

(12)

Gebrauchsmusterschrift

(21) Anmeldenummer: GM 50174/2022
(22) Anmeldetag: 28.11.2022
(24) Beginn der Schutzdauer: 15.01.2025
(45) Veröffentlicht am: 15.01.2025

(51) Int. Cl.: **H01L 31/18** (2006.01)
H01L 31/0747 (2012.01)
H01L 31/0216 (2006.01)

(30) Priorität:
01.06.2022 CN CN202210611082.8 beansprucht.
01.06.2022 CN CN202210611083.2 beansprucht.

(56) Entgegenhaltungen:
US 2020279970 A1

(73) Gebrauchsmusterinhaber:
JINKO SOLAR (HAINING) CO., LTD.
314416 Jiaxing City, Zhejiang Province (CN)

(72) Erfinder:
Mao Jie
314416 Jiaxing City, Zhejiang Province (CN)
Xu Menglei
314416 Jiaxing City, Zhejiang Province (CN)
Zheng Peiting
314416 Jiaxing City, Zhejiang Province (CN)
Yang Jie
314416 Jiaxing City, Zhejiang Province (CN)
Zhang Xinyu
314416 Jiaxing City, Zhejiang Province (CN)

(74) Vertreter:
Israiloff Peter Dipl.-Ing. Dr.techn.
1010 Wien (AT)
Barger Werner Dipl.-Ing
1010 Wien (AT)

(54) PHOTOVOLTAIKZELLE UND PHOTOVOLTAIKMODUL

(57) Bereitgestellt wird eine Photovoltaikzelle, die Folgendes umfasst: ein Substrat (10); eine Tunnelschicht (121), eine Feldpassivierungsschicht (122), einen ersten Passivierungsfilm (123) und eine erste Elektrode (124), die der Reihe nach auf einer hinteren Oberfläche des Substrats (10) angeordnet sind. Die erste Elektrode (124) dringt in den ersten Passivierungsfilm (123) ein und ist in Kontakt mit der Feldpassivierungsschicht (122). Eine Dotierungskonzentration eines ersten Dotierungselements in der Tunnelschicht (121) ist niedriger als eine Dotierungskonzentration des ersten Dotierungselements in der Feldpassivierungsschicht (122) und die Dotierungskonzentration des ersten Dotierungselements in der Tunnelschicht (121) ist höher als eine Dotierungskonzentration des ersten Dotierungselements in dem Substrat (10). Die Feldpassivierungsschicht (122) umfasst einen ersten Dotierungsbereich und einen zweiten Dotierungsbereich und eine

Dotierungskurvensteigung des ersten Dotierungsbereichs ist positiv und ein Absolutwert der Dotierungskurvensteigerung des ersten Dotierungsbereiches größer als ein Absolutwert einer Dotierungskurvensteigung des zweiten Dotierungsbereichs.

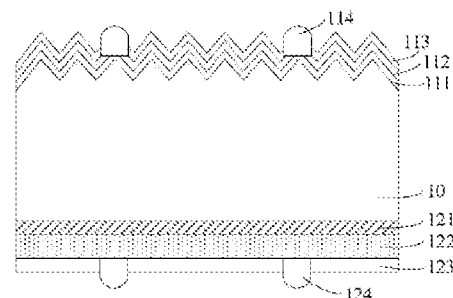


FIG. 1

Beschreibung

PHOTOVOLTAIKZELLE UND PHOTOVOLTAIKMODUL

TECHNISCHES GEBIET

[0001] Ausführungsformen des Gebrauchsmusters betreffen im Allgemeinen Photovoltaiktechnologie und insbesondere eine Photovoltaikzelle und ein Photovoltaikmodul.

ALLGEMEINER STAND DER TECHNIK

[0002] Herkömmliche fossile Brennstoffe von Photovoltaikmodulen sind zunehmend erschöpft und Sonnenenergie ist unter allen nachhaltigen Energiequellen zweifellos die sauberste, häufigste und vielversprechendste alternative Energiequelle. Allgemein sind unter allen Photovoltaikzellen kristalline Silizium-Photovoltaikzellen mit die am besten im Handel erhältlichen Photovoltaikzellen, da Silizium in der Kruste äußerst reichlich vorhanden ist und die kristallinen Silizium-Photovoltaikzellen im Vergleich mit anderen Typen von Photovoltaikzellen hervorragende elektrische und mechanische Eigenschaften aufweisen. Daher spielen die kristallinen Silizium-Photovoltaikzellen eine wichtige Rolle auf dem Gebiet der Photovoltaik.

[0003] Mit der Entwicklung der Photovoltaikzellentechnologie wird Rekombinationsverlust des Metallkontaktbereichs einer von wichtigen Faktoren, welche die weitere Verbesserung des Umwandlungswirkungsgrads der Photovoltaikzelle einschränken. Zum Verbessern des Umwandlungswirkungsgrads der Photovoltaikzelle wird die Photovoltaikzelle durch passivierten Kontakt passiviert, um die Rekombination eines Inneren und einer Oberfläche der Photovoltaikzelle zu vermindern. Herkömmliche Passivierungskontaktzellen umfassen Heteroübergangszellen mit intrinsischer Dünnschicht (Heterojunction with Intrinsic Thin-layer - HIT) und TOPCon-Zellen (Tunnel Oxide Passivated Contact). Der Umwandlungswirkungsgrad bestehender Zellen mit passiviertem Kontakt muss indes verbessert werden.

KURZDARSTELLUNG

[0004] Einige Ausführungsformen des Gebrauchsmusters stellen eine Photovoltaikzelle und ein Photovoltaikmodul bereit, die den Passivierungseffekt und den Umwandlungswirkungsgrad der Photovoltaikzelle verbessern.

[0005] Einige Ausführungsformen des Gebrauchsmusters stellen eine Photovoltaikzelle bereit, die Folgendes umfasst: ein Substrat; und eine Tunnelschicht, eine Feldpassivierungsschicht, einen ersten Passivierungsfilm und eine erste Elektrode, die der Reihe nach auf einer hinteren Oberfläche des Substrats angeordnet sind, wobei die erste Elektrode in den ersten Passivierungsfilm eindringt und mit der Feldpassivierungsschicht in Kontakt ist; wobei das Substrat, die Tunnelschicht und die Feldpassivierungsschicht alle das gleiche erste Dotierungselement umfassen, eine Dotierungskonzentration des ersten Dotierungselements in der Tunnelschicht niedriger als eine Dotierungskonzentration des ersten Dotierungselements in der Feldpassivierungsschicht ist und die Dotierungskonzentration des ersten Dotierungselements in der Tunnelschicht höher als eine Dotierungskonzentration des ersten Dotierungselements im Substrat ist; wobei die Feldpassivierungsschicht einen ersten Dotierungsbereich und einen zweiten Dotierungsbereich umfasst und der zweite Dotierungsbereich der Tunnelschicht in Bezug auf den ersten Dotierungsbereich benachbart ist; wobei eine Dotierungskurvensteigung des ersten Dotierungsbereichs größer als eine Dotierungskurvensteigung des zweiten Dotierungsbereichs ist, das erste Dotierungselement getempert und aktiviert wird, um ein aktiviertes erstes Dotierungselement zu erhalten, und die Dotierungskurvensteigung eine Steigung einer Kurve angibt, in welcher eine Dotierungskonzentration des aktivierten ersten Dotierungselements sich mit einer Dotierungstiefe des aktivierten ersten Dotierungselements ändert; und wobei eine Dotierungskurvensteigung der Tunnelschicht in einer Richtung entlang der Tunnelschicht hin zu dem Substrat allmählich abnimmt.

[0006] In einigen Ausführungsformen nimmt eine Dotierungskurvensteigung des Substrats allmählich zu und neigt dazu, in einer Richtung entlang der hinteren Oberfläche des Substrats hin zu einem Inneren des Substrats stabil zu sein.

In einigen Ausführungsformen ist die Dotierungskurvensteigung des Substrats kleiner oder gleich einem Durchschnittswert der Dotierungskurvensteigung des zweiten Dotierungsbereichs.

[0007] In einigen Ausführungsformen liegt eine Dotierungskonzentration des aktivierten ersten Dotierungselements in der Feldpassivierungsschicht in einem Bereich von 1×10^{20} Atom/cm³ bis 5×10^{20} Atom/cm³; und eine Aktivierungsrate des ersten Dotierungselements in der Feldpassivierungsschicht liegt in einem Bereich von 50 % bis 70% und die Aktivierungsrate ist ein Verhältnis der Dotierungskonzentration des aktivierten ersten Dotierungselements zu einer Konzentration des vollständig implantierten ersten Dotierungselements.

[0008] In einigen Ausführungsformen liegt die Dotierungskurvensteigung des ersten Dotierungsbereichs in einem Bereich von 5×10^{18} bis 1×10^{19} und die Dotierungskurvensteigung des zweiten Dotierungsbereichs liegt in einem Bereich von -5×10^{18} bis 5×10^{18} .

[0009] In einigen Ausführungsformen liegt die Dotierungskurvensteigung der Tunnelschicht in einem Bereich von $-2,5 \times 10^{19}$ bis $-2,5 \times 10^{18}$ und eine Dotierungskurvensteigung des Substrats liegt in einem Bereich von $-2,5 \times 10^{19}$ bis 0.

