

5

10

15

20 **Titel:** **Rückseitenkontaktierte Solarzelle und**
 Herstellung einer solchen

Beschreibung

25 Die Erfindung betrifft eine Solarzelle und ein Verfahren
 zum Herstellen einer Solarzelle.
 Solarzellen dienen bekanntermaßen als photovoltaische
 Elemente zur Umwandlung von Licht in elektrische Energie.
 Ladungsträgerpaare, die bei Absorption von Licht in einem
30 Halbleitersubstrat erzeugt werden, werden am Übergang
 zwischen einem Emitterbereich, der einen ersten
 Dotierungstyp, bspw. n-Typ oder p-Typ, zur Erzeugung einer
 ersten Polarität aufweist, und einem Basisbereich, der
 einen entgegengesetzten Dotierungstyp zur Erzeugung einer
35 entgegengesetzten Polarität aufweist, getrennt. Über

Emitterkontakte, die den Emitterbereich kontaktieren, und Basiskontakte, welche den Basisbereich kontaktieren, können die derart erzeugten und separierten Ladungsträgerpaare einem externen Stromkreis zugeführt werden.

- 5 Bekannt sind Solarzellen, bei denen Kontakte einer Polarität an der Vorderseite angeordnet und Kontakte der entgegengesetzten Polarität an der Rückseite angeordnet sind. Als Vorderseite wird die der Sonne zugewandten Seite bezeichnet, die Rückseite bezeichnet entsprechend die
10 abgewandte Seite. Um Verluste, welche aus einer Abschattung durch die auf der Vorderseite angeordneten Kontaktet resultieren, zu minimieren und damit den Wirkungsgrad zu erhöhen, wurden Rückkontaktsolarzellen entwickelt, bei denen beide Kontakttypen, d.h. die Emitterkontakte und die
15 Basiskontakte, auf der Rückseite des Halbleitersubstrats angeordnet sind.

- Elektroden der beiden Polaritäten liegen nebeneinander angeordnet auf der Rückseite der Solarzelle. Die generierten Ladungsträger müssen somit auch lateral in der
20 Solarzelle fließen. Um die Widerstandsverluste durch diesen lateralen Stromfluss zu minimieren und zu verhindern, dass die freien Ladungsträger rekombinieren, bevor sie die Elektroden erreichen, sollten die Elektroden der beiden Polaritäten möglichst nah aneinander liegen. Da die
25 Elektroden je nach Polarität entweder mit p- oder n-Typ Silizium verbunden sind, liegen auch die pn-Übergänge möglichst dicht beisammen. Die pn-Übergänge, feine, kammartige Strukturen mit einer Auflösung unter 500 µm, können z.B. mittels Laserbestrahlung realisiert werden. Bei
30 diesem Prozess treibt ein gepulster Laserstrahl zwei

unterschiedliche Dotierstoffe, z.B. Bor und Phosphor, durch zeitlich und örtlich getrenntes Aufschmelzen der Oberfläche lokal in das Silizium ein und erzeugt je nach Dotierstoff entweder eine hohe p-Typ oder n-Typ Dotierung. Die ist
5 beispielsweise in der DE 10 2013 219 564 A1 offenbart. Solch feine Strukturen ermöglichen geringe interne Serienwiderstände und Wirkungsgrade η bis $\eta = 24 \%$. Höhere Wirkungsgrade sind im Wesentlichen durch Rekombinationsmechanismen in der Basis als auch an den
10 hochdotierten kontaktierten und nicht kontaktierten Oberflächen begrenzt. Die Rekombination in der Basis ist abhängig von der Waferqualität und kann nur wenig im weiteren Fertigungsprozess der Solarzelle beeinflusst werden. Die Rekombination an den hochdotierten n- und p-Typ
15 Oberflächen ist im nicht kontaktierten Bereich bei einer guten Oberflächenpassivierung, wie z.B. mit amorphem hydrogeniertem Silizium, durch Augerrekombination begrenzt, welche mit der Dotierstoffkonzentration im Silizium steigt. Im kontaktierten Bereich ist das Silizium in Kontakt mit
20 einem Metall, was eine hohe Grenzflächenrekombination zur Folge hat. Im Solarzellenprozess lässt sich die Augerrekombination an den nicht kontaktierten Oberflächen reduzieren, wenn sich dort möglichst wenig Dotierstoff im Silizium befindet, während die Grenzflächenrekombination an
25 den Metall/Silizium-Kontakten durch eine möglichst kleine Kontaktfläche reduziert werden kann. Allerdings hat eine einfache Reduzierung des Dotierstoffs und der Kontaktflächen eine Steigerung des Serienwiderstands zu Folge, der dann der limitierende Faktor für den
30 Wirkungsgrad wird.

Aus diesem Grund werden passivierte oder auch selektive Kontakte verwendet, beispielsweise bekannt aus DE 10 2013 219 564 A1 oder WO 2014/100004 A1. Die Elektroden sind dabei nicht direkt mit der kristallinen Basis elektrisch

5 verbunden, sondern durch ein dünnes Tunneloxid getrennt, welches die Siliziumoberfläche passiviert aber gleichzeitig so dünn ist, dass die Elektronen je nach Polarität durch das Oxid vom Halbleiter in die Elektrode, bzw. von der Elektrode in den Halbleiter tunneln können. Um die

10 Elektronen zum Tunneln anzuregen, muss sich am Tunneloxid ein elektrisches Feld befinden. Das elektrische Feld kann durch ein hochdotiertes n- oder p-Typ Silizium auf dem Tunneloxid generiert werden. Da die Dotierung dieses Siliziums oberhalb des Tunneloxids zu einer Bandverbiegung

15 in der Siliziumbasis unterhalb des Tunneloxids führt, ist eine höhere Dotierung der Siliziumbasis nicht mehr erforderlich. Am hochdotieren n-Typ Silizium treten nur Elektronen durch das Tunneloxid, auch Elektronenfluss genannt, während am hochdotierten p-Typ Silizium nur ein

20 sogenannter Löcherfluss stattfindet: Elektronen treten aus dem hochdotierten p-Typ Silizium in die Siliziumbasis ein. Die Metallelektroden selbst stehen nur noch in elektrischem und mechanischem Kontakt zu dem hochdotierten n- oder p-Typ Silizium oberhalb des Tunneloxids. Die Selektivität der

25 hochdotierten Siliziumbereiche in Kombination mit dem Tunneloxid sorgt, abhängig von der Dotierung, für den Transport fast ausschließlich einer Art der Ladungsträger an die Metall/Silizium-Kontaktflächen und minimiert die Grenzflächenrekombination. Die vorgestellte Struktur senkt

30 weiter die Augerrekombination an der Oberfläche der

Siliziumbasis zum Tunneloxid, da an dieser Grenzfläche keine hohe Dotierung für den pn-Übergang oder den ohmschen Kontakt zu der Basis erforderlich ist.

Rückseitenkontaktsolarzellen mit passivierten Kontakten

5 erreichten bisher einen Rekordwirkungsgrad von $\eta = 26,7 \%$.

