvinylacetat (EVA), Polyvinylbutyral (PVB), Polyurethan (PU), Polyethylen (PE) und/oder Polyethylenterephthalat (PET). Die thermoplastische Schicht kann aber auch beispielsweise zumindest Polypropylen, Polycarbonat, Polymethylmetacrylat, Polyacrylat, Polyvinylchlorid, Polyacetatharz, Gießharze, Acrylate, Fluorinierte Ethylen-Propylene, Polyvinylfluorid und/oder Ethylen-Tetrafluorethylen enthalten. Die Dicke der thermoplastischen Schicht beträgt bevorzugt von 0,5 mm bis 10 mm, besonders bevorzugt von 1 mm bis 5 mm und ganz besonders bevorzugt von 2 mm bis 4 mm. Die thermoplastische Schicht wird bevorzugt aus zumindest zwei thermoplastischen Folien gebildet, zwischen denen das photovoltaische System angeordnet wird. Jede thermoplastische Folie weist dabei bevorzugt eine Dicke von 0,25 mm bis 1 mm auf, beispielsweise 0,38 mm oder 0,76 mm.

Die erfindungsgemäße Dachscheibe kann eine beliebige dreidimensionale Form aufweisen. Die Dachscheibe kann plan oder leicht oder stark in einer Richtung oder in mehreren Richtungen des Raumes gebogen sein. Die Krümmungsradien der gebogenen Dachscheibe können beispielsweise von 50 mm bis 1100 mm betragen. Der Krümmungsradius muss nicht über die gesamte Dachscheibe konstant sein. Es können stärker und weniger stark gebogene Bereiche vorliegen. Es können auch plane und gebogene Bereiche vorliegen. Bei herkömmlichen Dachscheiben mit integriertem Photovoltaik-Modul treten typischerweise Krümmungsradien von 700 mm bis 1000 mm auf. Durch die erfindungsgemäße Ausgestaltung des photovoltaischen Systems können demgegenüber Dachscheiben realisiert werden, die zumindest in einem Bereich Krümmungsradien von kleiner oder gleich 800 mm aufweisen, bevorzugt kleiner oder gleich 650 mm.

Die Fläche der erfindungsgemäßen Dachscheibe kann breit variieren und so hervorragend den Erfordernissen im Einzelfall angepasst werden. Die Fläche der Dachscheibe kann beispielsweise von 100 cm<sup>2</sup> bis zu 5 m<sup>2</sup> betragen, bevorzugt von 0,5 m<sup>2</sup> bis 2,5 m<sup>2</sup>.

Die Fläche, welche das erfindungsgemäße photovoltaische System oder mehrere erfindungsgemäße photovoltaische Systeme aufweist, beträgt bevorzugt von 20 % bis 100 % der Fläche der erfindungsgemäßen Dachscheibe. Das ist besonders vorteilhaft im Hinblick auf die Leistung des integrierten Photovoltaik-Moduls, die Transmission von sichtbarem Licht durch die Dachscheibe sowie ein ästhetisches Erscheinungsbild der Dachscheibe. Die Fläche des photovoltaischen Systems kann beispielsweise von 0,3 m<sup>2</sup> bis 3 m<sup>2</sup>, bevorzugt 0,5 m<sup>2</sup> bis 2 m<sup>2</sup> betragen.

Die erfindungsgemäße Dachscheibe weist bevorzugt eine Gesamttransmission von sichtbarem Licht von 20 % bis 50% auf. Mit Gesamttransmission wird dabei der Anteil des insgesamt auf die Dachscheibe treffenden Lichts bezeichnet, der durch die Scheibe hindurch tritt. Im angegebenen Bereich für die Gesamttransmission wird einerseits eine angenehme Helligkeit im Innenraum erreicht und andererseits eine starke Erwärmung des Innenraums infolge der direkten Sonneneinstrahlung vermieden. Die Gesamttransmission kann insbesondere durch die Dimensionierung der erfindungsgemäßen Solarzellen, durch die Flächenbelegung der Solarzellen sowie durch den mit dem photovoltaischen System versehenen Flächenanteil der Dachscheibe eingestellt werden. Eine weitere Verminderung der Transmission kann beispielsweise durch ein getöntes Substrat erreicht werden.

Das integrierte Photovoltaik-Modul weist in einer bevorzugten Ausgestaltung eine spezifische maximale erzielbare Leistung  $P_{MPP}$  von  $10 \text{ W/m}^2$  bis  $300 \text{ W/m}^2$ , besonders bevorzugt von  $50 \text{ W/m}^2$  bis  $150 \text{ W/m}^2$  auf. Die Leistung ist dabei unter den üblichen Standardtestbedingungen für Photovoltaik-Module gemessen (Einstrahlungsstärke von  $1000 \text{ W/m}^2$ , Temperatur  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ , Strahlungsspektrum AM 1,5 global).

Die Aufgabe der Erfindung wird weiter durch ein Verfahren zur Herstellung einer Dachscheibe mit einem integrierten Photovoltaik-Modul gelöst, wobei zumindest

- (a) mindestens zwei streifenförmig ausgebildete Solarzellen in eine thermoplastische Schicht eingelegt und über mindestens ein elektrisch leitfähiges Verbindungselement seriell verschaltet werden, wobei ein photovoltaisches System entsteht,
- (b) die thermoplastische Schicht flächenmäßig zwischen einem Substrat und einer Außenscheibe angeordnet wird und
- (c) das Substrat mit der Außenscheibe über die thermoplastische Schicht unter Einwirkung von Hitze, Vakuum und/oder Druck verbunden wird.

Die thermoplastische Schicht wird bevorzugt aus zumindest einer ersten und einer zweiten thermoplastischen Folie gebildet, wobei das photovoltaische System flächenmäßig zwischen der ersten und der zweiten thermoplastischen Folie eingelegt wird. Jede thermoplastische Folie weist bevorzugt eine Dicke von  $0,25 \text{ mm}$  bis  $1 \text{ mm}$ , besonders bevorzugt von  $0,5 \text{ mm}$  bis  $0,8 \text{ mm}$  auf. Die erste und die zweite thermoplastische Folie können aus dem gleichen oder aus unterschiedlichen Materialien bestehen. Die thermoplastische Schicht kann natürlich auch aus mehr als zwei thermoplastischen Folien gebildet werden.

