

(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
23. Mai 2013 (23.05.2013)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2013/071925 A2

- (51) **Internationale Patentklassifikation:** Nicht klassifiziert
- (21) **Internationales Aktenzeichen:** PCT/DE2012/100347
- (22) **Internationales Anmeldedatum:**
14. November 2012 (14.11.2012)
- (25) **Einreichungssprache:** Deutsch
- (26) **Veröffentlichungssprache:** Deutsch
- (30) **Angaben zur Priorität:**
10 2011 086 351.6
15. November 2011 (15.11.2011) DE
- (71) **Anmelder: INTERNATIONAL SOLAR ENERGY RESEARCH CENTER KONSTANZ E.V.** [DE/DE];
Rudolf-Diesel-Str. 15, 78467 Konstanz (DE).
- (72) **Erfinder: PETRES, Roman;** Cherisyst. 10, 78467 Konstanz (DE).
- (74) **Anwalt: WESTPHAL, MUSSGNUMG & PARTNER;** Am Riettor 5, 78048 Villingen-Schwenningen (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, 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.

(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).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) **Title:** METHOD FOR PRODUCING A SOLAR CELL WITH A PECVD COMBINATION LAYER AND SOLAR CELL WITH A PECVD COMBINATION LAYER

(54) **Bezeichnung :** VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINER SOLARZELLE MIT PECVD-KOMBINATIONSSCHICHT UND SOLARZELLE MIT PECVD-KOMBINATIONSSCHICHT

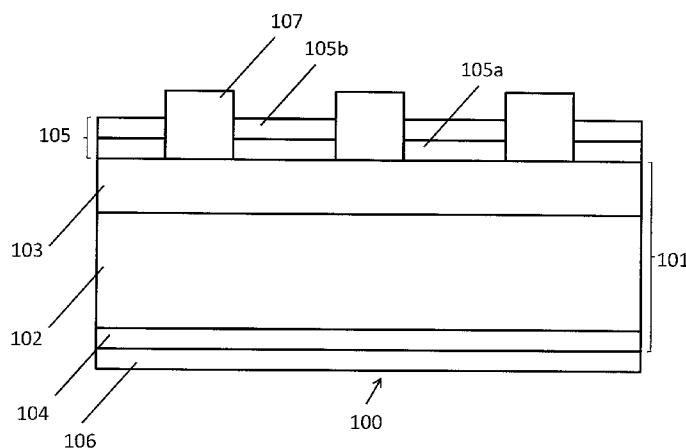


Fig. 1

(57) **Abstract:** A method for producing a solar cell (100, 200) is provided, comprising the steps of providing a crystalline silicon substrate (101, 201); doping at least a first region of the silicon substrate (101, 201) to create a base (102, 202) and a second region of the silicon substrate (101, 201) to create an emitter (103, 203); forming a combination layer (105, 205) for carrying out a plasma nitriding or plasma oxinitriding process in a plasma of NH_3 , N_2O or a mixture of these gases to create a base film (105a, 205a) of amorphous SiN_x or amorphous SiO_xN_y and immediately carrying out a PECVD process that follows on directly after the plasma nitriding or plasma oxinitriding process and uses at least one silicon-containing process gas to deposit a top silicon layer (105b, 205b) of amorphous SiN_x , amorphous SiC_xN_y or amorphous SiO_xN_y ; and contacting the base (102, 202) and the emitter (103, 203), and a solar cell (100, 200) is provided, comprising a crystalline silicon substrate (101, 201) with a base (102, 202), an emitter (103, 203) and contacts (106, 107, 206, 207), wherein the solar cell (100, 200) also has a combination layer (105, 205) comprising a base film (105a, 205a) of amorphous SiN_x or amorphous

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 2013/071925 A2

**Veröffentlicht:**

- *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe g)*

SiO_xN_y, which can be created by plasma nitriding or plasma oxinitriding in a plasma of NH₃, N₂O or a mixture of these gases and is applied at least in certain portions directly on the surface of the crystalline silicon substrate (101, 201), and comprising a top silicon layer (105b, 205b) of amorphous SiN_x, amorphous SiC_xN_y or amorphous SiO_xN_y, which can be obtained by subsequent PECVD deposition using at least one Si-containing process gas and is directly adjacent to the base film (105a, 205a).

