

(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
26. Januar 2012 (26.01.2012)

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2012/010314 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation:
H01L 31/0224 (2006.01) *C23C 4/12* (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2011/003668
- (22) Internationales Anmeldedatum:
22. Juli 2011 (22.07.2011)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
10 2010 032 187.7 23. Juli 2010 (23.07.2010) DE
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **REINHAUSEN PLASMA GMBH** [DE/DE]; Weidener Strasse 20, 93057 Regensburg (DE).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **BISGES, Michael** [DE/DE]; Laberstraße 40 a, 93161 Sinzing (DE).
- (74) Anwälte: **REICHERT, Werner, F.** et al.; Reichert & Kollegen, Bismarckplatz 8, 93047 Regensburg (DE).

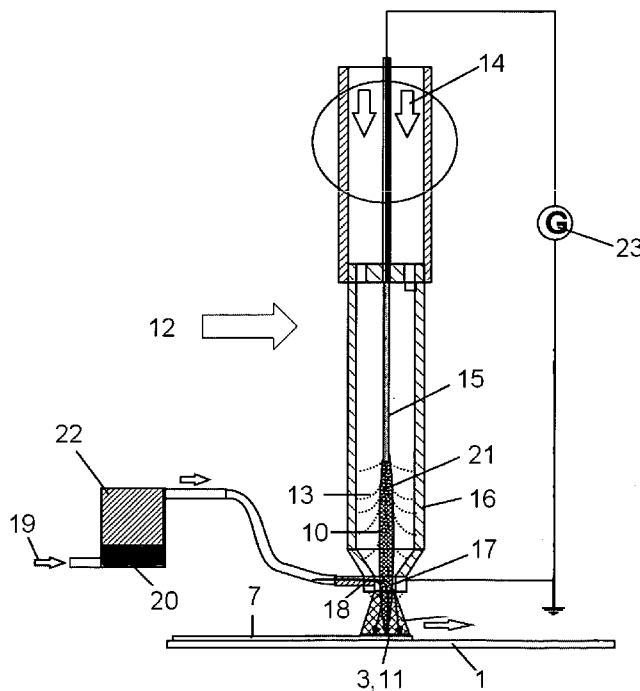
- (81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Erklärungen gemäß Regel 4.17:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR PRODUCING A SOLAR CELL AND SOLAR CELL

(54) Bezeichnung : VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINER SOLARZELLE UND SOLARZELLE



Figur 4

(57) Abstract: The invention relates to a method for producing a solar cell having an active front facing the sun, and a back comprising at least one back contact, comprising the application of a back metallization to the back facing away from the sun, and the application in sections of a metal layer for the formation of at least one back contact. Such a method for producing a solar cell, the efficiency of which is improved and the manufacturing costs of which are reduced because of energy and material savings, is characterized in that first the back metallization is applied to the back of the solar cell, and subsequently the metal layer is applied in sections on the back metallization, for the formation of the back contact with the aid of a method for coating a surface using a low temperature plasma jet. The invention further relates to a solar cell which can be produced by the aforementioned method.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung einer Solarzelle mit einer aktiven,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2012/010314 A1



- hinsichtlich der Identität des Erfinders (Regel 4.17 Ziffer i)
- hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, ein Patent zu beantragen und zu erhalten (Regel 4.17 Ziffer ii)
- hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, die Priorität einer früheren Anmeldung zu beanspruchen (Regel 4.17 Ziffer iii)
- Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv)

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)

der Sonne zugewandten Vorderseite und einer Rückseite, die mindestens einen Rückseitenkontakt aufweist, umfassend das Aufbringen einer Rückseitenmetallisierung auf die der Sonne abgewandete Rückseite und das bereichsweise Aufbringen einer metallischen Schicht zur Ausbildung mindestens eines Rückseitenkontaktes. Ein derartiges Verfahren zur Herstellung einer Solarzelle, deren Effizienz verbessert und deren Herstellkosten aufgrund von Energie- und Materialeinsparungen reduziert sind, zeichnet sich dadurch aus, dass zunächst die Rückseitenmetallisierung auf die Rückseite der Solarzelle aufgebracht wird und anschließend die metallische Schicht zur Ausbildung des Rückseitenkontaktes mit Hilfe eines Verfahrens zur Beschichtung einer Oberfläche unter Verwendung eines Strahls eines Niedertemperaturplasmas bereichsweise auf die Rückseitenmetallisierung aufgebracht wird. Außerdem betrifft die Erfindung eine Solarzelle, die durch das vorgenannte Verfahren herstellbar ist.

Verfahren zur Herstellung einer Solarzelle und Solarzelle

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung einer Solarzelle mit einer aktiven, der Sonne zugewandten Vorderseite und einer Rückseite, die mindestens einen Rückseitenkontakt aufweist, umfassend zunächst das Aufbringen einer Rückseitenmetallisierung auf die der Sonne abgewandete Rückseite der Solarzelle und das anschließende bereichsweise Aufbringen einer metallischen Schicht auf die Rückseitenmetallisierung zur Ausbildung mindestens eines Rückseitenkontaktes. Außerdem betrifft die Erfindung eine durch das Verfahren herstellbare Solarzelle.

Solarzellen wandeln Licht in elektrische Energie. Die Solarzelle bildende Halbleiter weisen Bereiche unterschiedlicher Polarität auf. Beispielsweise ist ein Emitterbereich mit einer ersten Polarität aus einem n-Typ-Halbleiter gebildet, wohingegen ein Basisbereich mit einer zweiten Polarität aus einem P-Typ-Halbleiter gebildet ist. Durch den an der Grenzfläche zwischen den Bereichen unterschiedlicher Polarität gebildeten pn-Übergang werden Ladungsträgerpaare, die bei der Absorption auftreffenden Lichts gebildet werden, getrennt. Um die derart getrennten Ladungsträger einem externen Stromkreis zuführen zu können, weist jede Solarzelle Kontakte auf. Abhängig von der Anordnung dieser Kontakte spricht man von Rückseitenkontakten und Vorderseitenkontakten. Um mehrere Solarzellen zu einem Solarmodul zu verschalten, werden die Solarzellen durch an den Kontakten angelötete Lötbänder elektrisch miteinander verbunden.