Die Herstellung solcher Zellen ist bisher jedoch sehr aufwendig, da die beiden unterschiedlich dotieren selektiven Kontakte nur mit diversen aufwendigen

Maskierungs- und Strukturierungsschritten aufgebracht

10 werden können. Dabei muss auf eine hohe Präzision und feine Auflösung der Maskierung/Strukturierung geachtet werden.

Der Abstand der selektiven Kontakte darf nicht zu groß sein und sollte die Diffusionslänge der freien Ladungsträger nicht übersteigen und auch nicht zu einem Anstieg des

15 internen Serienwiderstands aufgrund des lateralen Stromflusses in der Basis führen.

Diese Nachteile werden durch eine erfindungsgemäße Solarzelle und ein erfindungsgemäßes Verfahren zum Herstellen einer solchen Solarzelle überwunden.

20 Gleichzeitig wird durch das erfindungsgemäße Verfahren eine industrielle Fertigung mit niedrigen Prozesskosten ermöglicht.

Erfindungsgemäß wird für eine rückseitenkontaktierte Solarzelle, umfassend ein Halbleitersubstrat, insbesondere
25 einen Siliziumwafer, umfassend eine Vorderseite und eine Rückseite, wobei die Solarzelle auf der Rückseite Elektroden einer ersten Polarität und Elektroden einer zweiten Polarität umfasst, vorgeschlagen, dass die Elektroden der ersten Polarität auf einer hochdotierten

30 Siliziumschicht der ersten Polarität angeordnet sind, wobei

die hochdotierte Siliziumschicht auf einer auf dem Halbleitersubstrat angeordneten ersten Passivierschicht angeordnet ist, und die Elektroden der zweiten Polarität das Halbleitersubstrat über hochdotierte Basisbereiche der zweiten Polarität des Halbleitersubstrats direkt elektrisch und mechanisch kontaktieren.

Es wird also vorgeschlagen, für die Elektroden der ersten Polarität und für die Elektroden der zweiten Polarität ein unterschiedliches Kontaktierungskonzept zu verwenden, sodass bei der erfindungsgemäß vorgeschlagenen rückseitenkontaktierten Solarzelle beide Kontaktierungskonzepte kombiniert werden. Für die Elektroden der ersten Polarität wird vorgeschlagen, dass diese die hochdotierte Siliziumschicht, die auf einer Passivierschicht, auch als Tunnelschicht bezeichnet, abgeschieden ist, kontaktieren. Für die Elektroden der zweiten Polarität wird vorgeschlagen, dass diese das Halbleitersubstrat direkt kontaktieren. Dies erfordert bei der Herstellung eine Maskierung und Demaskierung.

Gemäß einer Ausführungsform ist vorgesehen, dass die hochdotierten Basisbereiche der zweiten Polarität innerhalb dotierter Basisbereiche der zweiten Polarität auf der Rückseite der Solarzelle ausgebildet sind, wobei eine Dotierstoffkonzentration in den hochdotierten Basisbereichen höher ist, als eine Dotierstoffkonzentration in den dotierten Basisbereichen, und wobei die Dotierstoffkonzentration in den hochdotierten Basisbereichen höher ist als eine Dotierstoffkonzentration eines dotierten Bereichs auf der Vorderseite der Solarzelle. Die dotierten Basisbereiche auf der Rückseite

weisen eine Dotierstoffkonzentration an der Oberfläche von $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ bis $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ auf. Die Dotierung auf der gesamten Vorderseite kann ebenfalls eine Dotierstoffkonzentration an der Oberfläche von $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ bis $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ umfassen. Die Dotierstoffkonzentration der hochdotierten Basisbereiche für den Basiskontakt liegt an der Oberfläche vorzugsweise über einer Dotierstoffkonzentration von $2 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$.

Gemäß einer Ausführungsform ist vorgesehen, dass auf Oberflächenbereichen der Rückseite, die nicht durch die Elektroden der ersten Polarität und nicht durch die Elektroden der zweiten Polarität kontaktiert sind eine zweite Passivierschicht angeordnet ist. Die zweite Passivierschicht ist dabei dicker als die erste Passivierschicht. Der Bereich zwischen zwei Elektroden unterschiedlicher Polarität umfasst Bereiche in denen die zweite Passivierschicht und Bereiche in denen ein Schichtstapel umfassend die erste und die zweite Passivierschicht angeordnet ist.

Die Oberfläche der erfindungsgemäßen Solarzelle umfasst also die folgenden unterschiedlich dotierten Bereiche:

- eine hochdotierte polykristalline Siliziumschicht der ersten Polarität auf der Rückseite der Solarzelle auf der auf dem Halbleitersubstrat angeordneten ersten Passivierschicht, wobei die Dotierstoffkonzentration der hochdotierten polykristallinen Siliziumschicht höher ist als die Dotierstoffkonzentration der Basis;
- dotierte monokristalline Basisbereiche der zweiten Polarität auf der Rückseite, wobei die

- Dotierstoffkonzentration der dotierten Basisbereiche höher ist als die Dotierstoffkonzentration der Basis;
- hochdotierte monokristalline Basisbereiche der zweiten Polarität innerhalb der dotierten Basisbereiche auf der Rückseite, wobei die Dotierstoffkonzentration dieser hochdotierten Basisbereiche höher ist als die Dotierstoffkonzentration der Basis und die Dotierstoffkonzentration der dotierten Basisbereiche.
 - eine dotierte monokristalline Oberfläche einer ersten oder zweiten Polarität auf der gesamten Vorderseite, wobei die Dotierstoffkonzentration der dotierten Oberfläche höher ist als die Dotierstoffkonzentration der Basis.
- Weitere Ausführungsformen betreffen ein Verfahren zum Herstellen einer rückseitenkontaktierten Solarzelle gemäß den vorstehend beschriebenen Ausführungsformen. Ein Halbleitersubstrat der Solarzelle umfasst eine, insbesondere polierte oder texturierte, Rückseite und eine, insbesondere texturierte, Vorderseite. Das Texturieren erfolgt beispielsweise durch eine nasschemische Lösung. Auf einer Oberfläche der Rückseite und/oder auf einer Oberfläche der Vorderseite wird eine erste Passivierschicht, insbesondere umfassend Siliziumdioxid, aufgebracht. Die erste Passivierschicht umfasst beispielsweise eine Dicke von vorzugsweise maximal 4 nm. Die erste Passivierschicht wird beispielsweise in einem thermischen oder nasschemischen Prozess oder durch Deposition hergestellt.

Gemäß einer Ausführungsform umfasst das Verfahren weiter einen Schritt zum Abscheiden einer, insbesondere vollflächigen, hochdotierten Siliziumschicht einer ersten Polarität auf der ersten Passivierschicht auf der Rückseite und/oder auf der Vorderseite. Die Abscheidung der hochdotierten Siliziumschicht der ersten Polarität kann beispielsweise mittels plasmaunterstützter chemischer Gasphasenabscheidung, PECVD, atmosphärischer chemischer Gasphasenabscheidung, APCVD, chemischer Niederdruck-Gasphasenabscheidung, LPCVD, oder Kathodenzerstäubung erfolgen. Die hochdotierte Siliziumschicht der ersten Polarität weist eine Dicke von ca. 50 nm bis 400 nm auf. Die Dotierstoffkonzentration der hochdotierten Siliziumschicht ist höher als die Dotierstoffkonzentration des Halbleitersubstrats. Der insitu abgeschiedene Dotierstoff in der Siliziumschicht ist zum Beispiel Bor, Aluminium oder Gallium.

