

(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
27. Januar 2022 (27.01.2022)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2022/017565 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

H01L 31/0216 (2014.01) C23C 16/40 (2006.01)
H01L 31/0745 (2012.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2021/100633

(22) Internationales Anmeldedatum:
21. Juli 2021 (21.07.2021)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2020 119 206.1
21. Juli 2020 (21.07.2020) DE

(71) Anmelder: HANWHA Q CELLS GMBH [DE/DE]; Sonnenallee 17 - 21 OT Thalheim, 06766 Bitterfeld-Wolfen (DE).

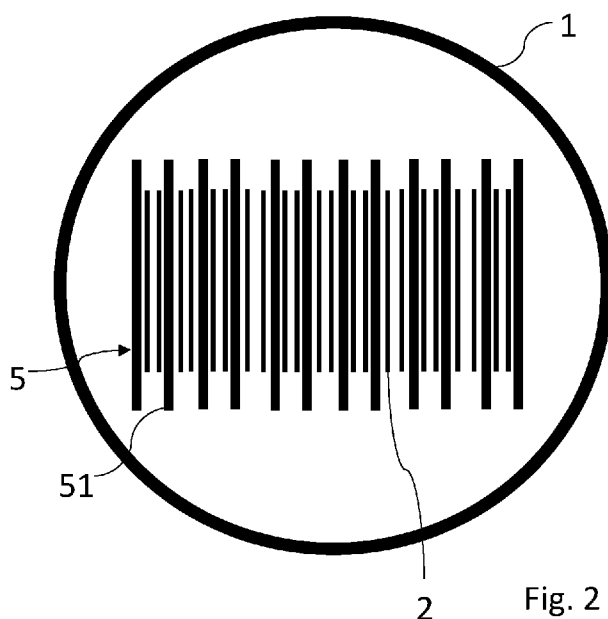
(72) Erfinder: SCHWABEDISSEN, Axel; c/o Hanwha Q CELLS GmbH, Sonnenallee 17 - 21 OT Thalheim, 06766 Bitterfeld-Wolfen (DE). JUNGHÄNEL, Matthias; c/o Hanwha Q CELLS GmbH, Sonnenallee 17 - 21 OT Thalheim, 06766 Bitterfeld-Wolfen (DE). KIM, Kyung Hun; c/o Hanwha Q CELLS GmbH, Sonnenallee 17 - 21 OT Thalheim, 06766 Bitterfeld-Wolfen (DE). FERTIG, Fabian; c/o Hanwha Q CELLS GmbH, Sonnenallee 17 - 21 OT Thalheim, 06766 Bitterfeld-Wolfen (DE).

(74) Anwalt: ADARES PATENT- UND RECHTSANWÄLTE REININGER & PARTNER GMBH; Taubentzenstraße 7b/c, 10789 Berlin (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN,

(54) Title: METHOD FOR PRODUCING A SOLAR CELL

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINER SOLARZELLE



(57) **Abstract:** The invention relates to a method for producing a solar cell, comprising the following steps: a) providing a substrate (2) having a front side (21) and a back side (22) in a deposition apparatus (1), and b) coating the substrate (2) in situ with two layers, comprising b1) oxidizing, by exposing the substrate to an oxygen-containing gas and a first plasma, to create an oxide layer (3) and b2) subsequently depositing a silicon layer (4) or SiC layer by exposure to a gas containing silicon, an optional gas containing carbon and a second plasma, wherein step b) is carried out under vacuum in the deposition apparatus (1) and the vacuum is maintained continuously during step b).

(57) **Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung einer Solarzelle, aufweisend folgende Schritte a) Bereitstellen eines Substrats (2) mit einer Vorderseite (21) und einer Rückseite (22) in einer Abscheidevorrichtung (1), und b) in situ Beschichtung des Substrats (2) mit zwei Schichten, aufweisend b1) Oxidation mittels Aussetzens des Substrats zu einem sauerstoffhalt-

HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

- (84) Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Erklärungen gemäß Regel 4.17:

- 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)

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)

tigen Gas und einem ersten Plasma zur Erzeugung einer Oxid-Schicht (3) und b2) anschließende Abscheidung einer Silizium-Schicht (4) oder SiC-Schicht mittels Aussetzens zu einem siliziumhaltigen Gas, einem optionalen kohlenstoffhaltigen Gas und einem zweiten Plasma, wobei der Schritt b) unter Vakuum in der Abscheidevorrichtung (1) durchgeführt wird und das Vakuum durchgehend während des Schritts b) aufrechterhalten wird.

Verfahren zur Herstellung einer Solarzelle

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung einer Solarzelle.

Insbesondere betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Herstellung einer

- 5 Solarzelle, welches eine chemische Gasphasenabscheidung (CVD) aufweist.

Ein solches Verfahren ist in der US 10,243,090 B2 beschrieben, in dem auf einem Substrat eine Tunnelschicht in Form eines Oxids und anschließend eine dotierte Halbleiterschicht mittels LPCVD (Low Pressure Chemical Deposition
10 bzw. Niederdruck-CVD) abgeschieden wird. Nachteilig an diesem Verfahren ist eine niedrige Abscheiderate der dotierten Halbleiterschicht, was zu einem Durchsatzverlust und einem Anstieg von Prozesskosten führt.

- Es ist daher eine Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zur Herstellung einer
15 Solarzelle bereitzustellen, das kostengünstig ist.

Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen und Modifikationen sind in den Unteransprüchen erläutert.

20

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung einer Solarzelle, aufweisend folgende Schritte

- a) Bereitstellen eines Substrats mit einer Vorderseite und einer Rückseite in einer Abscheidevorrichtung, und
- 25 b) in situ Beschichtung des Substrats mit zwei Schichten, aufweisend
 - b1) Oxidation mittels Aussetzens des Substrats zu einem sauerstoffhaltigen Gas und einem ersten Plasma zur Erzeugung einer Oxid-Schicht oder Abscheidung einer Oxid-Schicht mittels PECVD und
 - 30 b2) anschließende Abscheidung einer Silizium-Schicht oder SiC (Siliziumcarbid)-Schicht mittels Aussetzens zu einem siliziumhaltigen Gas, einem optionalen kohlenstoffhaltigen Gas und einem zweiten Plasma,

wobei der Schritt b) unter Vakuum in der Abscheidevorrichtung durchgeführt wird und das Vakuum durchgehend während des Schritts b) aufrechterhalten wird.

Das Verfahren wird mittels Plasma-Oxidation in dem Schritt b1) und PECVD
5 (Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition bzw. Plasmaunterstützte chemische Gasphasenabscheidung) in dem Schritt b2) in einer ersten Verfahrensvariante durchgeführt. Die Plasma-Oxidation ist in der ersten Verfahrensvariante kein PECVD-Schritt, weil sie kein schichtbildendes Gas beinhaltet. Vielmehr wird das Substrat an einer Oberfläche oxidiert, indem die
10 im Plasma gebildeten Sauerstoff-Ionen oder Radikale in das Substrat eindringen. Alternativ wird das Verfahren ausschließlich mittels PECVD in den Schritten b1) und b2) in einer zweiten Verfahrensvariante durchgeführt. In der zweiten Verfahrensvariante wird der Schritt b1) unter Verwendung des sauerstoffhaltigen Gases in Kombination mit einem schichtbildenden Gas
15 durchgeführt, so dass eine Oxid-Schicht auf dem Substrat abgeschieden wird. Bei den beiden vorstehenden Verfahrensvarianten wird der Schritt b2) vorzugsweise unmittelbar nach dem Schritt b1) und/oder vorzugsweise in derselben Abscheidevorrichtung durchgeführt, so dass Be- und Entladungsvorgänge und Evakuierungs- und Belüftungsvorgänge zwischen der
20 Erzeugung der zwei Schichten in dem Schritt b) entfallen. Dadurch werden weiterhin Zeit und Kosten eingespart. Bevorzugt wird die Oxid-Schicht in dem Schritt b1) erzeugte-Oxid-Schicht dünn ausgebildet. Die Schichtdicke liegt bevorzugt im Bereich von 1-2 nm, bevorzugter 1,2-1,5 nm. Die in dem Schritt b2) erzeugte Schichtdicke kann beispielsweise im Bereich von 20 bis 200 nm
25 liegen. Die in dem Schritt b2) abgeschiedene Schicht kann amorph sein.