Die Solarzellen werden bisher wie folgt hergestellt:

- Auf der Rückseite der Solarzelle aus Silizium wird bereichsweise eine metallische Schicht in Form einer silberhaltigen Paste dort aufgebracht, wo die Rückseitenkontakte liegen sollen. Das Aufbringen erfolgt im Wege des Siebdrucks.
5
- Anschließend wird die metallische Schicht in einem Heißluftofen getrocknet.
- 10 - Sodann wird die Rückseitenmetallisierung in Form einer Aluminium-Paste auf die Rückseite der Solarzelle aufgebracht, wobei die Bereiche der Rückseitenkontakte ausgespart werden. Das Aufbringen der Rückseitenmetallisierung erfolgt ebenfalls im Wege des
15 Siebdrucks.
- In einem Trocknungsprozess im Heißluftofen wird die aufgebrachte Aluminiumpaste zur Ausbildung der Rückseitenmetallisierung bei einer ersten Temperatur T1
20 getrocknet.
- Schließlich wird ein Firing-Prozess bei einer zweiten, gegenüber der ersten Temperatur T1 höheren Temperatur T2 von oberhalb 700 Grad Celsius durchgeführt. Die bei
25 diesem Prozess eintretende Legierungsbildung zwischen dem Aluminium der Rückseitenmetallisierung und dem Silizium der Solarzelle führt zu einer für die Funktion der Solarzelle notwendigen Dotierung des Siliziums.
- 30 Das bekannte Verfahren weist folgende Nachteile auf:
- Die schlechte elektrische Leitfähigkeit der Pasten muss durch eine Wärmebehandlung im Heißluftofen (thermisches Sintern) verbessert werden, womit ein hoher
35 Energieaufwand verbunden ist.

- 5 - Da die silberhaltige Paste zur Ausbildung der Rückseitenkontakte unmittelbar auf der Rückseite der Solarzelle aufgebracht wird, findet in den Bereichen der Rückseitenkontakte keine Legierungsbildung zwischen der Rückseitenmetallisierung aus Aluminium und dem Silizium der Solarzelle statt, wodurch die Effizienz der Solarzelle in den Bereichen der Rückseitenkontakte deutlich gemindert ist.
- 10 - Die silberhaltige Paste zur Ausbildung der Rückseitenkontakte ist für die Volumenproduktion von Solarzellen außerordentlich kostspielig.

15 Die US 5 178 685 A offenbart ein weiteres Verfahren zur Herstellung einer Solarzelle, bei dem auf einem Silizium-Substrat zunächst eine Rückseiten-Metallisierung in Form einer Aluminiumpaste mit rechteckigen Aussparungen aufgebracht wird. Nach dem Aufbringen wird die Aluminiumpaste in einem Firing-Prozess auf etwa 670 - 850 Grad Celsius

20 erhitzt, damit die Rückseiten-Metallisierung in das Silizium-Substrat einlegiert. Zur Ausbildung von Lötkontakten wird in einem nächsten Schritt eine Silberpaste auf diejenigen Bereiche mit den Aussparungen in der Aluminiumschicht aufgebracht, wobei die Silberpaste die Aluminiumschicht an

25 den Rändern der Aussparungen geringfügig überlappt. Die Silberpaste wird anschließend bei einer gegenüber dem Firing-Prozess geringeren Temperatur getrocknet. Die derart gebildeten Lötkontakte sind mit dem Silizium-Substrat und der Aluminiumschicht elektrisch leitend verbunden.

30

Die US 2001 / 0 035 129 A1 offenbart ein Verfahren zur Herstellung einer Solarzelle, bei dem auf der Rückseite der Solarzelle eine Metallisierung mit Hilfe eines Plasmastrahls aufgebracht wird. In den Plasmastrahl wird Metallpulver, z.B.

35 aus Aluminium, eingebracht. Sofern zusätzliche metallische Lötkontakte erforderlich sind, wird im Wege des

Plasmaspritzens der metallische Kontakt auf die zuvor
aufgebrachte Rückseiten-Metallisierung aufgebracht. Als
Vorteil des Plasmaspritzprozesses wird angegeben, dass die
beim Stand der Technik erforderlichen Trocknungsschritte der
5 Metallpasten nicht mehr erforderlich sind und die
Metallabscheidung ausschließlich im Wege des Plasmaspritzens
und in einem Schritt erfolgt.

Ausgehend von diesem Stand der Technik liegt der Erfindung
10 die Aufgabe zu Grunde, ein Verfahren zur Herstellung einer
Solarzelle mit verbesserter Effizienz und Haftung der
Rückseitenkontakte an der Rückseitenmetallisierung zu
schaffen. Des Weiteren soll eine Solarzelle mit verbesserter
Effizienz und Haftung der Rückseitenkontakte vorgeschlagen
15 werden.

Diese Aufgabe wird bei einem Verfahren der eingangs erwähnten
Art dadurch gelöst, dass die metallische Schicht zur
Ausbildung des Rückseitenkontaktes mit Hilfe eines Verfahrens
20 zur Beschichtung einer Oberfläche unter Verwendung eines
Strahls eines Niedertemperaturplasmas bereichsweise
aufgebracht wird und die Rückseitenmetallisierung mit
mindestens einer bis zur Rückseite der Solarzelle reichenden
Öffnung aufgebracht wird, wobei jedem Rückseitenkontakt
25 mindestens eine Öffnung zugeordnet wird.

