



(10) **DE 10 2009 041 546 A1** 2010.10.14

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2009 041 546.7**

(22) Anmeldetag: **15.09.2009**

(43) Offenlegungstag: **14.10.2010**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **H01L 31/18** (2006.01)  
*H01L 31/068* (2006.01)

(66) Innere Priorität:  
**10 2009 015 367.5 27.03.2009**

(71) Anmelder:  
**Bosch Solar Energy AG, 99099 Erfurt, DE**

(74) Vertreter:  
**Meissner, Bolte & Partner GbR, 07545 Gera**

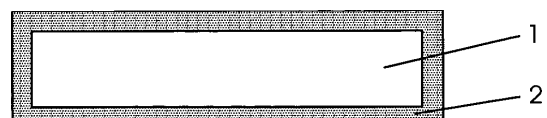
(72) Erfinder:  
**Lossen, Jan, 99086 Erfurt, DE; Meyer, Karsten,  
99084 Erfurt, DE; Wütherich, Tobias, 99084 Erfurt,  
DE; Weiß, Mathias, 07743 Jena, DE**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Herstellung von Solarzellen mit selektivem Emittter**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von Solarzellen mit selektivem Emittter. Zunächst werden sägeschadensfreie Wafer bereitgestellt. Es erfolgt dann ein vollflächiges Aufbringen einer Dotierquelle auf den Wafer sowie ein leichtes, erstes Eindiffundieren des Dotanden bis zum Erreichen eines ersten Schichtwiderstandsbereichs. Hieran schließt sich eine Strukturierung der aufgetragenen Dotierquelle an, wobei im Ergebnis der Strukturierung nur solche Bereiche verbleiben, die im Wesentlichen den später zu kontaktierenden Abschnitten auf dem Wafer entsprechen. Es erfolgt ein Ausführen einer weiteren, zweiten Diffusion aus den verbliebenen Bereichen der Dotierquelle in das Wafervolumen hinein bis zum Erzielen eines zweiten Schichtwiderstandsbereichs für den selektiven Emittter sowie ein gleichzeitiges Umverteilen des bei der ersten Diffusion eingebrachten Dotanden mit dem Ziel des Absenkens der Dotierkonzentration in dem oberflächennahen Bereich, welcher nicht mehr mit der Dotierquelle bedeckt ist, unter der Maßgabe, dass die Schichtwiderstandswerte des ersten Schichtwiderstandsbereichs größer sind als diejenigen des zweiten Schichtwiderstandsbereichs.



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von Solarzellen mit selektivem Emitter.

**[0002]** Derzeit werden industriell Solarzellen im sogenannten Firing-Through-SiNx-Verfahren hergestellt. Dabei wird auf der Zellvorderseite durch Diffusion von Phosphor ein homogener Emitter mit einem Schicht- bzw. Flächenwiderstand im Bereich von 40 bis 80  $\Omega/\square$  erzeugt. Auf dieser Schicht wird eine weitere Schicht aus Siliziumnitrid abgeschieden, welche der Passivierung und Verminderung der Reflexion dient. Anschließend wird ein Kontaktgitter aus Silberpaste aufgebracht. In einem Sinterschritt wird die vorerwähnte Paste eingebrannt. Spezielle Bestandteile in der Silberpaste ermöglichen die Ausbildung eines elektrischen Kontakts zwischen dem Kontaktgitter und dem eigentlichen Emitter. Ein Nachteil dieser Art der Kontaktausbildung ist die Notwendigkeit einer sehr hohen Dotierung des Emitters, um einen ausreichend geringen Kontaktwiderstand zu realisieren. Dies wiederum hat in den Gebieten zwischen den ausgebildeten Kontaktfingern hohe Verluste durch Rekombination der Ladungsträger zur Folge.

**[0003]** Um diesem Nachteil zu begegnen, wurden sogenannte selektive Emitter für Solarzellen vorgeschlagen. Bei diesen Zellen wird nur der Kontaktbereich hoch dotiert, wobei der Rest der Waferfläche eine geringe Dotierung besitzt.