In einigen Ausführungsformen liegt eine Dicke der Feldpassivierungsschicht in einer Richtung senkrecht zu einer Oberfläche des Substrats in einem Bereich von 60nm bis 130nm und eine Dicke der Tunnelschicht liegt in der Richtung senkrecht zur Oberfläche des Substrats in einem Bereich von 0,5nm bis 3 nm.

[0010] In einigen Ausführungsformen umfasst die Photovoltaikzelle ferner einen Emitter, einen zweiten Passivierungsfilm und eine zweite Elektrode, die der Reihe nach auf einer vorderen Oberfläche des Substrats angeordnet sind, wobei die zweite Elektrode in den zweiten Passivierungsfilm eindringt und mit dem Emitter in Kontakt ist; wobei das Substrat ferner ein zweites Dotierungselement umfasst.

[0011] In einigen Ausführungsformen wird das zweite Dotierungselement getempert und aktiviert, um ein aktiviertes zweites Dotierungselement zu erhalten, und eine Dotierungskonzentration des aktivierten zweiten Dotierungselements auf der vorderen Oberfläche des Substrats liegt in einem Bereich von 5×10^{18} Atom/cm³ bis $1,5 \times 10^{19}$ Atom/cm³; und eine Konzentration des vollständig implantierten zweiten Dotierungselements liegt in einem Bereich von $1,5 \times 10^{19}$ Atom/cm³ bis 1×10^{20} Atom/cm³.

[0012] In einigen Ausführungsformen umfasst das Substrat einen ersten Bereich, einen zweiten Bereich und einen dritten Bereich in einer Richtung entlang der vorderen Oberfläche des Substrats hin zur hinteren Oberfläche des Substrats; der zweite Bereich ist zwischen dem ersten Bereich und dem dritten Bereich angeordnet, der erste Bereich ist der vorderen Oberfläche des Substrats in Bezug auf den zweiten Bereich benachbart und der dritte Bereich ist der hinteren Oberfläche des Substrats in Bezug auf den zweiten Bereich benachbart; und eine Dotierungskonzentration des zweiten Dotierungselements im zweiten Bereich und eine Dotierungskonzentration des zweiten Dotierungselements im dritten Bereich sind beide niedriger als eine Dotierungskonzentration des zweiten Dotierungselements im ersten Bereich.

[0013] In einigen Ausführungsformen liegt eine Dotierungskonzentration des aktivierten zweiten Dotierungselements im ersten Bereich in einem Bereich von 5×10^{18} Atom/cm³ bis $1,5 \times 10^{19}$ Atom/cm³.

[0014] In einigen Ausführungsformen liegt ein Abstand zwischen einer hinteren Oberfläche des ersten Bereichs und der vorderen Oberfläche des Substrats in einem Bereich von 350nm bis 450nm, ein Abstand zwischen einer hinteren Oberfläche des zweiten Bereichs und der vorderen Oberfläche des Substrats liegt in einem Bereich von 1000nm bis 1200nm und ein Abstand zwischen einer hinteren Oberfläche des dritten Bereichs und der vorderen Oberfläche des Substrats liegt in einem Bereich von 1200nm bis 1600 nm.

[0015] In einigen Ausführungsformen liegt eine Aktivierungsrate des zweiten Dotierungselements im ersten Bereich in einem Bereich von 20% bis 40%, eine Aktivierungsrate des zweiten Dotierungselements im zweiten Bereich liegt in einem Bereich von 60% bis 90% und eine Aktivierungsrate des zweiten Dotierungselements im dritten Bereich liegt in einem Bereich von 5% bis 90%;

und die Aktivierungsrate ist ein Verhältnis der Dotierungskonzentration des aktivierten zweiten Dotierungselements zur Konzentration des vollständig implantierten zweiten Dotierungselements.

[0016] Einige Ausführungsformen des Gebrauchsmusters stellen ferner ein Photovoltaikmodul bereit, das Folgendes umfasst: eine Zellenfolge, die durch eine Vielzahl von Photovoltaikzellen verbunden ist, wobei jede von der Vielzahl von Photovoltaikzellen die Photovoltaikzelle gemäß den vorhergehenden Ausführungsformen umfasst; eine Einkapselungsschicht, die dazu ausgestaltet ist, eine Oberfläche der Zellenfolge zu bedecken; und eine Abdeckplatte, die dazu ausgestaltet ist, eine Oberfläche der Einkapselungsschicht entfernt von der Zellenfolge zu bedecken.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0017] Figur 1 ist eine schematische Strukturveranschaulichung einer Photovoltaikzelle gemäß einer Ausführungsform des Gebrauchsmusters.

[0018] Figur 2 ist eine Kurvenveranschaulichung, die eine Dotierungskonzentration eines ersten Dotierungselements zeigt, die mit einer Dotierungstiefe des ersten Dotierungselements in einer Photovoltaikzelle gemäß einer Ausführungsform des Gebrauchsmusters variiert.

[0019] Figur 3 ist eine Verteilungsveranschaulichung, die eine Dotierungskurvensteigung eines ersten Dotierungselements zeigt, die sich mit einer Dotierungstiefe des ersten Dotierungselements in einer Photovoltaikzelle gemäß einer Ausführungsform des Gebrauchsmusters ändert.

[0020] Figur 4 ist eine Kurvenveranschaulichung, die eine Dotierungskonzentration eines zweiten Dotierungselements zeigt, die sich mit einer Dotierungstiefe des zweiten Dotierungselements in einer Photovoltaikzelle gemäß einer Ausführungsform des Gebrauchsmusters ändert.

[0021] Figur 5 ist eine Verteilungsveranschaulichung, die eine Aktivierungsrate eines zweiten Dotierungselements zeigt, die sich mit einer Dotierungstiefe des zweiten Dotierungselements in einer Photovoltaikzelle gemäß einer Ausführungsform des Gebrauchsmusters ändert.

[0022] Figur 6 ist eine schematische Strukturveranschaulichung eines Photovoltaikmoduls gemäß einer Ausführungsform des Gebrauchsmusters.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER AUSFÜHRUNGSFORMEN

[0023] Allgemein haben TOPCon-Zellen bislang aufgrund ihres hervorragenden Oberflächenpassivierungseffekts, hohen theoretischen Wirkungsgrads und guter Kompatibilität mit herkömmlichen Fertigungsstraßen eine andauernde Aufmerksamkeit auf sich gezogen. Das hervorstechendste Merkmal der TOPCon-Technologie ist seine qualitativ hochwertige laminierte Struktur aus ultradünnem Siliziumoxid und schwer dotiertem Polysilizium (Poly-Si). Daher ist Phosphordiffusionsdotierung ein wichtiger Teil der TOPCon-Technologie und es muss ein hervorragender passivierter Kontakt auf einer hinteren Oberfläche der TOPCon-Zelle durch Feldeffekt erreicht werden, der durch die Phosphordiffusionsdotierung gebildet wird.

[0024] Die gegenwärtige Untersuchung von Phosphordotierung konzentriert sich hauptsächlich auf die Verteilung von Phosphor in Poly-Si. Die Untersuchung der Konzentrationsänderung und Verteilung von Phosphor in Poly-Si-SiO_x-Si ist nicht perfekt, wodurch der Feldeffekt und der passivierte Kontakt nicht wesentlich verbessert werden können, um die Photovoltaikzelle weiter zu verbessern.

[0025] Zum Verbessern des Umwandlungswirkungsgrads der Photovoltaikzelle und wesentlichen Verbessern des Feldeffekts und des passivierten Kontakts stellen einige Ausführungsformen des Gebrauchsmusters eine Photovoltaikzelle bereit, in der eine Dotierungskonzentration eines ersten Dotierungselements in einer Feldpassivierungsschicht höher als eine Dotierungs-

konzentration des ersten Dotierungselements in einer Tunnelschicht sowie in einem Substrat ist, und das erste Dotierungselement erreicht eine hohe Aktivierungsrate in der Feldpassivierungsschicht, was das Verbessern des Passivierungseffekts und des Umwandlungswirkungsgrads der Photovoltaikzelle fördert. Einige Ausführungsformen in dem Gebrauchsmuster analysieren ferner die Verteilung einer Dotierungskonzentration von Phosphor in Poly-Si-SiO_x-Si der Photovoltaikzelle, wodurch eine Grundlage zur Verbesserung eines Phosphordotierungsprozesses und des Wirkungsgrads der Photovoltaikzelle bereitgestellt wird.

[0026] Unter Bezugnahme auf Figur 1 stellen einige Ausführungsformen des Gebrauchsmusters eine Photovoltaikzelle bereit, die ein Substrat 10; und eine Tunnelschicht 121, eine Feldpassivierungsschicht 122, einen ersten Passivierungsfilm 123 und eine erste Elektrode 124 umfasst, die der Reihe nach auf einer hinteren Oberfläche des Substrats 10 angeordnet sind. Die erste Elektrode 124 dringt in den ersten Passivierungsfilm 123 ein und ist in Kontakt mit der Feldpassivierungsschicht 122. Das Substrat 10, die Tunnelschicht 121 und die Feldpassivierungsschicht 122 umfassen alle ein gleiches erstes Dotierungselement, eine Dotierungskonzentration des ersten Dotierungselements in der Tunnelschicht 121 ist niedriger als eine Dotierungskonzentration des ersten Dotierungselements in der Feldpassivierungsschicht 122 und die Dotierungskonzentration des ersten Dotierungselements in der Tunnelschicht 121 ist höher als eine Dotierungskonzentration des ersten Dotierungselements im Substrat 10. Die Feldpassivierungsschicht 122 umfasst einen ersten Dotierungsbereich und einen zweiten Dotierungsbereich und der zweite Dotierungsbereich ist der Tunnelschicht 121 in Bezug auf den ersten Dotierungsbereich benachbart; wobei eine Dotierungskurvensteigung des ersten Dotierungsbereichs größer ist als eine Dotierungskurvensteigung des zweiten Dotierungsbereichs, wobei das erste Dotierungselement getempert und aktiviert wird, um ein aktiviertes erstes Dotierungselement zu erhalten, und die Dotierungskurvensteigung eine Steigung einer Kurve angibt, in welcher eine Dotierungskonzentration des aktivierten ersten Dotierungselements sich mit einer Dotierungstiefe des aktivierten ersten Dotierungselements ändert. Eine Dotierungskurvensteigung der Tunnelschicht 121 nimmt in einer Richtung entlang der Tunnelschicht 121 hin zu dem Substrat 10 allmählich ab.