In einer Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird zunächst das Substrat oder die Außenscheibe bereitgestellt. Zumindest die erste thermoplastische Folie wird auf einer Oberfläche des Substrats beziehungsweise der Außenscheibe angeordnet. Anschließend werden die Solarzellen auf der ersten thermoplastischen Schicht angeordnet. Die Solarzellen können anschließend mittels der elektrisch leitfähigen Verbindungselemente seriell verschaltet werden. Alternativ können die Solarzellen mit den elektrischen Verbindungselementen bereits vorher beispielsweise auf einer Trägerfolie angeordnet werden und diese Trägerfolie auf der ersten thermoplastischen Folie angeordnet werden. Anschließend wird zumindest die zweite thermoplastische Folie flächenmäßig auf der ersten thermoplastischen Folie, welche nun mit dem photovoltaischen System versehen ist, angeordnet. In Verfahrensschritt (b) wird in dieser Ausführung die Außenscheibe

beziehungsweise das Substrat flächenmäßig auf der zweiten thermoplastischen Schicht angeordnet, wodurch die thermoplastische Schicht mit dem photovoltaischen System zwischen dem Substrat und der Außenscheibe angeordnet wird.

In einer alternativen Ausführung werden die Solarzellen und die elektrisch leitfähigen Verbindungselemente zwischen zumindest die erste und die zweite thermoplastische Folie eingelegt noch bevor eine der thermoplastischen Folien auf dem Substrat beziehungsweise der Deckscheibe angeordnet wird. Die erste und die zweite thermoplastische Folie werden bevorzugt unter Einwirkung von Hitze, Druck und/oder Vakuum zu einer prälaminierten thermoplastischen Schicht mit eingelagertem photovoltaischen System verbunden. In Verfahrensschritt (b) wird das vorgefertigte Prälaminat zwischen dem Substrat und der Deckscheibe angeordnet.

Der Vorteil eines solchen Prälaminats liegt in einer einfachen und kostengünstigen Herstellung der erfindungsgemäßen Dachscheibe. Das Prälaminat kann vor dem Verbinden des Substrats mit der Außenscheibe bereitgestellt werden. Es können dann die herkömmlichen Verfahren zur Herstellung einer Dachscheibe angewendet werden, wobei die thermoplastische Zwischenschicht, über die das Substrat herkömmlich mit der Außenscheibe verklebt wird, durch das Prälaminat ersetzt wird. Zudem ist das photovoltaische System im Inneren des Prälaminats vorteilhaft vor Beschädigungen, insbesondere Korrosion geschützt. Das Prälaminat kann daher deutlich vor der eigentlichen Herstellung der Dachscheibe auch in größerer Stückzahl bereitgestellt werden, was aus ökonomischen Gründen wünschenswert sein kann. Das Prälaminat kann direkt oder über weitere thermoplastische Folie mit dem Substrat und der Außenscheibe verbunden werden.

Sind zur elektrischen Kontaktierung des photovoltaischen Systems Sammelleiter vorgesehen, so werden die Sammelleiter in Verfahrensschritt (a) in die thermoplastische Schicht eingelegt und mit dem photovoltaischen System direkt oder über elektrisch leitfähige Verbindungselemente kontaktiert, beispielsweise durch Schweißen, Bonden, Löten, Klemmen, Kleben mittels eines elektrisch leitfähigen Klebers oder durch geeignetes Einlegen. Die Sammelleiter werden bevorzugt mit Folienleitern verbunden, welche sich über die Seitenkanten der thermoplastischen Schicht erstrecken und als äußere Zuleitungen dienen.

Enthält das Substrat Glas, so erfolgt das Verbinden des Substrats mit der Außenscheibe über die thermoplastische Schicht durch an sich bekannte Verfahren zur Herstellung eines Verbundglases. Es können beispielsweise sogenannte Autoklavverfahren bei einem erhöhten Druck von etwa 10 bar bis 15 bar und Temperaturen von 130 °C bis 145 °C über etwa 2 Stunden durchgeführt werden. An sich bekannte Vakuumsack- oder Vakuumringverfahren arbeiten beispielsweise bei etwa 200 mbar und 130 °C bis 145 °C.

Die Außenscheibe, die thermoplastische Schicht mit dem photovoltaischen System und das Substrat können auch in einem Kalandrier zwischen mindestens einem Walzenpaar zu einer erfindungsgemäßen Dachscheibe verpresst werden. Anlagen dieser Art sind zur Herstellung von Verbundverglasungen bekannt und verfügen normalerweise über mindestens einen Heizzunnel vor einem Presswerk. Die Temperatur während des Pressvorgangs beträgt beispielsweise von 40 °C bis 150 °C. Kombinationen von Kalandrier- und Autoklavverfahren haben sich in der Praxis besonders bewährt.

Alternativ können Vakuumlaminatoren eingesetzt werden. Diese bestehen aus einer oder mehreren beheizbaren und evakuierbaren Kammern, in denen Außenscheibe und Substrat innerhalb von beispielsweise etwa 60 Minuten bei verminderten Drücken von 0,01 mbar bis 800 mbar und Temperaturen von 80°C bis 170°C laminiert werden können.