**[0004]** Eine Möglichkeit, selektive Emitterstrukturen zu erzeugen, besteht zunächst darin, eine Diffusionsmaske aufzubringen, diese an den gewünschten Stellen zu öffnen, z. B. durch Druck einer Ätzpaste auf bestimmten Bereichen oder durch Laserablation, um dann eine starke Diffusion in das Volumen des Wafers hinein auszuführen. Anschließend ist die Maske zu entfernen und ganzflächig eine weitere Diffusion mit dem Ziel der Ausbildung von Abschnitten niedrigerer Dotierung zu realisieren.

**[0005]** Bei einer weiteren Variante des Standes der Technik wird zunächst eine schwache Diffusion durchgeführt. Gemäß AU 570 309 ist es bekannt, zunächst ganzflächig eine schwache Diffusion auf den Wafern durchzuführen. Im Anschluss wird mittels eines LPCVD-Schritts eine sehr dichte Siliziumnitridschicht aufgebracht, die sowohl als Maske dient als auch später die Funktion der Antireflexionsschicht übernimmt. Mittels Laser werden dann Gräben in das Substrat geschnitten. In diese Gräben hinein wird dann eine starke Dotierung vorgenommen. Die Gräben wiederum werden im Anschluss durch eine Nickel-Kupfer-Zinn-Plattierung metallisiert.

**[0006]** Aus der DE 10 2007 035 068 A1 ist ein Verfahren zum Fertigen einer Silizium-Solarzelle mit einem selektivem Emitter vorbekannt. Bei diesem Ver-

fahren wird in einem ersten Schritt ein flächiger Emitter an einer Oberfläche des Substrats erzeugt. Es schließt sich dann das Aufbringen einer Ätzbarriere auf erste Teilbereiche der Emitteroberfläche an. Dieser Schritt ist gefolgt von einem Ätzen der Emitteroberfläche in nicht von der Ätzbarriere bedeckten zweiten Teilbereichen. Nach dem Entfernen der Ätzbarriere werden Metallkontakte an den ersten Teilbereichen erzeugt. Als vorteilhaft wird in der DE 10 2007 035 068 A1 dargelegt, dass während des Verfahrens, insbesondere beim Ätzen der Emitteroberfläche in den zweiten Teilbereichen, eine poröse Siliziumschicht entsteht, die anschließend aufoxidierbar ist. Diese aufoxidierte poröse Siliziumschicht kann nachfolgend zusammen mit gegebenenfalls vorhandenem Phosphorglas weggeätzt werden. Durch die Anwendung bekannter Siebdruck- und Ätztechnologien soll dieses Verfahren kompatibel mit derzeitigen industriellen Fertigungsanlagen sein.

**[0007]** Fasst man die Lehre nach DE 10 2007 035 068 A1 zusammen, dann besteht die dortige maßgebliche Idee darin, zunächst einen Emitter an wenigstens einer Oberfläche eines Solarzellensubstrats mit einer homogenen Dotierungskonzentration herzustellen, die hoch genug ist, dass sie für eine Kontaktierung im späteren Siebdruckverfahren geeignet ist. Daran direkt anschließend, vorzugsweise vor dem Abscheiden einer Antireflex- oder Passivierungsschicht werden erste Teilbereiche der bereits vorliegenden Emitteroberfläche durch eine Ätzbarriere geschützt. Die nicht geschützten Bereiche unterliegen dem Ätzschritt, so dass die Dicke des Emitters in den erwähnten Bereichen reduziert wird mit der Folge, dass in diesen zweiten Teilbereichen ein Emitter mit einem erhöhten Schichtwiderstand entsteht.

**[0008]** Bei dem Verfahren zum Fertigen einer Silizium-Solarzelle mit rückgeätztem Emitter nach DE 10 2007 062 750 A1 wird in einem ersten Schritt ein flächiger Emitter auf einer Oberfläche eines Solarzellensubstrats erzeugt. Im Anschluss wird eine Schicht aus porösem Silizium geschaffen, die dann gezielt einer Rückätzung unterliegt. Für den Schritt des Erzeugens eines flächigen Emitters können nach DE 10 2007 062 750 A1 beliebige Verfahren genutzt werden. Beispielsweise ist es möglich, den flächigen Emitter mittels einer  $\text{POCl}_3$ -Gasphasendiffusion durch Eindiffundieren von Phosphor aus einer heißen Gasphase in die Oberfläche des Substrats zu bilden. Die Parameter beim Erzeugen des flächigen Emitters sollen dabei so gewählt werden, dass sich vorzugsweise ein Emitterschichtwiderstand von weniger als 60  $\Omega/\square$  einstellt. Auf die geschaffenen ersten Teilbereiche der Frontseitenoberfläche des Substrats wird eine Ätzbarriere aufgebracht. Die Ätzbarriere schützt die darunter liegenden ersten Teilbereiche der Emitteroberfläche gegen das Ätzmedium. Die Emitteroberfläche wird im Ätzschritt in den zweiten Teilbereichen so stark heruntergeätzt, bis sich in der verblei-

