

(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  
3. März 2011 (03.03.2011)

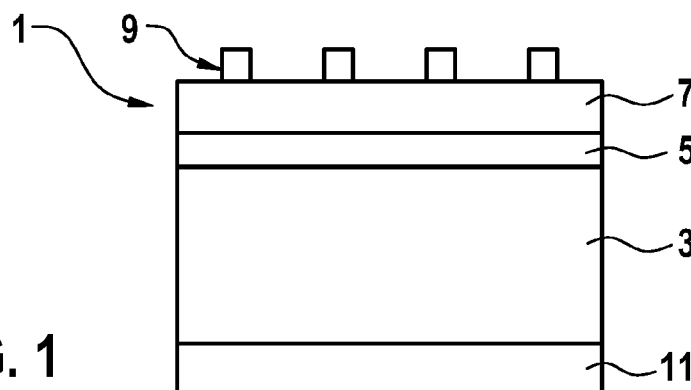
PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2011/023441 A2**

- (51) **Internationale Patentklassifikation:**  
H01L 31/0352 (2006.01)
- (21) **Internationales Aktenzeichen:** PCT/EP2010/059695
- (22) **Internationales Anmeldedatum:**  
7. Juli 2010 (07.07.2010)
- (25) **Einreichungssprache:** Deutsch
- (26) **Veröffentlichungssprache:** Deutsch
- (30) **Angaben zur Priorität:**  
10 2009 029 017.6  
31. August 2009 (31.08.2009) DE
- (71) **Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US):** ROBERT BOSCH GMBH [DE/DE]; Postfach 30 02 20, 70442 Stuttgart (DE).
- (72) **Erfinder; und**
- (75) **Erfinder/Anmelder (nur für US):** WAGNER, Thomas [DE/DE]; Albertus-Magnus-Str. 33, 71229 Leonberg (DE). ROELVER, Robert [DE/DE]; Lauterweg 44, 71263 Weil Der Stadt (DE).
- (74) **Gemeinsamer Vertreter:** ROBERT BOSCH GMBH; Postfach 30 02 20, 70442 Stuttgart (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, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- Veröffentlicht:**  
— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe g)

(54) **Title:** SEMICONDUCTOR LAYER MATERIAL AND HETEROJUNCTION SOLAR CELL

(54) **Bezeichnung:** HALBLEITER-SCHICHTMATERIAL UND HETEROÜBERGANGS-SOLARZELLE



**FIG. 1**

(57) **Abstract:** The invention relates to a semiconductor layer material, in particular for use as an emitter material for a heterojunction solar cell, formed as a stack of a plurality of first and second layers each arranged in alternation one over the other, wherein the first layers comprise an elementary, polycrystalline semiconductor and the second layer comprises a substoichiometric, electrically insulating compound, particularly an oxide, carbide or nitride, of the semiconductor and wherein the bordering surfaces between the first and second layers are irregularly structured by a tempering such that micro contact regions are formed between neighboring first layers separated from each other by a second layer.

(57) **Zusammenfassung:** Halbleiter-Schichtmaterial, insbesondere zur Verwendung als Emittiermaterial für eine Heteroübergangs-Solarzelle, gebildet als Stapel aus jeweils einer Mehrzahl alternierend übereinander angeordneter erster und zweiter Schichten, wobei die ersten Schichten aus einem elementaren, polykristallinen Halbleiter und die zweite Schicht aus einer substöchiometrischen elektrisch isolierenden Verbindung, insbesondere einem Oxid, Carbid oder Nitrid, des Halbleiters bestehen

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 2011/023441 A2

---

und wobei durch eine Temperung die Grenzflächen zwischen den ersten und zweiten Schichten derart irregulär strukturiert sind, dass zwischen benachbarten, durch eine zweite Schicht voneinander getrennten ersten Schichten Mikrokontaktbereiche ausgebildet sind.

## 5 Beschreibung

## Titel

Halbleiter-Schichtmaterial und Heteroübergangs-Solarzelle

10

Die Erfindung betrifft ein Halbleiter-Schichtmaterial, insbesondere zur Verwendung als Emittiermaterial für eine Solarzelle, sowie eine Heteroübergangs-Solarzelle.