Mittels Niederdruckplasma in einem sauerstoffhaltigen Gasgemisch entsteht in dem Schritt b1) eine relativ hohe Konzentration an reaktivem, atomarem Sauerstoff oder an Sauerstoff-Ionen ($O^{\cdot-}$, $O_2^{\cdot-}$), die zur Bildung einer Oxid Schicht
30 auf der Substrat-Oberfläche führt. Alternativ kann mittels PECVD unter Verwendung eines schichtbildenden Gases (z.B. Silan = SiH_4) und eines oxidierenden Gases (z.B. CO_2 , N_2O oder O_2) eine dünne Oxid-Schicht (z.B. Siliziumoxid-Schicht) abgeschieden werden.

- Neben einer „reinen“ Oxid-Schicht, die keine oder im Bereich von Fehlertoleranzen Fremdatome enthält, kann die in Schritt b1) erzeugte Oxid-Schicht ferner als dotierte oder nitrierte Oxid-Schicht ausgebildet werden. Z.B.
- 5 kann die in dem Schritt b1) erzeugte Oxid-Schicht eine mit Phosphor oder Bor dotierte Schicht sein. Für die Dotierung wird dann in dem Schritt b1) neben dem sauerstoffhaltigen Gas-(Gemisch) und ggf. schichtbildendem Gas zusätzlich ein phosphorhaltiges Gas wie z.B. Phosphin (PH_3) oder Diboran (B_2H_6) als Gas verwendet. Für die Nitrierung der Oxid-Schicht kann ein PECVD
- 10 Verfahren unter Verwendung von SiH_4 und N_2O eingesetzt werden.

- Bevorzugt ist die Oxid-Schicht eine Siliziumoxid-Schicht. Als schichtbildendes Gas kann in diesem Fall Silan eingesetzt werden. Die Siliziumoxid-Schicht kann alternativ durch Oxidation eines Silizium-Substrats erzeugt werden. Alternativ
- 15 bevorzugt ist sie eine Aluminiumoxid-Schicht. In diesem Fall wird bevorzugt als schichtbildendes Gas Trimethylaluminium (TMAI) verwendet und als sauerstoffhaltiges Gas bzw. Oxidant N_2O .

- Aufgrund der ähnlichen Prozesstemperaturen und -drücke, die zur Erzeugung der beiden in dem Schritt b) erzeugten Schichten notwendig sind, sind ferner aufwendige Aufheiz- und Abkühlzeiten oder Evakuierungs-/Belüftungsprozesse in dem erfindungsgemäßen Verfahren nicht erforderlich; lediglich die
- 20 Prozessgase müssen zwischen dem Schritt b1) und dem Schritt b2) gewechselt werden.

- 25 Das erste Plasma und das zweite Plasma können mit den gleichen oder mit unterschiedlichen Prozessparametern betrieben werden.

- Der Schritt b) wird unter Vakuum in der Abscheidevorrichtung durchgeführt, wobei das Vakuum durchgehend während des Schritts b) aufrechterhalten wird.
- 30 Darunter ist zu verstehen, dass zwischen den Schritten b1) und b2) kein vollständiger Belüftungsvorgang durchgeführt wird, der zu einem Normaldruck in der Abscheidevorrichtung führt. Zwischen den Schritten b1) und b2) kann

sich der Druck in der Abscheidevorrichtung aber ändern, aber das Vakuum wird nicht unterbrochen. Bevorzugt wird während des Schritts b) der Druck in der Abscheidevorrichtung unter z.B. 10 mbar gehalten.

- 5 Bevorzugt wird die Rückseite des Substrats den Schritten a) und b) unterzogen. Dadurch kann die Rückseite mit einer Tunnelschicht und/oder einer Oberflächenpassivierung versehen werden.

- 10 Bevorzugt wird das Substrat zwischen den Schritten b1) und b2) innerhalb der Abscheidevorrichtung räumlich nicht bewegt. D.h. die Abscheidung findet in ein- und derselben Prozesskammer statt. Das Verfahren ist als Batch Verfahren ausgebildet.

- 15 In einer bevorzugten Ausführungsform wird der Schritt b) mit einem Niederdruckplasma mit einem Druck im Bereich von 0,1 bis 5,0 mbar oder 0,1 bis 10,0 mbar durchgeführt. Vorteil eines Niederdruckplasma-Verfahrens ist, dass das Plasma in der Abscheidevorrichtung gleichmäßiger verteilt wird, ein relativ niedriger Prozessgasverbrauch und die relativ niedrige Prozesstemperatur.

- 20 Bevorzugt wird der Schritt b) mit einer Niederdruckglimmentladung (Niederdruckplasma) mit einer Anregungsfrequenz im Bereich von 10 bis 500 kHz oder 30 bis 50 kHz durchgeführt. Ein Vorteil der Niederdruckglimmentladung ist, dass die Energie zur Aufspaltung (Dissoziation) der schichtbildenden bzw. der oxidierenden Moleküle nicht durch die externe Zufuhr von Wärme erfolgt, sondern durch beschleunigte Elektronen im Plasma, wodurch der Prozess bei deutlich niedrigeren Temperaturen (bis zu einigen hundert Kelvin) durchgeführt werden kann als ein LPCVD Verfahren oder ein thermisches Oxid.

- 30 Das Durchführen des Verfahrens unter Niederdruckplasma oder Niederdruckglimmentladung resultiert in einem nichtthermischen Verfahren,

d.h. die Gastemperatur ist deutlich geringer als die Temperatur der Elektronen.

- Bevorzugt wird in dem Schritt b) das Plasma gepulst betrieben, mit einem
- 5 Arbeitszyklus (engl. „Duty Cycle“) von $T_{\text{on}} / (T_{\text{off}} + T_{\text{on}}) < 10 \%$, wobei T_{on} diejenige Zeit ist, währenddessen das Plasma gezündet ist und T_{off} diejenige Zeit, währenddessen das Plasma aus ist. Dadurch wird die Abscheiderate relativ gering gehalten, um Prozessschwankungen abzufangen. Dies kann auch durch Reduzierung der Plasma-Peak Leistung realisiert werden.
- 10 Bevorzugterweise wird in dem Schritt b) das Plasma im Bereich von $T_{\text{on}} = 1$ bis 10 ms bzw. $T_{\text{off}} = 10$ bis 100 ms gepulst. Dadurch werden die Schichten in dem Schritt b) in zufrieden stellender Weise erzeugt.