(57) Zusammenfassung: Bereitgestellt werden ein Verfahren zur Herstellung einer Solarzelle (100, 200) mit den Schritten Bereitstellen eines kristallinen Siliziumsubstrats (101, 201); Dotieren zumindest eines ersten Bereichs des Siliziumsubstrats (101, 201) zur Erzeugung einer Basis (102, 202) und eines zweiten Bereichs des Siliziumsubstrats (101, 201) zum Erzeugen eines Emitters (103, 203); Bilden einer Kombinationsschicht (105, 205) durch Durchführung einer Plasmanitrierung oder einer Plasmaoxinitrierung in einem Plasma aus NH₃, N₂O oder einer Mischung dieser Gase zur Erzeugung eines Basisfilms (105a, 205a) aus amorphem SiN_x oder amorphem SiO_xN_y und unverzügliche Durchführung eines unmittelbar an die Plasmanitrierung oder Plasmaoxinitrierung anschließenden PECVD-Prozesses unter Verwendung mindestens eines siliziumhaltigen Prozessgases zum Abscheiden einer Siliziumdeckschicht (105b, 205b) aus amorphem SiN_x, amorphem SiC_xN_y oder amorphem SiO_xN_y; und Kontaktieren von Basis (102, 202) und Emitter (103, 203) sowie eine Solarzelle (100,200) mit einem kristallinen Siliziumsubstrat (101, 201) mit einer Basis (102, 202), einem Emitter (103, 203) und Kontakten (106, 107, 206, 207), wobei die Solarzelle (100, 200) ferner eine Kombinationsschicht (105, 205) mit einem zumindest abschnittsweise direkt auf einer Oberfläche des kristallinen Siliziumsubstrats (101, 201) aufgebracht, durch Plasmanitrierung oder Plasmaoxinitrierung in einem Plasma aus NH₃,N₂O oder einer Mischung dieser Gase er zeugbaren Basisfilm (105a, 205a) aus amorphem SiN_x oder amorphem SiO_xN_y und mit einer unmittelbar an den Basisfilm (105a, 205a) angrenzenden, durch anschließende PECVD-Abscheidung unter Verwendung mindestens eines Si-haltigen Prozessgases erhaltbare Siliziumdeckschicht (105b, 205b) aus amorphem SiN_x, amorphem SiC_xN_y oder amorphem SiO_xN_y aufweist.

**Verfahren zur Herstellung einer Solarzelle mit
PECVD-Kombinationsschicht und Solarzelle mit
PECVD-Kombinationsschicht**

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung einer kristallinen Solarzelle und eine kristalline Siliziumsolarzelle mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Anspruchs 3.

10

Kristalline Solarzellen aus Silizium sind allgemein bekannte Vorrichtungen zur Stromerzeugung unter Ausnutzung von Licht, insbesondere Sonnenlicht. Nachfolgend wird unter der „Oberseite“ und der „Vorderseite“ der Solarzelle jeweils die bei bestimmungsgemäßer Verwendung der Solarzelle dem Licht zugewandte Seite verstanden, dementsprechend ist die „Unterseite“ und die „Rückseite“ die bei bestimmungsgemäßer Verwendung der Solarzelle vom Licht abgewandte Seite.

15

Eine kristalline Siliziumsolarzelle basiert auf einem mono- oder polykristallinen Siliziumsubstrat, das schwach, typischerweise mit einem Dotierungsgrad von 10^{15} cm^{-3} bis 10^{16} cm^{-3} p- oder n-dotiert ist und eine oberflächennahe starke entgegengesetzte Dotierung, also eine starke n-Dotierung bei p-dotiertem Substrat und eine starke p-Dotierung bei n-dotiertem Substrat, die typischerweise mit einem Dotierungsgrad von 10^{20} cm^{-3} bis 10^{21} cm^{-3} ausgeführt ist.

20

Die stark dotierte Schicht wird üblicherweise als Emitter bezeichnet, die schwach dotierte Schicht als Basis. Um die Rekombination an der Rückseite zu minimieren kann dort eine starke Dotierung, das Back-Surface-Field, angebracht werden, die stark p-dotiert für eine p-Basis oder stark n-dotiert für

30

eine n-Basis ist. Dies spiegelt Ladungsträger in Richtung Raumladungszone und Emitter.

5 Einfallendes Licht, welches zur Stromerzeugung genutzt wird, wird in der Basis, dem Back Surface Field, dem Emitter oder in der Raumladungszone - unter Erzeugung eines Elektronen-Loch-Paares - absorbiert. Die zur Stromerzeugung benötigten Minoritätsladungsträger werden in der Raumladungszone durch das elektrische Feld zu den richtigen Kontakten hin gezogen. In den
10 übrigen Bereichen des Substrats diffundieren die Ladungsträger und können so - wenn sie nicht rekombinieren - die Raumladungszone erreichen und von dort über elektrische Kontakte abfließen.

15 Eine bei der Herstellung kristalliner Solarzellen weitverbreitete Methode zur Aufbringung von Schichten, insbesondere Antireflexschichten besteht in der Anwendung des an sich bekannten PECVD (Plasma-Enhanced Chemical Vapor Deposition) Verfahrens zur Abscheidung siliziumhaltiger Schichten, insbesondere
20 von SiN_x - und SiC_xN_y -Schichten. Die Beliebtheit dieser Methode ist darauf zurückzuführen, dass die mit diesem Verfahren aufgebrachten Schichten auch zu einer Oberflächenpassivierung des Substrats beitragen können, d.h. die Rekombinationsrate von Minoritätsladungsträgern an der Oberfläche verringern und da-
25 durch den Wirkungsgrad der Solarzelle verbessern.

Beim PECVD-Verfahren lässt man Prozeßgase, die die Elemente enthalten, aus denen die abzuscheidende Schicht zusammengesetzt ist, in einem hochfrequenten Wechselfeld strömen, was
30 zur Ausbildung eines Plasmas, also insbesondere einer zumindest partiellen Fragmentierung der Prozessgasmoleküle führt. Die dabei entstehenden Molekülfragmente, Atome oder Radikale der Prozeßgase treffen auf die Oberfläche der auf einem Pro-

zessboot angeordneten Wafer und bilden dort die gewünschte Antireflexschicht aus. Grundsätzlich ist eine Schichtbildung bei Raumtemperatur möglich, was aber zu qualitativ minderwertigen Antireflexschichten führt. Aus diesem Grund wird der PECVD-Prozess üblicherweise bei erhöhter Temperatur, oftmals zwischen 400°C und 500°C durchgeführt, was die Notwendigkeit mit sich bringt, insbesondere die Prozessboote mit den darauf angeordneten Wafern auf diese Temperatur aufzuheizen.