benden Emitterschicht ein gewünschter hoher Schichtwiderstand von beispielsweise mehr als 60  $\Omega/\square$  einstellt. Während des Ätzvorgangs wird der Schichtwiderstand durch Messung überprüft, um den Ätzvorgang gezielt abbrechen zu können. In einer Weiterbildung des Verfahrens nach DE 10 2007 062 750 A1 erfolgt ein zusätzlicher Schritt hinsichtlich des Erzeugens der erwähnten porösen Siliziumschicht. Dieser Prozessschritt erfolgt nach dem Abscheiden der Ätzbarriere an den nicht von der Ätzbarriere bedeckten zweiten Teilbereichen der Emitteroberfläche des Substrats. Es kann hier auch, anstatt die Emitteroberfläche in den von der Ätzbarriere ungeschützten Bereichen flächig zu ätzen, ein Ätzverfahren zur Anwendung kommen, das zur Bildung einer zumindest teilweisen porösen Siliziumschicht führt. Diese poröse Siliziumschicht wird bei einem späteren Verfahrensschritt aufoxidiert.

**[0009]** Die Photovoltaikzelle mit zwei oder mehreren selektiv diffundierten Bereichen nach DE 697 31 485 T2 geht davon aus, die selektiven Bereiche mit Hilfe eines einzigen Diffusionsschritts zu erzeugen.

**[0010]** Um unterschiedlich selektiv diffundierte Bereiche auf dem Halbleitersubstrat mit verschiedenen Dotierstoffniveaus schaffen zu können, wird von einem Siebdruck feststoffbasierter Dotierstoffpasten ausgegangen, um die Diffusionsbereiche dann mit einem ersten Hochtemperatur-Wärmebehandlungsschritt zu bilden. Nach dem Siebdruck einer Metallpaste für die Kontaktfinger wird ein zweiter Hochtemperatur-Wärmebehandlungsschritt durchgeführt.

**[0011]** Zum Stand der Technik sei noch auf R. E. Schlosser et al, „Manufacturing of Transparent Selective Emitter and Boron Back-Surface Solar Cells Using Screen Printing Technique“, 21st European Photovoltaic Solar Energy Conference, 4–8 September 2006, Dresden verwiesen.

**[0012]** Aus den vorstehend geschilderten Lösungen des Standes der Technik ergeben sich verschiedene Nachteile.

**[0013]** Homogene Emmitter, wie sie üblicherweise in der industriellen Fertigung bisher eingesetzt werden, weisen relativ schlechte optische und elektronische Eigenschaften auf. Um einen ausreichend geringen Kontaktwiderstand zu erzielen, muss weit stärker dotiert werden, als es für eine ausreichende elektrische Funktion an sich notwendig ist. Die zu hohe Dotierung macht sich als zu hoher Emittersättigungsstrom bemerkbar, welcher einen negativen Einfluss auf die offene Klemmspannung und den Füllfaktor hat. Aufgrund der geringen Ladungsträgerlebensdauer im hochdotierten Emmitter können dort erzeugte Ladungsträger nicht getrennt werden, was zu einer Verminderung des Kurzschlussstroms führt und letztendlich einen reduzierten Wirkungsgrad der Solarzelle ergibt.

**[0014]** Die vorgeschlagenen Methoden zur Herstellung selektiver Emmitter vermeiden die oben genannten Nachteile zumindest punktuell, sind aber aus verschiedenen Gründen für eine kostengünstige industrielle Umsetzung nicht geeignet.

**[0015]** Das erläuterte Verfahren mit Maskierung und zwei Diffusionsschritten umfasst sehr viele Prozessschritte und ist daher kostenintensiv.