- In einer bevorzugten Ausführungsform ist das sauerstoffhaltige Gas ausgewählt
- 15 aus der Gruppe, bestehend aus
- O_2 ,
 - einem Gasmisch aus O_2 /Inertgas, wobei das Inertgas bevorzugt Ar, Ne, Kr oder N_2 besonders bevorzugt Ar oder N_2 ist,
 - einem sauerstoffhaltigen molekularen Gas, das bevorzugt N_2O , CO_2 , NO_2 ,

20 NO oder CO ist,

 - einem schichtbildenden Gasmisch, wobei das schichtbildende Gasmisch bevorzugt SiH_4/O_2 , SiH_4/CO_2 , $\text{Al}(\text{CH}_3)_3/\text{N}_2\text{O}$ oder $\text{AlC}_3\text{H}_9/\text{N}_2\text{O}/\text{Ar}$ ist.
- 25 Bevorzugt ist das sauerstoffhaltige Gas reiner Sauerstoff. Dadurch werden Prozesskosten aufgrund dem Nichtvorhandensein weiterer Gase eingespart. Bei der Verwendung der molekularen, sauerstoffhaltigen Gase wie N_2O oder CO_2 kann die Abscheiderate verringert werden und so eine bessere Homogenität der Oxid-Schicht über der gesamten Substratoberfläche erhalten werden. Bei
- 30 Verwendung der schichtbildenden Gasmische kann die Abscheiderate gesteigert werden oder es kann eine Oxid-Schicht erzeugt werden, bei der es sich nicht um ein oxidiertes Material des Substrats handelt. Bevorzugt ist das Substrat ein Silizium-Substrat. Die Oxid-Schicht ist bevorzugt eine Siliziumoxid-

oder Aluminiumoxid-Schicht. Bevorzugter ist die Oxid-Schicht eine Siliziumoxid-Schicht.

- Bevorzugt sind das siliziumhaltige Gas und das optionale kohlenstoffhaltige Gas ausgewählt aus der Gruppe, bestehend aus einem Gasgemisch aus SiH_4/H_2 , einem Gasgemisch aus SiH_4/H_2 /Dotiergas wie einem Gasgemisch aus $\text{SiH}_4/\text{H}_2/\text{PH}_3$ oder einem Gasgemisch aus $\text{SiH}_4/\text{H}_2/\text{B}_2\text{H}_6$, einem Gasgemisch aus SiH_4/CH_4 , einem Gasgemisch aus SiH_4/CH_4 /Dotiergas wie beispielsweise $\text{SiH}_4/\text{CH}_4/\text{PH}_3$ oder einem Gasgemisch aus $\text{SiH}_4/\text{CH}_4/\text{B}_2\text{H}_6$. Die in dem Schritt b2) erzeugte Schicht kann mit einem Dotierstoff d.h. dotiert sein. Der Dotierstoff kann ausgewählt sein aus B, In, Ga, Al, P, Sb, As. Bevorzugt ist der Dotierstoff B. Bevorzugter ist der Dotierstoff P. Die Dotierung kann auch in einem zu dem Schritt b2) separaten Prozessschritt durchgeführt werden. Bevorzugt wird aber die dotierte Silizium- oder SiC-Schicht in dem Schritt b2) erzeugt, d.h. die Schichtbildung und die Dotierung erfolgt in einem Schritt. Bevorzugt ist die in dem Schritt b2) erzeugte Silizium- oder SiC-Schicht amorph oder im Wesentlichen amorph. Bevorzugt wird in dem Schritt b2) die Silizium-Schicht erzeugt.
- Bevorzugt wird der Schritt b1) mit einer Abscheiderate von $<0,2 \text{ nm/s}$ oder $<0,1 \text{ nm/s}$ durchgeführt. Die Abscheidung der Oxid-Schicht erfolgt somit mit einer relativ geringen Abscheiderate, um Prozessschwankungen z.B. bei der Plasmazündung abzufangen. Glimmentladungen in O_2 (als elektronegatives Gas) neigen zur Instabilität z.B. durch Einschnürung und/oder Filamentbildung).
- Eine relativ hohe Abscheiderate $> 0,1 \text{ nm/s}$ kann bei Prozessinstabilitäten wie Probleme bei der Zündung eines homogenen Plasmas und/oder Lichtbogenbildung (Arcing) zu kritischen Schichtdickenabweichungen vom Sollwert bevorzugt im Bereich von 1-2 nm, bevorzugter 1,2 bis 1,5nm, führen. Schon Abweichungen von 0,5 nm von dem Sollwert der Schichtdicke kann zu einem Verlust des Wirkungsgrads N_{cell} von $> 1\%$ (abs.) führen. Dies ist insbesondere für die Massenfertigung unakzeptabel. Bevorzugt wird der Schritt b1) mit einem Arbeitszyklus $<5\%$ durchgeführt.

Bevorzugt wird der Schritt b1) bei einer Temperatur $< 500^{\circ}\text{C}$ oder im Bereich von 300 bis 450°C durchgeführt. Das Oxid kann bei einer wesentlich geringeren Temperatur erzeugt werden als ein thermisches Oxid. Dadurch werden lange Aufheizzeiten vermieden.

5

In einer bevorzugten Ausführungsform werden mehrere Substrate den Schritten a) und b) gleichzeitig unterzogen. Bevorzugt werden mehrere Substrate den Schritten a) und b) gleichzeitig unterzogen ohne dass die Substrate räumlich bewegt werden. Dadurch wird weiterhin Zeit in der Massenfertigung eingespart. Die Substrate können n-Typ oder p-Typ Substrate sein. Bevorzugt ist das Substrat als Wafer, bevorzugter als n-Typ Wafer ausgebildet.

10

Bevorzugt sind die mehreren Substrate in einem Boot angeordnet, in dem jeweils zwei Substrate gegenüberliegend angeordnet sind und eine unterschiedliche Polarität aufweisen. Das Boot ist bevorzugt als Waferboot ausgebildet. Dabei kann es sich um ein Horizontal- oder Vertikalboot handeln. Das Boot weist mehrere parallel zueinander angeordnete Trägerplatten zum Tragen der mehreren Substrate während der Schritte a) und b) auf, wobei die Trägerplatten gegeneinander isoliert wechselweise mit Anschlüssen eines Wechsellspannungsgenerators verbunden sind. Die Trägerplatten weisen bevorzugt eine geeignete Halterung wie beispielsweise Substrattaschen, Haltestifte oder dgl. auf, um die Substrate zu halten, wobei einzelne Substrate in der Haltevorrichtung in einem Abstand zueinander gehalten werden müssen, um ein möglichst gleichmäßiges Durchströmen von Gasen durch sämtliche Zwischenräume und die Ausbildung eines Plasmas zwischen den Substraten zur Sicherstellung einer gleichmäßigen Beschichtung der Substrate zu ermöglichen. Zwischen benachbarten Trägerplatten darf es zudem keine leitende Verbindung geben, damit keine Verlustleistung auftritt und die für das Zünden des Plasmas benötigte Wechsellspannung angelegt werden kann. Die Haltevorrichtung weist daher elektrisch isolierende Abstandshalter auf, die zwischen den Trägerplatten angeordnet sind und ausgebildet sind, die Trägerplatten voneinander zu beabstanden und elektrisch voneinander zu isolieren. Die Substrate werden auf den Trägerplatten derart angeordnet, dass sich jeweils

15

20

25

30

zwei Substrate gegeneinander elektrisch isoliert gegenüberliegen und elektrisch leitend mit Anschlüssen eines Wechselspannungsgenerators verbunden sind.