Ist das Substrat als flexible Folie ausgestaltet, so erfolgt das Verbinden des Substrats mit der Außenscheibe in einer besonders vorteilhaften Ausführung in der nachfolgend beschriebenen Weise. Zeitlich vor Verfahrensschritt (c) wird eine Trennfolie auf der von der Außenscheibe abgewandten Oberfläche des Substrats und eine Stützscheibe auf der vom Substrat abgewandten Oberfläche der Trennfolie angeordnet. Die Stützscheibe ist bevorzugt eine starre Scheibe und enthält bevorzugt Glas, besonders bevorzugt Flachglas, Floatglas, Quarzglas, Borosilikatglas oder Kalk-Natron-Glas oder Kunststoffe, bevorzugt Polyethylen, Polypropylen, Polycarbonat, Polymethylmethacrylat, Polystyrol, Polyamid, Polyester, Polyvinylchlorid und/oder Gemische davon enthalten. Die Dicke der Stützscheibe beträgt bevorzugt von 1,0 mm bis 25 mm, besonders bevorzugt von 1,4 mm bis 5 mm. Die zum Substrat hingewandte Oberfläche der Stützscheibe sollte dabei die gleiche Krümmung aufweisen wie die zum Substrat hingewandte Oberfläche der Außenscheibe. Die Stützscheibe wird also nach Größe und Form so gewählt, dass sie prinzipiell dazu geeignet wäre, mit der Außenscheibe zu einer Verbundscheibe verbunden zu werden. Die Trennfolie ist aus einem Material gefertigt, dass dazu geeignet ist, eine dauerhafte Haftung zwischen

Stützscheibe und Substrat zu verhindern. Die Trennfolie enthält bevorzugt zumindest ein Polytetrahalogenethylen, besonders bevorzugt zumindest Polytetrafluorethylen und/oder Polychlortrifluorethylen. Das ist besonders vorteilhaft im Hinblick auf die haftungsverhindernden Eigenschaften der Trennfolie. Die Trennfolie weist bevorzugt eine Dicke von 0,01 mm bis 10 mm auf, besonders bevorzugt von 0,1 mm bis 2,5 mm, beispielsweise von 0,1mm bis 1 mm.

Der Stapel aus Außenscheibe, thermoplastischer Schicht mit photovoltaischem System, Substrat, Trennfolie und Stützscheibe kann einfach an sich bekannten Verfahren zur Herstellung eines Verbundglases unterzogen werden, beispielsweise den oben beschriebenen. Dadurch wird eine dauerhaft stabile Verbindung zwischen Außenscheibe und Substrat über die thermoplastische Schicht bereitgestellt. Aufgrund der haftungsverhindernden Wirkung der Trennfolie kann die Stützscheibe anschließend einfach entfernt werden.

Ein weiterer Aspekt der Erfindung umfasst die Verwendung einer erfindungsgemäßen Dachscheibe in Fahrzeugen für den Verkehr auf dem Lande, in der Luft oder zu Wasser, bevorzugt in Zügen, Straßenbahnen, Schiffen und Kraftfahrzeugen wie Bussen, Lastkraftwagen und insbesondere Personenkraftwagen. Durch die mittels des integrierten Photovoltaik-Moduls gewonnen elektrische Energie kann beispielsweise die Batterie eines Elektro-Fahrzeugs gekühlt werden, die Fahrgastzelle während des Parkens gekühlt werden, eine sekundäre Batterie des Fahrzeugs geladen werden oder eine beheizbare Scheibe während des Parkens betrieben werden.

Die Erfindung wird anhand einer Zeichnung und Ausführungsbeispielen näher erläutert. Die Zeichnung ist eine schematische Darstellung und nicht maßstabsgetreu. Die Zeichnung schränkt die Erfindung in keiner Weise ein. Es zeigen:

- Fig. 1 eine Draufsicht auf eine Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Dachscheibe mit einem integrierten Photovoltaik-Modul,
- Fig. 2 einen Querschnitt entlang A-A' durch die Dachscheibe aus Figur 1,
- Fig. 3 eine vergrößerte Darstellung des Abschnitts Z aus Figur 2,
- Fig. 4 einen Querschnitt durch das Substrat, die thermoplastische Schicht mit dem photovoltaischen System, die Außenscheibe, die Trennfolie und die Stützscheibe vor der Herstellung einer erfindungsgemäßen Dachscheibe und

Fig. 5 ein Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens anhand eines Flussdiagramms.

Fig. 1, Fig. 2 und Fig. 3 zeigen je ein Detail einer erfindungsgemäßen Dachscheibe mit einem integrierten Photovoltaik-Modul. Die Dachscheibe umfasst ein Substrat 1 und eine Außenscheibe 2, die über eine thermoplastische Schicht 3 miteinander verbunden sind. Die Dachscheibe ist die Dachscheibe eines Kraftfahrzeugs, wobei die Außenscheibe 2 dafür vorgesehen ist, in Einbaulage der äußeren Umgebung zugewandt zu sein. Die Außenscheibe 2 besteht aus thermisch vorgespanntem Kalk-Natron-Glas und weist eine Dicke von 2,6 mm auf. Das Substrat 1 besteht aus thermisch vorgespanntem Kalk-Natron-Glas und weist eine Dicke von 2,1 mm auf. Die Dachscheibe ist gebogen ausgeformt, wie es für Kraftfahrzeug-Dachscheiben üblich ist. Die Dachscheibe weist eine Breite von 110 cm und eine Länge von 140 cm auf. Figur 1 zeigt eine Draufsicht auf die Außenscheibe 2 der Dachscheibe. Das photovoltaische System 4 und die Sammelleiter 7 sind durch die Außenscheibe hindurch zu erkennen.

In der thermoplastischen Schicht 3 sind vier erfindungsgemäße photovoltaische Systeme 4 eingelagert. Die thermoplastische Schicht 3 enthält Polyvinylbutyral (PVB) und weist eine Dicke von etwa 3 mm auf. Die thermoplastische Schicht 3 wurde aus vier thermoplastischen Folien aus PVB mit einer Dicke von jeweils 0,76 mm gebildet. Zwei der thermoplastischen Folien waren bei der Herstellung der thermoplastischen Schicht 3 zwischen photovoltaischem System 4 und Substrat 1 angeordnet. Zwei der thermoplastischen Folien waren bei der Herstellung der thermoplastischen Schicht 3 zwischen photovoltaischem System 4 und Außenscheibe 2 angeordnet. Die photovoltaischen Systeme 4 sind im Inneren der thermoplastischen Schicht 3 vorteilhaft vor Umwelteinflüssen, insbesondere Korrosion geschützt.