**[0016]** Die Verwendung einer Maske zum Öffnen des Bereichs, der später zu kontaktieren ist, ist insofern wenig ökonomisch, da mehr als 80% der Fläche mit einer Ätzmaske, z. B. einem Ätzlack zu bedecken sind, was ebenfalls zu hohen Kosten führt.

**[0017]** Das Öffnen mit einer im Siebdruck aufgetragenen Ätzpaste oder durch Laserablation zieht einerseits einen erhöhten Sicherheitsaufwand bei Verwendung von aggressiven Pastenmaterialien und andererseits eine starke Schädigung der Oberfläche bei Behandlung durch Laserablation nach sich.

**[0018]** Die Lösung nach DE 10 2007 035 068 A1 reduziert zwar den Bedarf an Abdecklack. Nachteilig ist jedoch, dass der Schichtwiderstand im niedrigdotierten Bereich durch Rückätzen hergestellt wird. Die dort dargelegten Ätzprozesse sind jedoch nicht selbstlimitierend. Inhomogenitäten des Ätzbads wie Temperatur, Konzentration des Ätzmediums oder der Abbauprodukte führen daher zu einer Inhomogenität des Schichtwiderstands, die sich nachteilig auf die Zelleffizienz auswirkt. Die dort notwendigen Ätzlösungen sind außerordentlich aggressiv, was es erschwert, einen geeigneten Maskierungslack zu wählen. Außerdem weist das nach dem Rückätzen erzeugte Emmitterprofil immer noch eine zu hohe Oberflächenkonzentration des Dotanden auf mit der Folge eines unerwünschten hohen Emittersättigungsstroms.

**[0019]** Aus dem Vorgenannten ist es daher Aufgabe der Erfindung, ein weiterentwickeltes Verfahren zur Herstellung von Solarzellen mit selektivem Emmitter anzugeben, welches im Ergebnis der Schaffung von Solarzellen dient, die einen höheren Energiewandlungswirkungsgrad besitzen und wobei die Menge an notwendigen Maskierungsmaterialien reduziert ist.

**[0020]** Die Lösung der Aufgabe der Erfindung erfolgt durch ein Verfahren gemäß der Lehre nach Patentanspruch 1, wobei die Unteransprüche mindestens zweckmäßige Ausgestaltungen und Weiterbildungen darstellen.

**[0021]** Verfahrensgemäß erfolgt ein Bereitstellen von sägeschadensfreien Wafern. Wenn notwendig, können die Wafer auf ihrer Vorderseite eine Texturierung, ausgeführt in an sich bekannter Weise, besitzen. Unter Vorderseite ist hier diejenige Seite zu ver-

stehen, die beim späteren Einsatz der Solarzelle der solaren Strahlung ausgesetzt ist.

**[0022]** Der so behandelte Wafer wird dann vollflächig mit einer Dotierquelle versehen. Während des Aufbringens der vollflächigen Dotierquelle und im Anschluss hieran wird ein leichtes, erstes Eindiffundieren des Dotanden bis zum Erreichen eines ersten Schichtwiderstandsbereichs durchgeführt.

**[0023]** Im Anschluss wird die Dotierquelle strukturiert, wobei im Ergebnis der Strukturierung nur solche Bereiche verbleiben, die im Wesentlichen den später zu kontaktierenden Abschnitten auf dem Wafer entsprechen oder um einen gezielt vorgegebenen kleinen Betrag größer als diese Kontaktabschnitte sind.

**[0024]** Hieran schließt sich ein Ausführen einer weiteren, zweiten Diffusion aus den verbliebenen Bereichen der Dotierquelle in das Wafervolumen hinein bis zum Erzielen eines zweiten Schichtwiderstandsbereichs für den selektiven Emitter an. Bei diesem weiteren, zweiten Diffusionsschritt erfolgt gleichzeitig ein Umverteilen des bei der ersten Diffusion eingebrachten Dotanden mit dem Ziel des Absenkens der Dotierkonzentration in den oberflächennahen Bereichen, welche nicht mehr mit der Dotierquelle bedeckt sind, und zwar unter der Maßgabe, dass im Ergebnis dieser Behandlung die Schichtwiderstandswerte im ersten Schichtwiderstandsbereich größer als diejenigen des zweiten Schichtwiderstandsbereichs sind.