Die Abscheidung der hochdotierten Siliziumschicht der ersten Polarität kann statt in einem auch in zwei Schritten erfolgen. In diesem Fall wird zunächst undotiertes Silizium abgeschieden und anschließend ein Dotierstoff eingebracht. Das Einbringen des Dotierstoffes erfolgt beispielsweise mittels Ionenimplantation oder dem Aufbringen einer Dotierstoffquelle und der anschließenden Eindiffusion mittels eines thermischen Prozesses oder Laserdiffusion. Bei dem Dotierstoff handelt es sich beispielsweise um Bor, Aluminium oder Gallium. Die Eindiffusion kann auch erst zu einem späteren Zeitpunkt erfolgen. Beispielsweise kann das Verfahren noch einen späteren Schritt zum Einbringen eines weiteren Dotierstoffs umfassen. In diesem Fall kann das

Eindiffundieren der Dotierstoffe gleichzeitig mit dem Eindiffundieren des zweiten Dotierstoffes in einem gemeinsamen thermischen Prozess erfolgen.

Gemäß einer Ausführungsform ist vorgesehen, dass eine
5 dielektrische Schicht auf der Rückseite aufgebracht wird.
Die dielektrische Schicht umfasst beispielsweise Siliziumnitrid, Siliziumoxid, Siliziumcarbid oder Aluminiumoxid. Die dielektrische Schicht dient als
10 sogenannte Diffusionsbarriere gegen einen später aufzubringenden Dotierstoff, beispielsweise Phosphor, und besitzt ätzresistente Eigenschaften gegen eine später aufzubringende nasschemische Lösung. Die dielektrische Schicht umfasst beispielsweise eine größere Dicke als die erste Passivierschicht, vorzugsweise eine Dicke von mehr
15 als 4 nm.
Gemäß einer Ausführungsform ist vorgesehen, dass durch lokales Entfernen der dielektrischen Schicht, und der hochdotierten Siliziumschicht der ersten Polarität und der ersten Passivierschicht auf der Rückseite Basisbereiche des
20 Halbleitersubstrats auf der Rückseite freigelegt werden.
Das Entfernen der einzelnen Schichten erfolgt beispielsweise zumindest teilweise durch Laserbestrahlung.
Gemäß einer Ausführungsform ist vorgesehen, dass in den Basisbereichen des Halbleitersubstrats auf der Rückseite
25 lokal ein Teil des Halbleitersubstrats entfernt wird. Dies kann ebenfalls durch Laserbestrahlung erfolgen.
Gemäß einer Ausführungsform ist vorgesehen, dass das Freilegen der Basisbereiche des Halbleitersubstrats auf der Rückseite ein Ätzen der hochdotierten Siliziumschicht der
30 ersten Polarität und/oder der ersten Passivierschicht

und/oder eines Teils des Halbleitersubstrats lokal in den Basisbereichen umfasst. Beispielsweise kann vorgesehen sein, dass eine nasschemische Lösung an den zuvor laserbestrahlten Basisbereichen die hochdotierte Siliziumschicht, die erste Passivierschicht und einen Teil des Halbleitersubstratsätzt. Alternativ kann vorgesehen sein, dass die nasschemische Lösung nur die hochdotierte Siliziumschicht oder nur einen Teil des Halbleitersubstratsätzt. In diesem Fall werden die anderen Schichten, beispielsweise die erste Passivierschicht oder die die hochdotierte Siliziumschicht, durch Laserbestrahlung entfernt. Vorteilhafterweise kann durch die nasschemische Lösung auch eine gegebenenfalls auf der Vorderseite des Halbleitersubstrats abgeschiedene hochdotierte Siliziumschicht und/oder eine auf der Vorderseite des Halbleitersubstrats abgeschiedene Passivierschicht geätzt werden.

Es kann vorgesehen sein, dass das Ätzen ein isotropes Ätzen zum Polieren von Bereichen und/oder dass das Ätzen ein anisotropes Ätzen zum Texturieren von Bereichen umfasst. Beispielsweise können durch isotropes Ätzen mit einer nasschemischen Lösung auf der Rückseite die Basisbereiche poliert werden. Alternativ können durch anisotropes Ätzen mit einer nasschemischen Lösung auf der Rückseite die Basisbereiche texturiert werden. Es kann auch vorteilhaft sein, wenn durch anisotropes Ätzen mit einer nasschemischen Lösung die Vorderseite texturiert wird. Für das Entfernen der unterschiedlichen Schichten und gegebenenfalls dem Texturieren und/oder Polieren der Oberflächen können unterschiedliche nasschemische Lösungen verwendet werden.

Gemäß einer Ausführungsform ist vorgesehen, dass das Verfahren einen Schritt zum Anbringen einer Precursorschicht umfassend einen Dotierstoff, insbesondere Phosphor, auf der Rückseite oder auf der Rückseite und auf 5 der Vorderseite, umfasst. Die Precursorschicht kann auf der Vorderseite und auf der Rückseite in einem Verfahrensschritt oder in unterschiedlichen Verfahrensschritten abgeschieden werden. Die Precursorschichten auf Vorder- und Rückseite können 10 dieselben oder unterschiedliche Eigenschaften aufweisen. Bei der Precursorschicht handelt es sich um eine Schicht umfassend einen Dotierstoff einer zweiten Polarität, insbesondere eine Phosphorsilikatglasschicht, PSG. Die Precursorschicht wird insbesondere auf der dielektrischen 15 Schicht und auf, insbesondere den nasschemisch geätzten, Bereichen auf der Rückseite und auf der Vorderseite aufgebracht. Wenn es sich bei der hochdotierten Siliziumschicht der ersten Polarität um eine p-Typ Siliziumschicht handelt, handelt es sich bei dem 20 Dotierstoff in der Precursorschicht für das Dotieren des Siliziums gemäß der zweiten Polarität beispielsweise um Phosphor. Zum Aufbringen der Precursorschicht kann beispielsweise ein Ofendiffusionsprozess gefahren werden, bei dem eine Phosphorsilikatglasschicht auf den vorher 25 geätzten Bereichen auf der Rückseite und auf der Vorderseite wächst. In besonderen Fällen kann die PSG-Schicht auch auf der dielektrischen Schicht auf der Rückseite wachsen. Der Ofendiffusionsprozess kann so gefahren werden, dass nach dem Ofendiffusionsprozess in der 30 Phosphorsilikatglasschicht ein hoher Anteil an Phosphor

enthalten ist. In einer weiteren Ausführungsform kann die Precursorschicht, beispielsweise PSG, zum Beispiel mittels PECVD, LPCVD oder APCVD abgeschieden werden.