[0027] Das Substrat 10 ist dazu ausgestaltet, einfallendes Licht zu empfangen und photogenerierte Ladungsträger zu erzeugen. In einigen Ausführungsformen ist die hintere Oberfläche des Substrats 10 entgegengesetzt zu einer vorderen Oberfläche des Substrats 10 angeordnet und sowohl die hintere Oberfläche als auch die vordere Oberfläche des Substrats 10 können dazu ausgestaltet sein, einfallendes Licht oder reflektiertes Licht zu empfangen.

[0028] In einigen Ausführungsformen kann das Substrat 10 ein Siliziumsubstrat sein und ein Material des Siliziumsubstrats kann mindestens eines von einem Einkristall-Silizium, Polysilizium, amorphem Silizium oder mikrokristallinem Silizium sein. Das Substrat 10 kann ein n-Typ-Halbleitersubstrat sein, d. h. das Substrat 10 ist mit einem ersten n-Typ-Dotierungselement dotiert. Das erste Dotierungselement kann irgendeines von Phosphor, Arsen oder Antimon sein. Insbesondere in dem Fall, in dem das erste Dotierungselement Phosphor ist, kann Phosphordiffusion auf der hinteren Oberfläche des Substrats 10 durch einen Dotierungsprozess (z. B. thermische Diffusion, Ionenimplantation usw.) durchgeführt werden, derart dass die Tunnelschicht 121, die Feldpassivierungsschicht 122 und das Substrat 10 alle mit Phosphor dotiert werden und Phosphor durch Temperbehandlung aktiviert wird, um aktivierten Phosphor zu erhalten.

[0029] Die Tunnelschicht 121 ist dazu ausgestaltet, Grenzflächenpassivierung der hinteren Oberfläche des Substrats 10 zu erreichen und Ladungsträgerwanderung durch einen Tunneleffekt zu erleichtern. In einigen Ausführungsformen kann ein Abscheidungsprozess, z. B. ein chemischer Gasphasenabscheidungsprozess, verwendet werden, um die Tunnelschicht 121 zu bilden. In einigen Ausführungsformen kann die Tunnelschicht 121 auch unter Verwendung eines Prozesses zur Erzeugung vor Ort gebildet werden. Insbesondere kann die Tunnelschicht 121 ein dielektrisches Material, wie beispielsweise Oxide, Nitride, Halbleiter, leitfähige Polymere usw., umfassen, das Passivierung und Tunneleffekte bereitstellt. Zum Beispiel kann ein Material der Tunnelschicht 121 mindestens ein Siliziumoxid, Siliziumnitrid, Siliziumoxinitrid, intrinsisches amorphes Silizium, intrinsisches Polysilizium usw. umfassen. In einigen Beispielen kann die Tunnelschicht 121 in der Praxis keine perfekte Tunnelbarriere sein, da die Tunnelschicht 121 Defekte, wie beispielsweise

Nadellöcher, umfassen kann, was dazu führt, dass andere Ladungsträgerübertragungsmechanismen, wie beispielsweise Drift, Diffusion, über den Tunneleffekt dominieren.

[0030] Die Feldpassivierungsschicht 122 ist dazu ausgestaltet, Feldpassivierung zu bilden. In einigen Ausführungsformen kann ein Material der Feldpassivierungsschicht 122 dotiertes Silizium sein. Insbesondere kann in einigen Ausführungsformen die Feldpassivierungsschicht 122 ein Dotierungselement mit dem gleichen Leitfähigkeitstyp wie das Substrat 10 aufweisen und das dotierte Silizium kann eines oder mehrere von n-typ-dotiertem Polysilizium, n-typ-dotiertem mikrokristallinem Silizium oder n-typ-dotiertem amorphem Silizium umfassen. Als eine Verbesserung ist das Material der Feldpassivierungsschicht 122 eine phosphor-dotierte Polysiliziumschicht. In einigen Ausführungsformen kann ein Abscheidungsprozess verwendet werden, um die Feldpassivierungsschicht 122 zu bilden. Insbesondere kann das intrinsische Polysilizium auf einer hinteren Oberfläche der Tunnelschicht 121 vom Substrat 10 entfernt abgeschieden werden, um eine Polysiliziumschicht zu bilden, und das erste Dotierungselement wird durch Ionenimplantation und Quelldiffusion dotiert, um eine n-typ-dotierte Polysiliziumschicht als die Feldpassivierungsschicht 122 zu bilden. In einigen Ausführungsformen kann zuerst n-typ-dotiertes amorphes Silizium auf der hinteren Oberfläche der Tunnelschicht 121 von dem Substrat 10 entfernt gebildet werden und die n-typ-dotierte Polysiliziumschicht wird dann gebildet, nachdem das n-typ-dotierte amorphe Silizium einer Hochtemperaturbehandlung unterzogen wurde.

[0031] Unter Bezugnahme auf Figur 1 ist der erste Passivierungsfilm 123 ein hinterer Passivierungsfilm, der sich auf einer Seite der Feldpassivierungsschicht 122 entfernt von der hinteren Oberfläche des Substrats 10 bildet. In einigen Ausführungsformen kann ein Material des ersten Passivierungsfilms 123 eines oder mehrere von Siliziumoxid, Aluminiumoxid, Siliziumnitrid, Siliziumoxinitrid oder Siliziumoxycarbonitrid sein. Insbesondere kann in einigen Ausführungsformen der erste Passivierungsfilm 123 eine einschichtige Struktur sein. In einigen Ausführungsformen kann der erste Passivierungsfilm 123 auch eine mehrschichtige Struktur sein. In einigen Ausführungsformen kann ein Verfahren zur plasmaunterstützten chemischen Gasphasenabscheidung (Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition - PECVD) zum Bilden des ersten Passivierungsfilms 123 verwendet werden.

[0032] Der erste Passivierungsfilm 123 passiviert Defekte, die in der Feldpassivierungsschicht 122 auf der hinteren Oberfläche des Substrats 10 vorhanden sind und entfernt Minderheitsrekombinationsabschnitte von Ladungsträgern, wodurch eine Leerlaufspannung der Photovoltaikzelle erhöht wird. Darüber hinaus kann ein erster Antireflexionsfilm ferner auf einer Seite des ersten Passivierungsfilms 123 entfernt von der hinteren Oberfläche des Substrats 10 bereitgestellt werden und der erste Antireflexionsfilm vermindert den Reflexionsgrad von Licht, das auf die hintere Oberfläche des Substrats 10 einfällt, um die Menge von Licht zu erhöhen, die einen Tunnelübergang erreicht, der durch das Substrat 10 und die Tunnelschicht 121 gebildet wird, wodurch ein Kurzschlussstrom (I_{sc}) der Photovoltaikzelle erhöht wird. Daher sind der erste Passivierungsfilm 123 und der erste Antireflexionsfilm in der Lage, die Leerlaufspannung und den Kurzschlussstrom der Photovoltaikzelle zu erhöhen, wodurch der Umwandlungswirkungsgrad der Photovoltaikzelle verbessert wird.

[0033] In einigen Ausführungsformen kann der erste Antireflexionsfilm aus verschiedenen Materialien gebildet werden, die in der Lage sind, Reflexion der Oberfläche zu verhindern. Zum Beispiel kann ein Material des ersten Antireflexionsfilms eines oder mehrere von Siliziumnitrid, wasserstoffhaltigem Siliziumnitrid, Siliziumoxid, Siliziumoxinitrid, Aluminiumoxid, MgF_2 , ZnS , TiO_2 oder CeO_2 sein. Insbesondere kann in einigen Ausführungsformen der erste Antireflexionsfilm eine einschichtige Struktur sein. In einigen Ausführungsformen kann der erste Antireflexionsfilm auch eine mehrschichtige Struktur sein. In einigen Ausführungsformen kann der erste Antireflexionsfilm unter Verwendung des PECVD-Verfahrens gebildet werden.

[0034] In einigen Ausführungsformen dringt die erste Elektrode 124 in den ersten Passivierungsfilm 123 ein, um elektrisch mit der Feldpassivierungsschicht 122 verbunden zu werden. Insbesondere ist die erste Elektrode 124 über eine Öffnung, die im ersten Passivierungsfilm 123 gebildet wird (d. h. am Zeitpunkt, an dem die erste Elektrode 124 in den ersten Passivierungsfilm 123

eindringt), elektrisch mit der Feldpassivierungsschicht 122 verbunden.