## 15 Stand der Technik

Unter den sogenannten regenerativen Energien gewinnt die Sonnenenergie in dem Maße an Bedeutung, wie es gelungen ist, die Kosten der Solarzellenmodule und der gesamten Anlagen zu senken und die energetische Ausbeute zu erhöhen und somit insgesamt die Kosten pro Einheit erzeugter elektrischer

20 Energie an die Werte anzunähern, die bei der Energieerzeugung auf Basis fossiler Energieträger den wirtschaftlichen Maßstab setzen. Die photoelektrische Ausbeute der einzelnen Zelle spielt dabei eine wichtige Rolle.

25 Mit Heteroübergang-Solarzellen lassen sich wegen der niedrigeren Sperrsättigungsströme der Emittier im Vergleich zu Homo-Übergang-Zellen deutlich höhere Spannungen erzielen. Das Wirkungsgradpotenzial von Heteroübergangszellen liegt 1-2% absolut über dem Wirkungsgradpotenzial von Homo-Übergangszellen. Die bisher verfügbaren Heteroübergangs-Solarzellen verfügen

30 über einen dotierten Heteroemittier aus amorphem Silizium (aSi); vgl. M. Tanaka, M. Taguchi, T. Matsuyama, T. Sawada, S. Tsuda, S. Nakano, H. Hanafusa, Y. Kuwano, "Development of New a-Si/c-Si Heterojunction Solar Cells: ACJ-HIT (Artificially Constructed Junction-Heterojunction with Intrinsic Thin-Layer)" Jpn. J. Appl. Phys., 31, 3518-22 (1992) und T. Sawada, N. Terada, S. Tsuge,

35 T. Baba, T. Akahama, K. Wakisaka, S. Tsuda, S. Nakano, "High efficiency a-Si/c-Si heterojunction solar cell". Conference Record of the 1st WCPEC, Hawaii, 1994; 1219-1226.

5

Die Dotierung des Emitters ermöglicht die Bildung eines pn-Übergangs und damit die Extraktion der durch Sonnenlicht generierten Ladungsträger. Wichtigste Aufgabe der amorphen Siliziumschicht, üblicherweise zwischen 5 nm und 20 nm dick, ist in diesem Fall aber die, die Waferoberfläche der Solarzelle zu passivieren und so die Rekombinationsrate der durch Sonnenlicht erzeugten Ladungsträger zu verringern, wodurch sich die Konzentration der Ladungsträger in der Solarzelle erhöht. Durch die höhere Ladungsträgerkonzentration kommt es zu einer größeren Aufspaltung der Quasi-Ferminiveaus in der Zelle, was gleichbedeutend mit einer höheren erreichbaren elektrischen Spannung an der Solarzelle ist.

Allerdings führt die hohe Dotierung des aSi Emitters dazu, dass im Emitter absorbiertes Licht nicht zur Stromerzeugung in der Solarzelle beiträgt; vgl. T. Mueller, S. Schwertheim, M. Scherff, W. R. Fahner, "High quality passivation for heterojunction solar cells by hydrogenated amorphous Silicon suboxide films", Appl. Phys. Lett., 92, 033504 (2008). Das im Emitter absorbierte Licht geht für die Energieumwandlung verloren.

Als Alternativmaterialien zum aSi in Heterozellen wurden bereits Passivierungsschichten bestehend aus SiC bzw. SiO<sub>x</sub> getestet, vgl. S. Miyajima, M. Sawamura, A. Yamada, M. Konagai, "Properties of n-type hydrogenated nanocrystalline cubic Silicon carbide films deposited by VHF-PECVD at low substrate temperatures", J. Non Cryst. Solids, 354, 2350 (2008). Auch wurde bereits die Möglichkeit untersucht, Materialien bestehend aus mikrokristallinem Silizium, eingebettet in SiO<sub>2</sub>, in Heteroübergangs-Solarzellen einzusetzen (SIPOS-Konzept); vgl. E. Yablonovich, T. Gmitter, R. M. Swanson, Y. H. Kwark, "A 720 mV open circuit voltage SiO<sub>x</sub>:c-Si:SiO<sub>x</sub> double heterostructure solar cell", Appl. Phys. Lett, 47, 1211 (1985).