Gemäß einer Ausführungsform ist vorgesehen, dass durch
5 einen Hochtemperaturschritt, in dem der Dotierstoff aus der Precursorschicht in die Basisbereiche auf der Rückseite und/oder in die Oberfläche der Vorderseite diffundiert, die Dotierung in den Basisbereichen auf der Rückseite erhöht wird und/oder ein dotierter Bereich auf der Vorderseite
10 erzeugt wird. Der Dotierstoff dotiert die Basisbereiche auf der Rückseite gemäß einer zweiten Polarität, entgegengesetzt der ersten Polarität der hochdotierten Siliziumschicht, sodass dotierte Basisbereiche erzeugt werden. Die dotierten Basisbereiche auf der Rückseite
15 umfassen eine höhere Dotierstoffkonzentration als die Dotierstoffkonzentration des Halbleitersubstrats. Auf der Rückseite diffundiert der Dotierstoff aus der Precursorschicht nicht in die hochdotierte Siliziumschicht, da die dielektrische Schicht als Diffusionsbarriere gegen
20 den Dotierstoff aus der Precursorschicht dient. Auf der Vorderseite wird durch die Dotierung der Oberfläche gemäß der zweiten Polarität ein dotierter Bereich auf der Vorderseite erzeugt. Die Dotierstoffkonzentration des dotierten Bereichs auf der Vorderseite ist höher als die
25 Dotierstoffkonzentration des Halbleitersubstrats. Bei dem Hochtemperaturschritt handelt es sich beispielsweise um den Ofendiffusionsschritt zum Aufbringen der Precursorschicht. Alternativ kann es sich auch um einen zusätzlichen Hochtemperaturschritt handeln.

Der Hochtemperaturschritt kann beispielsweise so gefahren werden, dass nur ein Teil des zweiten Dotierstoffes aus der Precursorschicht in die Basisbereiche auf der Rückseite diffundiert.

- 5 Gemäß einer Ausführungsform ist vorgesehen, dass innerhalb der Basisbereiche auf der Rückseite ein hochdotierter Basisbereich erzeugt wird, durch lokale Erhöhung der Dotierstoffkonzentration, insbesondere durch Laserbestrahlung. Durch die Laserbestrahlung wird die
- 10 Oberfläche auf der Rückseite in den bestrahlten Bereichen lokal erhitzt und aufgeschmolzen. Weiterer Dotierstoff aus der Precursorschicht diffundiert in den bestrahlten Bereichen in die Oberfläche und dotiert, nach Abkühlen und Rekristallisation, den bestrahlten Bereich weiter gemäß der
- 15 zweiten Polarität, sodass hochdotierte Basisbereiche erzeugt werden. Die Dotierstoffkonzentration in den hochdotierten Basisbereichen ist signifikant höher als die Dotierstoffkonzentration des Halbleitersubstrats, höher als die der dotierten Basisbereiche auf der Rückseite und höher
- 20 als die in dem dotierten Bereich auf der Vorderseite. Durch das Erzeugen der hochdotierten Basisbereiche durch Laserbestrahlung kann vorteilhafterweise im vorhergehenden Schritt der Ofendiffusion eine insbesondere auf die Vorderseite der Solarzelle optimierte Dotierung erzeugt
- 25 werden. Die Vorderseite ist idealerweise niedriger dotiert als die Basisbereiche auf der Rückseite. Werden Vorder- und Rückseite in nur einem gemeinsamen Prozessschritt dotiert, ist ein Kompromiss der Dotierung erforderlich. Dieser Nachteil wird durch das Erzeugen der hochdotierten

Basisbereiche auf der Rückseite mittels Laserbestrahlung überwunden.

Gemäß einer Ausführungsform ist vorgesehen, dass das Verfahren einen Schritt zum Entfernen der Precursorschicht, 5 insbesondere Phosphorsilikatglas, von der Vorderseite und/oder von der Rückseite umfasst. Das Entfernen erfolgt beispielsweise in einem nasschemischen Reinigungsschritt. Vorteilhafterweise werden durch den nasschemischen Reinigungsschritt oder durch einen weiteren nachchemischen 10 Reinigungsschritt auch verbliebene Reste der dielektrischen Schicht von der hochdotierten Siliziumschicht entfernt. Gemäß einer Ausführungsform ist vorgesehen, dass das Verfahren einen Schritt zum Aufbringen einer zweiten Passivierschicht auf der Rückseite und/oder einer dritten 15 Passivierschicht auf der Vorderseite umfasst. Eine Passivierschicht umfasst beispielsweise Siliziumdioxid Siliziumnitrid, Aluminiumoxid oder einen Schichtstapel aus zwei oder mehreren dielektrischen Schichten. Dabei kann sich die Dicke, Brechungsindex und Zusammensetzung der 20 Passivierschicht auf der Rückseite von Dicke, Brechungsindex und Zusammensetzung der Passivierschicht auf der Vorderseite unterscheiden. Die Dicken der Passivierschichten sind vorteilhafterweise so optimiert, dass die Reflexion auf der Vorderseite verringert und auf 25 der Rückseite erhöht wird. Die zweite und/oder dritte Passivierschicht umfasst vorteilhafterweise eine größere Dicke als die erste Passivierschicht. Die Dicke der zweiten und/oder dritten Passivierschicht ist vorteilhafterweise größer als 4 nm.

Gemäß einer Ausführungsform ist vorgesehen, dass das Verfahren einen Schritt zum selektiven Entfernen der zweiten Passivierschicht auf der Rückseite umfasst. Die Passivierschicht kann lokal, beispielsweise durch

5 Laserbestrahlung, entfernt werden.

Gemäß einer Ausführungsform ist vorgesehen, dass das Verfahren einen Schritt zum Aufbringen von Elektroden einer ersten Polarität und Elektroden einer zweiten Polarität auf der Rückseite der Solarzelle umfasst. Das Aufbringen der

10 Elektroden kann beispielsweise mittels Siebdruck, Aufdampfen, Sputtern oder galvanischer Abscheidung eines oder mehrerer Metallen oder anderer leitfähiger Schichten erfolgen. Die Elektroden können beispielsweise Silberpaste, Silber/Aluminium-Paste, Aluminiumpaste oder reines

15 Aluminium, Kupfer, Zinn, Palladium, Silber, Titan, Nickel oder Schichtstapel oder Legierungen der genannten Metalle oder andere leitfähige Schichten, insbesondere leitfähige Polymere oder Oxide, oder eine Kombination solcher Schichten mit Metallen umfassen. Die Zusammensetzung und der Abscheidungsprozess der Elektroden kann sich für die Elektroden der beiden Polaritäten unterscheiden.

Vorzugsweise kontaktieren die Elektroden der zweiten Polarität nur die hochdotierten Basisbereiche und nicht die dotierten Basisbereiche.

25 Ebenfalls Gegenstand dieser Erfindung ist eine Solarzelle und ein Verfahren zum Herstellen einer Solarzelle, bei der die beschriebenen Polaritäten jeweils eine entgegengesetzte Polarität zu den beschriebenen Polaritäten umfassen. Die Solarzelle umfasst dann beispielsweise eine p-Typ dotierte

Basis, entsprechend einen n-Typ dotierten Emitter und wiederum eine p-Typ Basisdotierung der Oberflächen. Weitere Merkmale, Anwendungsmöglichkeiten und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung

5 von Ausführungsbeispielen der Erfindung, die in den Figuren der Zeichnung dargestellt sind. Dabei bilden alle beschriebenen oder dargestellten Merkmale für sich oder in beliebiger Kombination den Gegenstand der Erfindung, unabhängig von ihrer Zusammenfassung in den

10 Patentansprüchen oder deren Rückbeziehung sowie unabhängig von ihrer Formulierung bzw. Darstellung in der Beschreibung bzw. in der Zeichnung.