10 Bekannte kristalline Siliziumsolarzellen mit unter Verwendung von PECVD-Prozessen aufgebracht, insbesondere siliziumhaltigen Schichten weisen eine Reihe von Problemen auf.

Erstens ist für die gewünschte effiziente Nutzung einer Solarzelle eine möglichst vollständige Nutzung von auf die Solarzelle einfallendem Licht wesentlich. Um dies zu erreichen ist es üblich, eine transparente Antireflexschicht zumindest auf der Vorderseite der Solarzelle anzuordnen, um die Reflexion des einfallenden Lichtes unter weitestgehender Vermeidung von Absorptionsverlusten in der Antireflexschicht so weit wie möglich zu reduzieren.

Bekannt, mit PECVD-Verfahren erzeugte Antireflexschichten für kristalline Siliziumsolarzellen weisen aber eine Reihe von Nachteilen auf: Bei damit beschichtete Solarzellen kommt es bei der nachfolgenden Kontaktierung der Solarzelle mit Metallkontakten, beispielsweise bei einer Frontgrid-Silberplattierung, zum „Ghostplating“, bei dem größere Oberflächenbereiche der Solarzelle metallisiert werden als eigentlich gewünscht ist, was zu einer Reduktion der Effizienz der Solarzelle führt. Ferner hat sich gezeigt, dass der mit derartigen Antireflexschichten erreichte Grad der Oberflächenpassivierung noch nicht optimal ist.

Zweitens ist mit dem Aufbringen vom bekannten, unter Einsatz von PECVD-Verfahren herstellbaren Schichten für kristalline Siliziumsolarzellen ein relativ hoher Zeit- und Energieaufwand verbunden, der daraus resultiert, dass, wie oben erwähnt, ein Aufheizen der PECVD-Anlage und insbesondere des Prozessbootes, das die Wafer trägt, das in der Regel mit einer Rohrheizung erfolgt, den Zeit- und Energieaufwand für das Herstellungsverfahren erhöht und dass das Prozessboot bei der Durchführung des PECVD-Prozesses ebenfalls belegt wird und nach einer Anzahl von Prozessen zurückgeätzt werden muss.

Drittens sind die konventionellen mittels PECVD zugänglichen SiN-basierten Passivierungsschichten nur zur Passivierung von n-leitenden Silizium-Oberflächen, nicht jedoch für p-leitende Silizium-Oberflächen, sofern nicht in einem zusätzlichen Schritt zunächst eine SiO₂-Schicht aufgebracht wird.

Viertens hat sich in jüngster Zeit ergeben, dass bei Zusammenschaltung von vielen Solarmodulen, die aus konventionellen, insbesondere unter Einsatz konventioneller PECVD-Beschichtungstechniken hergestellten kristallinen Silizium-Solarzellen aufgebaut sind, mittels eines String hohe Systemspannungen von typischerweise 1000 Volt anliegen können, die zu potentialinduzierter Degradation (Potential Induced Degradation, PID) führen. Diese Probleme werden zumindest teilweise darauf zurückgeführt, dass mittels konventionellen PECVD-Prozessen erzeugte SiN-Schichten keine ausreichende Isolation bei derart hohen System-Spannungen aufweisen, so dass Leckströme von den Glasplatten der Module in das Silizium fließen können.

Diese Probleme werden durch eine durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 im Rahmen der Herstellung einer kristallinen Siliziumsolarzelle zugängliche Kombinationsschicht und/oder Solarzellen mit einer derartigen Kombinationsschicht mit den Merkmalen des Patentanspruchs 3 gelöst. 5 Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

Das erfindungsgemäße Verfahren zur Herstellung einer kristallinen Siliziumsolarzelle weist zumindest die folgenden Schritte auf: Bereitstellen eines kristallinen Siliziumsubstrats; 10 Dotieren zumindest eines ersten Bereichs des Siliziumsubstrats zur Erzeugung einer Basis und eines zweiten Bereichs des Siliziumsubstrats zum Erzeugen eines Emitters; Bilden einer Antireflex-Kombinationsschicht unter Durchführung einer Plasmanitrierung oder einer Plasmaoxinitrierung in einem Plasma aus NH_3 , N_2O oder einer Mischung dieser Gase zur Erzeugung eines Basisfilms aus amorphem SiN_x oder amorphem SiO_xN_y und Durchführung eines unmittelbar an die Plasmanitrierung oder Plasmaoxinitrierung anschließenden PECVD-Prozesses unter Verwendung 20 mindestens eines siliziumhaltigen Prozessgases zum Abscheiden einer Siliziumdeckschicht aus amorphem SiN_x , amorphem SiC_xN_y oder amorphem SiO_xN_y ; und Kontaktieren von Basis und Emitter zum Bereitstellen von Metallkontakten.