Außerdem wird diese Aufgabe wird bei einem Verfahren der
eingangs erwähnten Art dadurch gelöst, dass die metallische
Schicht zur Ausbildung des Rückseitenkontaktes mit Hilfe
30 eines Verfahrens zur Beschichtung einer Oberfläche unter
Verwendung eines Strahls eines Niedertemperaturplasmas
bereichsweise aufgebracht wird und die
Rückseitenmetallisierung vollflächig auf die Rückseite
aufgebracht wird und vor dem Aufbringen der Schicht zur
35 Ausbildung des Rückseitenkontakts mindestens eine bis zur
Rückseite der Solarzelle reichende Öffnung in die

Rückseitenmetallisierung eingebracht wird, wobei jedem Rückseitenkontakt mindestens eine Öffnung zugeordnet wird.

5 Eine Solarzelle mit verbesserter Effizienz und Haftung der Rückseitenkontakte ergibt sich aus den Ansprüchen 10 und 11.

Das Beschichtungsverfahren unter Verwendung eines Strahls eines Niedertemperaturplasmas bewirkt eine gut leitfähige Anbindung des Rückseitenkontaktes an die
10 Rückseitenmetallisierung. Die nachfolgend genannten Beschichtungsmaterialien bauen eine gute Haftung zu der Rückseitenmetallisierung aus Aluminium auf und weisen eine gute Lötbarkeit auf, um die Solarzellen mittels Lötbandern zu Modulen zu verschalten.

15

Die Haftfestigkeit der Rückseitenkontakte wird verbessert, indem die Rückseitenmetallisierung mit mindestens einer bis zur Rückseite der Solarzelle reichenden, kleinflächigen Öffnung aufgebracht wird, wobei jedem Rückseitenkontakt
20 mindestens eine Öffnung zugeordnet wird. Alternativ wird die Rückseitenmetallisierung zunächst vollflächig auf die Rückseite aufgebracht und anschließend wird die mindestens eine bis zur Rückseite der Solarzelle reichende kleinflächige Öffnung in die Rückseitenmetallisierung eingebracht. Die
25 Querschnittsfläche der jedem Rückseitenkontakt zugeordneten Öffnung(en) sollte deutlich kleiner als die Fläche des Rückseitenkontaktes sein, wobei dessen Fläche die Querschnittsfläche sämtlicher ihm zugeordneten Öffnungen in der Rückseitenmetallisierung mindestens um den Faktor 2
30 übersteigt. In Folge dessen führen diese Öffnungen in der Rückseitenmetallisierung nur in geringem Maße zu einer verschlechterten Effizienz der Solarzelle in diesen Bereichen. Die Öffnungen verbessern jedoch die Haftung der Rückseitenkontakte an der Rückseite der Solarzelle, in dem
35 sie eine mechanische Verankerung des Rückseitenkontaktes an der Rückseite der Solarzelle ermöglichen.

Eine weitere Verbesserung der Haftung an der Rückseitenmetallisierung aus Aluminium bei gleichzeitiger Verbesserung der Lötbarkeit wird erreicht, wenn mehrere
5 metallische Schichten zur Ausbildung des Rückseitenkontaktes auf die Rückseitenmetallisierung aufgebracht werden.

Zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens eignen sich Niedertemperaturplasmen, deren Plasmastrahl in der Kernzone
10 eine Gastemperatur von weniger als 900 Grad Celsius, insbesondere jedoch von weniger als 500 Grad Celsius aufweist. Bei dem verwendeten Niedertemperaturplasma handelt es sich um ein so genanntes Atmosphärendruckplasma, bei welchem der Druck ungefähr dem der umgebenden Atmosphäre
15 entspricht. Der wesentliche Vorteil des Atmosphärendruckplasmas besteht darin, dass im Gegensatz zum Niederdruck- oder Hochdruckplasma kein Reaktor erforderlich ist, der für die Aufrechterhaltung eines zum Atmosphärendruck unterschiedlichen Druckniveaus sorgt. In Folge dessen lassen
20 sich Verfahren mit Atmosphärendruckplasmen direkt in die Produktion zur Herstellung der Solarzelle integrieren. Kostenintensive Reaktoren zur Erzeugung eines Unterdrucks sind nicht erforderlich.

25 Die Effizienz der Solarzelle wird dadurch verbessert, dass zunächst die Rückseitenmetallisierung auf die Rückseite der Solarzelle aufgebracht wird. Erst anschließend wird die metallische Schicht zur Ausbildung des Rückseitenkontaktes bereichsweise auf die Rückseitenmetallisierung aufgebracht.
30 Die Legierungsbildung zwischen dem Material der Solarzelle, insbesondere dem Silizium, und der Rückseitenmetallisierung, insbesondere Aluminium, findet daher auf einer größeren Oberfläche als bei herkömmlichen Solarzellen statt. Hieraus resultiert eine Steigerung des Gesamtwirkungsgrades der
35 Solarzelle gegenüber einer herkömmlich hergestellten Solarzelle um etwa 0,1 bis 0,3 %.

Eine Verbesserung der Energieeffizienz bei der Herstellung der Solarzellen resultiert daraus, dass die Rückseitenkontakte erst nach dem Aufbringen der Rückseitenmetallisierung auf deren Oberfläche mit Hilfe eines Plasmastrahls abgeschieden werden. In Folge dessen ist kein zusätzlicher Trocknungsschritt zum Trocknen der Rückseitenkontakte vor dem Aufbringen der Rückseitenmetallisierung erforderlich. In dem herkömmlichen Prozess ist es indes erforderlich, die silberhaltige Paste zur Ausbildung der Rückseitenkontakte zunächst vollständig zu trocknen, bevor die Aluminiumpaste zur Ausbildung der Rückseitenkontakte aufgebracht und wiederum getrocknet werden muss. Erst anschließend kann der nach dem Aufbringen der Rückseitenmetallisierung notwendige Firing-Prozess zur Legierungsbildung und Dotierung durchgeführt werden.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren ist ein sich an das Aufbringen der Rückseitenmetallisierung anschließender Firing-Prozess bereits abgeschlossen, wenn die Rückseitenkontakte abgeschieden werden. Da der Firing-Prozess mit Temperaturen oberhalb von 700 Grad Celsius zum Zeitpunkt des Aufbringens der metallischen Schichten zur Ausbildung der Rückseitenkontakte bereits abgeschlossen ist, können die Rückseitenkontakte aus preiswerteren, insbesondere einen tieferen Schmelzpunkt aufweisenden Metallen hergestellt werden, deren Einsatz sich beim Stand der Technik aufgrund des zwingend nachgeschalteten Firing-Prozesses verbietet. In Betracht kommt insbesondere eines der Metalle Zinn, Silber, Zink, Kupfer oder eine Mischung der vorgenannten Metalle.