Jedes photovoltaische System 4 umfasst eine Gruppe von streifenförmigen Solarzellen 6. Jede Solarzelle 6 weist eine Länge von 15,6 cm und eine Breite von 3 mm auf. Benachbarte Solarzellen 6 eines photovoltaischen Systems 4 haben einen Abstand von 3 mm zueinander. Die Darstellung der Solarzellen 6 ist nicht maßstabsgetreu. Insbesondere ist die Breite der Solarzellen 6 zur Verdeutlichung stark vergrößert dargestellt, die Anzahl der Solarzellen stark verringert. Jedes photovoltaische System 4 umfasst beispielsweise 100 Solarzellen, so dass jedes photovoltaische System 4 insgesamt eine Fläche von 0,1 m<sup>2</sup> aufweist. Die Flächenbelegung im Bereich eines photovoltaischen Systems 4 beträgt dabei

etwa 50 %. Der Bereich eines photovoltaischen Systems 4 im Sinne der Erfindung wird durch die außenliegenden Seitenkanten der Solarzellen des photovoltaischen Systems 4 festgelegt. Der Bereich eines photovoltaischen Systems 4 enthält Solarzellen 6 sowie die Zwischenräume zwischen den Solarzellen 6 und ist durch das gestrichelte Rechteck in Figur 1 angedeutet.

Jede Solarzelle 6 umfasst eine photovoltaisch aktive Absorberschicht 8 zwischen einer Frontelektrode 9 und einer Rückelektrode 10. Die Absorberschicht 8 enthält polykristallines Silizium und weist eine Dicke von 0,2 mm auf. Die Rückelektrode 10 enthält Silber. Die Frontelektrode 9 ist als Geflecht aus dünnen Kupferdrähten ausgebildet. Dadurch ist die Frontelektrode 9 für einfallendes Licht weitgehend transparent.

Absorberschichten 8 auf der Basis von polykristallinem Silizium sind nur wenig biegsam. Durch die erfindungsgemäße Unterteilung des photovoltaischen Systems 4 in streifenförmige Solarzellen 6 weist das photovoltaische System 4 dennoch eine große Flexibilität auf. Dadurch können auch gebogene Dachscheiben realisiert werden. Zudem ist die Dachscheibe im Bereich des photovoltaischen Systems 4 nicht opak, weil Licht in den Zwischenräumen zwischen den Solarzellen 6 durch die Dachscheibe hindurch treten kann. Vollständig opake photovoltaische Systeme 4 würden zu einem ungleichmäßigen und daher unästhetischen oder sogar störenden Lichteinfall in das Fahrzeuginnere führen. Die Transmission des Lichts im Bereich des photovoltaischen Systems 4 kann durch die Dimensionierung der Solarzellen 6 sowie den Abstand zwischen den Solarzellen 6 (und damit durch die Flächenbelegung) eingestellt werden. Das sind große Vorteile der Erfindung.

Die Solarzellen 6 jedes photovoltaischen Systems 4 sind über elektrisch leitfähige Verbindungselemente 5 seriell miteinander verschaltet. Dazu ist die Rückelektrode 10 einer Solarzelle 6 mit der Frontelektrode 9 der benachbarten Solarzelle 6 kontaktiert, deren Rückelektrode 10 wiederum mit der Frontelektrode 9 der nächstfolgenden Solarzelle 6 kontaktiert ist. Die elektrisch leitfähigen Verbindungselemente 5 sind als Streifen aus Kupfer mit einer Dicke von 0,5 mm und einer Breite von 3 mm ausgebildet. Durch die serielle Verschaltung der Solarzellen 6 kann vorteilhaft eine hohe Leistung des photovoltaischen Systems 4 erreicht werden.

Die Dachscheibe enthält weiter zwei Sammelleiter 7, welche ebenfalls in der thermoplastischen Schicht 3 eingelagert sind. Die Sammelleiter sind als Streifen aus Kupfer mit einer Dicke von 0,5mm, einer Länge von 5 m und einer Breite von 1 mm ausgestaltet. Jedes der vier photovoltaischen Systeme 4 weist zwei endständige Solarzellen 6 auf. Eine der endständigen Solarzellen 6 jedes photovoltaischen Systems 4 ist über ein elektrisch leitfähiges Verbindungselement 5 mit dem ersten Sammelleiter 7 verbunden. Die andere endständige Solarzelle 6 jedes photovoltaischen Systems 4 ist über ein elektrisch leitfähiges Verbindungselement 5 mit dem zweiten Sammelleiter 7 verbunden. Die vier photovoltaischen Systeme 4 sind somit parallel verschaltet.

In einer alternativen Ausgestaltung können die Solarzellen 6 auch wie in der Figur gezeigt in Gruppen von zueinander parallelen Solarzellen 6 angeordnet sein, welche beispielsweise über ihre endständigen Solarzellen 6 mittels elektrisch leitfähiger Verbindungselemente 5 in Serie geschaltet sind. In dieser Ausgestaltung würden alle Solarzellen 6 ein einziges photovoltaisches System 4 im Sinne der Erfindung ausbilden.

Fig. 4 zeigt einen Querschnitt durch die Bestandteile einer alternativen Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Dachscheibe vor dem Verbinden zur Dachscheibe in einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens. Das Substrat 1, eine erste thermoplastische Folie 11, das photovoltaische System 4 mit den Solarzellen 6, den elektrisch leitfähigen Verbindungselementen 5 und den Sammelleitern 7, eine zweite thermoplastische Folie 12 und die Außenscheibe 2 sind flächenmäßig übereinander angeordnet. Das photovoltaische System 4 und die Sammelleiter 7 sind wie in Figur 1 ausgestaltet. Im Unterschied zu der Ausgestaltung aus Figur 1 besteht das Substrat 1 nicht aus Glas, sondern ist als flexible Folie aus Polyvinylfluorid (DuPont Tedlar<sup>®</sup>) mit einer Dicke von 0,8 mm ausgebildet. Dadurch wird ein vorteilhaft verringertes Gewicht der Dachscheibe erreicht. Die Außenscheibe 2 besteht aus thermisch vorgespanntem Kalk-Natron-Glas und weist eine Dicke von 3 mm auf. Die erste thermoplastische Folie 11 und die zweite thermoplastische Folie 12 bestehen aus PVB und weisen eine Dicke von 0,76 mm auf. Beim Laminieren der Dachscheibe bilden die erste und die zweite thermoplastische Folie 11, 12 die thermoplastische Zwischenschicht 3 aus. Alternativ können die erste und die zweite thermoplastische Folie 11, 12 mit dem eingebetteten photovoltaischen System 4 bereits vorher zu einer prälaminierten thermoplastischen Schicht 3 verbunden werden.