25 Unmittelbar anschließend ist dabei so zu verstehen, dass der Wafer in derselben Anlage weiter bearbeitet wird, ohne die Anlage zu verlassen. Zwischen der Abscheidung der zu kombinierenden Schichten kann ein Zeitraum bestehen, in dem der Wafer 30 in der Anlage dem Prozessgas selbst, einem inerten Schutzgas oder Vakuumbedingungen ausgesetzt ist.

Dabei ist es zweckmäßig, die Schritte mit Ausnahme der beiden Dotierungsschritte zum Erzeugen von Basis und Emitter, die gleich gut auch in umgekehrter Reihenfolge ausführbar sind, in der angegebenen Reihenfolge durchzuführen.

5

Erfindungswesentlich ist hier die Ausgestaltung des Schritts des Bildens einer Kombinationsschicht. Abgesehen davon, dass durch diesen Prozessschritt eine für kristalline Siliziumsolarzellen auf unterschiedliche Weise einsetzbare Schicht mit den vom jeweiligen Einsatz abhängigen, weiter unten diskutierten Vorteilen erzielt wird, ergeben eine Reihe weiterer Vorteile aus dieser Verfahrensführung.

So wird die PECVD-Prozessdauer reduziert. Dies liegt einerseits daran, dass das Aufheizen der Apparatur und insbesondere des Prozessbootes bereits durch den vorgeschalteten Prozess der Plasmanitrierung oder Plasmaoxinitrierung erfolgt, und zwar auf eine homogenere Weise als mit einem herkömmlichen Röhrenofen.

20

Andererseits ist die danach noch durch den PECVD-Prozess aufzutragende Schichtdicke verringert, so dass eine kürzere Prozessdauer für diesen Prozess resultiert. Dies wiederum bringt den Vorteil mit sich, dass auch das Prozessboot eine weniger starke Belegung erfährt, so dass es erst nach mehr Fahrten zurückgeätzt werden muss, was Kosten spart.

Weiter kommt es während der Plasmanitrierung oder Plasmaoxinitrierung zu einer wünschenswerten partiellen Rückätzung der Dead Layer des Emitters.

30

Schließlich wird für p-Typ Solarzellen bei dieser Verfahrensführung auch eine dielektrische Rückseitenpassivierung mit nur

einem PECVD-Prozess und ohne Schaffung einer oberflächennahen Inversionsschicht im Silizium erreicht.

Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird ferner zu einem Zeitpunkt, zu dem die Kombinationsschicht bereits gebildet ist, Wasserstoff in den Basisfilm eindiffundiert. Dies führt zu einer weiteren Verbesserung der Oberflächenpassivierung.

10 Besonders vorteilhaft kann dieser Prozessschritt beim sogenannten „Feuern“ oder „Firing“ der Metallkontakte, das zur Herstellung des elektrischen Kontakts durch die Antireflexschicht hindurch ohnehin notwendig ist, durchgeführt werden. Die Temperatur, bei der dieser Teilschritt der Kontaktierung der Solarzelle durchgeführt wird, sollte allerdings 20 bis 15 30°C höher gewählt werden als bei üblichen Verfahren. Die am Ofen eingestellte Temperatur sollte typischerweise bei ca. 885°C statt bei ca. 850°C liegen.

20 Allerdings wird in diesem Zusammenhang darauf hingewiesen, dass erstens die tatsächlichen Temperaturen, denen der Wafer bei dieser gewählten Temperatur ausgesetzt ist, um typischerweise etwa 50°C niedriger liegen und zweitens die Temperaturen am Wafer stark vom jeweils verwendeten Ofen abhängen, so dass 25 die Temperaturen eines beliebigen Prozesses in der Regel an den verwendeten Ofen anzupassen sind. Der Vergleich zwischen bei demselben Ofen für unterschiedliche Prozesse verwendeten Temperatureinstellungen ist daher aussagekräftiger als die Angabe von Temperatureinstellungen eines Ofens.

30

Die erfindungsgemäße Solarzelle hat ein kristallines (d.h. mono- oder polykristallines) Siliziumsubstrat, das durch jeweils entgegengesetzte Dotierung zumindest mit einer Basis und einem

Emitter versehen ist. Sie weist ferner Kontakte zum Anschluss der Solarzelle an einen Stromkreis auf, die ein Abfließen von Ladungsträgern aus der Raumladungszone ermöglichen und ist zumindest auf Abschnitten ihrer Oberseite mit einer Kombinationsschicht bedeckt, die mit einem zumindest abschnittsweise direkt auf einer Oberfläche des kristallinen Siliziumsubstrats aufgebracht, durch Plasmanitrierung oder Plasmaoxinitrierung in einem Plasma aus NH_3 , N_2O oder einer Mischung dieser Gase erzeugbaren Basisfilm aus amorphem SiN_x oder amorphem SiO_xN_y und mit einer unmittelbar an den Basisfilm angrenzenden, anschließend durch PECVD-Abscheidung unter Verwendung mindestens eines Si-haltigen Prozessgases erhaltbaren Siliziumdeckschicht aus amorphem SiN_x , amorphem SiC_xN_y oder amorphem SiO_xN_y ausgestaltet ist.