In der Zeichnung zeigt:

15

Fig. 1 eine schematische Ansicht eines Ausschnitts einer erfindungsgemäßen Solarzelle, und

Fig. 2a bis 2h zeigen eine Solarzelle gemäß Figur 1 in verschiedenen Schritten eines Verfahrens zur Herstellung der Solarzelle.

20

Figur 1 zeigt einen Ausschnitt einer Solarzelle 10 mit einem Halbleitersubstrat 12, insbesondere einem

25 Siliziumwafer, einer Rückseite 14 und einer im Betrieb der Solarzelle der Sonne zugewandten Vorderseite 16. Der Siliziumwafer 12 kann entweder n- oder p-Typ dotiert sein. Die Solarzelle 10 wird beispielhaft anhand einer n-Typ Dotierung des Siliziumwafers 12, der "Basis", erläutert.

Die Vorderseite 16 der Solarzelle 10 ist vorzugsweise texturiert. Die Rückseite 14 der Solarzelle 10 kann, insbesondere in verschiedenen Bereichen unterschiedlich, poliert oder texturiert sein.

5 Auf der Rückseite 14 ist eine polykristalline hochdotierte p-Typ Siliziumschicht 20 vorgesehen. Diese bildet eine erste Polarität mit einer ersten Dotierstoffkonzentration auf der Rückseite 14. Im Bereich der hochdotierten p-Typ Siliziumschicht 20 passiviert eine erste Passivierschicht
10 18, insbesondere umfassend Siliziumdioxid, die Oberfläche des Siliziumwafers 12. Des Weiteren sind dotierte Basisbereiche 24 einer zweiten, der ersten Polarität entgegengesetzten, Polarität vorgesehen. Die dotierten Basisbereiche 24 auf der Rückseite 14 weisen die gleiche
15 Polarität aber eine höhere Dotierstoffkonzentration als das Halbleitersubstrat 12 auf.

Auf der Vorderseite 16 befindet sich ein dotierter Bereich 28. Der dotierte Bereich 28 weist ebenfalls die gleiche Polarität aber eine höhere Dotierstoffkonzentration als das
20 Halbleitersubstrat 12.

Innerhalb der dotierten Basisbereiche 24 auf der Rückseite sind hochdotierte Basisbereiche 30 ausgebildet. Die hochdotierten Basisbereiche weisen ebenfalls die zweite Polarität, jedoch eine signifikant höhere
25 Dotierstoffkonzentration als das Halbleitersubstrat 12, als die dotierten Basisbereiche 24 und als der dotierte Bereich 28 auf.

Die Solarzelle 10 umfasst weiter eine zweite Passivierschicht 32 auf der Rückseite 14 und eine dritte
30 Passivierschicht 34 auf der Vorderseite 16. Die

Passivierschicht 32 bedeckt zumindest teilweise die hochdotierte Siliziumschicht 20, die dotierten Basisbereiche 24 und die hochdotierten Basisbereiche 30, in den, nicht durch Elektroden 36, 38 kontaktierten, Bereichen. Die zweite Passivierschicht 32, beispielsweise durch eine dielektrische Schicht oder Schichtstapel gebildet, umfasst vorzugsweise eine größere Dicke als die erste Passivierschicht 18, vorzugsweise eine Dicke von mehr als 4 nm. Die zweite Passivierschicht 32 kann beispielweise aus Siliziumdioxid, Siliziumnitrid oder Aluminiumoxid, oder aus einem Schichtstapel dieser Schichten bestehen. Die Dicken und Brechungsindizes der Passivierschicht 32 können so optimiert sein, dass möglichst viel elektromagnetische Strahlung, die nicht durch die Solarzelle absorbiert wurde, an der Rückseite zurück in die Solarzelle reflektiert wird. Die dritte Passivierschicht 34 auf der Vorderseite 16 umfasst vorzugsweise ebenfalls eine größere Dicke als die erste Passivierschicht 18, vorzugsweise eine Dicke von mehr als 4nm. Die dritte Passivierschicht 34 kann beispielweise aus Siliziumdioxid, Siliziumnitrid oder Aluminiumoxid, oder aus einem Schichtstapel dieser Schichten bestehen. Die Dicken und Brechungsindizes der dritte Passivierschicht 34 können so optimiert sein, dass möglichst viel auf der Vorderseite 16 einfallende elektromagnetische Strahlung nicht reflektiert und absorbiert wird. Die Solarzelle 10 umfasst auf der Rückseite 14 Elektroden 36 einer ersten Polarität und Elektroden 38 einer zweiten Polarität. Die Elektroden 36 der ersten Polarität kontaktieren die hochdotierte Siliziumschicht 20 der ersten Polarität, die auf der ersten Passivierschicht 18

abgeschieden ist. Vorteilhafterweise durchdringen die Elektroden 36 die erste Passivierschicht 18 nicht. Es kann jedoch vorkommen, dass die Elektroden 36 die erste Passivierschicht 18 teilweise durchdringen und das Halbleitersubstrat 12 kontaktieren. Die Elektroden 38 der zweiten Polarität kontaktierten das Halbleitersubstrat 12 direkt elektrisch und mechanisch in den dotierten Basisbereichen 24, vorzugsweise nur in den hochdotierten Bereichen 30 der dotierten Basisbereiche 24.

10 Von den Elektroden 36, 38 nicht kontaktierte Bereiche können entweder durch den Schichtstapel aus der ersten Passivierschicht 18 und hochdotierter Siliziumschicht 20 der ersten Polarität, oder von der zweiten Passivierschicht 32 in den dotierten Basisbereichen 24 und hochdotierten

15 Basisbereichen 30 bedeckt und passiviert sein. Die zweite Passivierschicht 32 kann auch die hochdotierte Siliziumschicht 20 in den nicht kontaktierten Bereichen bedecken.

Vorzugsweise entspricht die durch die Elektroden 36 der zweiten Polarität elektrisch kontaktierte Fläche den

20 Flächen der hochdotierten Basisbereiche 30 der zweiten Polarität.

Der Herstellungsprozess der Solarzelle 10 wird im Weiteren anhand der Figuren 2a bis 2h erläutert. Die Figuren 2a bis

25 2h illustrieren den Prozessablauf für die Fertigung einer rückseitenkontaktierten Solarzelle 10 mit einem passivierten Kontakt im Bereich der hochdotierten Siliziumschicht 20 und einem diffundierten Kontakt im Bereich der hochdotierten Basisbereiche 30. Als

30 Ausgangsmaterial kann das Halbleitersubstrat 12 n- oder p-

Typ dotiert sein. Der Prozessablauf wird anhand einer n-Typ Dotierung des Wafers, der "Basis", erläutert.