Auf der von der Außenscheibe 2 abgewandten Oberfläche des Substrats 1 ist eine Stützscheibe 14 angeordnet. Die Stützscheibe 14 besteht aus Natron-Kalk-Glas und ist nach Größe und Form wie die Außenscheibe 2 ausgebildet. Zwischen der Stützscheibe 14 und dem Substrat 1 ist eine Trennfolie 13 angeordnet. Die Trennfolie 13 besteht aus Polytetrafluorethylen und weist eine Dicke von 0,8 mm auf. Die Trennfolie 13 bedeckt die gesamte Oberfläche des Substrats 1. Die Fläche der Trennfolie 13 ist also mindestens ebenso groß wie die Oberfläche des Substrats 1, kann aber wie in dem gezeigten Beispiel auch größer sein und über die Seitenkanten des Substrats 1 hinausragen.

Durch die Stützscheibe 14 kann die erfindungsgemäße Dachscheibe einfach hergestellt werden, obwohl das Substrat 1 als flexible Folie ausgebildet ist. Zum Verbinden von Substrat 1 und Dachscheibe 2 über die thermoplastische Schicht 3 kann der Stapel aus Stützscheibe 14, Trennfolie 13, Substrat 1, thermoplastischen Folien 11, 12, photovoltaischen System 4 mit Sammelleitern 7 und Außenscheibe 2 in einfacher Weise an sich bekannten Verfahren zur Herstellung eines Verbundglases unterzogen werden. Dadurch wird eine dauerhaft stabile Verbindung zwischen Außenscheibe 2 und Substrat 1 über die thermoplastische Schicht 3 erreicht. Die Trennfolie 13 verhindert die Haftung zwischen der Stützscheibe 14 und dem Substrat 1. Nach der Herstellung der Dachscheibe können die Stützscheibe 14 und die Trennfolie 13 einfach entfernt werden.

Fig. 5 zeigt beispielhaft eine Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Herstellung einer Dachscheibe mit integriertem Photovoltaik-Modul.

Es war für den Fachmann unerwartet und überraschend, dass durch die erfindungsgemäße Unterteilung des photovoltaischen Systems 4 in seriell miteinander verschaltete Solarzellen 6 eine Dachscheibe mit integriertem Photovoltaik-Modul bereitgestellt werden kann, die auch stark gebogen ausgebildet sein kann und bei der der Transmissionsgrad im Bereich des photovoltaischen Systems 4 eingestellt werden kann. Durch die serielle Verschaltung der Solarzellen 6 sowie gegebenenfalls durch die parallele Verschaltung mehrerer photovoltaischer Systeme 4 können zudem hohe Leistungen erreicht werden.

## Bezugszeichenliste:

- (1) Substrat
  - (2) Außenscheibe
  - (3) thermoplastische Schicht
  - (4) photovoltaisches System
  - (5) elektrisch leitfähiges Verbindungselement
  - (6) Solarzelle
  - (7) Sammelleiter
  - (8) Absorberschicht
  - (9) Frontelektrode
  - (10) Rückelektrode
  - (11) erste thermoplastische Folie
  - (12) zweite thermoplastische Folie
  - (13) Trennfolie
  - (14) Stützscheibe
- 
- A-A' Schnittlinie
  - Z Abschnitt der Dachscheibe

### Patentansprüche

1. Dachscheibe mit einem integrierten Photovoltaik-Modul, mindestens umfassend:
  - ein Substrat (1) und eine Außenscheibe (2), die über eine thermoplastische Schicht (3) flächenmäßig miteinander verbunden sind, und
  - in die thermoplastische Schicht (3) eingelagert mindestens ein photovoltaisches System (4), welches mindestens zwei streifenförmig ausgebildete Solarzellen (6) enthält, die über mindestens ein elektrisch leitfähiges Verbindungselement (5) seriell verschaltet sind,wobei die Dachscheibe gebogen ist und wobei die Solarzellen (6) eine Breite von 1 mm bis 10 mm aufweisen.
2. Dachscheibe nach Anspruch 1, wobei jede Solarzelle (6) eine photovoltaisch aktive Absorberschicht (8) zwischen einer Frontelektrode (9) und einer Rückelektrode (10) umfasst und wobei die photovoltaisch aktive Absorberschicht (8) zumindest monokristallines oder polykristallines Silizium enthält.
3. Dachscheibe nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Solarzellen (6) eine Länge von 5 cm bis 30 cm, bevorzugt von 10 cm bis 20 cm und eine Breite von 2 mm bis 5 mm aufweisen und bevorzugt parallel zueinander angeordnet sind.
4. Dachscheibe nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei das photovoltaische System (4) von 10 bis 100, bevorzugt von 20 bis 50 seriell verschaltete Solarzellen (6) enthält.
5. Dachscheibe nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die Solarzellen (6) im Bereich des photovoltaischen Systems (4) mit einer Flächenbelegung von 20% bis 90% angeordnet sind.
6. Dachscheibe nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei das elektrisch leitfähige Verbindungselement (5) zumindest Kupfer, Aluminium, Gold, Silber, Zinn oder Legierungen davon enthält und bevorzugt eine Dicke von 0,03 mm bis 0,8 mm und eine Breite von 0,5 mm bis 20 mm aufweisen.