[0035] In einigen Ausführungsformen kann der Vorgang des Bildens der ersten Elektrode 124 das Drucken einer leitfähigen Paste auf einer Oberfläche des ersten Passivierungsfilms 123 in einem voreingestellten Bereich umfassen, und ein leitfähiges Material in der leitfähigen Paste kann mindestens eines von Silber, Aluminium, Kupfer, Zinn, Gold, Blei oder Nickel umfassen. Die leitfähige Paste kann, zum Beispiel mit einer Spitzentemperatur von 750°C bis 850°C, gesintert werden, um die erste Elektrode 124 zu bilden.

[0036] In einigen Ausführungsformen können für die Photovoltaikzelle, die in Figur 1 gezeigt ist, in dem Fall, in dem das erste Dotierungselement Phosphor ist, eine Konzentration von aktiviertem Phosphor und eine Konzentration von vollständig implantiertem Phosphor in einem Phosphordiffusionsdotierungsprozess durch ein elektrochemisches Kapazitäts-Spannungs-Messverfahren (Electrochemical Capacitance Voltage - ECV) und ein Sekundärionen-Massenspektrometrierfahren (SIMS) gemessen werden, um eine Verteilungskurve der Konzentration an aktiviertem Phosphor und der Konzentration des vollständig implantierten Phosphors, die sich mit der Dotierungstiefe ändern, zu erhalten, wie in Figur 2 gezeigt. Wie aus Figur 2 ersichtlich, nimmt der Verteilungstrend der Dotierungskonzentration des vollständig implantierten Phosphors in der Feldpassivierungsschicht 122, der Tunnelschicht 121 und dem Substrat 10 allmählich ab. In der Feldpassivierungsschicht 122 (einem Poly-Si-Film) beträgt die Konzentration des aktivierten Phosphors etwa 3×10^{20} Atom/cm³, die Konzentration des vollständig implantierten Phosphors beträgt etwa 5×10^{20} Atom/cm³ und eine Aktivierungsrate von Phosphor liegt in einem Bereich von 50% bis 70%, wodurch eine hohe Wahrscheinlichkeit der Phosphoraktivierung erreicht wird.

[0037] Unter Bezugnahme auf Figur 2 umfasst die Feldpassivierungsschicht 122 einen ersten Dotierungsbereich, der eine hohe Dotierungskonzentration aufweist, und einen zweiten Dotierungsbereich, der eine niedrigere Dotierungskonzentration aufweist als der erste Dotierungsbereich, wodurch der Passivierungseffekt verbessert wird, wenn Licht auf der Feldpassivierungsschicht 122 einfällt. Unterdessen wird ein Kontaktwiderstand zwischen der Feldpassivierungsschicht 122 und der ersten Elektrode 124 vermindert, wodurch der Umwandlungswirkungsgrad der Photovoltaikzelle verbessert wird.

[0038] Wie in Figur 2 gezeigt, ist in dem Konzentrationsspektrum des vollständig implantierten Phosphors, das durch einen Sekundärionen-Massenspektrometrie-Test (SIMS) erhalten wird, eine deutliche Dotierungskonzentrationsspitze vorhanden, da die chemische Umgebung von Phosphor sich auf beiden Seiten einer Grenzfläche zwischen der Feldpassivierungsschicht 122 und der Tunnelschicht 121 (einem Poly-Si-SiO_x-Film) ändert, wodurch die Ionizität von Phosphor beeinflusst wird. Insbesondere ist in dem SiO_x-Film der Tunnelschicht 121 Sauerstoff im Überfluss vorhanden, wodurch die Signalstärke von Phosphor in einem positiven Ionentestmodus der SIMS erhöht wird, was eine hohe, durch den Test erhaltene Dotierungskonzentration ergibt. Wenn indes eine Tiefe des Tests eine Einkristall-Siliziumschicht erreicht, in der das Substrat 10 angeordnet ist, tendiert die Signalstärke dazu, stabil zu sein.

[0039] Als ein Beispiel wird durch Kombinieren von ECV- und SIMS-Tests festgestellt, dass die Grenzflächentiefen von Poly-Si-SiO_x und SiO_x-Si etwa 94nm beziehungsweise 101nm betragen. Wie in Figur 2 gezeigt, beträgt die Konzentration des vollständig implantierten Phosphors von einer Oberflächenschicht der Feldpassivierungsschicht 122 zur Tunnelschicht 121 (d. h. die Grenzflächentiefe liegt in einem Bereich von 0nm bis 94nm) etwa 5×10^{20} Atom/cm³ und der Änderungstrend ist stabil. Bei einer Grenzflächentiefe von etwa 94nm beginnt die Konzentration des vollständig implantierten Phosphors zu schwanken und es ist eine Dotierungskonzentrationsspitze in einem Intervall zwischen einer Grenzflächentiefe von etwa 94nm und einer Grenzflächentiefe von etwa 101nm vorhanden. Nach einer Grenzflächentiefe von größer als 101nm nimmt indes die Konzentration des vollständig implantierten Phosphors allmählich ab und wird bei einer Grenzflächentiefe von etwa 310nm stabil. In einem Intervall zwischen einer Grenzflächentiefe von 310nm und einer Grenzflächentiefe von 500nm liegt die Konzentration des vollständig implantierten Phosphors in einem Bereich von 5×10^{18} Atom/cm³ bis 5×10^{19} Atom/cm³. Die Konzentration des aktivierten Phosphors von der Oberflächenschicht der Feldpassivierungsschicht 122 zur Tun-

nelschicht 121 (d. h. die Grenzflächentiefe liegt in einem Bereich von 0nm bis 94nm) beträgt etwa 3×10^{20} Atom/cm³ und der Änderungstrend ist stabil. Bei der Grenzflächentiefe von etwa 94nm nimmt die Konzentration des aktivierten Phosphors in hohem Maße ab. Nach der Grenzflächentiefe von größer als 101nm nimmt die Konzentration des aktivierten Phosphors langsam ab und erreicht den niedrigsten Wert bei einer Grenzflächentiefe von etwa 160 nm.

[0040] Es versteht sich, dass die Dotierungskurve eine Beziehung zwischen einer Dotierungskonzentration (in einer Einheit von Atom/cm³) von Phosphor und einer Dotierungstiefe (in einer Einheit von nm) von Phosphor ist. Die Dotierungskurvensteigung ist eine Steigung einer Dotierungskonzentration von getempertem und aktiviertem Phosphor, die sich mit der Dotierungstiefe des getemperten und aktivierten Phosphors ändert.

[0041] Figur 3 zeigt die Gradientenverteilung der Dotierungskurvensteigung von Phosphor, die sich mit der Dotierungstiefe von Phosphor ändert, in der die Änderung der Dotierungskonzentration von Phosphor in der TOPCon-Struktur deutlicher analysiert werden kann. Wie in Figur 3 gezeigt, ist die Grenze zwischen dem ersten Dotierungsbereich und dem zweiten Dotierungsbereich als eine gestrichelte Linie D gezeigt, die Grenze zwischen der Tunnelschicht 121 (einem SiO_x-Film) und dem zweiten Dotierungsbereich ist als die gestrichelte Linie E gezeigt und die Grenze zwischen der Tunnelschicht 121 und dem Substrat 10 ist als die gestrichelte Linie C gezeigt. Die Dotierungskurvensteigung von Phosphor nimmt im ersten Dotierungsbereich der Feldpassivierungsschicht 122 (dem Poly-Si-Film) in hohem Maße ab und die Dotierungskurvensteigung von Phosphor nimmt im zweiten Dotierungsbereich langsam ab und wird dann nahe Null stabil, was darauf hindeutet, dass sich die Dotierungskonzentration von Phosphor im ersten Dotierungsbereich der Feldpassivierungsschicht 122 (auch als eine Poly-Si-Schicht bezeichnet), in hohem Maße ändert, und die Dotierungskonzentration von Phosphor im ersten Dotierungsbereich der Feldpassivierungsschicht 122 neigt anschließend dazu, stabil zu sein. In der Tunnelschicht 121 (dem SiO_x-Film) ist die Dotierungskurvensteigung von Phosphor negativ und nimmt in hohem Maße ab, was darauf hindeutet, dass die Dotierungskonzentration von Phosphor allmählich abnimmt und ein Abnahmebereich groß wird.

[0042] In einigen Ausführungsformen nimmt eine Dotierungskurvensteigung des Substrats 10 allmählich zu und neigt dazu, stabil zu sein, wenn die hintere Oberfläche des Substrats 10 einem Inneren des Substrats 10 zugewandt ist. Wie in Figur 3 gezeigt, nimmt, wenn die Grenzflächentiefe des Substrats 10 zunimmt, die Dotierungskurvensteigung von Phosphor im Substrat 10 allmählich zu und neigt dazu, stabil zu sein, was darauf hindeutet, dass ein Abnahmebereich der Dotierungskonzentration von Phosphor im Substrat 10 klein wird und allmählich dazu neigt, stabil zu sein.

[0043] In einigen Ausführungsformen ist die Dotierungskurvensteigung des Substrats 10 kleiner oder gleich einem Durchschnittswert der Dotierungskurvensteigung des zweiten Dotierungsbereichs. Weiterhin unter Bezugnahme auf Figur 3 nimmt die Dotierungskurvensteigung des Substrats 10 allmählich zu und tendiert zu einem stabilen Wert, der ungefähr gleich dem Durchschnittswert der Dotierungskurvensteigung des zweiten Dotierungsbereichs ist.