Figur 2a zeigt die Ausgangsform des Siliziumwafers 12 mit einer polierten Rückseite 14 und einer texturierten

- 5 Vorderseite 16. Gemäß einer weiteren nicht dargestellten Ausgangsform können Vorder- und Rückseite entweder beide poliert oder beide texturiert vorliegen. Gemäß der dargestellten Ausführungsform wird auf der Vorderseite 16 und auf der Rückseite 14 eine erste Passivierschicht 18, 10 z.B. ein Siliziumdioxid, mit einer Dicke von vorzugsweise maximal etwa 4 nm, beispielsweise in einem thermischen oder nasschemischen Prozess oder durch Deposition, hergestellt. Alternativ kann die kann die Abscheidung gemäß einer weiteren nicht dargestellten Ausführungsform der ersten 15 Passivierschicht nur auf der Rückseite 14 erfolgen. In einem nächsten Schritt, vgl. Figur 2b, wird eine, insbesondere vollflächige, hochdotierte Siliziumschicht 20 einer ersten Polarität auf der Tunnelschicht 18 auf der Rückseite 14 abgeschieden. Im Weiteren wird von einer p-Typ 20 Dotierung als erste Polarität der hochdotierten Siliziumschicht ausgegangen. Die Abscheidung der hochdotierten p-Typ Siliziumschicht 20 kann beispielsweise mittels plasmaunterstützter chemischer Gasphasenabscheidung, PECVD, atmosphärischer chemischer 25 Gasphasenabscheidung, APCVD, chemischer Niederdruck-Gasphasenabscheidung (LPCVD) oder Kathodenzerstäubung erfolgen. Die hochdotierte p-Typ Siliziumschicht 20 weist eine Dicke von ca. 50 nm bis 400 nm auf. Gemäß einer weiteren nicht dargestellten Ausführungsform kann die

Abscheidung der hochdotierten Siliziumschicht auch beidseitig auf Vorder- und Rückseite erfolgen.

Das Abscheiden der hochdotierten p-Typ Siliziumschicht 20 kann statt in einem auch in zwei Schritten erfolgen. In

5 diesem Fall umfasst das Abscheiden der p-Typ Siliziumschicht 20 das Abscheiden von undotiertem Silizium und anschließendes Einbringen eines Dotierstoffs. Das Einbringen des Dotierstoffs erfolgt beispielsweise mittels Ofendiffusion oder Laserdiffusion aus einer auf der
10 Siliziumschicht aufgetragenen Dotierquelle oder mittels Ionenimplantation. Bei dem Dotierstoff handelt es sich beispielweise um Bor, Aluminium oder Gallium.

In einem nächsten Schritt des Verfahrens, vgl. Figur 2c, wird eine dielektrische Schicht 22 auf der Rückseite 14 auf
15 der hochdotierten Siliziumschicht 20 abgeschieden. Die Schichtabscheidung erfolgt nur auf der Rückseite 14. Eine parasitäre Abscheidung auf der Vorderseite 16 ist nicht ganz auszuschließen. Die Abscheidung der dielektrischen Schicht 22 erfolgt z.B. mittels PECVD, APCVD, LPCVD oder
20 PVD. Die dielektrische Schicht 22 weist eine größere Dicke als die erste Passivierschicht 18 auf und ist somit dicker als 4 nm.

Figur 2d zeigt einen weiteren Verfahrensschritt, das Freilegen von Basisbereichen 24 des Halbleitersubstrats 12
25 auf der Rückseite 14 durch lokales Entfernen der dielektrischen Schicht 22, der hochdotierte Siliziumschicht 20 der ersten Polarität und der ersten Passivierschicht 18. Weiter ist das Entfernen der Passivierschicht 18 auf der Vorderseite 16 dargestellt. In einer weiteren nicht

dargestellten Ausführungsform kann auch ein Entfernen einer Siliziumschicht auf der Vorderseite 16 erforderlich sein. Das Freilegen der Basisbereiche 24 erfolgt beispielsweise durch lokales Entfernen der dielektrischen Schicht 22 durch
5 Laserbestrahlung. Denkbar ist auch, dass die zweite dielektrische Schicht 22 nicht gänzlich entfernt wird. Die hochdotierte Siliziumschicht 20, die erste Passivierschicht 18 und gegebenenfalls ein Teil des Halbleitersubstrats 12 können ebenfalls zumindest teilweise
10 lokal durch Laserbestrahlung entfernt werden. Alternativ kann die hochdotierte Siliziumschicht 20 und/oder die erste Passivierschicht 18 teilweise lokal durch eine nasschemische Lösung geätzt werden. Die dielektrische Schicht 22 wurde vorteilhafterweise so
15 gewählt, dass die nasschemische Lösung die dielektrische Schicht 22 nicht ätzt, oder wesentlich langsamer als die hochdotierte Siliziumschicht 20 und die erste Passivierschicht 18. Je nachdem welche Schichten vorhergehend bereits durch Laserbestrahlung entfernt
20 wurden, ätzt die nasschemische Lösung gegebenenfalls auch verbliebene Reste der dielektrischen Schicht 22, die erste Passivierschicht 18 auf Vorderseite 16 und gegebenenfalls ein Teil des Halbleitersubstrats auf Vorderseite 16 und Rückseite 14. Alternativ kann die erste Passivierschicht 18
25 auch als Ätzbarriere dienen, sodass die erste Passivierschicht und das Halbleitersubstrat 12 nicht geätzt werden. Für den Fall, dass sich auf der Vorderseite 16 auch die hochdotierte Siliziumschicht befindet, wird diese in einer weiteren nicht dargestellten Ausführungsform
30 ebenfalls geätzt.

Es kann vorgesehen sein, dass das Ätzen ein isotropes Ätzen zum Polieren von Bereichen und/oder dass das Ätzen ein anisotropes Ätzen zum Texturieren von Bereichen umfasst. Beispielsweise können durch isotropes Ätzen mit einer

5 nasschemischen Lösung auf der Rückseite 14 die Basisbereiche 24 poliert werden. Alternativ können durch anisotropes Ätzen mit einer nasschemischen Lösung auf der Rückseite 14 die Basisbereiche 24 texturiert werden. Es kann auch vorteilhaft sein, wenn durch anisotropes Ätzen

10 mit einer nasschemischen Lösung die Vorderseite 16 texturiert wird. Für das Entfernen und gegebenenfalls Texturieren und/oder Polieren der unterschiedlichen Schichten und Oberflächen können unterschiedliche nasschemische Lösungen verwendet werden.