**[0025]** Die Dotierquelle weist bevorzugt Phosphorsilikatglas (PSG) auf.

**[0026]** Der erste Schichtwiderstandsbereich liegt nach Abschluss der beiden Diffusionen bei im Wesentlichen 100 bis 300  $\Omega/\square$ . Der zweite Schichtwiderstandsbereich für den Emitterabschnitt unterhalb der späteren Kontakte liegt zwischen 30  $\Omega/\square$  und kleiner 100  $\Omega/\square$ .

**[0027]** Die Strukturierung der Dotierquelle erfolgt dadurch, dass auf den zu verbleibenden Bereichen eine ätzresistente Maskierung aufgebracht wird mit anschließender Ausführung des Ätzschritts.

**[0028]** Die Maskierung kann mittels Siebdruck, Schablonendruck, Hot-Melt-Siebdruck, Ink-Jet-Druck, Dispensen, Aerosoldruck, Hot-Melt-Ink-Jet-Druck oder dergleichen Verfahren ausgebildet werden.

**[0029]** Nach dem Ätzschritt wird die Ätzmaske entfernt.

**[0030]** Der Ätzvorgang kann nasschemisch oder unter Plasma oder Plasma-unterstützt durchgeführt werden, wobei im Anschluss an den Ätzschritt die Maskierungsschicht und etwaige Reste gestrippt

oder durch Schaffung eines Sauerstoffplasmas verascht werden.

**[0031]** Als ergänzender Verfahrensschritt ist eine Oxidation der Oberfläche des Wafers möglich, um eine weitere Absenkung der Oberflächenkonzentration sowie eine Injektion von interstitiellen Sauerstoffatomen in den Wafer zu bewirken.

**[0032]** Die Erfindung soll nachstehend anhand eines Ausführungsbeispiels sowie unter Zuhilfenahme einer Figur näher erläutert werden.

**[0033]** Die Figur zeigt hierbei eine prinzipielle Schrittfolge a) bis f) mit dem Ziel der Ausbildung eines selektiven Emitters durch Strukturierung der Dotierquelle bis zur Vorderseitenmetallisierung, wobei die Prozessierung der Rückseite durch beliebige Methoden des Standes der Technik geschehen kann.

**[0034]** Bei dem Verfahren zur Herstellung eines selektiven Emitters mit besonderen Eigenschaften durch zusätzliches Eintreiben aus strukturierter Quelle gemäß Ausführungsbeispiel. wird auf dem Säge-schaden-geätzten und möglicherweise texturierten Wafer zunächst eine Dotierquelle, z. B. Phosphorsilikatglas (PSG) aufgebracht und leicht eindiffundiert (**Fig. 1a**). Der Siliziumwafer ist hier mit dem Bezugszeichen **1** und die vollflächig aufgebrachte Diffusionsquelle mit dem Bezugszeichen **2** versehen. Der leicht eindiffundierte Bereich ist durch das Bezugszeichen **5** gekennzeichnet.

**[0035]** Beispielsweise wird bei diesem Schritt ein Schichtwiderstand zwischen 100 und 200  $\Omega/\square$  eingestellt. Dies kann in einem kombinierten Prozessschritt aus Gasphasendiffusion, z. B. Phosphoroxylchlorid ( $\text{POCl}_3$ ) und Temperaturbehandlung geschehen, beispielsweise in einem Quarzrohrföfen.

**[0036]** Ebenfalls ist es möglich, mittels Atmospheric Plasma Chemical Vapor Deposition (APCVD) die Dotierquelle, z. B. PSG, zu erzeugen und anschließend in einem Rohr- oder Durchlauföfen mit Rollen-, Kettenband- oder Hubbalkentransport den ersten, leichten Diffusionsschritt durchzuführen.

**[0037]** Im Anschluss daran wird die aufgebrachte vollflächige Diffusionsquelle **2** strukturiert, so dass streifenförmige Bereiche **3** verbleiben, wie sie in der **Fig. 1b**) stark vereinfacht dargestellt wurden.