- 5 In einer bevorzugten Ausführungsform ist das Boot aus einem Grundmaterial ausgebildet, das ausgewählt ist aus der Gruppe aus Graphit, carbonfaserverstärktem Kunststoff oder carbonfaserverstärktem Kohlenstoff. Weiterhin kommen Carbide, Quarz oder Keramik als Grundmaterial in Betracht. Besonders bevorzugt ist das Grundmaterial Graphit. Das Grundmaterial kann
- 10 unbeschichtet sein. Das Grundmaterial kann aber auch mit einer Beschichtung bevorzugt einer sauerstoff-resistenten Beschichtung versehen sein, insbesondere wenn das Grundmaterial Graphit ist. Ein Grundmaterial aus Graphit hat sich in der Praxis insbesondere bei der Beschichtung von Substraten zur Herstellung von Halbleiterbauelementen wie Solarzellen besonders
- 15 bewährt.

- Bevorzugt wird das Boot / die Waferhaltevorrichtung zwischen den Schritten b1) und b2) räumlich nicht bewegt, bleibt also in ein- und demselben Rohr der PECVD Abscheidevorrichtung stehen. Dies hat den Vorteil, dass Belüftungs- und
- 20 Abpumpzeiten sowie Be- und Entladezyklen zwischen den Schritten b1) und b2) komplett, sowie Aufheiz- und Abkühlzeiten weitgehend entfallen können.

- Es ist aber auch denkbar, dass das Boot / die Waferhaltevorrichtung zwischen den Schritten b1) und b2) räumlich bewegt wird, wenn die beiden Schritte in
- 25 zwei verschiedenen Prozesskammern stattfinden, die durch eine Vakuumschleuse getrennt sind. Dies kann z.B. in einer Inline Anlage sein, wo die Prozessgase räumlich getrennt zugeführt werden müssen.

- In einer bevorzugten Ausführungsform wird die in dem Schritt b1) erzeugte
- 30 Oxid-Schicht als Tunnelschicht oder Interface Oxidschicht ausgebildet. Die in dem Schritt b1) erzeugte-Oxid-Schicht weist bevorzugt eine geringe Schichtdicke auf, die beispielsweise im Bereich von 1-2 nm, bevorzugt 1,2-1,5

nm, als Sollwert liegt. Die in dem Schritt b2) erzeugte Schichtdicke kann beispielsweise im Bereich von 20 bis 200 nm liegen.

Bevorzugt ist die Solarzelle eine TopCon (Tunnel-Oxide-Passivated-Contact-)-
5 Solarzelle. Die TopCon-Solarzelle ist hocheffizient und weist einen
herausragenden Wirkungsgrad auf. Zudem entfällt die bei Zell-Technologien
wie PERC (Passivated Emitter and Rear Cell) erforderliche Strukturierung
beziehungsweise punktförmige Kontaktierung der Rückseite des Substrats. Die
Rückseitenbeschichtung weist die in dem Schritt b) erzeugten Schichten, wobei
10 die in dem Schritt b2) erzeugte Silizium- oder SiC-Schicht dotiert ist, und eine
darauf angeordnete rückseitige Metallisierung bzw. Metallkontakt auf. Auf der
Rückseitenbeschichtung kann ferner ein weiteres dielektrisches
Passivierschichtsystem, z.B. aus Siliziumnitrid und/oder Siliziumoxynitrid
aufgebracht werden, das dann mit der rückseitigen Metallisierung versehen
15 wird. Der rückseitige Metallkontakt kann im Siebdruckverfahren ausgeführt
werden, die Kontaktierung mit der im Schritt b2) abgeschiedenen ggf.
dotierten Siliziumschicht erfolgt bevorzugt durch „Durchfeuern“ der des
Passivierschichtsystems. Das Durchfeuern weist bevorzugt das lokale
Aufbringen einer sich durch das Passivierschichtsystem durchfressenden
20 Metallpaste und Aussetzen des so beschichteten Substrats bei Temperaturen >
700°C (beispielsweise in einem Feuerofen) auf. Alternativ denkbar ist auch
eine lokale Öffnung des Passivierschichtsystems an vielen Stellen, z.B. mittels
Laserverfahren, um den rückseitigen Metallkontakt bzw. Metallisierung mit der
dotierten Siliziumschicht bzw. SiC-Schicht zu kontaktieren.

25

In einer bevorzugten Ausführungsform wird das Verfahren als Direkt-
Plasmaverfahren bei einer Anregungsfrequenz zwischen 10 und 500 kHz
durchgeführt. Auf diese Weise wird eine dichtere Beschichtung erzeugt als mit
indirekten, so genannten „Remote“ Plasmen. Bei dem Direkt-Plasmaverfahren
30 brennt das Plasma direkt zwischen zwei zu beschichtenden Substraten oder der
Elektrode und einem Substrat, während bei einem indirekten Plasma bzw.
Remoteplasmaverfahren das Plasma in einer getrennten Kammer brennt.

Der Prozessdruck liegt im Bereich zwischen 0,1 und 10 mbar, bevorzugt im Bereich zwischen 0,5 und 2 mbar.

Alternativ kann das Verfahren als direktes oder Remote-Plasmaverfahren mit
5 einem kapazitiven oder induktiven Plasma als Hochfrequenz-Plasma mit einer Anregungsfrequenz im Bereich von 10 bis 100 MHz durchgeführt werden, zum Beispiel in einer „Showerhead“ Parallelplatten-Konfiguration bei einer Anregungsfrequenz von bevorzugt 13,56 MHz. Bei diesen Plasmaverfahren liegt
10 der Prozessdruck im Bereich zwischen $1\text{e-}3$ mbar und 10 mbar, bevorzugt im Bereich zwischen 0,01 und 5 mbar.

In einer bevorzugten Ausführungsform werden vor dem Schritt a) mit dem Substrat zuerst eine nasschemische Behandlung, dann eine Dotierung der Vorderseite und anschließend eine weitere nasschemische Behandlung
15 durchgeführt und nach dem Schritt b) mit dem Substrat ein Annealen (=Tempern), dann optional eine noch weitere nasschemische Behandlung der Vorderseite, anschließend eine Passivierung der Vorderseite und der Rückseite und dann eine Metallisierung der Vorderseite und der Rückseite durchgeführt.

20 Alternativ können die nasschemische Behandlung der Vorderseite und die anschließende Dotierung der Vorderseite nach dem Schritt b2) durchgeführt werden. Die Dotierung der Vorderseite kann in diesem Fall gleichzeitig mit dem Annealen durchgeführt werden, weil die Dotierung und das Annealen in einem gleichen Temperaturbereich durchgeführt werden. An das Annealen schließen
25 sich weiterhin die Passivierung der Vorderseite und der Rückseite und dann die Metallisierung der Vorderseite und der Rückseite an.

Die in dem Schritt b2) erzeugte Si- bzw. SiC-Schicht kann in dem Schritt b2) in-situ dotiert werden. Alternativ kann die in dem Schritt b2) erzeugte Silizium-
30 bzw. SiC-Schicht nach dem Schritt b2) mittels einer ex-situ Dotierung der Rückseite beispielsweise unter Verwendung von POCl dotiert werden. Die ex-situ Dotierung der Rückseite kann gleichzeitig mit dem Annealen durchgeführt

werden. Die rückseitige Dotierung und das Annealen können in einem gleichen oder ähnlichem Temperaturbereich durchgeführt werden.