15 In Figur 2e ist die Deposition einer Precursorschicht 26 auf der gesamten Rückseite 14 und der gesamten Vorderseite 16 der Solarzelle 10 dargestellt. Die Deposition auf Vorderseite 16 und Rückseite 14 erfolgt beispielsweise gleichzeitig. Die Precursorschichten 26 auf Vorderseite 16

20 und Rückseite 14 können unterschiedliche Eigenschaften, beispielsweise hinsichtlich der Dicke oder einer in der Precursorschicht 26 enthaltenen Dotierstoffmenge, umfassen. Auf der Rückseite kann die Precursorschicht 26 auf den unterschiedlichen Oberflächen, der dielektrischen Schicht

25 22 beziehungsweise dem freigelegten Basisbereich 24 unterschiedlich abgeschieden werden und somit unterschiedliche Eigenschaften aufweisen. Bei der Precursorschicht 26 handelt es sich um eine Schicht umfassend einen Dotierstoff einer zweiten Polarität,

30 insbesondere eine Phosphorsilikatglasschicht, PSG. Zum

Aufbringen der Precursorschicht 26 kann beispielsweise ein Ofendiffusionsprozess gefahren werden, bei dem eine Phosphorsilikatglasschicht auf der hochdotierten Siliziumschicht 20 auf der Rückseite 14 und auf der Vorderseite 16 wächst. Der Ofendiffusionsprozess kann so gefahren werden, dass nach dem Ofendiffusionsprozess in der Phosphorsilikatglasschicht ein hoher Anteil an Phosphor enthalten ist. Alternativ kann die Precursorschicht 26, beispielsweise PSG, zum Beispiel mittels PECVD, LPCVD oder APCVD abgeschieden werden.

In einem Hochtemperaturschritt, in dem der Dotierstoff aus der Precursorschicht 26 in die Basisbereiche 24 auf der Rückseite 14 und/oder in die Oberfläche der Vorderseite 16 diffundiert, wird die Dotierung in den Basisbereichen 24 auf der Rückseite 14 erhöht und ein dotierter Bereich 28 auf der Vorderseite 16 erzeugt. Der Dotierstoff dotiert die Basisbereiche 24 auf der Rückseite 14 gemäß einer zweiten Polarität, entgegengesetzt der ersten Polarität der hochdotierten Siliziumschicht 20, sodass dotierte Basisbereiche 24 erzeugt werden. Die dotierten Basisbereiche 24 auf der Rückseite 14 umfassen eine höhere Dotierstoffkonzentration als die Dotierstoffkonzentration des Halbleitersubstrats 12. Auf der Rückseite 14 diffundiert der Dotierstoff aus der Precursorschicht 26 nicht, oder nur in geringen Mengen, in die hochdotierte Siliziumschicht 20, da die dielektrische Schicht 22 als Diffusionsbarriere gegen den Dotierstoff aus der Precursorschicht 26 dient. Auf der Vorderseite 16 wird durch die Dotierung der Oberfläche gemäß der zweiten Polarität der dotierte Bereich 28 auf der Vorderseite 16

erzeugt. Die Dotierstoffkonzentration des dotierten Bereichs 28 auf der Vorderseite 16 ist höher als die Dotierstoffkonzentration des Halbleitersubstrats 12. Bei dem Hochtemperaturschritt handelt es sich beispielsweise um den Ofendiffusionsschritt zum Aufbringen der Precursorschicht 26. Alternativ kann es sich auch um einen zusätzlichen Hochtemperaturschritt handeln. Der Hochtemperaturschritt kann beispielsweise so gefahren werden, dass nur ein Teil des zweiten Dotierstoffes aus der Precursorschicht in die Basisbereiche auf der Rückseite diffundiert, so dass sich anschließend vorzugsweise noch eine signifikante Menge an Dotierstoff in der Precursorschicht 26 befindet. Der Hochtemperaturschritt kann auch zur Aktivierung des Dotierstoffes in der hochdotierten Schicht 20 dienen.

Figur 2f zeigt das Erzeugen von hochdotierten Basisbereichen 30 in den dotierten Basisbereichen 24, durch lokale Erhöhung der Dotierstoffkonzentration, insbesondere durch Laserbestrahlung. Durch die Laserbestrahlung schmilzt oder verdampft die vorher abgeschiedene Precursorschicht 26 und die Oberfläche auf der Rückseite wird in den bestrahlten Bereichen lokal erhitzt und aufgeschmolzen. Weiterer Dotierstoff aus der Precursorschicht diffundiert an den bestrahlten Bereichen in die Oberfläche und dotiert, nach Abkühlen und Rekristallisation, den bestrahlten Bereich weiter gemäß der zweiten Polarität, sodass die hochdotierten Basisbereiche 30 erzeugt werden. Die Dotierstoffkonzentration in hochdotierten Basisbereichen 30 ist signifikant höher als die Dotierstoffkonzentration des

Halbleitersubstrats 12, der dotierten Basisbereiche 24 und dem dotierten Bereich 28 auf der Vorderseite 16. Durch geeignete Wahl der Laserparameter können in den hochdotierten Basisbereichen 30 auch lokal selektiv unterschiedlich hochdotierte Abschnitte erzeugt werden. Weiter ist vorgesehen, dass insbesondere verbliebene Reste der Precursorschicht 26 von der Vorderseite 16 und von der Rückseite 14 entfernt werden. Das Entfernen erfolgt nach der Laserbestrahlung beispielsweise in einem nasschemischen Reinigungsschritt. Vorteilhafterweise werden durch den nasschemischen Reinigungsschritt oder durch einen weiteren nachchemischen Reinigungsschritt auch verbliebene Reste der dielektrische Schicht 22 von der hochdotierten Siliziumschicht 20 entfernt.

Das Verfahren umfasst weiter einen Schritt zum Aufbringen einer zweiten Passivierschicht 32 auf der Rückseite 14 und einer dritten Passivierschicht 34 auf der Vorderseite 16, vgl. Figur 2g. Die Passivierschichten 32, 34 umfassen beispielsweise Siliziumdioxid, Siliziumnitrid, Aluminiumoxid oder einen Schichtstapel aus zwei oder mehreren dielektrischen Schichten. Dabei kann sich die Dicke, Brechungsindex und Zusammensetzung der zweiten Passivierschicht 32 auf der Rückseite 14 von Dicke, Brechungsindex und Zusammensetzung der dritten Passivierschicht 34 auf der Vorderseite 16 unterscheiden. Die Dicken der Passivierschichten 32, 34 sind vorteilhafterweise so optimiert, dass die Reflexion auf der Vorderseite 16 verringert und auf der Rückseite 14 erhöht wird. Die Passivierschichten 32, 34 umfassen vorteilhafterweise eine größere Dicke als die erste

Passivierschicht 18. Die Dicke der zweiten Passivierschicht 32 ist vorteilhafterweise größer als 4 nm. Der Hochtemperaturschritt für das Wachsen des thermischen Siliziumdioxids, der Passivierschichten 32, 34 kann auch zur Aktivierung des Dotierstoffes in der hochdotierten Schicht 20 dienen.