Materialien der letztgenannten Art weisen eine relativ geringe elektrische Leitfähigkeit auf, die die Anwendungsmöglichkeiten beschränkt. Dieses Problem

- 3 -

5 wird bis zu einem gewissen Grad durch ein weiteres relativ neues Material  
gelöst, welches aus alternierenden, jeweils wenigen Nanometer dicken Schich-  
ten aus Silizium und sub-stöchiometrischem  $\text{SiO}_x$  besteht, vgl. R. Rölver, B.  
Berghoff, D. Bätzner, B. Spangenberg, H. Kurz "Charge transport in Si/SiO<sub>2</sub>  
multiple quantum wells for all Silicon tandem solar cells", Proceedings of the  
10 22nd EU PVSEC, Milano (2007). Weiterhin sind sogenannte Tandem-Solarzellen  
auf Siliziumbasis bekannt, in denen Stapel aus alternierenden Si- und  $\text{SiO}_x$ -  
Schichten als lichtabsorbierende und ladungsträgergenerierende Schicht einer  
Solarzelle eingesetzt werden.

15 Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine verbesserte Lösung für die  
Realisierung der Emitterschicht einer Heteroübergangs-Solarzelle bereitzu-  
stellen, welche insbesondere gute Passivierungseigenschaften mit ausreichend  
hoher Leitfähigkeit sowie einer hohen Transparenz für die Wirkanteile des  
Sonnenlichts verbindet.

20

Diese Aufgabe wird durch die Bereitstellung eines Halbleiter-Schichtmaterials  
mit den Merkmalen des Anspruchs 1 im Sinne der Bereitstellung eines geeigne-  
ten Materials sowie durch eine Heteroübergangs-Solarzelle mit den Merkmalen  
des Anspruchs 9 im Sinne einer Produktlösung gelöst. Zweckmäßige Fortbil-  
25 dungen des Erfindungsgedankens sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

Wichtigster Vorteil des hier vorgeschlagenen Si-basierten Nanostrukturmate-  
rials als Heteroemitter ist die wesentlich geringere Lichtabsorption im Ver-  
gleich zum bisher verwendeten amorphen Silizium, wodurch die Verluste durch  
30 Lichtabsorption in der elektrisch „toten“ amorphen Si-Schicht deutlich mini-  
miert werden können. Die Erfindung erbringt m. a. W. den Vorteil, den Verlust  
durch die im Emitter absorbierten Photonen zu verringern, was zu einer ver-  
besserten Stromausbeute in der Solarzelle und damit zu einem größeren  
erreichbaren Wirkungsgrad führt, wobei das Material vergleichbare elektrische  
35 Eigenschaften (Oberflächenpassivierung und elektrische Leitfähigkeit) besitzt.

- 4 -

5 Ein wesentlicher Gedanke der Erfindung ist es, ein neuartiges Si-Nanostrukturmaterial bereitzustellen, welches aufgrund seiner nanokristallinen Struktur eine deutlich höhere optische Transparenz als das bisher verwendete amorphe Si aufweist, aber gleichzeitig ähnlich gute Passiviereigenschaften und eine  
10 ähnlich gute elektrische Leitfähigkeit zeigt. Überschlagsrechnungen zeigen, dass sich mit dem vorgeschlagenen Si-Nanostrukturemitter aufgrund seiner höheren optischen Transparenz Wirkungsgradverbesserungen von bis zu 2 % absolut im Vergleich zu Heterozellen mit herkömmlichen amorphem Si-Emitter erreichen lassen.

15 Dieses Nanostrukturmaterial entsteht insbesondere durch abwechselnde Abscheidung sub-stöchiometrischer Siliziumoxid( $\text{SiO}_x$ )-(alternativ auch Siliziumcarbid( $\text{SiC}_x$ )- oder Siliziumnitrid( $\text{SiN}_x$ )-)Schichten und Silizium-Schichten im Schichtdickenbereich unter 10 nm. Durch anschließende Temperung, speziell um oder oberhalb von  $1000^\circ\text{C}$ , kommt es zur Phasenseparation des überschüssigen Siliziums im  $\text{SiO}_x$  (alternativ  $\text{SiC}_x$ ,  $\text{SiN}_x$ ) und dadurch zu einem  
20 isotropen Wachstum der Si-Schichten auf Kosten der  $\text{SiO}_x$ -Schichten [6]. Es bilden sich Berührungspunkte zwischen benachbarten, polykristallinen-Siliziumschichten, wodurch ein elektrisch leitfähiges Netzwerk aus Si-Kristallen entsteht.