Die nasschemische Behandlung umfasst bevorzugt eine Sägeschaden-Ätzung und
5 eine Texturierung. Die Dotierung der Vorderseite umfasst bevorzugt ein
Einbringen eines Emitters in die Vorderseite des Substrats wie ein Einbringen
eines Bor-Emitters bei einem n-Typ Substrat bzw. die Einbringung eines
Phosphor-Emitters bei einem p-Typ Substrat. Die weitere nasschemische
Behandlung umfasst bevorzugt eine CKI (Chemische Kanten-Isolation)- und BSG
10 (Borsilikatglas)- bzw. PSG (Phosphorsilikatglas)- Ätze. Das Annealen stellt
bevorzugt eine Hochtemperaturbehandlung im Bereich von einer Temperatur
von 700 bis 1000°C dar. Bei dieser Hochtemperaturbehandlung wird aus der in
dem Schritt b2) erzeugten im wesentlichen amorphen Silizium- oder SiC-
Schicht eine polykristalline Silizium- bzw. SiC-Schicht ausgebildet sowie ggf.
15 der Dotant aus dieser Silizium- bzw. SiC-Schicht in die Oxid-Schicht und den
oberflächennahen Bereich des Substrats eindiffundiert.

Die optionale noch weitere nasschemische Behandlung umfasst eine Entfernung
des Umgriffs der polykristallinen Silizium- oder SiC-Schicht auf der Vorderseite,
20 sofern dieser Umgriff vorhanden ist. Die Entfernung des Umgriffs auf der
Vorderseite, sofern vorhanden, kann auch anders als nasschemisch erfolgen,
z.B. mittels Laserablation der Schicht oder Lasertrennung. Eine Passivierung
der Vorderseite umfasst bevorzugt die Bildung einer AlOx- und/oder SiNx-
Schicht auf der Vorderseite des Substrats. Eine Passivierung der Rückseite
25 umfasst bevorzugt eine Bildung einer SiNx- und/oder SiOxNy-Schicht auf der
Rückseite des Substrats. Die Metallisierung der Vorderseite und der Rückseite
umfasst bevorzugt ein Aufbringen von Silber auf die Vorderseite bzw. Rückseite
des Substrats mittels Siebdruck. Die Metallisierung kann voll- oder teilflächig
beispielsweise als Gitter durchgeführt werden.

30

Bevorzugt ist die Abscheidevorrichtung ein Rohrofen. Der Rohrofen ist im
Prinzip als beheizbares Rohr einer PECVD Anlage angeordnet und weist
entsprechende benötigte Anschlüsse für die für das Verfahren benötigten

einzuleitenden Gase und zum Evakuieren bzw. Belüften auf sowie elektrische Durchführungen vom Plasmagenerator zum Boot zum Zünden des Plasmas. Die Verwendung des Rohrofens weist zudem den Vorteil auf, dass relativ wenig parasitäre Abscheidung von Si- oder SiC-Schichten an einer Kammerwand des Rohrofens erfolgt, so dass eine Reinigung der Kammerwand von den amorphen Si- oder SiC-Schichten mittels Plasmaätzen z.B. mittels NF_3/Ar Plasmen nicht oder nur in relativ großen Zeitabständen erforderlich ist.

Nachfolgend wird die Erfindung detaillierter unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen erläutert. Es zeigen schematisch und nicht maßstabsgerecht:

- | | |
|----------------|--|
| Fig. 1a bis 1c | jeweils einen Schritt eines erfindungsgemäßen Verfahrens, wobei die Abscheidevorrichtung und das Substrat im Querschnitt gezeigt sind; |
| Fig. 2 | eine Querschnittsansicht einer Variante des in Fig. 1a gezeigten Schritts; |
| Fig. 3 | eine Querschnittsansicht einer Solarzelle, die mittels eines weiteren erfindungsgemäßen Verfahrens hergestellt ist; und |
| Fig. 4 | ein Ablaufdiagramm des Verfahrens, mittels dem die in Fig. 3 gezeigte Solarzelle hergestellt ist. |

Fig. 1a bis 1c zeigen jeweils einen Schritt eines erfindungsgemäßen Verfahrens, wobei die Abscheidevorrichtung und das Substrat im Querschnitt gezeigt sind.

25

In Fig. 1a ist ein Schritt a) Bereitstellen eines Substrats 2 mit einer Vorderseite 21 und einer Rückseite 22 in einer Abscheidevorrichtung 1 gezeigt. Das Substrat ist beispielhaft ein Silizium-Substrat.

Fig. 1b zeigt einen sich an den Schritt a) anschließenden Schritt b1) Oxidation mittels Aussetzens des Substrats zu einem sauerstoffhaltigen Gas und einem ersten Plasma zur Erzeugung einer Oxid-Schicht 3. Wenn in dem Schritt b1) ausschließlich das sauerstoffhaltige Gas als Prozessgas zugeführt wird, wird das

30

Silizium-Substrat auf seiner Rückseite 22 unter Bildung einer Siliziumoxidschicht als Oxid-Schicht 3 oxidiert. In dem Schritt b1) kann das Substrat neben dem sauerstoffhaltigen Gas einem oder mehreren weiteren Gasen. Das weitere Gas kann ein Inertgas sein. Das weitere Gas kann auch
5 beispielsweise ein aluminiumhaltiges Gas sein, so dass eine Aluminiumoxid-Schicht als Oxid-Schicht 3 auf der Rückseite 22 des Substrats 2 gebildet wird.

Fig. 1c zeigt einen sich an den Schritt b1) anschließenden Schritt b2) anschließende Abscheidung einer Silizium-Schicht 4 oder SiC-Schicht auf der
10 sich auf der Rückseite 22 befindenden Oxid-Schicht 3 mittels Aussetzens zu einem siliziumhaltigen Gas, einem optionalen kohlenstoffhaltigen Gas und einem zweiten Plasma.

Die Schritt b1) und b2) gehören zu einem Schritt b), bei dem eine in situ
15 Beschichtung des Substrats 2 mit den zwei Schichten 3 und 4 durchgeführt wird. Der Schritt b) wird unter Vakuum in der Abscheidevorrichtung 1 durchgeführt, wobei das Vakuum durchgehend während des Schritts b) aufrechterhalten wird und das Substrat 2 räumlich nicht bewegt wird.

20 Fig. 2 zeigt eine Querschnittsansicht einer Variante des in Fig. 1a gezeigten Schritts. In der Abscheidevorrichtung 1 werden mehrere Substrate 2 in einem Boot 5 bereitgestellt. Die in dem Boot 5 bereitgestellten Substrate 2 werden derart angeordnet anschließend auch den in den Fig. 1b und 1c gezeigten Schritten unterzogen, was hier nicht gezeigt ist. In dem Boot 5 sind jeweils
25 zwei Substrate 2 gegenüberliegend angeordnet und weisen eine unterschiedliche Polarität auf. Das Boot 5 weist mehrere parallel zueinander angeordnete Trägerplatten 51 zum Tragen der mehreren Substrate 2 während der Schritte a) und b) auf, wobei die Trägerplatten 51 gegeneinander isoliert wechselweise mit Anschlüssen eines Wechselspannungsgenerators (nicht
30 gezeigt) verbunden sind.

Die Trägerplatten 51 weisen eine geeignete Halterung (nicht gezeigt) wie beispielsweise Substrattaschen, Haltestifte oder dgl. auf, um die Substrate 2 zu

halten, wobei die einzelnen Substrate 2 in der Haltevorrichtung in einem Abstand zueinander gehalten sind, so dass ein möglichst gleichmäßiges Durchströmen von Gasen in dem Schritt b) durch sämtliche Zwischenräume und die Ausbildung eines Plasmas zwischen den Substraten 2 zur Sicherstellung
5 einer gleichmäßigen Beschichtung der Substrate 2 ermöglicht wird.