7. Dachscheibe nach einem der Ansprüche 1 bis 6, die zumindest zwei photovoltaische Systeme (4) enthält, welche mittels zumindest zweier Sammelleiter (7) parallel verschaltet sind.
8. Dachscheibe nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei das Substrat (1) Glas enthält, bevorzugt Flachglas, Floatglas, Quarzglas, Borosilikatglas oder Kalk-Natron-Glas, und bevorzugt eine Dicke von 0,7 mm bis 25 mm, besonders bevorzugt von 0,8 mm bis 5 mm aufweist.
9. Dachscheibe nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei das Substrat (1) als flexible Folie ausgebildet ist, die bevorzugt zumindest ein thermoplastisches Polymer, besonders bevorzugt Polyvinylfluorid und/oder Polyvinylidenfluorid enthält und bevorzugt eine Dicke von 0,25 mm bis 2 mm, besonders bevorzugt von 0,3 mm bis 1,5 mm, ganz besonders bevorzugt von 0,45 mm bis 1 mm aufweist.
10. Dachscheibe nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei die thermoplastische Schicht (3) eine Dicke von 0,5 mm bis 10 mm, bevorzugt von 1 mm bis 5 mm, besonders bevorzugt von 2 mm bis 4 mm aufweist und bevorzugt zumindest ein thermoplastisches Polymer, besonders bevorzugt Ethylvinylacetat (EVA), Polyvinylbutyral (PVB), Polyurethan (PU), Polyethylen (PE) und/oder Polyethylenterephthalat (PET) enthält.
11. Dachscheibe nach einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei die Außenscheibe (2) Glas enthält, bevorzugt Flachglas, Floatglas, Quarzglas, Borosilikatglas oder Kalk-Natron-Glas und bevorzugt eine Dicke von 1,0 mm bis 12 mm, besonders bevorzugt von 1,4 mm bis 4 mm aufweist.
12. Dachscheibe nach einem der Ansprüche 1 bis 11, die zumindest in einem Bereich einen Krümmungsradius von kleiner oder gleich 800 mm aufweist.
13. Verfahren zur Herstellung einer Dachscheibe mit einem integrierten Photovoltaik-Modul nach einem der Ansprüche 1 bis 12, wobei zumindest
  - (a) mindestens zwei streifenförmig ausgebildete Solarzellen (6) in eine thermoplastische Schicht (3) eingelegt und über mindestens ein elektrisch

- leitfähiges Verbindungselement (5) seriell verschaltet werden, wobei ein photovoltaisches System (4) entsteht,
- (b) die thermoplastische Schicht (3) flächenmäßig zwischen einem Substrat (1) und einer Außenscheibe (2) angeordnet wird und
- (c) das Substrat (1) mit der Außenscheibe (2) über die thermoplastische Schicht (3) unter Einwirkung von Hitze, Vakuum und/oder Druck verbunden wird.
14. Verfahren nach Anspruch 13, wobei in Verfahrensschritt (a) das photovoltaische System (4) zwischen zumindest einer ersten thermoplastischen Folie (11) und einer zweiten thermoplastischen Folie (12) angeordnet wird, welche anschließend unter Einwirkung von Hitze, Vakuum und/oder Druck zu einer prälaminierten thermoplastischen Schicht (3) verbunden werden.
15. Verwendung einer Dachscheibe nach einem der Ansprüche 1 bis 12 in Fahrzeugen für den Verkehr auf dem Lande, in der Luft oder zu Wasser, bevorzugt in Zügen, Straßenbahnen, Schiffen und Kraftfahrzeugen wie Bussen, Lastkraftwagen und insbesondere Personenkraftwagen.