25

Das vorgeschlagene Schichtmaterial ist grundsätzlich auch außerhalb des hier vorgeschlagenen Einsatzes als Emittermaterial einer Heteroübergangs-Solarzelle einsetzbar. Eine im Rahmen der bestehenden Aufgabe besonders vorteilhafte Ausführung sieht vor, dass eine Begrenzungsschicht des Stapels durch  
30 eine zweite Schicht gebildet ist und an deren Außenseite Mikrokontaktbereiche der hierzu benachbarten ersten Schicht freiliegen.

Der hier gebrauchte Begriff „Nanostrukturmaterial“ bedeutet, dass mindestens die ersten Schichten eine nanokristalline Struktur aufweisen. In vorteilhaften  
35 Ausgestaltungen ist vorgesehen, dass die Dicke der ersten und zweiten Schichten jeweils im Bereich zwischen 1 nm und 20 nm, bevorzugt zwischen 2 nm und 10 nm, liegt. Des Weiteren ist vorgesehen, dass insbesondere die Gesamt-

- 5 -

5 dicke im Bereich zwischen 5 nm und 100 nm, bevorzugt zwischen 10 nm und 60 nm, liegt. Des Weiteren wird als vorteilhaft angesehen, dass die Gesamtanzahl der Schichten zwischen 4 und 20, bevorzugt zwischen 8 und 16, liegt.

Dotiert man ein Netzwerk der erwähnten Art, lässt es sich als Emitter in einer  
10 Solarzelle einsetzen. Das Halbleitermaterial – hier insbesondere Silizium – ist in einer vorteilhaften Ausgestaltung als p-Material mit Phosphor oder als n-Material mit Bor mit einer Konzentration im Bereich von  $10^{18}$  bis  $10^{20}$   $\text{cm}^{-3}$ , insbesondere von  $5 \times 10^{18}$  bis  $5 \times 10^{19}$   $\text{cm}^{-3}$ , dotiert. Durch die Eigenschaft dieses Netzwerks, nur an einzelnen Punkten einen Kontakt zur benachbarten  
15 Schicht zu bilden, kommt es beim Einsatz in der Heteroübergangs-Solarzelle nur zu quasi punktförmigen Übergängen zwischen Emitterschicht und Siliziumwafer, während der Großteil der Waferoberfläche durch  $\text{SiO}_2$  (alternativ  $\text{SiC}$  oder  $\text{SiN}$ ) passiviert ist. Dadurch bleibt der auch bei herkömmlichen Heterosolarzellen ausgenutzte Vorteil einer guten Passivierung der Waferoberfläche  
20 erhalten.

### Zeichnungen

Vorteile und Zweckmäßigkeiten der Erfindung ergeben sich im übrigen aus der  
25 nachfolgenden Erläuterung anhand der Figuren. Von diesen zeigen:

- Fig. 1 eine schematische Darstellung des Aufbaus einer Heteroübergangs-Solarzelle, als Querschnittsdarstellung,  
Fig. 2A und 2B schematische Querschnittsdarstellungen einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Halbleiter-Schichtmaterials auf  
30 einem Halbleitersubstrat, nach der Abscheidung eines Schichtstapels (Fig. 2A) sowie nach einer anschließenden Temperung (Fig. 2B),  
Fig. 3 eine vergleichende grafische Darstellung der Absorptionsspektren von amorphem Silizium (durchgezogene Linie) und  
35 eines erfindungsgemäßen Halbleiter-Schichtmaterials (gestrichelte Linie) und

5

Fig. 4 eine vergleichende grafische Darstellung der elektrischen Leitfähigkeiten verschiedener Ausführungsformen des vorgeschlagenen Halbleiter-Schichtmaterials als Stromdichte-Spannungs-Kennlinien.