Fig. 3 zeigt eine Querschnittsansicht einer Solarzelle, die mittels eines weiteren erfindungsgemäßen Verfahrens hergestellt ist. Die Solarzelle weist ein Substrat 2 mit einer Vorderseite 21 und einer Rückseite 22 auf. Auf der
10 Vorderseite 21 ist das Substrat 2 mit einer Dotierschicht 6 wie einem Bor-Emitter oder Phosphor-Emitter versehen. Auf einer von dem Substrat 2 abgewandten Seite der Dotierschicht 6 ist weiterhin eine Vorderseiten-Passivierschicht 7, die ein- oder mehrlagig ausgebildet sein kann. Die Vorderseiten-Passivierschicht 7 weist beispielsweise eine Lage aus AlOx und
15 eine Lage aus SiNx auf. Auf einer von dem Substrat 2 abgewandten Seite der Vorderseiten-Passivierschicht 7 ist weiterhin eine Vorderseiten-Metallisierung 10 angeordnet.

Die Rückseite 22 des Substrats 2 ist mit folgendem Schichtstapel versehen. Auf
20 der Rückseite 22 ist eine Oxid-Schicht 3 angeordnet, auf deren vom Substrat angewandten Seite eine Silizium- oder SiC-Schicht 4 angeordnet ist. Auf einer von dem Substrat 2 abgewandten Seite der Silizium- oder SiC-Schicht 4 ist weiterhin eine Rückseiten-Passivierschicht 8 angeordnet, die ein- oder mehrlagig ausgebildet sein kann. Die Rückseiten-Passivierschicht 8 weist
25 beispielsweise eine Lage aus SiNx und eine Lage aus SiNxOy auf. Auf einer von dem Substrat 2 abgewandten Seite der Rückseiten-Passivierschicht 8 ist weiterhin eine Rückseiten-Metallisierung 9 angeordnet. Bei der Solarzelle handelt es sich um eine TOPCon-Solarzelle, bei der die Oxid-Schicht 3 als Tunnelschicht ausgebildet ist.

30

Fig. 4 zeigt ein Ablaufdiagramm des Verfahrens, mittels dem die in Fig. 3 gezeigte Solarzelle hergestellt ist. In einem Schritt wird ein Substrat mit einer Vorderseite und einer Rückseite einer nasschemischen Behandlung 30

- beispielsweise einer Sägeschadenätzung und Texturierung unterzogen. In einem sich an die nasschemische Behandlung 30 anschließenden Schritt wird eine Dotierung 31 der Vorderseite des Substrats beispielsweise unter Bildung eines Bor- oder Phosphor-Emitters durchgeführt. In einem sich an die Dotierung 31
- 5 anschließenden Schritt wird das Substrat einer weiteren nasschemischen Behandlung 32 wie CKI- und BSG- bzw. PSG - Ätze unterzogen. In einem an die nasschemische Behandlung 32 anschließenden Schritt a) 33 wird das Substrat in einer Abscheidevorrichtung bereitgestellt. In einem sich an den Schritt a) 33 anschließenden Schritt b) 34 werden zuerst eine Oxid-Schicht und dann eine
- 10 Silizium- oder SiC-Schicht auf der Rückseite des Substrats abgeschieden, wobei die Bildung dieser Schichten mittels einer in situ Beschichtung in der Abscheidevorrichtung unter Vakuum durchgeführt wird, wobei das Vakuum durchgehend während des Schritts b) 34 aufrechterhalten wird und das Substrat räumlich nicht bewegt wird.
- 15
- Ein sich an den Schritt 34 anschließender Schritt umfasst ein Annealen 35, bei dem eine Hochtemperaturbehandlung im Bereich von einer Temperatur von 700 bis 1000°C durchgeführt wird, so dass aus der in dem Schritt b) 34 erzeugten im wesentlichen Silizium- oder SiC-Schicht eine polykristalline Silizium- bzw.
- 20 SiC-Schicht erzeugt wird und ggf. sich in der Silizium- oder SiC-Schicht befindende Dotanten (z.B. Phosphor oder Bor) durch die Oxid-Schicht in das Substrat eindiffundieren. Ein sich an das Annealen 35 anschließender Schritt weist eine noch weitere nasschemische Behandlung 36 der Vorderseite auf, bei der ein evtl. vorhandener Umgriff der polykristallinen Silizium(carbid)-Schicht
- 25 auf der Vorderseite entfernt wird. An die noch weitere nasschemische Behandlung 36 schließt sich eine Passivierung 37 der Vorderseite und der Rückseite und dann eine Metallisierung 38 der Vorderseite und der Rückseite an.

Bezugszeichenliste:

- | | |
|----|---------------------------------------|
| 1 | Abscheidevorrichtung |
| 2 | Substrat |
| 21 | Vorderseite |
| 22 | Rückseite |
| 3 | Siliziumoxid-Schicht |
| 4 | Silizium-Schicht |
| 5 | Boot |
| 51 | Halteplatte |
| 6 | Dotierschicht |
| 7 | Vorderseiten-Passivierschicht |
| 8 | Rückseiten-Passivierschicht |
| 9 | Rückseiten-Metallisierung |
| 10 | Vorderseiten-Metallisierung |
| 30 | nasschemische Behandlung |
| 31 | Dotierung |
| 32 | weitere nasschemische Behandlung |
| 33 | Schritt a) |
| 34 | Schritt b) |
| 35 | Annealen |
| 36 | noch weitere nasschemische Behandlung |
| 37 | Passivierung |
| 38 | Metallisierung |

Patentansprüche:

1. Verfahren zur Herstellung einer Solarzelle, aufweisend folgende Schritte

- a) Bereitstellen eines Substrats (2) mit einer Vorderseite (21) und einer Rückseite (22) in einer Abscheidevorrichtung (1), und
- b) in situ Beschichtung des Substrats (2) mit zwei Schichten, aufweisend
 - b1) Oxidation mittels Aussetzens des Substrats zu einem sauerstoffhaltigen Gas und einem ersten Plasma zur Erzeugung einer Oxid-Schicht (3) oder Abscheidung der Oxid-Schicht mittels PECVD und
 - b2) anschließende Abscheidung einer Silizium-Schicht (4) oder SiC-Schicht mittels Aussetzens zu einem siliziumhaltigen Gas, einem optionalen kohlenstoffhaltigen Gas und einem zweiten Plasma,

wobei der Schritt b) unter Vakuum in der Abscheidevorrichtung (1) durchgeführt wird und das Vakuum durchgehend während des Schritts b) aufrechterhalten wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Rückseite (22) den Schritten a) und b) unterzogen wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Substrat (2) zwischen den Schritten b1) und b2) innerhalb der Abscheidevorrichtung (1) räumlich nicht bewegt wird.

4. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Schritt b) mit einem Niederdruckplasma mit einem Druck im Bereich von 0,1 bis 5,0 mbar oder 0,1 bis 10,0 mbar durchgeführt wird und/oder der Schritt b) einer Niederdruckglimmentladung mit einer Anregungsfrequenz im Bereich von 10 bis 500 kHz oder 30 bis 50 kHz durchgeführt wird und/oder in dem Schritt b) das Plasma im Bereich mit einem

Arbeitszyklus von $T_{\text{on}} / (T_{\text{on}} + T_{\text{off}}) < 10 \%$ und/oder im Bereich von $T_{\text{on}} = 1$ bis 100 ms gepulst wird.

5. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das sauerstoffhaltige Gas ausgewählt ist aus der Gruppe, bestehend aus

- O_2 ,
- einem Gasgemisch aus O_2 /Inertgas, wobei das Inertgas bevorzugt Ar, Ne, Kr oder N_2 ist,
- einem sauerstoffhaltigen molekularen Gas, das bevorzugt N_2O , CO_2 , NO_2 , NO oder CO ist,
- einem schichtbildenden Gasgemisch, wobei das schichtbildende Gasgemisch bevorzugt SiH_4/O_2 , SiH_4/CO_2 , $\text{AlC}_3\text{H}_9/\text{N}_2\text{O}$ oder $\text{AlC}_3\text{H}_9/\text{N}_2\text{O}/\text{Ar}$ ist, und/oder dass

das siliziumhaltige Gas und das optionale kohlenstoffhaltige Gas ausgewählt sind aus der Gruppe, bestehend aus einem Gasgemisch aus SiH_4/H_2 , einem Gasgemisch aus $\text{SiH}_4/\text{H}_2/\text{PH}_3$, einem Gasgemisch aus $\text{SiH}_4/\text{H}_2/\text{B}_2\text{H}_6$, einem Gasgemisch aus SiH_4/CH_4 , einem Gasgemisch aus $\text{SiH}_4/\text{CH}_4/\text{PH}_3$ oder einem Gasgemisch aus $\text{SiH}_4/\text{CH}_4/\text{B}_2\text{H}_6$.

6. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Schritt b1) mit einer Abscheiderate von $< 0,2 \text{ nm/s}$ oder $< 0,1 \text{ nm/s}$ durchgeführt wird und/oder der Schritt b1) mit einem Arbeitszyklus $< 5\%$ durchgeführt wird und/oder dass der Schritt b1) bei einer Temperatur $< 500^\circ\text{C}$ oder im Bereich von 300 bis 450°C durchgeführt wird.

7. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mehrere Substrate (2) den Schritten a) und b) gleichzeitig unterzogen werden.

8. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass mehrere Substrate (2) in einem Boot (5) angeordnet sind, in dem jeweils zwei Substrate

(2) gegenüberliegend angeordnet sind und eine unterschiedliche Polarität aufweisen.

9. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die in dem Schritt b1) erzeugte Oxid-Schicht (3) als Tunnelschicht ausgebildet wird und/oder dass die Solarzelle eine TOPCon-Solarzelle ist.

10. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass es als Direkt-Plasmaverfahren oder als Remote-Plasmaverfahren mit einem kapazitiven Plasma als Hochfrequenz-Plasma oder mit einer Anregungsfrequenz von 13,56 MHz oder vielfachen davon durchgeführt wird.

11. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass vor dem Schritt a) mit dem Substrat (2) zuerst eine nasschemische Behandlung (30), dann eine Dotierung (31) der Vorderseite und anschließend eine weitere nasschemische Behandlung (32) durchgeführt wird und nach dem Schritt b) mit dem Substrat (2) ein Annealen (35), dann eine noch weitere nasschemische Behandlung (36) der Vorderseite (21), anschließend eine Passivierung (37) der Vorderseite (21) und der Rückseite (22) und dann eine Metallisierung (38) der Vorderseite (21) und der Rückseite (22) durchgeführt wird.

12. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Abscheidevorrichtung (1) ein Rohrofen ist.

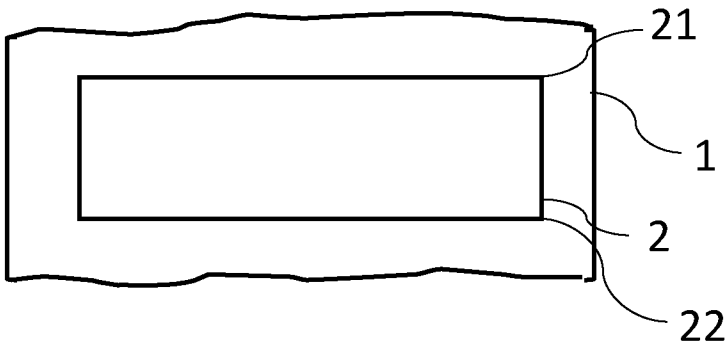


Fig. 1a

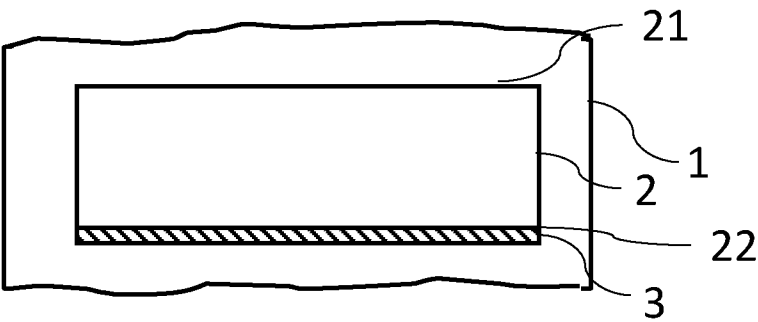


Fig. 1b

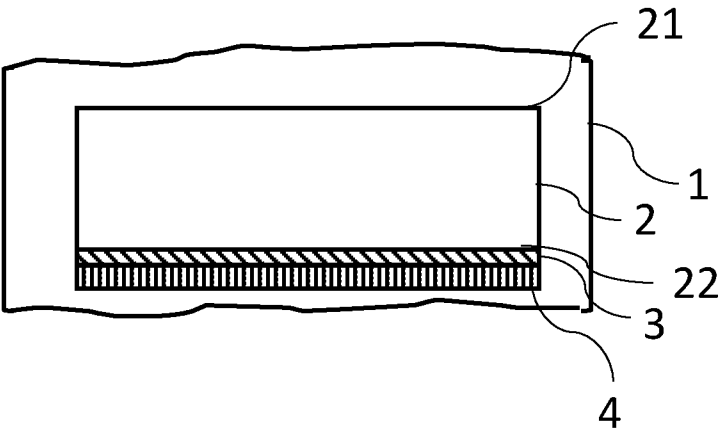
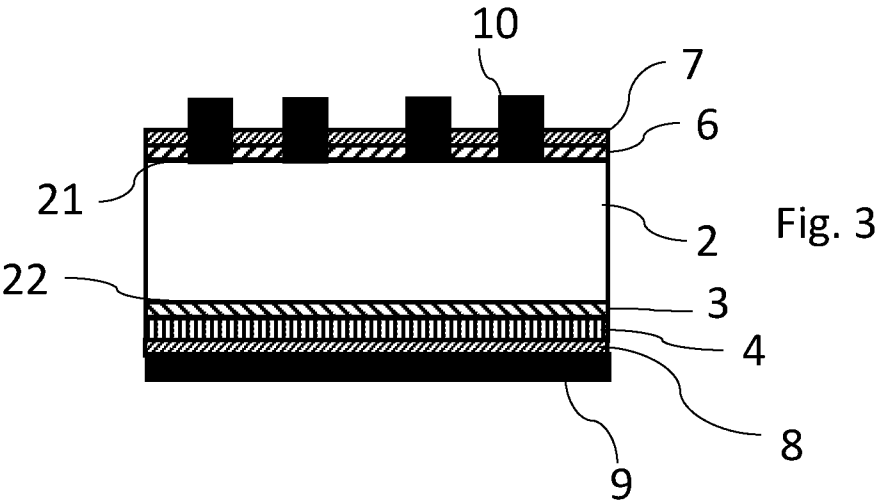
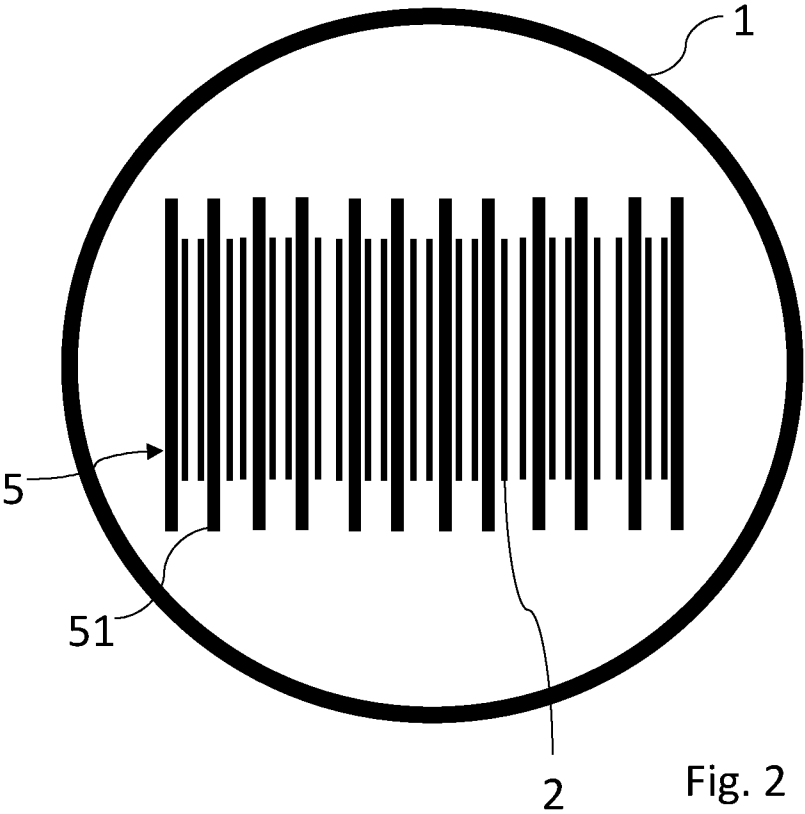