[0044] In einigen Ausführungsformen liegt die Dotierungskonzentration des aktivierten ersten Dotierungselements 122 in der Feldpassivierungsschicht in einem Bereich von 1×10^{20} Atom/cm³ bis 5×10^{20} Atom/cm³. Eine Aktivierungsrate des ersten Dotierungselements in der Feldpassivierungsschicht 122 liegt in einem Bereich von 50% bis 70%. Die Aktivierungsrate ist ein Verhältnis der Dotierungskonzentration des aktivierten ersten Dotierungselements zu einer Konzentration an vollständig implantiertem ersten Dotierungselement.

[0045] Wie in Figur 2 gezeigt, kann in dem Fall, in dem das erste Dotierungselement Phosphor ist, eine Dotierungskonzentration des aktivierten Phosphors in der Feldpassivierungsschicht 122 1×10^{20} Atom/cm³, 2×10^{20} Atom/cm³, 3×10^{20} Atom/cm³, 4×10^{20} Atom/cm³ oder 5×10^{20} Atom/cm³ betragen. Als eine Verbesserung kann die Dotierungskonzentration des aktivierten Phosphors in der Feldpassivierungsschicht 122 3×10^{20} Atom/cm³ betragen, die Konzentration des vollständig implantierten Phosphors beträgt etwa 5×10^{20} Atom/cm³ und die Aktivierungsrate des ersten Dotierungselements in der Feldpassivierungsschicht 122 liegt in einem Bereich von 50% bis 70%.

wodurch eine höhere Wahrscheinlichkeit der Phosphoraktivierung erreicht wird.

[0046] In einigen Ausführungsformen liegt die Dotierungskurvensteigung des ersten Dotierungsbereichs in einem Bereich von 5×10^{18} bis 1×10^{19} . Die Dotierungskurvensteigung des zweiten Dotierungsbereichs liegt in einem Bereich von -5×10^{18} bis 5×10^{18} .

[0047] Wie in Figur 3 gezeigt, wird ein Bereich von einer Oberflächenschicht der Feldpassivierungsschicht 122 bis zur Grenzflächentiefe von etwa 10nm der Feldpassivierungsschicht 122 als ein erster Dotierungsbereich bezeichnet und die Dotierungskurvensteigung des ersten Dotierungsbereichs nimmt in hohem Maße ab. Im zweiten Dotierungsbereich nimmt die Dotierungskurvensteigung zuerst gleichmäßig ab (die Grenzflächentiefe liegt in einem Bereich von 10nm bis 20 nm) und die Dotierungskurvensteigung tendiert dazu, an der Grenzflächentiefe von etwa 20nm stabil zu sein, und ist immer in einem stabilen Zustand und setzt sich bis zur Grenzflächenposition der Poly-Si-SiO_x-Dünnschicht fort (die Grenzflächentiefe beträgt etwa 94nm).

In einigen Ausführungsformen liegt die Dotierungskurvensteigung der Tunnelschicht 121 in einem Bereich von $-2,5 \times 10^{19}$ bis $-2,5 \times 10^{18}$. Die Dotierungskurvensteigung des Substrats 10 liegt in einem Bereich von $-2,5 \times 10^{19}$ bis 0.

[0048] Weiterhin unter Bezugnahme auf Figur 3 nimmt die Dotierungskurvensteigung über eine Grenzflächentiefe von der Tunnelschicht 121 zum Substrat 10, d. h. der Grenzflächentiefe von dem SiO_x-Film zur kristallinen Siliziumschicht, stark von $2,5 \times 10^{18}$ auf $-2,5 \times 10^{19}$ (wie bei A in Figur 3 gezeigt) ab. Dies ist hauptsächlich darauf zurückzuführen, dass die chemische Umgebung von Phosphor sich ändert, wenn Phosphor von dem Poly-Si-Film in den SiO_x-Film eintritt, wodurch eine Ionizität von Phosphor beeinflusst wird, was eine große Abnahme der Dotierungskonzentration von Phosphor ergibt. Im Grenzflächentiefenbereich von der hinteren Oberfläche des Substrats 10 (Si) zur vorderen Oberfläche des Substrats 10 nimmt die Dotierungskurvensteigung in hohem Maße von $-2,5 \times 10^{19}$ auf $2,5 \times 10^{18}$ zu (wie bei B in Figur 3 gezeigt) und die Dotierungskurvensteigung von Phosphor neigt dann dazu, stabil zu sein. In Figur 3 ist ersichtlich, dass eine Dotierungskurvensteigung auf der linken Seite der Grenzfläche von SiO_x-Si und eine Dotierungskurvensteigung auf der rechten Seite der Grenzfläche von SiO_x-Si im Wesentlichen symmetrisch in Bezug auf die gestrichelte Linie C in Figur 3 sind und dass die Dotierungskurvensteigung von Phosphor, die im Substrat 10 stabil ist, im Wesentlichen gleich dem Durchschnittswert der Dotierungskurvensteigung des zweiten Dotierungsbereichs ist und dass eine Mittellinie der Dotierungskurvensteigung von Phosphor im zweiten Dotierungsbereich im Wesentlichen bündig mit einer Mittellinie der Dotierungskurvensteigung von Phosphor ist, die im Substrat 10 stabil ist.

[0049] In einigen Ausführungsformen liegt eine Dicke der Feldpassivierungsschicht 122 in einem Bereich von 60nm bis 130nm und eine Dicke der Tunnelschicht 121 liegt in einer Richtung senkrecht zur Oberfläche des Substrats 10 in einem Bereich von 0,5nm bis 3 nm.

[0050] In einigen Ausführungsformen kann zum Bereitstellen ausreichender Passivierung und Tunneleffekte die Dicke der Tunnelschicht 121 in einem Bereich von 0,5nm bis 3nm liegen. Wenn die Dicke der Tunnelschicht 121 3nm überschreitet, kann das Tunneln nicht wirksam durchgeführt werden und es ist möglich, dass die Photovoltaikzelle nicht in der Lage ist, betrieben zu werden. Wenn die Dicke der Tunnelschicht 121 kleiner als 0,5nm ist, kann sich die Passivierungsleistung verschlechtern. Zur weiteren Verbesserung des Tunneleffekts kann die Dicke der Tunnelschicht 121 in einem Bereich von 0,5nm bis 2nm liegen oder die Dicke der Tunnelschicht 121 kann in einem Bereich von 0,5nm bis 1nm liegen.

[0051] In einigen Ausführungsformen liegt eine Dicke des Substrats 10 in einem Bereich von 130µm bis 250µm.

[0052] Die Ausführungsformen des Gebrauchsmusters stellen eine Photovoltaikzelle und ein Photovoltaikmodul bereit. Eine theoretische Basis wird zur Verbesserung des Feldeffekts und des passivierten Kontakts sowie zur Verbesserung des Wirkungsgrads der Photovoltaikzelle durch Analysieren der Aktivierungsrate und der Dotierungskurvensteigung von Phosphor in dem Phosphordiffusionsdotierungsprozess der Photovoltaikzelle bereitgestellt. Aus Vorhergehendem ist bekannt, dass die Aktivierungsrate von Phosphor in der Feldpassivierungsschicht 122 im Bereich

von 50% bis 70% liegt, die Dotierungskurvensteigung von Phosphor in dem Poly-Si-Film zuerst abnimmt und dann im Bereich von 5×10^{18} bis -5×10^{18} stabil ist, die Dotierungskurvensteigung von Phosphor in dem SiO_x -Film von etwa -1×10^{18} bis etwa -3×10^{19} abnimmt und die Dotierungskurvensteigung von Phosphor in dem kristallinen Silizium allmählich zunimmt und im Bereich von -1×10^{17} bis -1×10^{18} stabil ist.

[0053] In einigen Ausführungsformen umfasst die Photovoltaikzelle ferner einen Emitter 111, einen zweiten Passivierungsfilm 112 und eine zweite Elektrode 114, die der Reihe nach auf einer vorderen Oberfläche des Substrats 10 angeordnet sind. Die zweite Elektrode 114 dringt in den zweiten Passivierungsfilm 112 ein und ist in Kontakt mit dem Emitter 111. Das Substrat 10 umfasst ferner ein zweites Dotierungselement.

[0054] In einigen Ausführungsformen umfasst das zweite Dotierungselement mindestens eines von Bor, Sauerstoff, Silizium, Chlor, Stickstoff und Kohlenstoff.

[0055] Insbesondere umfasst der vorhergehend beschriebene Herstellungsprozess der Photovoltaikzelle die folgenden Vorgänge. Zuerst wird eine p-Typ-Dotierungsquelle auf der vorderen Oberfläche des Substrats 10 abgeschieden, um eine Filmschicht zu bilden. Und dann wird die p-Typ-Dotierungsquelle in der Filmschicht eines voreingestellten Bereichs durch einen Dotierungsprozess in das Substrat 10 diffundiert, um den Emitter 111 im Inneren des Substrats 10 des voreingestellten Bereichs zu bilden.