10

Fig. 1 zeigt in schematischer Querschnittsdarstellung den Aufbau einer Heteroübergangs-Solarzelle **1** auf einem p- oder n-leitenden Si-Halbleitersubstrat **3**. Auf dem Si-Substrat **3** ist eine Hetero-Emitterschicht **5** und auf dieser eine TCO-Schicht **7** angeordnet. Vorderseitig wird der Schichtaufbau durch eine lokale Vorderseitenkontaktierung **9** und rückseitig durch eine ganzflächige Rückseitenkontaktierung **11** vervollständigt.

15

Fig. 2A und 2B zeigen einen Stapel **50'** bzw. **50** aus einem Halbleiter-Schichtmaterial, der als Hetero-Emitterschicht **5** beim Solarzellenaufbau nach Fig. 1 eingesetzt werden kann, auf einem Siliziumsubstrat **30**. Fig. 2A zeigt den mit der Ziffer **50'** bezeichneten Stapel nach einer ersten Verfahrensstufe, und Fig. 2B zeigt den dann mit der Ziffer **50** bezeichneten Stapel nach einer zweiten Verfahrensstufe, und die Bezugsziffern einzelner Schichten des Stapels (siehe weiter unten) sind in Korrespondenz hierzu gebildet.

25

Der Schichtstapel ist, wie in Fig. 2A gut zu erkennen ist, durch aufeinander folgende, insbesondere aufeinander abgeschiedene, Si-Schichten **51'** „erste Schichten“ und SiO-Schichten **52'** als zweite Schichten gebildet. Es ist zu erkennen, dass die dem Siliziumsubstrat **30** nächst benachbarte Schicht des Stapels eine SiO-Schicht **52'**, also eine hier auch als „zweite Schicht“ bezeichnete Schicht ist. Auch die Deckschicht des Stapels wird durch eine solche zweite Schicht **52'** gebildet. Die Si-Schichten **51'** sind dotiert, und die SiO-Schichten **52'** sind sub-stöchiometrische Schichten, und die Schichtdicken liegen jeweils unter 10 nm.

35

Fig. 2B zeigt den im Ergebnis einer anschließenden Temperung bei Temperaturen > 1000 °C entstandenen Aufbau **50**, bei dem die Grenzflächen zwischen

- 7 -

5 den ersten und zweiten Schichten derart irregulär strukturiert sind, dass  
zwischen benachbarten, durch jeweils eine zweite Schicht **52** voneinander  
getrennten ersten Schichten **51** sowie an der Grenzfläche zum Siliziumsubstrat  
**30** Mikrokontaktbereiche („Punktkontakte“) **50a** gebildet sind. Die Ausbildung  
dieser Struktur mit den für die Funktion der erfindungsgemäßen Schichtstruk-  
10 tur wesentlichen Mikrokontaktbereichen ist verknüpft mit einer Entmischung  
von Si und stöchiometrischem SiO<sub>2</sub> beim Tempern, in dessen Rahmen die Si-  
Saatschichten isotrop wachsen. Eine Kontaktierung der freien Oberfläche des  
als Hetero-Emitterschicht dienenden Schichtstapels bei einer Solarzelle der in  
Fig. 1 gezeigten Art erfolgt erst nach dem Tempern.

15

Fig. 3 zeigt, dass in vorteilhafter Weise der Absorptionskoeffizient von erfin-  
dungsgemäß aufgebautem Halbleiter-Schichtmaterial als Emittermaterial  
(gestrichelte Kurve) im Bereich unterhalb von ca. 680 nm, also im Bereich des  
sichtbaren Lichts, niedriger als derjenige einer vergleichbaren Schicht aus  
20 amorphem Silizium (durchgezogene Linie) ist.

Fig. 4 schließlich zeigt Stromdichte-Spannungs-Kennlinien verschieden aufge-  
bauter Halbleiter-Schichtstapel aus Si und SiO<sub>x</sub> mit einer Gesamtdicke von  
jeweils 60 nm und übereinstimmender Dicke der ersten Schichten (3 nm) sowie  
25 unterschiedlichen Dicken der zweiten Schichten (1,5 – 5 nm) vor der Tempe-  
rung. Es ist zu erkennen, dass die jeweiligen Messwerte in guter Übereinstim-  
mung mit dem jeweils errechneten Verlauf stehen (mit Ausnahme von Span-  
nungen unterhalb von 3 V für die Ausführung mit 5 nm dicken SiO<sub>x</sub>-Schichten).  
Zu erkennen ist insbesondere auch, dass durch die Wahl der Dicke der zweiten  
30 Schichten eine Einstellung der elektrischen Leitfähigkeit des vorgeschlagenen  
Halbleiter-Schichtmaterials in einem weiten Bereich möglich ist.