Das Verfahren umfasst weiter einen Schritt zum Aufbringen von Elektroden 36 einer ersten Polarität und Elektroden 38 einer zweiten Polarität auf der Rückseite 14 der Solarzelle 10, vgl. Figur 2h. Das Aufbringen der Elektroden 36, 38 kann beispielsweise mittels Siebdruck, Aufdampfen, Sputtern oder galvanischer Abscheidung eines oder mehrerer Metallen oder anderer leitfähiger Schichten erfolgen. Die Elektroden 36, 38 können beispielsweise Silberpaste, Silber/Aluminium-Paste, Aluminiumpaste oder reines Aluminium, Kupfer, Zinn, Palladium, Silber, Titan, Nickel oder Schichtstapel oder Legierungen der genannten Metalle oder andere leitfähige Schichten, insbesondere leitfähige Polymere oder Oxide, oder eine Kombination solcher Schichten mit Metallen umfassen. Die Zusammensetzung und der Abscheidungsprozess der Elektroden 36, 38 kann sich für die Elektroden 36, 38 der beiden Polaritäten unterscheiden. Die Elektroden 36, 38 können, insbesondere in einem Hochtemperaturschritt nach dem Siebdrucken, lokal die Passivierschicht 32 durchdringen und, je nach Polarität der Elektroden 36, 38, entweder einen dotierten Basisbereich 24, die hochdotierte Siliziumschicht 20, oder einen hochdotierten Basisbereich 30 kontaktieren. Vorzugsweise kontaktieren die Elektroden 38 der zweiten Polarität nur die hochdotierten Basisbereiche 30 und nicht die dotierten Basisbereiche 24.

Optional kann vor dem Aufbringen der Elektroden 36, 38 die Passivierschicht 32 selektiv, beispielsweise durch Laserbestrahlung, entfernt werden, sodass die Elektroden die hochdotierte Siliziumschicht 20 bzw. die lokal

5 hochdotierten Basisbereiche 30 ausschließlich in den selektiv entfernten Bereichen direkt kontaktieren.

Patentansprüche

1. Rückseitenkontaktierte Solarzelle (10), umfassend ein Halbleitersubstrat (12), insbesondere einen
5 Siliziumwafer, umfassend eine Vorderseite (16) und eine Rückseite (14), wobei die Solarzelle (10) auf der Rückseite Elektroden (36) einer ersten Polarität und Elektroden (38) einer zweiten Polarität umfasst, dadurch gekennzeichnet, dass die Elektroden (36) der
10 ersten Polarität auf einer hochdotierten Siliziumschicht (20) der ersten Polarität angeordnet sind, wobei die hochdotierte Siliziumschicht (20) auf einer auf dem Halbleitersubstrat angeordneten ersten Passivierschicht (18) angeordnet ist, und die
15 Elektroden (38) der zweiten Polarität das Halbleitersubstrat (12) über hochdotierte Basisbereiche (30) der zweiten Polarität des Halbleitersubstrats (12) direkt elektrisch und mechanisch kontaktieren.
- 20 2. Rückseitenkontaktierte Solarzelle (10) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die hochdotierten Basisbereiche (30) der zweiten Polarität innerhalb der dotierten Basisbereiche (24) der zweiten Polarität auf
25 der Rückseite (14) der Solarzelle (10) ausgebildet sind, wobei eine Dotierstoffkonzentration in den hochdotierten Basisbereichen (30) höher ist, als eine Dotierstoffkonzentration in den dotierten Basisbereichen (24), und wobei die Dotierstoffkonzentration in den hochdotierten

Basisbereichen (30) höher ist als eine Dotierstoffkonzentration eines dotierten Bereichs (28) auf der Vorderseite (16) der Solarzelle (10).

3. Rückseitenkontaktierte Solarzelle (10) nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass auf nicht durch die Elektroden (36) der ersten Polarität und nicht durch die Elektroden (38) der zweiten Polarität kontaktierten Oberflächenbereichen der Rückseite (14) eine zweite Passivierschicht (32) angeordnet ist, wobei die zweite Passivierschicht dicker ist als die erste Passivierschicht.
4. Verfahren zum Herstellen einer rückseitenkontaktierten Solarzelle nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei ein Halbleitersubstrat (12) der Solarzelle (10), eine, insbesondere polierte oder texturierte, Rückseite (14) und eine, insbesondere texturierte, Vorderseite (16) umfasst, dadurch gekennzeichnet, dass auf einer Oberfläche der Vorderseite (16) und/oder auf einer Oberfläche der Rückseite (14), eine erste Passivierschicht (18), insbesondere umfassend Siliziumdioxid, aufgebracht wird.
5. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Verfahren einen Schritt zum Abscheiden einer, insbesondere vollflächigen, hochdotierten Siliziumschicht (20) einer ersten Polarität auf der ersten Passivierschicht (18) auf der Rückseite (14) umfasst.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, dass eine dielektrische Schicht (22) auf der Rückseite (14) aufgebracht wird.
- 5 7. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass durch lokales Entfernen der dielektrischen Schicht (22), und der hochdotierten Siliziumschicht (20) der ersten Polarität und der ersten Passivierschicht (18) auf der Rückseite (14) Basisbereiche (24) des Halbleitersubstrats auf der
10 Rückseite (14) freigelegt werden.
8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass in den Basisbereichen (24) lokal ein Teil des Halbleitersubstrats (12) entfernt wird.
- 15 9. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass Freilegen der Basisbereiche (24) des Halbleitersubstrats auf der Rückseite ein Ätzen der hochdotierten Siliziumschicht (20) der ersten Polarität und/oder der ersten Passivierschicht (18) und/oder eines Teils des Halbleitersubstrats lokal in
20 den Basisbereichen (24) umfasst.
10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass das Ätzen ein isotropes Ätzen zum Polieren von Bereichen und/oder dass das Ätzen ein anisotropes Ätzen zum Texturieren von Bereichen umfasst.
- 25 11. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass das Verfahren einen Schritt zum Anbringen einer Precursorschicht (26) umfassend einen

Dotierstoff, insbesondere Phosphor, auf der Rückseite (14), oder auf der Rückseite (14) und auf der Vorderseite (16), umfasst.

12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet,
5 dass durch einen Hochtemperaturschritt, in dem der Dotierstoff aus der Precursorschicht (26) in die Basisbereiche (24) auf der Rückseite (14) und/oder in die Oberfläche der Vorderseite (16) diffundiert, die Dotierung in den Basisbereichen (24) auf der Rückseite
10 erhöht wird und/oder ein dotierter Bereich (28) auf der Vorderseite (16) erzeugt wird.
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 12, der dadurch gekennzeichnet ist, dass innerhalb den dotierten Basisbereichen (24) auf der Rückseite (14)
15 ein hochdotierter Basisbereich (30) erzeugt wird, durch lokale Erhöhung der Dotierstoffkonzentration, insbesondere durch Laserbestrahlung.
14. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 11 bis
20 13, dadurch gekennzeichnet, dass das Verfahren einen Schritt zum Entfernen der Precursorschicht (26), insbesondere Phosphorsilikatglas, von der Vorderseite (16) und/oder von der Rückseite (14) umfasst.
15. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 4 bis
25 14, dadurch gekennzeichnet, dass das Verfahren einen Schritt zum Aufbringen einer zweiten Passivierschicht (32) auf der Rückseite (14) und/oder einer dritten

Passivierschicht (34) auf der Vorderseite (16) umfasst.

16. Verfahren nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet,
dass das Verfahren einen Schritt zum selektiven
5 Entfernen der zweiten Passivierschicht (32) auf der
Rückseite (14) umfasst.
17. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 4 bis
16, dadurch gekennzeichnet, dass das Verfahren einen
Schritt zum Aufbringen von Elektroden (36) einer
10 ersten Polarität und Elektroden (38) einer zweiten
Polarität auf der Rückseite (14) der Solarzelle (10)
umfasst.