Nachfolgend wird die Erfindung anhand der Figuren näher
5 erläutert. Es zeigen:

Figur 1 a) eine Vorderansicht einer herkömmlichen
Solarzelle,

10 **Figur 1 b)** eine Ansicht der Rückseite der Solarzelle nach
Figur 1 a),

Figur 1 c) einen Schnitt durch die Solarzelle nach den
Figuren 1 a) und 1 b),

15

Figur 2 a) eine Ansicht der Rückseite einer mit einem
Niedertemperatur- Plasmastrahl hergestellten
Ausführungsform einer Solarzelle,

20 **Figur 2 b)** einen Schnitt durch die Solarzelle nach Figur
2 a),

Figur 3 a) eine Ansicht der Rückseite einer nach dem
erfindungsgemäßen Verfahren hergestellten
Ausführungsform einer Solarzelle,

25

Figur 3 b)

Figur 3 c) unterschiedliche Ausführungsformen von
Öffnungen in der Rückseitenmetallisierung für
eine Solarzelle nach Figur 1 a),

30

Figur 3 d) einen Schnitt durch die Struktur nach
Figur 3 b),

35 **Figur 3 e)** einen Schnitt durch die Solarzelle nach
Figur 3 a),

Figur 4 eine schematische Darstellung einer Anordnung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens.

5

Die in Figur 1 dargestellte Solarzelle (1) weist auf ihrer Rückseite (2) längliche Rückseitenkontakte (3) auf, die unmittelbar auf die Rückseite (2) der aus Silizium bestehenden Solarzelle (1) aufgebracht sind. Auf der aktiven, der Sonne zugewandten Vorderseite (4) befindet sich ein Vorderseitenkontakt (5). Um die Entfernung, die die Ladungsträger lateral in der Ebene der Solarzelle (1) zurücklegen müssen, um zu einem Kontakt (3, 5) zu gelangen, möglichst gering zu halten, gehen von den Kontakten mehrere Kontaktfinger (6) aus. Die Kontaktfinger (6) sind im wesentlichen über die gesamte Fläche der Solarzelle (1) gleichmäßig verteilt. In dem Ausführungsbeispiel sind die Kontakte (3, 5) als längliche, quer zu den Metallfingern (6) verlaufende Streifen ausgestaltet.

20

Die in Figur 1 dargestellte Solarzelle (1) wird hergestellt, indem zunächst eine hoch silberhaltige Paste in Form der Rückseitenkontakte (3), linienförmig auf das Silizium der Solarzelle (1) im Siebdruckverfahren aufgedruckt wird. Anschließend erfolgt eine Trocknung in einem Heißluftofen. Sodann wird eine Rückseitenmetallisierung (7) durch Aufbringen einer Aluminiumpaste, mit Aussparungen im Bereich der Rückseitenkontakte (3) im Siebdruckverfahren aufgebracht. Die Aluminiumpaste wird ebenfalls getrocknet. Anschließend kommt es bei einem so genannten Firing-Prozess mit Temperaturen von oberhalb 700 Grad Celsius zu einer Legierungsbildung zwischen dem Aluminium der Aluminiumpaste und dem Silizium der Solarzelle (1), die zu einer erwünschten und für die Funktion der Solarzelle (1) notwendigen Dotierung des Siliziums führt.

35

Bei einem Beschichtungsverfahren mit einem Niedertemperaturplasma (vgl. Figur 2) wird indes zunächst die Rückseitenmetallisierung (7) aus Aluminium vollflächig auf die Rückseite (2) des Siliziums der Solarzelle (1) aufgebracht. Nach dem Trocknen und dem Einlegieren des Aluminiums in das Silizium wird eine metallische Schicht (11) zur Ausbildung des Rückseitenkontaktes (3) mit Hilfe eines nachfolgend anhand von Figur 4 näher erläuterten Beschichtungsverfahrens bereichsweise auf die Rückseitenmetallisierung aufgebracht.

Die metallische Schicht (11) wird im dargestellten Ausführungsbeispiel streifenförmig auf der Rückseitenmetallisierung (7) abgeschieden.

15

Das in Figur 3 dargestellte erfindungsgemäße Verfahren zur Herstellung einer Solarzelle (1) zeichnet sich dadurch aus, dass die Rückseitenmetallisierung (7) mit mindestens einer bis zur Rückseite (2) der Solarzelle (1) reichenden Öffnung (8, 9) aufgebracht wird. Das Aufbringen der Rückseitenmetallisierung mit der Öffnung (8) bzw. den Öffnungen (9) kann beispielsweise im Wege eines Siebdruckverfahrens erfolgen. Eine andere Möglichkeit besteht darin, die Rückseitenmetallisierung (7) zunächst vollflächig auf die Rückseite (2) aufzubringen und anschließend die Öffnung(en) (8, 9) durch Abtragen der Rückseitenmetallisierung (7) einzubringen. Werden die Öffnungen (8, 9) erst nach dem Aufbringen der Rückseitenmetallisierung und Abschluss des Firing-Prozesses eingebracht, können Beeinträchtigungen der Effizienz der Solarzelle durch die Öffnungen vollständig ausgeschlossen werden.

In dem in Figur 3 a), e) dargestellten Ausführungsbeispiel ist jedem Rückseitenkontakt (3) genau eine längliche Öffnung (8) zugeordnet, deren Querschnittsfläche deutlich kleiner als

35

die Querschnittsfläche des Rückseitenkontaktes (3) (vgl. Figuren 3 b), 3 a)) ist.