Die Ausführung der Erfindung ist nicht auf die oben erläuterten Beispiele und  
hervorgehobenen Aspekte beschränkt, sondern ebenso in einer Vielzahl von  
35 Abwandlungen möglich, die im Rahmen fachgemäßen Handelns liegen.

5

## Ansprüche

- 10 1. Halbleiter-Schichtmaterial, insbesondere zur Verwendung als Emittermaterial für eine Heteroübergangs-Solarzelle, gebildet als Stapel aus jeweils einer Mehrzahl alternierend übereinander angeordneter erster und zweiter Schichten, wobei die ersten Schichten aus einem elementaren, polykristallinen Halbleiter und die zweite Schicht aus einer substöchiometrischen elektrisch isolierenden Verbindung, insbesondere einem Oxid, Carbid oder Nitrid, des Halbleiters bestehen und wobei  
15 durch eine Temperung die Grenzflächen zwischen den ersten und zweiten Schichten derart irregulär strukturiert sind, dass zwischen benachbarten, durch eine zweite Schicht voneinander getrennten ersten Schichten Mikrokontaktbereiche ausgebildet sind.
- 20 2. Halbleiter-Schichtmaterial nach Anspruch 1, wobei eine Begrenzungs-schicht des Stapels durch eine zweite Schicht gebildet ist und an deren Außenseite Mikrokontaktbereiche der hierzu benachbarten ersten Schicht frei liegen.
- 25 3. Halbleiter-Schichtmaterial nach Anspruch 1 oder 2, wobei der Halbleiter Silizium ist.
- 30 4. Halbleiter-Schichtmaterial nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei der Halbleiter als p-Material mit Phosphor oder als n-Material mit Bor mit einer Konzentration im Bereich von  $10^{18}$  bis  $10^{20}$   $\text{cm}^{-3}$ , insbesondere von  $5 \times 10^{18}$  bis  $5 \times 10^{19}$   $\text{cm}^{-3}$ , dotiert ist.
- 35 5. Halbleiter-Schichtmaterial nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei mindestens die ersten Schichten eine nanokristalline Struktur aufweisen.

- 9 -

- 5        6. Halbleiter-Schichtmaterial nach einem der vorangehenden Ansprüche,  
wobei die Dicke der ersten und zweiten Schichten jeweils im Bereich  
zwischen 1 nm und 20 nm, bevorzugt zwischen 2 nm und 10 nm, liegt.
- 10       7. Halbleiter-Schichtmaterial nach einem der vorangehenden Ansprüche,  
wobei die Gesamtdicke im Bereich zwischen 5 nm und 100 nm, bevorzugt  
zwischen 10 nm und 60 nm, liegt.
- 15       8. Halbleiter-Schichtmaterial nach einem der vorangehenden Ansprüche,  
wobei die Gesamtanzahl der Schichten zwischen 4 und 20, bevorzugt  
zwischen 8 und 16, liegt.
- 20       9. Heteroübergangs-Solarzelle mit einem Halbleitersubstrat und einer  
hierauf angeordneten, eine äußere Oberfläche der Solarzelle bildenden  
dotierten Hetero-Emitterschicht, die zugleich als Passivierungsschicht  
wirkt und die durch ein Halbleiter-Schichtmaterial nach einem der  
Ansprüche 2 bis 8 gebildet ist, wobei die Außenseite des Halbleiter-  
Schichtmaterials, an der Mikrokontaktbereiche der ersten Schicht freilie-  
gen, dem Halbleitersubstrat benachbart ist.
- 25       10. Heteroübergangs-Solarzelle nach Anspruch 9, wobei das Halbleiter-  
substrat ein Silizium-Wafer ist.