**[0038]** Die Strukturierung der Dotierquelle erfolgt so, dass der später elektrisch zu kontaktierende Bereich noch durch das Quellmaterial bedeckt ist, alle anderen Bereiche jedoch nicht mehr. Aus technologischen Gründen kann das Quellenmaterial auch etwas über oder unter diesem späteren Kontaktbereich hinausgehend stehengelassen werden.

**[0039]** Die vorstehend erwähnte Strukturierung der Dotier- oder Diffusionsquelle ist durch verschiedene Methoden erreichbar. Beispielsweise können die Bereiche, in denen die Quellschicht bestehen bleiben soll, durch eine ätzresistente Schicht maskiert werden. Als ätzresistente Schichten kommen z. B., aber nicht ausschließlich organische, trockenvernetzende Lacke in Frage, wachsartige organische Materialien, UV-härtende Lacke, aber auch Silizium-Oxid-Nitrid-Schichten, hergestellt durch Tempern von diesbezüglichen Ausgangsstoffen.

**[0040]** Die maskierenden Bereiche oder Abschnitte können durch Siebdruck, Schablonendruck, Hot-Melt-Siebdruck, Ink-Jet-Druck, Hot-Melt-Ink-Jet-Druck, Dispensen, Aerosoldruck oder dergleichen Verfahren realisiert werden.

**[0041]** Anschließend wird in den nicht maskierten Bereichen die Diffusionsquelle durch Ätzen entfernt, wobei hier vorteilhafterweise ein Ätzmedium gewählt wird, welches die Diffusionsquelle mit einer hohen Selektivität gegenüber dem Silizium-Basismaterial des Wafers ätzt.

**[0042]** Für PSG bietet sich beispielsweise eine nasschemische Ätzung in Flusssäure (HF) an. Flusssäure ätzt PSG außerordentlich schnell, Silizium aber kaum.

**[0043]** Alternativ können Säuren mit der gleichen Eigenschaft in einer nasschemischen Ätzung eingesetzt werden. Ebenso kann aber auch ein Plasmaschritt im Sinne einer Trockenätzung genutzt werden. Auch hier weisen Fluorionen-basierte Ätzprozesse, z. B. mit  $CF_4$ , eine für die PSG-Schicht-Entfernung notwendige Selektivität auf.

**[0044]** Nach dieser Behandlung wird die Maskierungsschicht entfernt. Dies kann dann in der gleichen Ätzanlage geschehen, in der auch die Diffusionsquelle entfernt wurde. Organische Schichten lassen sich nasschemisch durch geeignete Stripper-Lösungen entfernen. Silizium-Oxid-Nitrid-Schichten können mit Phosphorsäure geätzt werden. Erfolgt die Ätzung der Quellschicht durch Plasma, so kann anschließend ein Sauerstoff-Plasma zur Veraschung organischer Substanzen oder Schichten Verwendung finden.

**[0045]** Weitere Möglichkeiten zur Strukturierung der Diffusionsquelle sind das Aufbringen von Ätzpasten in den Bereichen, in denen die Quellschicht entfernt werden soll, oder das Trockenätzen durch Ätzmasken.

**[0046]** In einem zweiten Diffusionsschritt, dargestellt mit der **Fig. 1c**), bildet sich unterhalb der lokalen Diffusionsquelle **3** eine starke Dotierung **4** im Wafer **1** aus. Alle übrigen Bereiche besitzen eine schwache Dotierung **5b**.

**[0047]** Es wird also in dem zweiten Diffusionsprozess in den Bereichen, in welchen sich noch eine Diffusionsquelle befindet, ein Emitter mit niedrigem Schichtwiderstand hergestellt, der sich sehr gut für die spätere Kontaktierung eignet.

**[0048]** In den Bereichen, in welchen sich keine Quellschicht als Dotand mehr befindet, wird hingegen nur der bereits in das Silizium eindiffundierte Dotand umverteilt. Dies führt in vorteilhafter Weise zu einer Absenkung der Dotierkonzentration **5b** im oberflächennahen Bereich. Diese Absenkung ist gezielt und beabsichtigt und damit sehr vorteilhaft für die Solarzelle, da sich so ein Emitter mit einer geringeren Emittersättigungsstromdichte herstellen lässt.