Figur 3 c) zeigt eine Ausführungsform, bei der jedem
5 Rückseitenkontakt mehrere Öffnungen (9) in der Rückseitenmetallisierung (7) zugeordnet sind. Gegenüber der Fläche des Rückseitenkontaktes ist die Summe der Querschnittsflächen der Öffnungen (9) noch einmal kleiner, so dass die Effizienz der Solarzelle (1) durch die nicht mit
10 einer Rückseitenmetallisierung (7) versehenen Bereiche unabhängig vom Zeitpunkt des Firing-Prozesses praktisch nicht beeinträchtigt wird.

Beim anschließenden Aufbringen der metallischen Schicht (11)
15 zur Ausbildung des Rückseitenkontaktes (3) wird Metall in den Öffnungen (8 bzw. 9) abgeschieden und der durch die Öffnungen (8, 9) bis zur Rückseite (2) reichende Durchbruch gefüllt. Hierdurch wird der Rückseitenkontakt (3) an der Rückseite (2) der Solarzelle (1) verankert. Diese Verankerung kann abhängig
20 von der verwendeten Aluminiumpaste zur Herstellung der Rückseitenmetallisierung (7) erforderlich sein, um stabile Lötverbindungen an den Rückseitenkontakten (3) zu ermöglichen.

25 Figur 4 zeigt eine Vorrichtung zur Beschichtung der Rückseitenmetallisierung (7) der Solarzelle (1) unter Verwendung eines Strahls (10) eines Niedertemperaturplasmas, um die metallische Schicht (11) zur Ausbildung des Rückseitenkontaktes (3) abzuscheiden. Die Vorrichtung umfasst
30 einen Strahlgenerator (12) zur Erzeugung des gebündelten Strahls (10), der durch Entladung (13) unter Zufuhr eines Arbeitsgases (14) ausgebildet wird. Der Strahlgenerator (12) umfasst eine Stiftelektrode (15), die konzentrisch ein hohlzylindrischer, gegenüber der Stiftelektrode (15)
35 isolierter, rohrförmiger Mantel (16) aus elektrisch leitfähigem Material umgibt. Der Mantel (16) weist an der

unteren Stirnseite einen sich konisch zu einer Düsenöffnung (17) verjüngenden Bereich auf. An der gegenüberliegenden Stirnseite weist der hohlzylindrische Mantel (16) eine Zufuhr für das Arbeitsgas (14) auf, die mit einer nicht
5 dargestellten Gasversorgung, insbesondere einer Druckluftversorgung verbunden ist.

Im Bereich der Düsenöffnung (17) befindet sich quer zur Ausbreitungsrichtung des Strahls (10) eine Einspeisung (18)
10 für ein Pulver-/Gasgemisch (22). Das Pulver-/Gasgemisch (22) wird unter Zufuhr eines weiteren Fördergases (19) in einem Behälter (20) durch Verwirbelung erzeugt und von dort der Einspeisung (18) zugeführt. Bei dem Pulver handelt es sich um metallisches Pulver zur Ausbildung des Rückseitenkontaktes
15 (3). Das Pulver-/Gasgemisches (22) gelangt über die Einspeisung (18) in den Strahl (10) des Niedertemperaturplasmas, der unter atmosphärischen Bedingungen das metallische Pulver auf die Rückseitenmetallisierung aufbringt.

20 Optimale Ergebnisse werden erzielt, wenn der Strahlgenerator (12) mit einer gepulsten Gleichspannungsquelle (23) mit einer Betriebsspannung zwischen 500 V bis 7 kV arbeitet. Die Pulsfrequenz liegt insbesondere zwischen 10 bis 100 kHz. Der Beschichtungsprozess wird vorzugsweise derart gesteuert, dass
25 der Strahl (10) des Niedertemperaturplasmas in der Kernzone (21) eine Gastemperatur von weniger als 900 Grad Celsius, insbesondere jedoch von weniger als 500 Grad Celsius aufweist.

30 Der Abscheideprozess führt zu einer gut haftenden und elektrisch gut leitenden Verbindung, zwischen dem derart abgeschiedenen Rückseitenkontakt (3) und der Rückseitenmetallisierung (7).

35

Bezugszeichenliste

Nr.	Bezeichnung
1	Solarzelle
2	Rückseite
3	Rückseitenkontakt
4	Vorderseite
5	Vorderseitenkontakt
6	Kontaktfinger
7	Rückseitenmetallisierung
8	Öffnung
9	Öffnungen
10	Strahl
11	metallische Schicht
12	Strahlgenerator
13	Entladung
14	Arbeitsgas
15	Stiftelektrode
16	Mantel
17	Düsenöffnung
18	Einspeisung
19	Fördergas
20	Behälter
21	Kernzone
22	Pulver-/Gasgemisch
23	Spannungsquelle

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung einer Solarzelle mit einer aktiven, der Sonne zugewandten Vorderseite und einer Rückseite, die mindestens einen Rückseitenkontakt aufweist, umfassend
- 5
- zunächst das Aufbringen einer Rückseitenmetallisierung auf die der Sonne abgewandete Rückseite der Solarzelle und
 - 10 - das anschließende bereichsweise Aufbringen einer metallischen Schicht auf die Rückseitenmetallisierung zur Ausbildung mindestens eines Rückseitenkontaktes,
- 15 **dadurch gekennzeichnet, dass**
- die metallische Schicht (11) zur Ausbildung des Rückseitenkontaktes (3) mit Hilfe eines Verfahrens zur Beschichtung einer Oberfläche unter Verwendung eines Strahls (10) eines Niedertemperaturplasmas bereichsweise aufgebracht wird und
 - 20 - die Rückseitenmetallisierung (7) mit mindestens einer bis zur Rückseite der Solarzelle (1) reichenden Öffnung (8, 9) aufgebracht wird, wobei jedem Rückseitenkontakt (3) mindestens eine Öffnung (8) zugeordnet wird.
- 25
2. Verfahren zur Herstellung einer Solarzelle mit einer aktiven, der Sonne zugewandten Vorderseite und einer Rückseite, die mindestens einen Rückseitenkontakt aufweist, umfassend
- 30
- zunächst das Aufbringen einer Rückseitenmetallisierung auf die der Sonne abgewandete Rückseite der Solarzelle und
 - 35