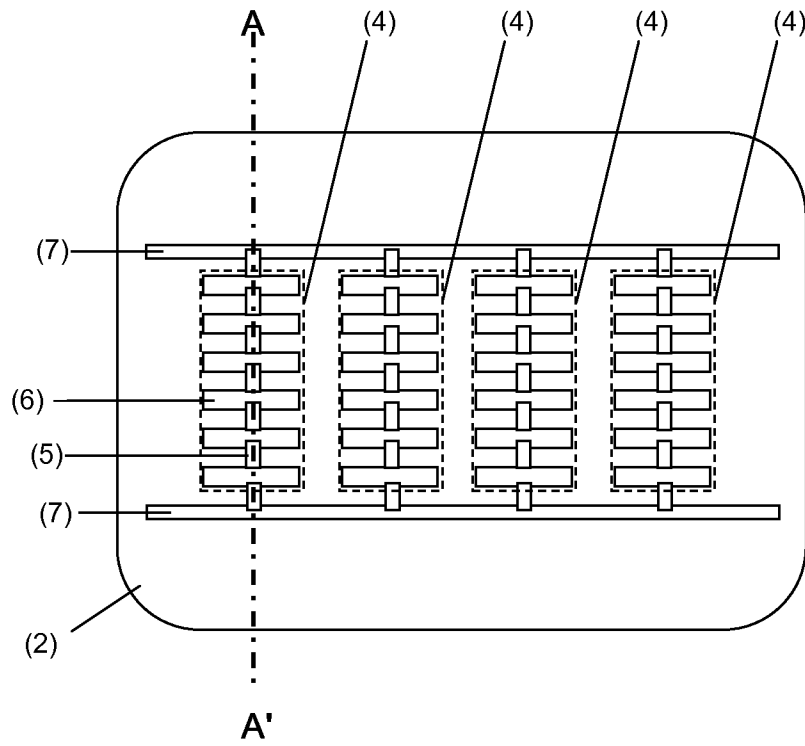


Fig. 1

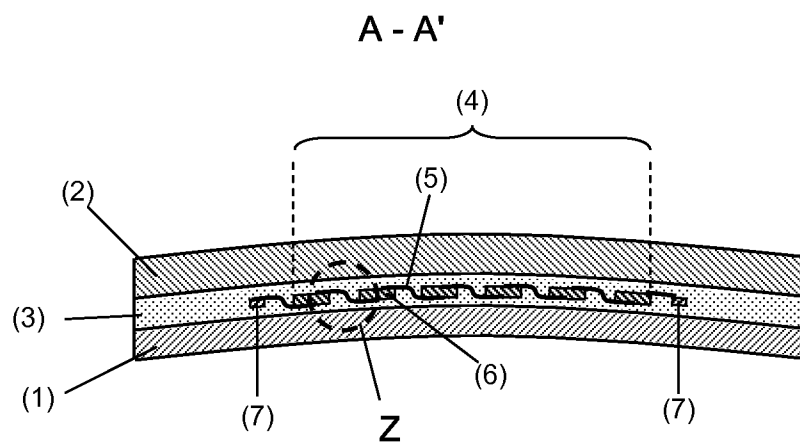


Fig. 2

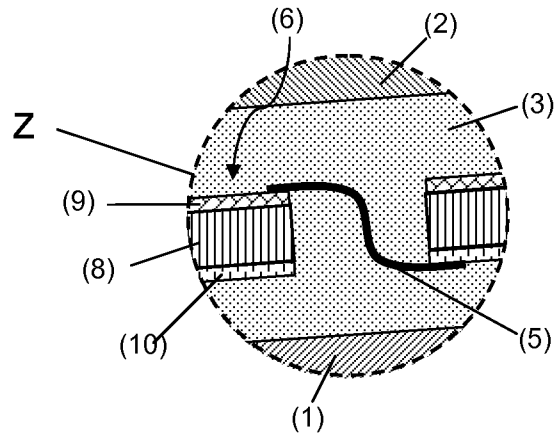


Fig. 3

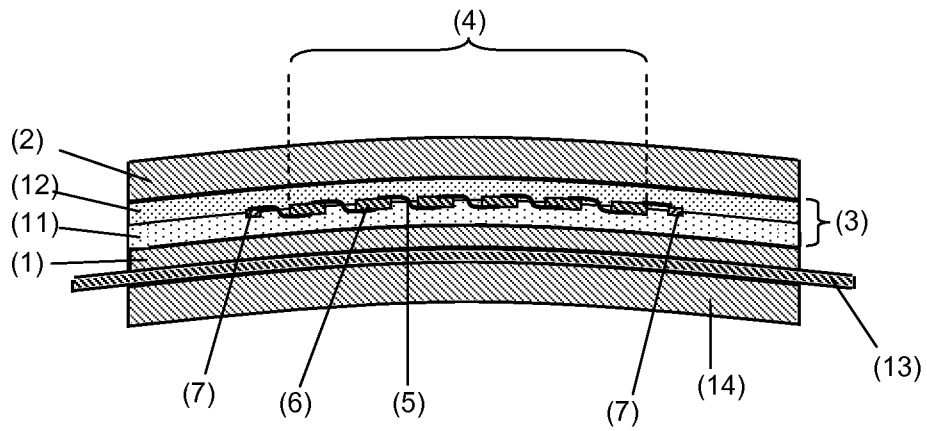


Fig. 4

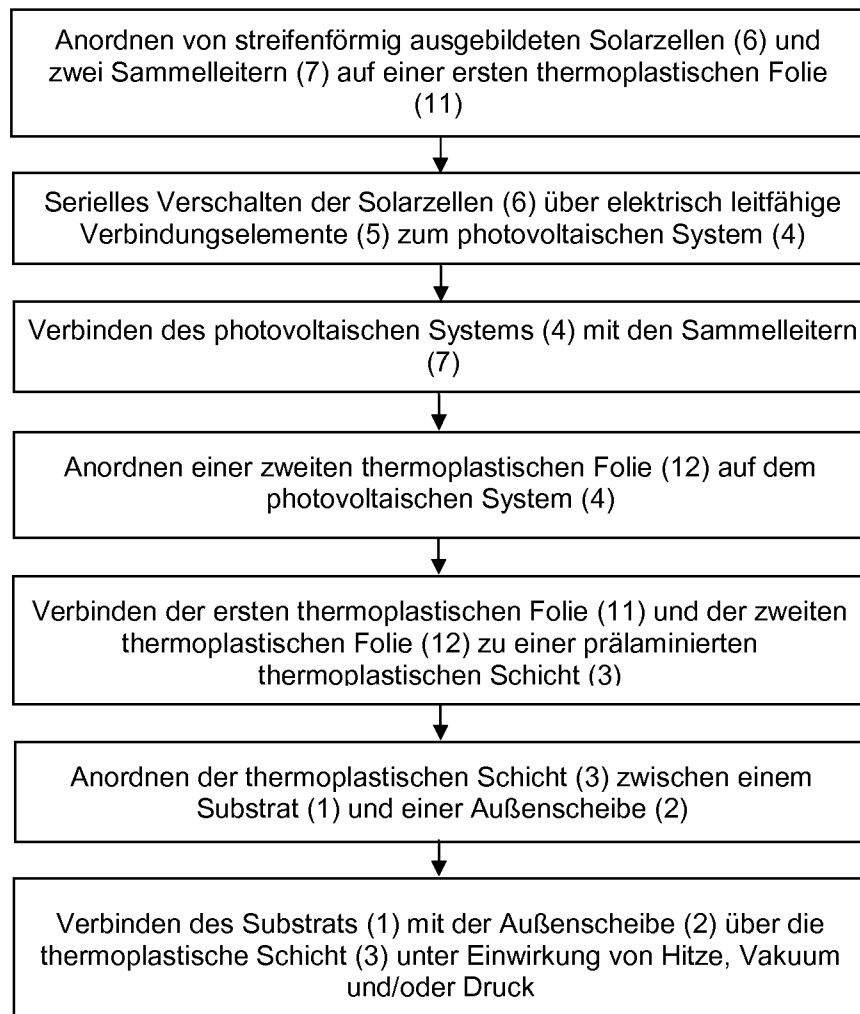


Fig. 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP2013/060246

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
INV. B32B17/10 B60J7/00 H01L31/048  
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)  
B32B B60J 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, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 2003/005954 A1 (EMOTO MAKIKO [JP] ET AL) 9 January 2003 (2003-01-09) paragraphs [0016] - [0024]; figures 1,3 -----	1-15
Y	EP 0 221 287 A2 (LICENTIA GMBH [DE]) 13 May 1987 (1987-05-13) column 2, line 1 - column 3, line 4; claims 1,7,8,10,12,17; figures 1,2 -----	1-15
Y	JP 2002 083992 A (NISSAN MOTOR) 22 March 2002 (2002-03-22) abstract; figures 4,6 -----	1-15
Y	CN 101 192 630 A (BYD CO LTD [CN]) 4 June 2008 (2008-06-04) figures 4,5 -----	14
	-/--	