15

Es wird explizit darauf hingewiesen, dass die Eigenschaften des Basisfilms von der Art seiner Herstellung abhängen, so dass beispielsweise ein durch Plasmanitrierung in einem Plasma aus NH_3 erzeugter amorpher SiN_x -Film auf einem kristallinen Siliziumsubstrat andere Eigenschaften besitzt als ein durch einen PECVD-Prozess unter Verwendung mindestens eines Si-haltigen Prozessgases, z.B. durch Verwendung von SiH_4 und NH_3 erzeugter amorpher SiN_x -Film. Dies ist schon deswegen verständlich, weil das Silizium im ersten Fall aus dem kristallinen Siliziumsubstrat bereitgestellt wird, im zweiten Fall aber durch das Si-haltige Prozessgas. In gleicher Weise besitzt auch ein durch Plasmaoxinitrierung in einem Plasma aus N_2O oder N_2O und NH_3 erzeugter amorpher SiO_xN_y -Film auf einem kristallinen Siliziumsubstrat andere Eigenschaften als ein durch einen PECVD-Prozess unter Verwendung mindestens eines Si-haltigen Prozessgases erzeugter amorpher SiO_xN_y -Film. Damit ist klar, dass die Herstellbarkeit des jeweiligen Films über einen bestimmten Prozess implizit Eigenschaften des Films vorgibt und

somit ein Merkmal darstellt, mit dem diese Filme voneinander unterscheidbar sind.

Die erfindungsgemäß hergestellten Filme weisen eine höhere
5 Dichte und größere Ätzresistenz gegenüber Flusssäure auf als
mit konventionellen Methoden hergestellte Filme. Die erfindungsgemäßen Filme werden insbesondere bei Flusssäurekonzentrationen von 1-10% HF mit weniger als der halben Ätzgeschwindigkeit geätzt als konventionell hergestellte PECVD-SiN-
10 Schichten bei gleichen Ätzbedingungen.

In einer bevorzugten Ausführungsform der Solarzelle weist diese eine Antireflexschicht aufweist, wobei die Kombinationsschicht die Antireflexschicht bildet.

15

In einer alternativen oder zusätzlichen Ausgestaltung kann vorgesehen werden, dass die Solarzelle eine Rückseitenpassivierungsschicht aufweist, und dass die Kombinationsschicht die Rückseitenpassivierungsschicht bildet.

20

Überraschenderweise hat sich gezeigt, dass die Kombinationsschicht -möglicherweise auf Grund der Eigenschaften, die über Plasmanitrierung oder Plasmaoxinitrierung in den genannten, siliziumfreien Prozessgasen dem Basisfilm aufgeprägt werden,
25 zu einer signifikanten Reduktion des Ghostplatings und zugleich zu einer deutlich verbesserten Oberflächenpassivierung, die zudem auch bei p-leitendem Silizium effektiv ist, führt.

Besonders stark werden die vorstehenden Effekte, wenn der Basisfilm aus amorphem SiN_x ist, das eine höhere Dichte als mit reinen PECVD-Abscheideprozessen erzeugbare SiN_x -Filme hat oder
30 wenn der Basisfilm aus amorphem SiO_xN_y ist und eine höhere

Dichte als mit reinen PECVD-Abscheideprozessen erzeugbaren Si-O_xN_y-Filme hat.

Es hat sich als besonders zweckmäßig erwiesen, einen Basisfilm
5 zu verwenden, der eine Dicke zwischen 5nm und 15nm aufweist.
Besonders gut sind insbesondere Ergebnisse mit einer Basis-
filmdicke von etwa 10 nm. Da, wie erwähnt, bei der Plasma-
nitrierung oder Plasmaoxinitrierung in einer Prozessgas-
10 Atmosphäre, die kein Silizium enthält, das Silizium, das in
den Basisfilm eingebaut wird, aus dem kristallinen Silizium-
substrat stammt, kann diese Dickenabhängigkeit der erzielten
Effekte möglicherweise mit einer geringer werdenden Verfügbar-
keit von Silizium bei wachsender Dicke des Basisfilms zusam-
15 menhängen, die dann die Zusammensetzung des Basisfilms insbe-
sondere im Hinblick auf seine Stöchiometrie beeinflusst.

Eine weitere Verbesserung der Oberflächenpassivierung wird er-
20 zielt, wenn im Basisfilm Wasserstoff, insbesondere eindiffun-
dierter Wasserstoff vorhanden ist.

Ein weiterer überraschender Vorteil ergibt sich bei Verwendung
von erfindungsgemäßen Solarzellen mit der über das erfindungs-
gemäße Verfahren erzeugbaren Kombinationsschicht für eine
25 Vielzahl von Solarmodulen, die mit einem String in Serie ge-
schaltet sind, da sich dann eine spürbare Reduktion des PID-
Effekts ergibt.

Die Erfindung wird weiter an Hand von Figuren erläutert. Es
30 zeigt:

Fig. 1: Ein erstes Ausführungsbeispiel einer Solarzelle mit
einer erfindungsgemäßen Kombinationsschicht als Antire-
flexschicht, und

Fig. 2: ein zweites Ausführungsbeispiel einer Solarzelle mit einer erfindungsgemäßen Kombinationsschicht als Rückseitenpassivierung.

5

Es wird darauf hingewiesen, dass aus Gründen der Übersichtlichkeit die Dimensionen der Solarzelle, insbesondere die relative Dicke einzelner Schichten zueinander, nicht maßstabsgerecht dargestellt ist.