- das anschließende bereichsweise Aufbringen einer metallischen Schicht auf die Rückseitenmetallisierung zur Ausbildung mindestens eines Rückseitenkontaktes,

5 **dadurch gekennzeichnet, dass**

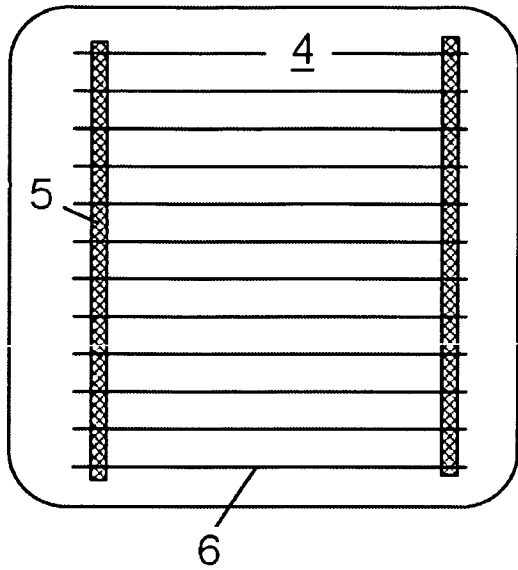
- die metallische Schicht (11) zur Ausbildung des Rückseitenkontaktes (3) mit Hilfe eines Verfahrens zur Beschichtung einer Oberfläche unter Verwendung eines Strahls (10) eines Niedertemperaturplasmas bereichsweise aufgebracht wird und
- die Rückseitenmetallisierung (7) vollflächig auf die Rückseite (2) aufgebracht wird und vor dem Aufbringen der Schicht (11) zur Ausbildung des Rückseitenkontaktes (3) mindestens eine bis zur Rückseite (2) der Solarzelle (1) reichende Öffnung (8, 9) in die Rückseitenmetallisierung (7) eingebracht wird, wobei jedem Rückseitenkontakt (3) mindestens eine Öffnung (8) zugeordnet wird.

20 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet,** dass die metallische Schicht (11) zur Ausbildung des Rückseitenkontaktes (3) jede Öffnung (8, 9) vollständig überdeckend aufgebracht wird.

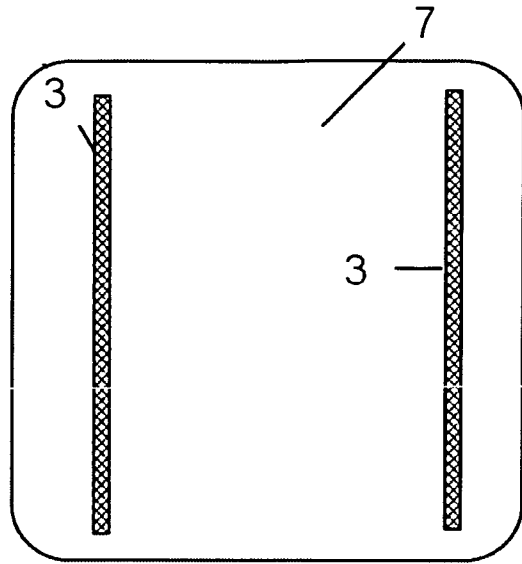
25 4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet,** dass mehrere metallische Schichten (11) übereinander zur Ausbildung des Rückseitenkontaktes (3) auf die Rückseitenmetallisierung (7) aufgebracht werden.

30 5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet,** dass der Strahl (10) des Niedertemperaturplasmas in der Kernzone (21) eine Gastemperatur von weniger als 900 ° C, insbesondere von
35 weniger als 500 ° C aufweist.

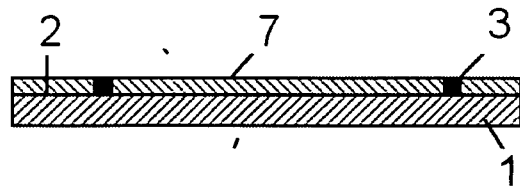
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Niedertemperaturplasma ein atmosphärisches Plasma ist.
- 5 7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass als Material zur Herstellung der Solarzelle (1) Silizium verwendet wird.
- 10 8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass als Material zur Herstellung der Rückseitenmetallisierung (7) Aluminium aufgebracht wird.
- 15 9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass zur Ausbildung jedes Rückseitenkontaktes (3) eines der Metalle Zinn, Silber, Zink, Kupfer oder Mischungen der vorgenannten Metalle aufgebracht werden.
- 20 10. Solarzelle mit einer aktiven, der Sonne zugewandten Vorderseite und einer Rückseite, die mindestens einen auf einer Rückseitenmetallisierung (7) angeordneten Rückseitenkontakt aufweist, wobei jedem Rückseitenkontakt (3) mindestens eine Öffnung (8) in der Rückseitenmetallisierung zugeordnet ist, **dadurch**
- 25 **gekennzeichnet**, dass die Fläche des Rückseitenkontaktes (3) die Querschnittsfläche sämtlicher ihm zugeordneten Öffnungen mindestens um den Faktor 2 übersteigt.
- 30 11. Solarzelle herstellbar durch ein Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 10.