Fig. 1c



3/3

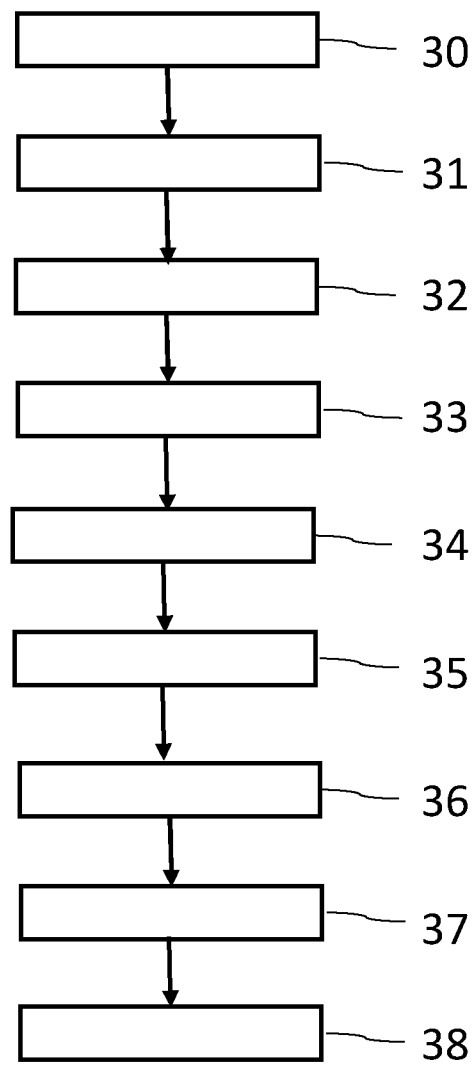


Fig. 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/DE2021/100633

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**H01L 31/0216**(2014.01)i; **H01L 31/0745**(2012.01)i; **C23C 16/40**(2006.01)i

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

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

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 109802007 A (NINGBO INST MATERIALS TECH & ENG CAS) 24 May 2019 (2019-05-24) paragraph [0034] - paragraph [0044]; figures 1,2; examples 1,2,3,4	1-12
A	LANDHEER KEES ET AL. "Comparison of batch and in-line PECVD of a-Si:H passivation layers for silicon heterojunction solar cells" <i>PHYSICA STATUS SOLIDI. RAPID RESEARCH LETTERS</i> , DE, Vol. 10, No. 10, 01 October 2016 (2016-10-01), pages 725-729 DOI: 10.1002/pssr.201600256 ISSN: 1862-6254, XP055857913 abstract; figure 1	3
X	DE 102018124565 A1 (MEYER BURGER GERMANY GMBH [DE]) 09 April 2020 (2020-04-09) paragraph [0050]; figures 1-4	1
A	US 2013186464 A1 (SHENG SHURAN [US] ET AL) 25 July 2013 (2013-07-25) paragraph [0042]	10



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

04 November 2021

Date of mailing of the international search report

15 November 2021

Name and mailing address of the ISA/EP

European Patent Office
p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk
Netherlands

Telephone No. (+31-70)340-2040

Facsimile No. (+31-70)340-3016

Authorized officer

Schuhmacher, Jörg

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/DE2021/100633

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
CN	109802007	A	24 May 2019	NONE	
DE	102018124565	A1	09 April 2020	CN 111009591 A	14 April 2020
				CN 211507663 U	15 September 2020
				DE 102018124565 A1	09 April 2020
				WO 2020069700 A1	09 April 2020
US	2013186464	A1	25 July 2013	CN 104025304 A	03 September 2014
				KR 20140117420 A	07 October 2014
				US 2013186464 A1	25 July 2013
				WO 2013130179 A2	06 September 2013

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. H01L31/0216 H01L31/0745 C23C16/40
 ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 H01L C23C

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

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

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	CN 109 802 007 A (NINGBO INST MATERIALS TECH & ENG CAS) 24. Mai 2019 (2019-05-24) Absatz [0034] - Absatz [0044]; Abbildungen 1,2; Beispiele 1,2,3,4	1-12
A	----- LANDHEER KEES ET AL: "Comparison of batch and in-line PECVD of a-Si:H passivation layers for silicon heterojunction solar cells", PHYSICA STATUS SOLIDI. RAPID RESEARCH LETTERS, Bd. 10, Nr. 10, 1. Oktober 2016 (2016-10-01), Seiten 725-729, XP055857913, DE ISSN: 1862-6254, DOI: 10.1002/pssr.201600256 Zusammenfassung; Abbildung 1 ----- -/-	3



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

4. November 2021

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

15/11/2021

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

Schuhmacher, Jörg

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 10 2018 124565 A1 (MEYER BURGER GERMANY GMBH [DE]) 9. April 2020 (2020-04-09) Absatz [0050]; Abbildungen 1-4 -----	1
A	US 2013/186464 A1 (SHENG SHURAN [US] ET AL) 25. Juli 2013 (2013-07-25) Absatz [0042] -----	10

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE2021/100633

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
CN 109802007 A	24-05-2019	KEINE	
DE 102018124565 A1	09-04-2020	CN 111009591 A	14-04-2020
		CN 211507663 U	15-09-2020
		DE 102018124565 A1	09-04-2020
		WO 2020069700 A1	09-04-2020
US 2013186464 A1	25-07-2013	CN 104025304 A	03-09-2014
		KR 20140117420 A	07-10-2014
		US 2013186464 A1	25-07-2013
		WO 2013130179 A2	06-09-2013