10

Figur 1 zeigt eine Solarzelle 100 mit einem kristallinen Siliziumsubstrat 101. In dem kristallinen Siliziumsubstrat 101 ist durch Dotierung eine p-dotierte Basis 102 und ein stark n-dotierter Emitter 103 sowie ein stark p-dotierter Back-Surface-Field-Bereich 104 erzeugt worden. Auf der Oberseite des kristallinen Siliziumsubstrats 101 ist zumindest abschnittsweise eine Antireflexschicht 105 aufgebracht, die als Kombinationsschicht aus einem direkt auf einer Oberfläche des kristallinen Siliziumsubstrats 101 aufgetragenen, durch Plasmanitrierung oder Plasmaoxinitrierung in einem Plasma aus NH_3 , N_2O oder einer Mischung dieser Gase erzeugbaren Basisfilm 105a aus amorphem SiN_x oder amorphem SiO_xN_y und mit einer unmittelbar an den Basisfilm 105a angrenzenden, durch anschließende PECVD-Abscheidung unter Verwendung mindestens eines Si-haltigen Prozessgases erhaltbaren Siliziumdeckschicht 105b aus amorphem SiN_x , amorphem SiC_xN_y oder amorphem SiO_xN_y ausgebildet ist. Durch einen rückseitigen Kontakt 106 aus Metall und einen gitterartigen vorderseitigen Kontakt 107 aus Metall ist die Solarzelle 100 mit Anschlüssen versehen bzw. kontaktiert.

30

Figur 2 zeigt eine Solarzelle 200 mit einem kristallinen Siliziumsubstrat 201, in dem durch Dotierung eine p-dotierte Basis 202 und ein stark n-dotierter Emitter 203. Auf der Oberseite

des kristallinen Siliziumsubstrats 201 ist zumindest abschnittsweise eine Antireflexschicht 204 aufgebracht, die hier als konventionelle Antireflexschicht dargestellt ist, aber auch, wie in Figur 1, als erfindungsgemäße Kombinationsschicht ausgeführt werden kann. Auf der anderen Seite des kristallinen Siliziumsubstrats 201 - die Verwendung des Wortes „Unterseite“ wird hier bewusst vermieden, da es sich um eine bifaziale Solarzelle handelt- ist eine Rückseitenpassivierungsschicht 205 angeordnet, die als Kombinationsschicht aus einem direkt auf einer Oberfläche des kristallinen Siliziumsubstrats 201 aufgebracht, durch Plasmanitrierung oder Plasmaoxinitrierung in einem Plasma aus $\text{NH}_3, \text{N}_2\text{O}$ oder einer Mischung dieser Gase erzeugbaren Basisfilm 205a aus amorphem SiN_x oder amorphem SiO_xN_y und mit einer unmittelbar an den Basisfilm 205a angrenzenden, durch anschließende PECVD-Abscheidung unter Verwendung mindestens eines Si-haltigen Prozessgases erhaltbaren Siliziumdeckschicht 205b aus amorphem SiN_x , amorphem SiC_xN_y oder amorphem SiO_xN_y ausgebildet ist. Durch einen gitterartigen rückseitigen Kontakt 206 aus Metall und einen gitterartigen vorderseitigen Kontakt 207 aus Metall ist die Solarzelle 200 mit Anschlüssen versehen bzw. kontaktiert.

Bezugszeichenliste

	100,200	Solarzelle
	101,201	kristallines Siliziumsubstrat
5	102,202	Basis
	103,203	Emitter
	104	Back-Surface-Field-Bereich
	105,204	Antireflexschicht
	205	Rückseitenpassivierungsschicht
10	105a,205a	Basisschicht
	105b,205b	Siliziumdeckschicht
	106,107,206,207	Kontakt

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung einer Solarzelle (100,200) mit den Schritten:

5

Bereitstellen eines kristallinen Siliziumsubstrats (101,201);

10

Dotieren zumindest eines ersten Bereichs des Siliziumsubstrats (101,201) zur Erzeugung einer Basis (102,202) und eines zweiten Bereichs des Siliziumsubstrats (101,201) zum Erzeugen eines Emitters (103,203);

15

Bilden einer Kombinationsschicht (105,205) durch Durchführung einer Plasmanitrierung oder einer Plasmaoxinitrierung in einem Plasma aus NH_3 , N_2O oder einer Mischung dieser Gase zur Erzeugung eines Basisfilms (105a,205a) aus amorphem SiN_x oder amorphem SiO_xN_y und unverzügliche Durchführung eines unmittelbar an die Plasmanitrierung oder Plasmaoxinitrierung anschließenden PECVD-Prozesses unter Verwendung mindestens eines siliziumhaltigen Prozessgases zum Abscheiden einer Siliziumdeckschicht (105b, 205b) aus amorphem SiN_x , amorphem SiC_xN_y oder amorphem SiO_xN_y ; und

25

Kontaktieren von Basis (102,202) und Emitter (103,203).

2. Verfahren zur Herstellung einer Solarzelle (100,200) nach Anspruch 1,

30

dadurch gekennzeichnet, dass zu einem Zeitpunkt, zu dem die Kombinationsschicht (105,205) bereits gebildet ist, Wasserstoff in den Basisfilm (105a,205a) eindiffundiert wird.