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  12 July 2013	Date of mailing of the international search report  22/07/2013
---	--

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  Mosig, Karsten
--	--

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP2013/060246

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2011/023777 A2 (SCHUECO TF GMBH & CO KG [DE]; SCHULZE CARSTEN [DE]; STIENECKE WOLFGANG) 3 March 2011 (2011-03-03) page 10, line 32 - page 11, line 24; figure 11 -----	1-15
A	DE 37 27 825 A1 (SIEMENS AG [DE]) 2 March 1989 (1989-03-02) column 5, line 19 - line 26; figures -----	1-15
A	EP 2 071 635 A2 (HEIC HORNBACHNER EN INNOVATION [AT]) 17 June 2009 (2009-06-17) paragraphs [0024] - [0033]; figures 1,2,3,7,8 -----	1-15
A	JP H03 204979 A (KYOCERA CORP) 6 September 1991 (1991-09-06) abstract; figures 1,6,9,10,11 -----	1-15
A	NIKOLAUS MEYER: "Photovoltaik auf Glas: CIS-Dünnschicht-Solarzellen", PHYSIK IN UNSERER ZEIT, vol. 35, no. 2, March 2004 (2004-03), pages 82-85, XP055070561, ISSN: 0031-9252, DOI: 10.1002/piuz.200401034 the whole document -----	1-15

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2013/060246

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date	
US 2003005954	A1	09-01-2003	JP 2004534404 A US 2003005954 A1 WO 03005457 A1	11-11-2004 09-01-2003 16-01-2003
-----				
EP 0221287	A2	13-05-1987	DE 3538986 A1 DE 3688967 D1 EP 0221287 A2 ES 2002895 A6 JP S62108581 A US 4717790 A	14-05-1987 07-10-1993 13-05-1987 01-10-1988 19-05-1987 05-01-1988
-----				
JP 2002083992	A	22-03-2002	NONE	
-----				
CN 101192630	A	04-06-2008	NONE	
-----				
WO 2011023777	A2	03-03-2011	DE 102009039246 A1 WO 2011023777 A2	10-03-2011 03-03-2011
-----				
DE 3727825	A1	02-03-1989	NONE	
-----				
EP 2071635	A2	17-06-2009	AT 506129 A1 CN 101459205 A EP 2071635 A2 HK 1132374 A1	15-06-2009 17-06-2009 17-06-2009 31-05-2013
-----				
JP H03204979	A	06-09-1991	NONE	
-----				

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
 INV. B32B17/10 B60J7/00 H01L31/048  
 ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
 B32B B60J 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, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	US 2003/005954 A1 (EMOTO MAKIKO [JP] ET AL) 9. Januar 2003 (2003-01-09) Absätze [0016] - [0024]; Abbildungen 1,3 -----	1-15
Y	EP 0 221 287 A2 (LICENTIA GMBH [DE]) 13. Mai 1987 (1987-05-13) Spalte 2, Zeile 1 - Spalte 3, Zeile 4; Ansprüche 1,7,8,10,12,17; Abbildungen 1,2 -----	1-15
Y	JP 2002 083992 A (NISSAN MOTOR) 22. März 2002 (2002-03-22) Zusammenfassung; Abbildungen 4,6 -----	1-15
Y	CN 101 192 630 A (BYD CO LTD [CN]) 4. Juni 2008 (2008-06-04) Abbildungen 4,5 -----	14
	-/--	



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

12. Juli 2013

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

22/07/2013

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

Mosig, Karsten

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	WO 2011/023777 A2 (SCHUECO TF GMBH & CO KG [DE]; SCHULZE CARSTEN [DE]; STIENECKE WOLFGANG) 3. März 2011 (2011-03-03) Seite 10, Zeile 32 - Seite 11, Zeile 24; Abbildung 11 -----	1-15
A	DE 37 27 825 A1 (SIEMENS AG [DE]) 2. März 1989 (1989-03-02) Spalte 5, Zeile 19 - Zeile 26; Abbildungen -----	1-15
A	EP 2 071 635 A2 (HEIC HORNBACHNER EN INNOVATION [AT]) 17. Juni 2009 (2009-06-17) Absätze [0024] - [0033]; Abbildungen 1,2,3,7,8 -----	1-15
A	JP H03 204979 A (KYOCERA CORP) 6. September 1991 (1991-09-06) Zusammenfassung; Abbildungen 1,6,9,10,11 -----	1-15
A	NIKOLAUS MEYER: "Photovoltaik auf Glas: CIS-Dünnschicht-Solarzellen", PHYSIK IN UNSERER ZEIT, Bd. 35, Nr. 2, März 2004 (2004-03), Seiten 82-85, XP055070561, ISSN: 0031-9252, DOI: 10.1002/piuz.200401034 das ganze Dokument -----	1-15

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2013/060246

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2003005954	A1	09-01-2003	JP 2004534404 A	11-11-2004
			US 2003005954 A1	09-01-2003
			WO 03005457 A1	16-01-2003
-----				
EP 0221287	A2	13-05-1987	DE 3538986 A1	14-05-1987
			DE 3688967 D1	07-10-1993
			EP 0221287 A2	13-05-1987
			ES 2002895 A6	01-10-1988
			JP S62108581 A	19-05-1987
			US 4717790 A	05-01-1988
-----				
JP 2002083992	A	22-03-2002	KEINE	
-----				
CN 101192630	A	04-06-2008	KEINE	
-----				
WO 2011023777	A2	03-03-2011	DE 102009039246 A1	10-03-2011
			WO 2011023777 A2	03-03-2011
-----				
DE 3727825	A1	02-03-1989	KEINE	
-----				
EP 2071635	A2	17-06-2009	AT 506129 A1	15-06-2009
			CN 101459205 A	17-06-2009
			EP 2071635 A2	17-06-2009
			HK 1132374 A1	31-05-2013
-----				
JP H03204979	A	06-09-1991	KEINE	
-----				