[0056] In einigen Ausführungsformen ist die p-Typ-Dotierungsquelle ein einfacher Stoff, der ein dreiwertiges Element enthält, oder eine Verbindung, die das dreiwertige Element enthält, wie beispielsweise Bortribromid oder Bortrichlorid. In einigen Ausführungsformen ist, wenn die p-Typ-Dotierungsquelle eine Borquelle ist, das zweite Dotierungselement Bor. Der einfache Stoff, der das dreiwertige Element enthält, oder die Verbindung, die das dreiwertige Element enthält, wie beispielsweise Bortribromid oder Bortrichlorid, kann als die Dotierungsquelle verwendet werden. Insbesondere kann das zweite Dotierungselement in dem voreingestellten Bereich durch einen Dotierungsprozess, wie beispielsweise einen Laserdotierungsprozess, einen Plasmapositionierungsdotierungsprozess oder einen Ionenimplantationsprozess, in die vordere Oberfläche des Substrats 10 diffundiert werden.

[0057] In einigen Ausführungsformen umfasst, bevor die Filmschicht auf der vorderen Oberfläche des Substrats 10 gebildet wird, ein Vorgang des Vorbehandelns der vorderen Oberfläche des Substrats 10 das Reinigen des Substrats 10 und das Texturieren der vorderen Oberfläche des Substrats 10. Insbesondere kann eine pyramidale Texturstruktur auf der vorderen Oberfläche des Substrats 10 durch chemisches Ätzen, Laserätzen, mechanisches Ätzen, Plasmaätzen usw. gebildet werden. Einerseits wird die Rauigkeit der vorderen Oberfläche des Substrats 10 erhöht, derart dass der Reflexionsgrad der vorderen Oberfläche des Substrats 10 für das einfallende Licht gering ist, wodurch eine Absorptionsnutzung des einfallenden Lichts erhöht wird. Andererseits vergrößert das Vorhandensein der pyramidalen Texturstruktur einen Oberflächeninhalt der vorderen Oberfläche des Substrats 10 im Vergleich zur vorderen Oberfläche des Substrats 10, die eine flache Oberfläche ist, derart dass mehr zweite Dotierungselemente in der Lage sind, in der vorderen Oberfläche des Substrats 10 gespeichert zu werden, was zum Bilden des Emitters 111 mit einer höheren Konzentration führt. In einigen Ausführungsformen ist der Emitter 111 eine Dotierungsschicht, die zu einer gewissen Tiefe auf der vorderen Oberfläche des Substrats 10 diffundiert wird, wodurch ein PN-Übergang innerhalb des Substrats 10 gebildet wird.

[0058] Unter Bezugnahme auf Figur 1 ist der zweite Passivierungsfilm 112 ein vorderer Passivierungsfilm, der auf einer Seite des Emitters 111 entfernt von der vorderen Oberfläche des Substrats 111 gebildet ist. Ein Material des zweiten Passivierungsfilms 112 kann eines oder mehrere von Siliziumoxid, Aluminiumoxid, Siliziumnitrid, Siliziumoxinitrid oder Siliziumoxycarbonitrid sein. Insbesondere kann in einigen Ausführungsformen der zweite Passivierungsfilm 112 eine einschichtige Struktur sein. In einigen Ausführungsformen kann der zweite Passivierungsfilm 112 auch eine mehrschichtige Struktur sein. In einigen Ausführungsformen kann der zweite Passivierungsfilm 112 unter Verwendung eines PECVD-Verfahrens gebildet werden.

[0059] Darüber hinaus kann ein zweiter Antireflexionsfilm ferner auf einer Seite des zweiten Passivierungsfilms 112 entfernt von der vorderen Oberfläche des Substrats 10 bereitgestellt werden und der zweite Antireflexionsfilm vermindert den Reflexionsgrad von Licht, das auf die vordere Oberfläche des Substrats 10 einfällt, um die Menge von Licht zu erhöhen, die einen Tunnelübergang erreicht, der durch das Substrat 10 und der Emitter 111 gebildet wird, wodurch ein Kurzschlussstrom (I_{sc}) der Photovoltaikzelle erhöht wird. Daher sind der zweite Passivierungsfilm 112 und der zweite Antireflexionsfilm in der Lage, die Leerlaufspannung und den Kurzschlussstrom der Photovoltaikzelle zu erhöhen, wodurch der Umwandlungswirkungsgrad der Photovoltaikzelle verbessert wird.

[0060] In einigen Ausführungsformen ist ein Material des zweiten Antireflexionsfilms das gleiche wie dasjenige des ersten Antireflexionsfilms. Zum Beispiel kann das Material des zweiten Antireflexionsfilms eines oder mehrere von Siliziumnitrid, wasserstoffhaltigem Siliziumnitrid, Siliziumoxid, Siliziumoxinitrid, Aluminiumoxid, MgF_2 , ZnS , TiO_2 oder CeO_2 sein. Insbesondere kann in einigen Ausführungsformen der zweite Antireflexionsfilm eine einschichtige Struktur sein. In einigen Ausführungsformen kann der zweite Antireflexionsfilm auch eine mehrschichtige Struktur sein. In einigen Ausführungsformen kann der zweite Antireflexionsfilm unter Verwendung des PECVD-Verfahrens gebildet werden.

[0061] In einigen Ausführungsformen dringt die zweite Elektrode 114 in den zweiten Passivierungsfilm 112 ein, um eine elektrische Verbindung mit dem Emitter 111 zu bilden. Insbesondere wird die zweite Elektrode 114 über eine Öffnung, die im zweiten Passivierungsfilm 112 gebildet wird (d. h. am Zeitpunkt, an dem die zweite Elektrode 114 in den zweiten Passivierungsfilm 112 eindringt), elektrisch mit dem Emitter 111 verbunden. Insbesondere kann der Vorgang des Bildens der zweiten Elektrode 114 der gleiche wie der Vorgang des Bildens der ersten Elektrode 124 sein und das Material der zweiten Elektrode 114 kann das gleiche wie das Material der ersten Elektrode 124 sein.

[0062] In einigen Ausführungsformen wird für die in Figur 1 gezeigte Photovoltaikzelle das zweite Dotierungselement getempert und aktiviert, um ein aktiviertes zweites Dotierungselement zu erhalten. Eine Dotierungskonzentration des aktivierten zweiten Dotierungselements auf der vorderen Oberfläche des Substrats 10 liegt in einem Bereich von 5×10^{18} Atom/cm³ bis $1,5 \times 10^{19}$ Atom/cm³. Eine Konzentration des vollständig auf der vorderen Oberfläche des Substrats 10 implantierten zweiten Dotierungselements liegt im Bereich von $1,5 \times 10^{19}$ Atom/cm³ bis 1×10^{20} Atom/cm³.

[0063] In einigen Ausführungsformen kann die Dotierungskonzentration des aktivierten zweiten Dotierungselements auf der vorderen Oberfläche des Substrats 10 zum Beispiel 5×10^{18} Atom/cm³, 9×10^{18} Atom/cm³, 1×10^{19} Atom/cm³, $1,2 \times 10^{19}$ Atom/cm³ oder $1,5 \times 10^{19}$ Atom/cm³ betragen. Die Konzentration des vollständig auf der vorderen Oberfläche des Substrats 10 implantierten zweiten Dotierungselements kann zum Beispiel $1,5 \times 10^{19}$ Atom/cm³, 3×10^{19} Atom/cm³, 6×10^{19} Atom/cm³, 8×10^{19} Atom/cm³ oder 1×10^{20} Atom/cm³ betragen.

[0064] Als eine Verbesserung beträgt die Dotierungskonzentration des aktivierten zweiten Dotierungselements auf der vorderen Oberfläche des Substrats 10 1×10^{19} Atom/cm³. Die Konzentration des vollständig auf der vorderen Oberfläche des Substrats 10 implantierten Dotierungselements liegt in einem Bereich von 3×10^{19} Atom/cm³ bis 5×10^{19} Atom/cm³.

[0065] In einigen Ausführungsformen wird für die in Figur 1 gezeigte Photovoltaikzelle eine Verteilungskurve einer Konzentration von aktiviertem Bor und einer Konzentration von vollständig implantiertem Bor, die sich mit der Dotierungstiefe ändern, durch den ECV- und den SIMS-Test erhalten, wie in Figur 4 gezeigt. Aus Figur 4 ist ersichtlich, dass eine Konzentration von vollständig in der kristallinen Siliziumoberflächenschicht implantiertem Bor etwa 3×10^{19} Atom/cm³ beträgt. Mit der Erhöhung der Dotierungstiefe nimmt die Konzentration des vollständig implantierten Bors zuerst zu und nimmt dann ab und erreicht bei einer Tiefe von etwa 300nm eine Spitzenkonzentration von etwa 5×10^{19} Atom/cm³. Die Konzentration des aktivierten Bors zeigt den gleichen Änderungstrend wie die Konzentration des vollständig implantierten Bors. Die Konzentration des aktivierten Bors in der kristallinen Siliziumoberflächenschicht beträgt etwa 1×10^{19} Atom/cm³ und erreicht

auch bei einer Tiefe von etwa 300nm die Spitzenkonzentration.

[0066] In einigen Ausführungsformen umfasst das Substrat 10 einen ersten Bereich, einen zweiten Bereich und einen dritten Bereich in einer Richtung entlang der vorderen Oberfläche des Substrats 10 hin zu einer hinteren Oberfläche des Substrats 10. Der zweite Bereich ist zwischen dem ersten Bereich und dem dritten Bereich angeordnet. Der erste Bereich ist der vorderen Oberfläche des Substrats 10 in Bezug auf den zweiten Bereich benachbart und der dritte Bereich ist der hinteren Oberfläche des Substrats 10 in Bezug auf den zweiten Bereich benachbart. Eine Dotierungskonzentration des zweiten Dotierungselements im zweiten Bereich und eine Dotierungskonzentration des zweiten Dotierungselements im dritten Bereich sind beide niedriger als eine Dotierungskonzentration des zweiten Dotierungselements im ersten Bereich.