3. Solarzelle (100,200) mit einem kristallinen Siliziumsubstrat (101,201) mit einer Basis (102,202), einem Emitter (103,203) und Kontakten (106,107,206,207),
5 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass die Solarzelle (100,200) ferner eine Kombinationsschicht (105,205) mit einem zumindest abschnittsweise direkt auf einer Oberfläche des kristallinen Siliziumsubstrats (101,201) aufgebracht, durch Plasmanitrierung oder
10 Plasmaoxinitrierung in einem Plasma aus NH_3 , N_2O oder einer Mischung dieser Gase erzeugbaren Basisfilm (105a,205a) aus amorphem SiN_x oder amorphem SiO_xN_y und mit einer unmittelbar an den Basisfilm (105a,205a) angrenzenden, durch anschließende PECVD-Abscheidung unter Verwendung
15 mindestens eines Si-haltigen Prozessgases erhaltbaren Siliziumdeckschicht (105b,205b) aus amorphem SiN_x , amorphem SiC_xN_y oder amorphem SiO_xN_y aufweist.
4. Solarzelle (100) nach Anspruch 3,
20 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass die Solarzelle (100) eine Antireflexschicht (105) aufweist und dass die Kombinationsschicht (105a,105b) die Antireflexschicht (105) bildet.
- 25 5. Solarzelle (200) nach Anspruch 3,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass die Solarzelle (200) eine Rückseitenpassivierungsschicht (205) aufweist, und dass die Kombinationsschicht (205a,205b) die Rückseitenpassivierungsschicht (205) bildet.
30
6. Solarzelle (100) nach einem vorstehenden Anspruch,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass der Basisfilm (105a,205a) aus amorphem SiN_x ist, das eine höhere Dichte als mit reinen PECVD-Abscheideprozessen erzeugbare

SiN_x-Filme hat oder dass der Basisfilm (105a,205a) aus amorphem SiO_xN_y ist und eine höhere Dichte als mit reinen PECVD-Abscheideprozessen erzeugbare SiO_xN_y-Filme hat.

- 5 7. Solarzelle (100,200) nach einem der Ansprüche 3 bis 6,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass der Basisfilm (105a,205a) eine Dicke zwischen 5nm und 15nm aufweist.
- 10 8. Solarzelle (100,200) nach einem der Ansprüche 3 bis 7,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass im Basisfilm (105a,205a) Wasserstoff, insbesondere eindiffundierter Wasserstoff, vorhanden ist.
- 15 9. Verwendung von Solarzellen (100,200) nach einem der Ansprüche 3 bis 8 für eine Vielzahl von Solarmodulen, die mit einem String in Serie geschaltet sind.