**[0049]** Auch kann die Oberflächenpassivierung bei einer geringeren Dotierkonzentration an der Oberfläche effektiver durchgeführt werden. Die Diffusion kann z. B. durch Temperaturbehandlung in einem Quarzrohrföfen oder in einem Durchlauföfen erfolgen.

**[0050]** Durch Einstellung der Gaszusammensetzung, z. B. durch Zugabe von Sauerstoff oder von Wasserdampf im Ofen kann eine zusätzliche Oxidation der Quellschicht und der Quellschicht-freien Oberfläche erfolgen. Dies ermöglicht eine weitere Absenkung der Oberflächenkonzentration. Durch die Oxidation kann außerdem die Diffusion beschleunigt werden.

**[0051]** **Fig. 1d**) zeigt die Situation nach der Entfernung der verbliebenen Diffusionsquellen **3**.

**[0052]** **Fig. 1e**) stellt symbolhaft eine aufgebrachte Antireflexionsschicht **6** dar.

**[0053]** Die Herstellung der Antireflexschicht **6**, die Durchführung der Kantenisolation und die Herstellung der Metallisierungskontakte **7** (siehe **Fig. 1f**)) kann durch unterschiedliche, an sich bekannte Verfahren durchgeführt werden. Bei der Aufbringung der Vorderseitenkontakte **7** ist dafür Sorge zu tragen, dass die vorgesehenen Kontaktbereiche (starke Dotierung **4**) eingehalten werden.

**[0054]** Im Ergebnis der Durchführung des Verfahrens gelingt es, die Rekombination freier Ladungsträger im Emitter zu senken, so dass ein höherer Strom erzeugbar ist und mithin der Wirkungsgrad derartiger Solarzellen einer Verbesserung unterliegt. Auch lässt sich der Emitter besser passivieren. Hierdurch und durch das günstigere Dotierprofil verringert sich der Emittersättigungsstrom, wodurch wiederum die Leerlaufspannung der Solarzelle steigt. Letztendlich lässt sich der Kontaktwiderstand der Vorderseitenmetallisierung zum Emitter verringern.

**[0055]** Das beschriebene Verfahren ist durch eine besondere Einfachheit und überschaubare Prozess-

führung gekennzeichnet. Es muss nur ein geringer Teil der Oberfläche des Wafers maskiert werden, so dass weniger Maskierungsmaterial nötig ist. Zur Maskierung von üblichen Diffusionsquellen kommt eine Vielzahl von gut beherrschbaren Materialien in Frage. Das Ätzen von z. B. PSG als Dotierquelle kann mit Flusssäure in sehr kostengünstiger Weise durchgeführt und leicht beherrscht werden. Die genannten Diffusionsprozesse sind relativ kurz und bei moderaten Temperaturen durchführbar. Dies spart Energie und ermöglicht es, das Verfahren bei einem breiten Spektrum von Siliziumausgangsmaterial und hieraus erzeugten Wafern zu nutzen. Dies gilt auch für Wafer, bei denen ein zu hohes Temperaturbudget zu einer Reduktion der Lebensdauer führen würde.

## ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

### Zitierte Patentliteratur

- AU 570309 [0005]
- DE 102007035068 A1 [0006, 0006, 0007, 0018]
- DE 102007062750 A1 [0008, 0008, 0008]
- DE 69731485 T2 [0009]

### Zitierte Nicht-Patentliteratur

- R. E. Schlosser et al, „Manufacturing of Transparent Selective Emitter and Boron Back-Surface Solar Cells Using Screen Printing Technique“, 21st European Photovoltaic Solar Energy Conference, 4–8 September 2006, Dresden [0011]

**Patentansprüche**

1. Verfahren zur Herstellung von Solarzellen mit selektivem Emitter;

umfassend folgende Schritte:

- Bereitstellen eines von Sägeschäden freien Wafers,
- vollflächiges Aufbringen einer Dotierquelle auf den Wafer sowie leichtes, erstes Eindiffundieren des Dotanden bis zum Erreichen eines ersten Schichtwiderstandsbereichs,
- Strukturierung der aufgebrachten Dotierquelle, wobei im Ergebnis der Strukturierung nur solche Bereiche verbleiben, die im Wesentlichen den später zu kontaktierenden Abschnitten auf dem Wafer entsprechen,
- Ausführen einer weiteren, zweiten Diffusion aus den verbliebenen Bereichen der Dotierquelle in das Wafervolumen hinein bis zum Erzielen eines zweiten Schichtwiderstandsbereichs für den selektiven Emitter sowie gleichzeitiges Umverteilen des bei der ersten Diffusion eingebrachten Dotanden mit dem Ziel des Absenkens der Dotierkonzentration in dem oberflächennahen Bereich, welcher nicht mehr mit der Dotierquelle bedeckt ist, unter der Maßgabe, dass die Schichtwiderstandswerte des ersten Schichtwiderstandsbereichs größer als diejenigen des zweiten Schichtwiderstandsbereichs sind.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Dotierquelle Phosphorsilikatglas (PSG) aufweist.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Schichtwiderstandsbereich nach dem zweiten Diffusionsschritt im Wesentlichen zwischen ca. 100 bis 300  $\Omega/\square$  liegt.

4. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zur Strukturierung der Dotierquelle auf den zu verbleibenden Bereichen eine ätzresistente Maskierung aufgebracht und anschließend mindestens ein Ätzschritt durchgeführt wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Maskierung mittels Siebdruck, Schablonendruck, Holt-Melt-Siebdruck, Ink-Jet-Druck, Dispensen, Aerosoldruck; Hot-Melt-Ink-Jet-Druck oder dergleichen Techniken ausgebildet wird.

6. Verfahren nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Ätzmaske nach dem Ausführen des Ätzschritts entfernt wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Ätzvorgang Plasma-unterstützt durchgeführt wird, wobei im Anschluss an den Ätzschritt die Maskierungsschicht

und vorhandene organische Ablagerungen durch Behandlung mittels Sauerstoff-Plasma verascht werden.

8. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine Oxidation der Oberfläche des Wafers erfolgt, um eine weitere Absenkung der Oberflächenkonzentration und/oder eine Beschleunigung der Diffusion zu bewirken.

9. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der zweite Schichtwiderstandsbereich zwischen 30 und < 100  $\Omega/\square$  liegt.

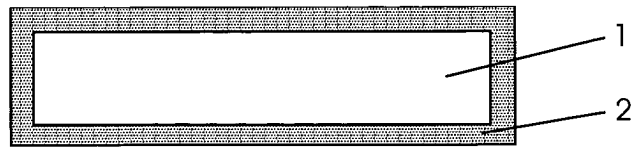
10. Solarzelle, hergestellt nach einem Verfahren nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen



Anhängende Zeichnungen

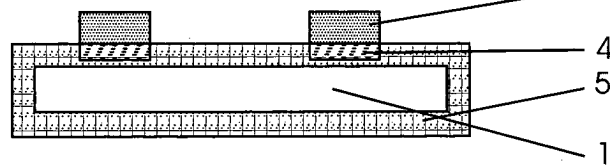
a) Erzeugung der Diffusionsquelle



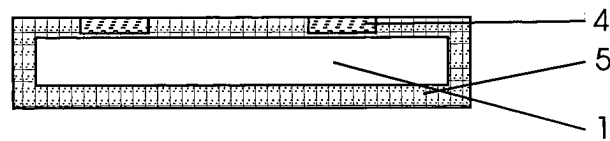
b) Strukturierung der Diffusionsquelle



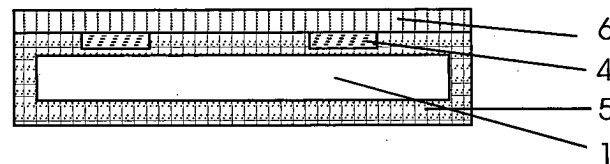
c) Diffusion durch Temperaturbehandlung



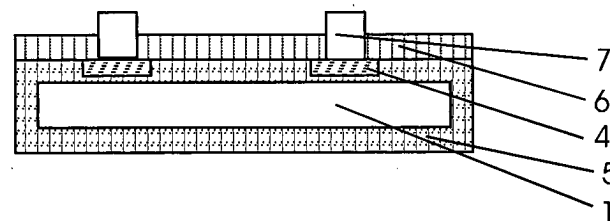
d) Entfernen der restlichen Diffusionsquellen



e) Erzeugung einer ARC/Passivierschicht



f) Erzeugung der Vorderseitenmetallisierung



Figur 1