[0067] In einigen Ausführungsformen liegt die Dotierungskonzentration des aktivierten zweiten Dotierungselements im ersten Bereich in einem Bereich von 5×10^{18} Atom/cm³ bis $1,5 \times 10^{19}$ Atom/cm³.

[0068] In einigen Ausführungsformen liegt ein Abstand zwischen der hinteren Oberfläche des ersten Bereichs und der vorderen Oberfläche des Substrats 10 (d. h. eine Grenzflächentiefe des ersten Bereichs) in einem Bereich von 350nm bis 450 nm. Ein Abstand zwischen der hinteren Oberfläche des zweiten Bereichs und der vorderen Oberfläche des Substrats (d. h. eine Grenzflächentiefe des zweiten Bereichs) liegt in einem Bereich von 1000nm bis 1200 nm. Ein Abstand zwischen der hinteren Oberfläche des dritten Bereichs und der vorderen Oberfläche des Substrats 10 (d. h. eine Grenzflächentiefe des dritten Bereichs) liegt in einem Bereich von 1200nm bis 1600 nm.

[0069] In einigen Ausführungsformen kann die Grenzflächentiefe des ersten Bereichs 350nm, 370nm, 400nm, 430nm, 450nm usw. betragen. In einigen Ausführungsformen kann die Grenzflächentiefe des zweiten Bereichs 1000nm, 1050nm, 1100nm, 1105nm 1200nm usw. betragen. In einigen Ausführungsformen kann die Grenzflächentiefe des dritten Bereichs 1200nm, 1300nm, 1400nm, 1500nm, 1600nm usw. betragen.

[0070] Als ein Beispiel beträgt unter Bezugnahme auf Figuren 4 und 5 die Grenzflächentiefe des ersten Bereichs etwa 400nm, die Grenzflächentiefe des zweiten Bereichs beträgt etwa 1100nm und die Grenzflächentiefe des dritten Bereichs beträgt etwa 1400nm.

[0071] Wie in Figur 4 gezeigt, beträgt die Grenzflächentiefe des ersten Bereichs etwa 400nm und eine Dotierungskonzentration des aktivierten Bors in einer Oberflächenschicht des ersten Bereichs beträgt 1×10^{19} Atom/cm³. Bei zunehmender Dotierungstiefe nimmt die Dotierungskonzentration des aktivierten Bors im ersten Bereich langsam auf einen höchsten Wert zu (die Dotierungskonzentration beträgt etwa $1,5 \times 10^{19}$ Atom/cm³) und nimmt dann langsam ab (die Dotierungskonzentration beträgt etwa $1,1 \times 10^{19}$ Atom/cm³). Die Dotierungskonzentration des aktivierten Bors im zweiten Bereich nimmt weiter ab, bis sie nahe 1×10^{18} Atom/cm³ liegt. Die Dotierungskonzentration des aktivierten Bors im dritten Bereich nimmt weiter auf einen Mindestwert von etwa 1×10^{17} Atom/cm³ ab.

[0072] In einigen Ausführungsformen liegt eine Aktivierungsrate des zweiten Dotierungselements im ersten Bereich in einem Bereich von 20% bis 40%, eine Aktivierungsrate des zweiten Dotierungselements im zweiten Bereich liegt in einem Bereich von 60% bis 90% und eine Aktivierungsrate des zweiten Dotierungselements im dritten Bereich liegt in einem Bereich von 5% bis 90%. Die Aktivierungsrate ist ein Verhältnis der Dotierungskonzentration des aktivierten zweiten Dotierungselements zur Konzentration des vollständig implantierten zweiten Dotierungselements.

[0073] Wie in Figur 5 gezeigt, diffundiert im Substrat 10 Bor zuerst in den ersten Bereich, dann zum zweiten Bereich und schließlich zum dritten Bereich. Da die Dotierungskonzentration der Oberflächenschicht des Substrats 10 aufgrund der hohen Konzentration des vollständig implantierten Bors niedrig ist, liegt die Aktivierungsrate des Dotierungselements im ersten Bereich in einem Bereich von 20% bis 40%. Im zweiten Bereich und dritten Bereich nimmt mit zunehmender Dotierungstiefe die Konzentration des vollständig implantierten Bors ab und die Aktivierungsrate nimmt zu. Wenn die Dotierungstiefe größer als 1100nm ist, erreicht die Aktivierungsrate von Bor

während des Diffundierens das Maximum bei der Dotierungstiefe von 1100nm, was etwa 90% beträgt. Wenn die Dotierungstiefe weiter zunimmt, nimmt die Aktivierungsrate scharf ab und erreicht das Minimum bei der Dotierungstiefe von 1400nm, was etwa 5% beträgt.

[0074] Figur 5 zeigt eine Gradientenverteilungskurve der Aktivierungsrate von Bor, die sich mit der Dotierungstiefe in einem Bordiffusionsdotierungsprozess ändert. Daten von Aktivierungsraten von Bor bei unterschiedlichen Dotierungstiefen werden zum Datenanpassen ermittelt, um eine Anpassungskurve zu erhalten. Gemäß der Anpassungskurve ist die Aktivierungsrate von Bor in der kristallinen Siliziumoberflächenschicht und einem flachen Übergangsbereich (die Dotierungstiefe ist kleiner als 400nm) gering, d. h. etwa 33%, was darauf hindeutet, dass ein Totzonenproblem hauptsächlich in diesem Bereich konzentriert ist und durch den Diffusionsprozess angepasst werden kann. Wenn die Dotierungstiefe 400nm überschreitet, nimmt die Aktivierungsrate von Bor allmählich zu und erreicht eine Spitze bei etwa 1100nm und die Spitzenaktivierungsrate liegt in einem Bereich von 60% bis 90%. Wenn die Dotierungstiefe weiter zunimmt, nimmt die Aktivierungsrate von Bor scharf ab. Es ist ersichtlich, dass die Aktivierungsrate von Bor in der Oberflächenschicht des Substrats 10 (die Dotierungstiefe liegt in einem Bereich von 0nm bis 400 nm) innerhalb eines Bereichs von 20% bis 40% stabil ist. Wenn die Dotierungstiefe von 400nm auf 1400nm zunimmt, nimmt die Aktivierungsrate von Bor zuerst zu und nimmt dann ab und erreicht eine Spitze bei der Dotierungstiefe von 1000nm bis 1200nm und die Spitzenaktivierungsrate liegt in einem Bereich von 60% bis 90%.

[0075] Unter Bezugnahme auf Figur 6 stellen einige Ausführungsformen des Gebrauchsmusters ferner ein Photovoltaikmodul bereit, das eine Zellenfolge 101, eine Einkapselungsschicht 102 und eine Abdeckplatte 103 umfasst. Die Zellenfolge 101 ist durch eine Vielzahl von Photovoltaikzellen verbunden, die in den vorhergehenden Ausführungsformen beschrieben sind. Die Einkapselungsschicht 102 ist dazu ausgestaltet, eine Oberfläche der Zellenfolge 101 zu bedecken. Die Abdeckplatte 103 ist dazu ausgestaltet, eine Oberfläche der Einkapselungsschicht 102 entfernt von der Zellenfolge 101 zu bedecken.

[0076] In einigen Ausführungsformen können die Photovoltaikzellen als ein Ganzes oder in Teilen elektrisch verbunden werden, um eine Vielzahl von Zellenfolgen 101 zu bilden, die elektrisch in Reihe und/oder parallel geschaltet sind.

[0077] Insbesondere können in einigen Ausführungsformen die Vielzahl von Zellenfolgen 101 durch ein leitfähiges Band 104 miteinander verbunden werden. Die Einkapselungsschicht 102 bedeckt die vordere Seite und die hintere Seite der Photovoltaikzelle. Insbesondere kann die Einkapselungsschicht 102 ein organischer Einkapselungsklebefilm, wie beispielsweise ein Ethylen-Vinylacetat-Copolymer (EVA) Klebefilm, ein Polyethylen- Octen-Coelastomer (POE) Klebefilm, ein Polyethylenterephthalat (PET) Klebefilm usw. sein. In einigen Ausführungsformen kann die Abdeckplatte 103 eine Glasabdeckung, eine Kunststoffabdeckung oder dergleichen sein, die eine lichtdurchlässige Funktion aufweist. Insbesondere kann eine Oberfläche der Abdeckplatte 103, die der Einkapselungsschicht 102 zugewandt ist, eine konkav-konvexe Oberfläche umfassen, wodurch die Nutzung von einfallendem Licht erhöht wird.

[0078] Ausführungsformen des Gebrauchsmusters stellen eine Photovoltaikzelle und ein Photovoltaikmodul bereit. Das erste Dotierungselement ist auf der hinteren Oberfläche des Substrats 10 dotiert, das zweite Dotierungselement ist auf der vorderen Oberfläche des Substrats 10 dotiert, die Dotierungskonzentration des ersten Dotierungselements in der Feldpassivierungsschicht ist höher als diejenige in der Tunnelschicht und dem Substrat und eine hohe Aktivierungsrate des ersten Dotierungselements wird in der Oberflächenschicht der Feldpassivierungsschicht erreicht, was zur Verbesserung des Passivierungseffekts und des Umwandlungswirkungsgrads der Photovoltaikzelle führt. Darüber hinaus wird die Dotierungsverteilung des zweiten Dotierungselements in der Oberflächenschicht des Substrats und dem flachen Übergangsbereich durch Erhöhen der Aktivierungsrate des zweiten Dotierungselements in der Oberflächenschicht der vorderen Oberfläche des Substrats verbessert, derart dass der Einfluss der Totzone vermindert wird, die Gesamtleistung der Photovoltaikzelle verbessert wird und der Umwandlungswirkungsgrad der Photovoltaikzelle verbessert wird.