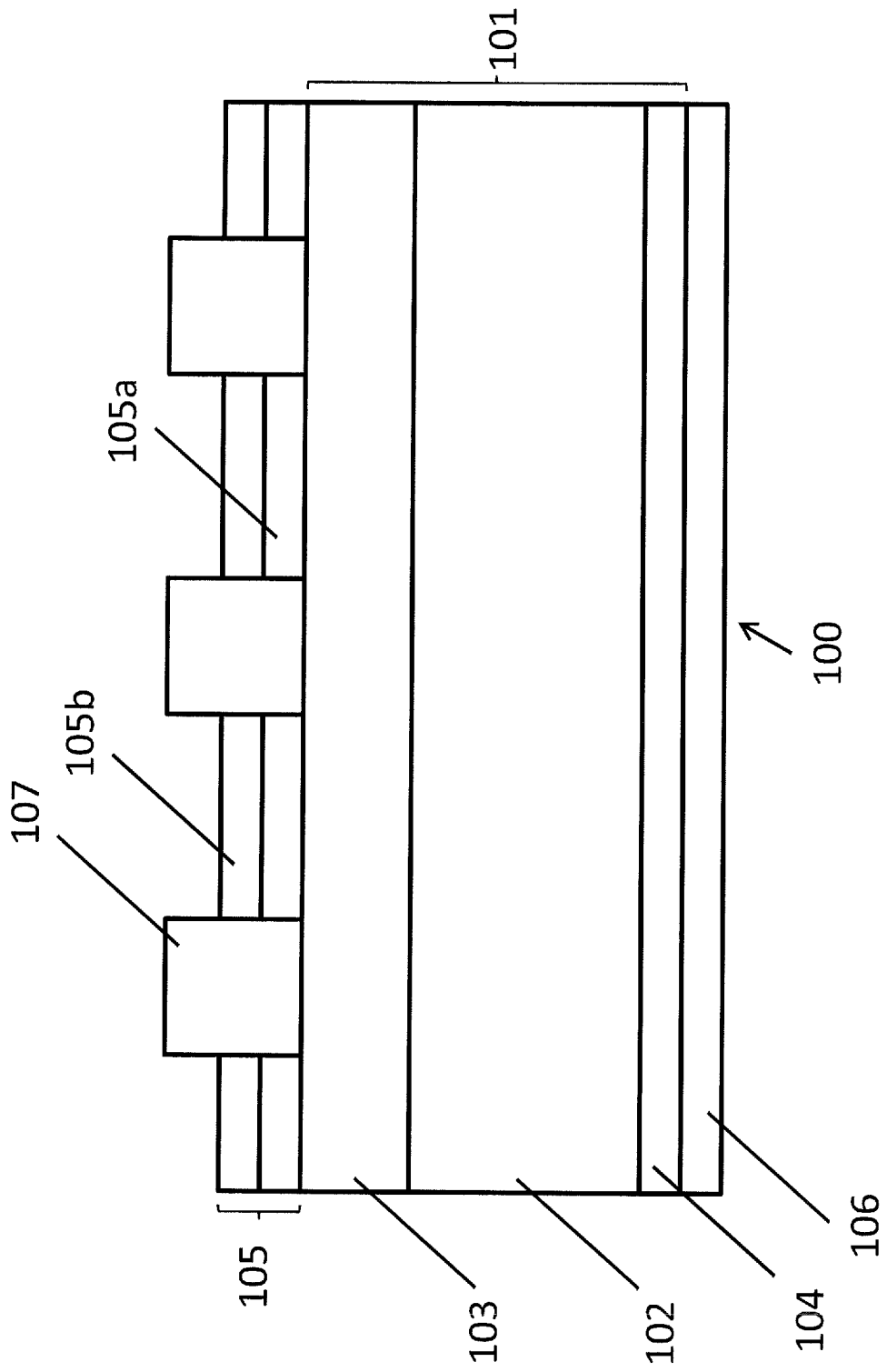


Fig. 1

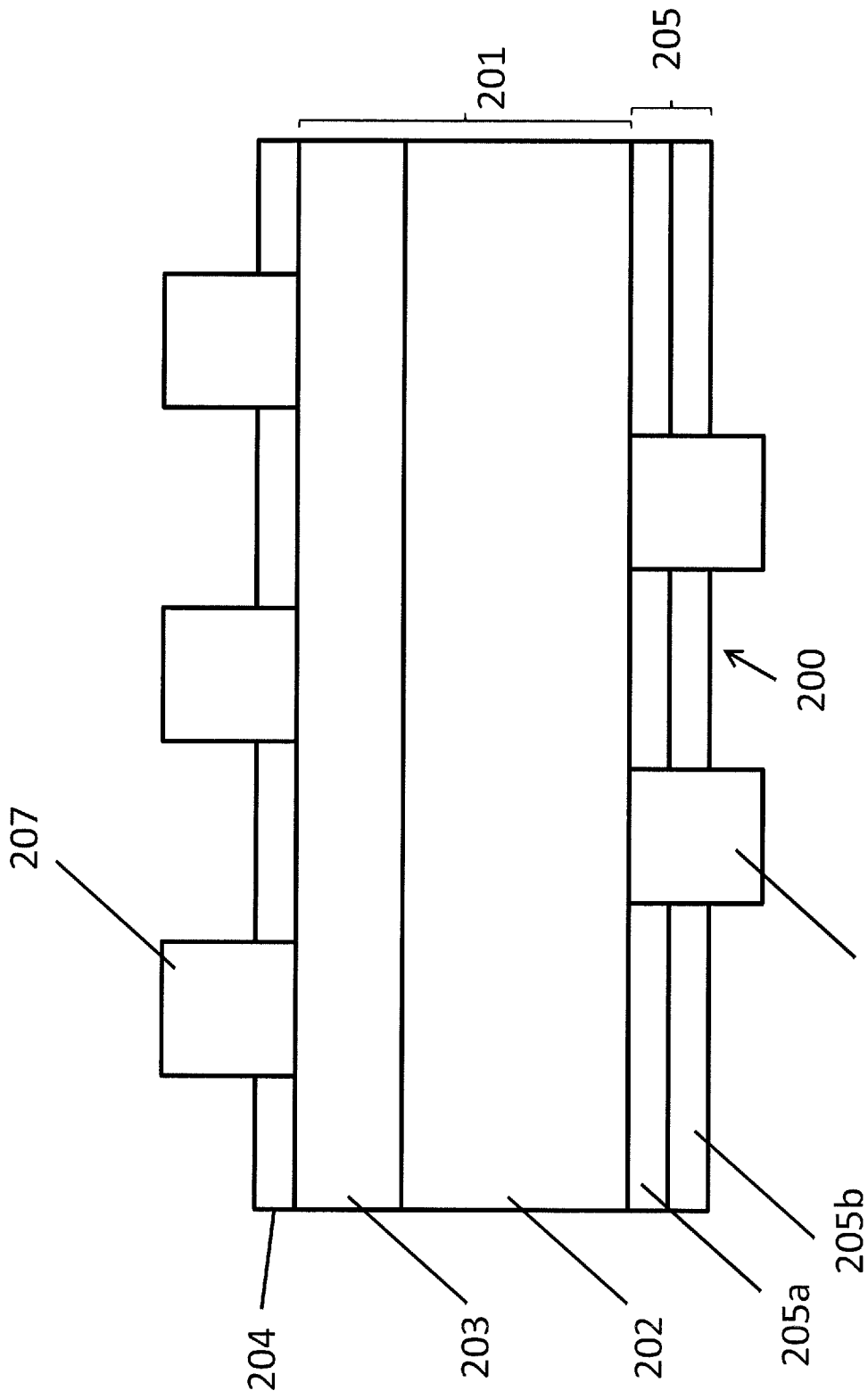


Fig. 2