1 / 2

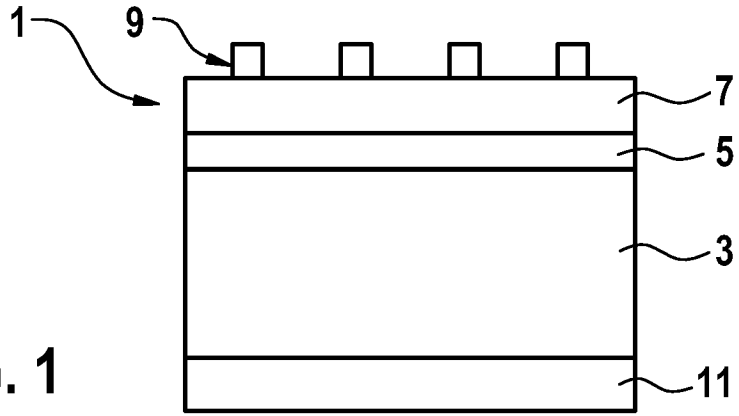


FIG. 1

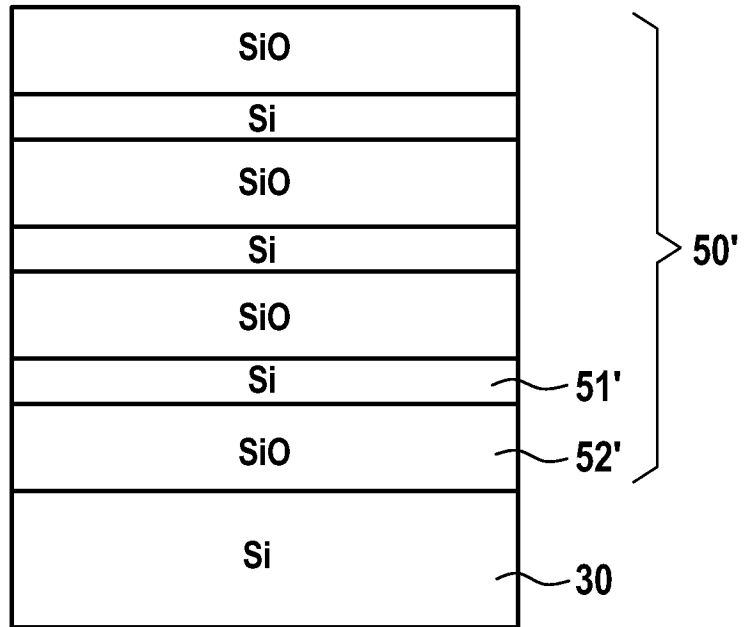


FIG. 2A

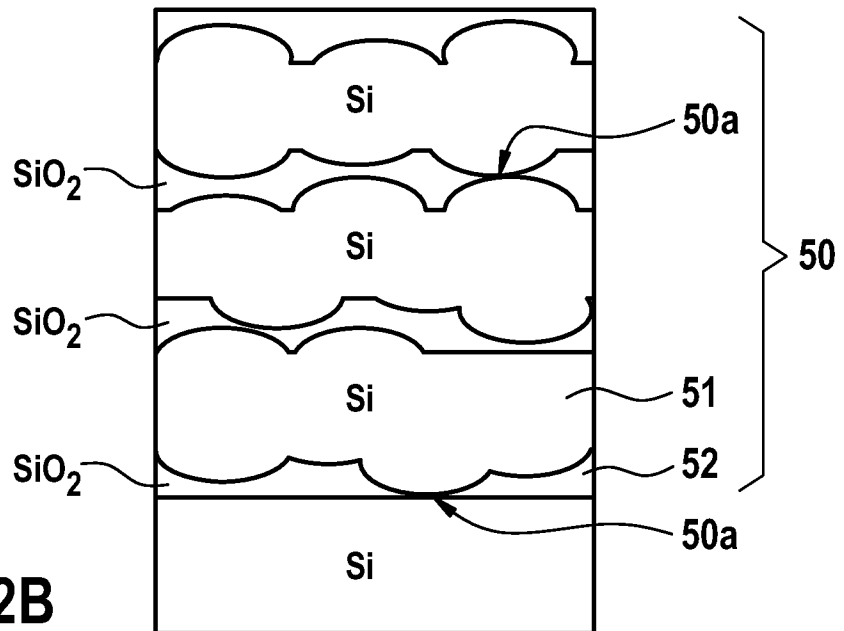