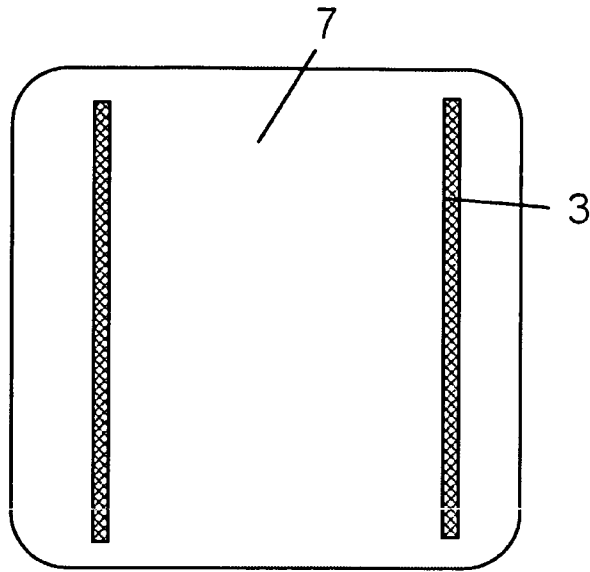
Figur 1 a)



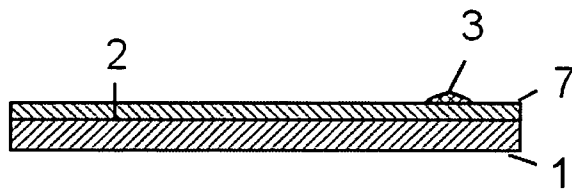
Figur 1 b)



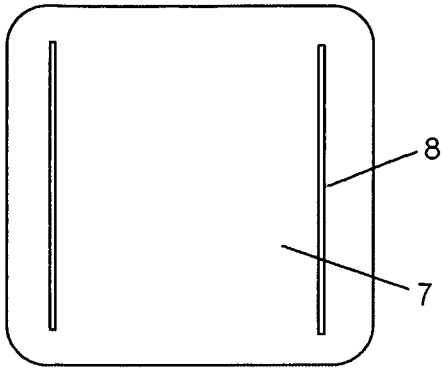
Figur 1 c)



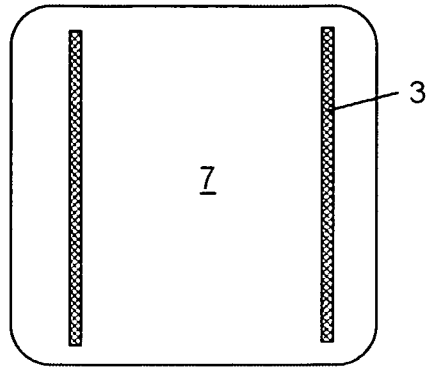
Figur 2 a)



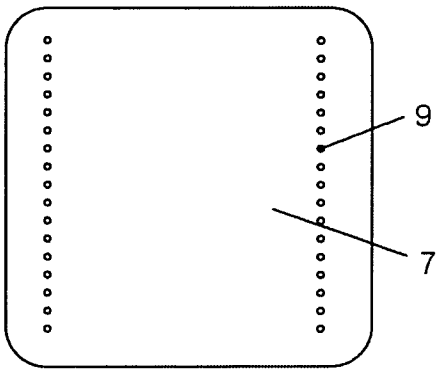
Figur 2 b)



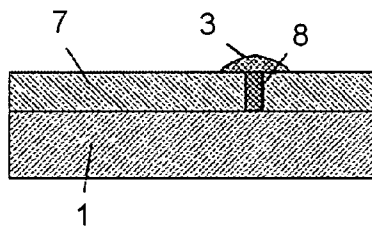
Figur 3 b)



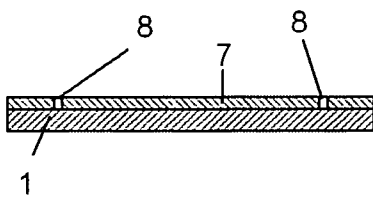
Figur 3 a)



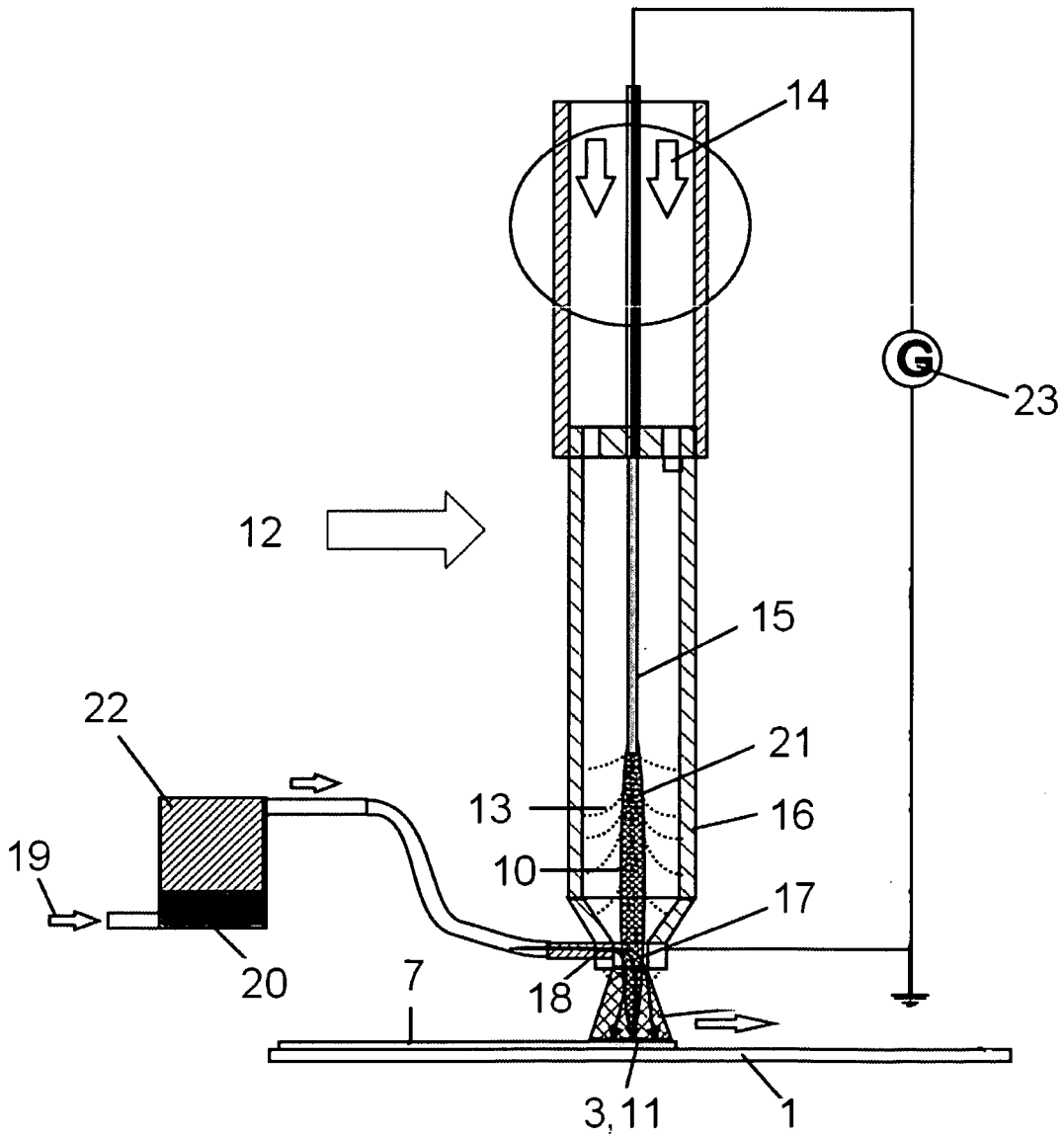
Figur 3 c)