FIG. 2B

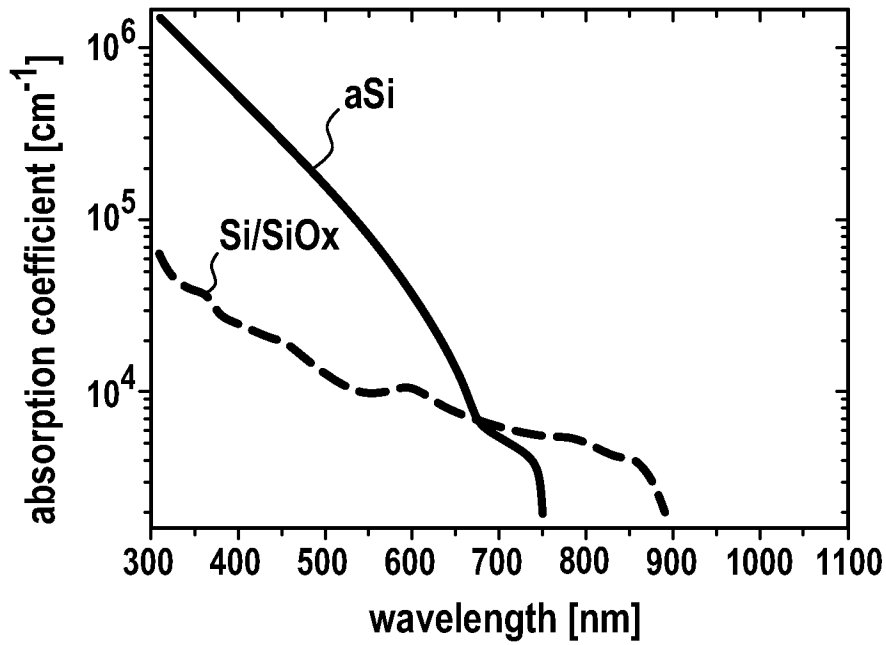


FIG. 3

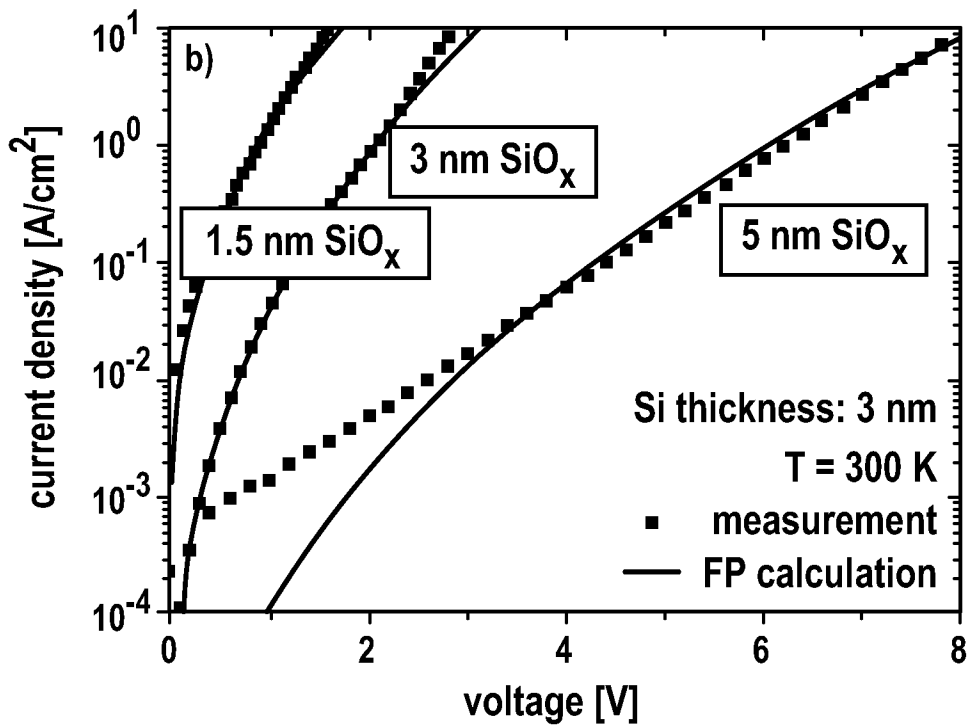


FIG. 4