Figur 3 e)



Figur 3 d)



Figur 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2011/003668

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. H01L31/0224 C23C4/12
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 C23C H05K H05H

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)
EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 2001/035129 A1 (CHANDRA MOHAN [US] ET AL) 1 November 2001 (2001-11-01) paragraph [0006]; figure 2 paragraph [0026] - paragraph [0028] paragraph [0032]	1-9,11
Y	WO 2005/031026 A1 (DVORAK MICHAEL [CH]) 7 April 2005 (2005-04-07) the whole document	1-9,11
Y	US 5 118 362 A (ST ANGELO DAVID A [US] ET AL) 2 June 1992 (1992-06-02) abstract; figure 9	4
A	DE 198 07 086 A1 (FRAUNHOFER GES FORSCHUNG [DE]) 26 August 1999 (1999-08-26) the whole document	1-11
	----- -/--	

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 document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search 5 December 2011	Date of mailing of the international search report 14/12/2011
--	--

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

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2011/003668

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 10 2008 051921 A1 (GFE FREMAT GMBH [DE]; INTERPANE ENTW & BERATUNGSGES [DE]) 14 May 2009 (2009-05-14) paragraph [0050] - paragraph [0063]; figure 3 -----	1-11

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2011/003668

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2001035129	A1	01-11-2001	NONE

WO 2005031026	A1	07-04-2005	AT 468418 T 15-06-2010
			CH 696811 A5 14-12-2007
			EP 1675971 A1 05-07-2006
			ES 2345986 T3 07-10-2010
			JP 2007521395 A 02-08-2007
			WO 2005031026 A1 07-04-2005

US 5118362	A	02-06-1992	AU 644021 B2 02-12-1993
			AU 8632491 A 15-04-1992
			CA 2070420 A1 25-03-1992
			EP 0502155 A1 09-09-1992
			JP 2828341 B2 25-11-1998
			JP H05502556 A 28-04-1993
			US 5118362 A 02-06-1992
			WO 9205587 A1 02-04-1992

DE 19807086	A1	26-08-1999	DE 19807086 A1 26-08-1999
			WO 9942637 A1 26-08-1999

DE 102008051921	A1	14-05-2009	DE 102008051921 A1 14-05-2009
			EP 2179426 A2 28-04-2010
			US 2010326512 A1 30-12-2010
			WO 2009056235 A2 07-05-2009

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. H01L31/0224 C23C4/12
 ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 H01L C23C H05K H05H

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.
Y	US 2001/035129 A1 (CHANDRA MOHAN [US] ET AL) 1. November 2001 (2001-11-01) Absatz [0006]; Abbildung 2 Absatz [0026] - Absatz [0028] Absatz [0032] -----	1-9,11
Y	WO 2005/031026 A1 (DVORAK MICHAEL [CH]) 7. April 2005 (2005-04-07) das ganze Dokument -----	1-9,11
Y	US 5 118 362 A (ST ANGELO DAVID A [US] ET AL) 2. Juni 1992 (1992-06-02) Zusammenfassung; Abbildung 9 -----	4
A	DE 198 07 086 A1 (FRAUNHOFER GES FORSCHUNG [DE]) 26. August 1999 (1999-08-26) das ganze Dokument ----- -/--	1-11



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" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

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

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

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

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

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf 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 anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

5. Dezember 2011

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

14/12/2011

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

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

Bevollmächtigter Bediensteter

Lantier, Roberta

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 10 2008 051921 A1 (GFE FREMAT GMBH [DE]; INTERPANE ENTW & BERATUNGSGES [DE]) 14. Mai 2009 (2009-05-14) Absatz [0050] - Absatz [0063]; Abbildung 3 -----	1-11

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2011/003668

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2001035129	A1	01-11-2001	KEINE

WO 2005031026	A1	07-04-2005	AT 468418 T 15-06-2010
			CH 696811 A5 14-12-2007
			EP 1675971 A1 05-07-2006
			ES 2345986 T3 07-10-2010
			JP 2007521395 A 02-08-2007
			WO 2005031026 A1 07-04-2005

US 5118362	A	02-06-1992	AU 644021 B2 02-12-1993
			AU 8632491 A 15-04-1992
			CA 2070420 A1 25-03-1992
			EP 0502155 A1 09-09-1992
			JP 2828341 B2 25-11-1998
			JP H05502556 A 28-04-1993
			US 5118362 A 02-06-1992
			WO 9205587 A1 02-04-1992

DE 19807086	A1	26-08-1999	DE 19807086 A1 26-08-1999
			WO 9942637 A1 26-08-1999

DE 102008051921	A1	14-05-2009	DE 102008051921 A1 14-05-2009
			EP 2179426 A2 28-04-2010
			US 2010326512 A1 30-12-2010
			WO 2009056235 A2 07-05-2009