[0079] Ferner ist bekannt, dass im Herstellungsprozess der Photovoltaikzelle der Dotierungsprozess die Qualität des PN-Übergangs und den photoelektrischen Umwandlungswirkungsgrad der Photovoltaikzelle beeinträchtigt.

[0080] Gegenwärtig sind Photovoltaikzellen im Gewerbe in hohem Maße betroffen und die Produktionsplanung nimmt allmählich zu. Zur Verbesserung des photoelektrischen Umwandlungswirkungsgrads der Photovoltaikzelle wird der Bordiffusionsdotierungsprozess untersucht. Herkömmliche Bordiffusionsdotierungsprozesse sind indes durch Flächenwiderstandstests gekennzeichnet, derart dass es unmöglich ist, die Verteilung von Bor in der Photovoltaikzelle und ein Verteilungsverhältnis der Aktivierungsrate von Bor zu kennen, die sich mit der Dotierungstiefe im Bordiffusionsdotierungsprozess ändern. Zum Beispiel ist es unmöglich, die Verteilung von Bordotierung in der Totzone zu kennen, wodurch es unmöglich wird, den Diffusionsprozess der Totzone anzupassen, um den Umwandlungswirkungsgrad der Photovoltaikzelle zu verbessern.

[0081] Zur Verbesserung der Dotierungsverteilung von Bor in der Photovoltaikzelle sowie zur Erhöhung der Dotierungskonzentration und Aktivierungsrate von Bor in einer unteren Schicht stellen Ausführungsformen des Gebrauchsmusters eine Photovoltaikzelle bereit. Durch Erhöhen einer Dotierungskonzentration und einer Aktivierungsrate eines ersten Dotierungselements auf einer vorderen Oberfläche eines Substrats wird die Dotierungsverteilung des ersten Dotierungselements in einer Oberflächenschicht des Substrats und dem flachen Übergangsbereich verbessert, der Einfluss der Totzone wird vermindert, die Gesamtleistung der Photovoltaikzelle wird verbessert und der Umwandlungswirkungsgrad der Photovoltaikzelle wird verbessert. Es sei erwähnt, dass die Begriffe „erste/r/s“ und „zweite/r/s“ hier lediglich verwendet werden, um zwischen Elementen zu unterscheiden und das Verständnis des Gebrauchsmusters zu erleichtern, was keine Einschränkung des Gebrauchsmusters darstellt. Das erste Dotierungselement, das in diesem Abschnitt und danach erwähnt wird, ist das zweite vorhergehend erwähnte Dotierungselement, das zweite Dotierungselement, das in diesem Abschnitt und danach erwähnt wird, ist das erste vorhergehend erwähnte Dotierungselement, der erste Passivierungsfilm, der nachfolgend erwähnt wird, ist der zweite vorhergehend erwähnte Passivierungsfilm, der zweite Passivierungsfilm, der nachfolgend erwähnt wird, ist der erste vorhergehend erwähnte Passivierungsfilm, die erste Elektrode, die nachfolgend erwähnt wird, ist die zweite vorhergehend erwähnte Elektrode und die zweite Elektrode, die nachfolgend erwähnt wird, ist die erste vorhergehend erwähnte Elektrode.

[0082] Einige Ausführungsformen stellen eine Photovoltaikzelle bereit, die Folgendes umfasst: ein Substrat 10; einen Emitter 111, einen ersten Passivierungsfilm 112 und eine erste Elektrode 114, die der Reihe nach auf einer vorderen Oberfläche des Substrats 10 angeordnet sind, wobei die erste Elektrode 114 in den ersten Passivierungsfilm 112 eindringt und mit dem Emitter 111 in Kontakt ist; wobei das Substrat 10 ein erstes Dotierungselement umfasst; wobei das erste Dotierungselement getempert und aktiviert wird, um ein aktiviertes erstes Dotierungselement zu erhalten, eine Dotierungskonzentration des aktivierten ersten Dotierungselements auf der vorderen Oberfläche des Substrats 10 in einem Bereich von 5×10^{18} Atom/cm³ bis $1,5 \times 10^{19}$ Atom/cm³ liegt, eine Aktivierungsrate des aktivierten ersten Dotierungselements auf der vorderen Oberfläche des Substrats 10 in einem Bereich von 20% bis 40% liegt und die Aktivierungsrate ein Verhältnis der Dotierungskonzentration des aktivierten ersten Dotierungselements zu einer Konzentration des vollständig implantierten ersten Dotierungselements ist.

[0083] In einigen Ausführungsformen nimmt die Dotierungskonzentration des aktivierten ersten Dotierungselements im Substrat 10 zuerst zu und nimmt dann mit einer zunehmenden Dotierungstiefe des aktivierten ersten Dotierungselements ab.

[0084] In einigen Ausführungsformen ist eine Änderungstendenz der Konzentration des vollständig im Substrat 10 implantierten ersten Dotierungselements mit zunehmender Dotierungstiefe des ersten Dotierungselements die gleiche wie eine Änderungstendenz der Dotierungskonzentration des aktivierten ersten Dotierungselements im Substrat 10 mit zunehmender Dotierungstiefe des aktivierten ersten Dotierungselements.

[0085] In einigen Ausführungsformen umfasst das Substrat 10 einen ersten Bereich, einen zwei-

ten Bereich und einen dritten Bereich in einer Richtung entlang der vorderen Oberfläche des Substrats 10 hinzu einer hinteren Oberfläche des Substrats 10; wobei der zweite Bereich zwischen dem ersten Bereich und dem dritten Bereich angeordnet ist, der erste Bereich der vorderen Oberfläche des Substrats 10 in Bezug auf den zweiten Bereich benachbart ist und der dritte Bereich der hinteren Oberfläche des Substrats 10 in Bezug auf den zweiten Bereich benachbart ist; und wobei eine Dotierungskonzentration des zweiten Dotierungselements im zweiten Bereich und eine Dotierungskonzentration des zweiten Dotierungselements im dritten Bereich beide niedriger sind als eine Dotierungskonzentration des zweiten Dotierungselements im ersten Bereich.

[0086] In einigen Ausführungsformen liegt eine Grenzflächentiefe des ersten Bereichs in einem Bereich von 1,8% bis 2,4% einer Dicke des Substrats 10 und die Grenzflächentiefe des ersten Bereichs ist ein vertikaler Abstand zwischen einer Seite des ersten Bereichs entfernt von der vorderen Oberfläche des Substrats 10 und der vorderen Oberfläche des Substrats 10.

[0087] In einigen Ausführungsformen liegt die Grenzflächentiefe des ersten Bereichs in einem Bereich von 350nm bis 450 nm.

[0088] In einigen Ausführungsformen liegt eine Grenzflächentiefe des zweiten Bereichs in einem Bereich von 5,3% bis 6,3% der Dicke des Substrats 10 und die Grenzflächentiefe des zweiten Bereichs liegt in einem Bereich von 1000nm bis 1200nm. Eine Grenzflächentiefe des dritten Bereichs liegt in einem Bereich von 6,3% bis 8,4% der Dicke des Substrats 10 und die Grenzflächentiefe des dritten Bereichs liegt in einem Bereich von 1200nm bis 1600nm.

[0089] In einigen Ausführungsformen nimmt die Aktivierungsrate des aktivierten ersten Dotierungselements zuerst zu und nimmt dann mit zunehmender Dotierungstiefe ab, liegt eine Aktivierungsrate des ersten Dotierungselements im zweiten Bereich in einem Bereich von 60% bis 90% und liegt eine Aktivierungsrate des ersten Dotierungselements im dritten Bereich in einem Bereich von 5% bis 90%.

[0090] In einigen Ausführungsformen umfasst die Photovoltaikzelle ferner eine Tunnelschicht 121, eine Feldpassivierungsschicht 122, einen zweiten Passivierungsfilm 123 und eine zweite Elektrode 124, die der Reihe nach auf einer hinteren Oberfläche des Substrats 10 angeordnet sind, wobei die zweite Elektrode 124 in den zweiten Passivierungsfilm 123 eindringt und mit der Feldpassivierungsschicht 122 in Kontakt ist; wobei das Substrat 10, die Tunnelschicht 121 und die Feldpassivierungsschicht 122 alle das gleiche erste Dotierungselement umfassen, eine Dotierungskonzentration des zweiten Dotierungselements in der Tunnelschicht 121 niedriger ist als eine Dotierungskonzentration des zweiten Dotierungselements in der Feldpassivierungsschicht 122 und die Dotierungskonzentration des zweiten Dotierungselements in der Tunnelschicht 121 höher ist als eine Dotierungskonzentration des zweiten Dotierungselements im Substrat 10; wobei die Feldpassivierungsschicht 122 einen ersten Dotierungsbereich und einen zweiten Dotierungsbereich umfasst und der zweite Dotierungsbereich der Tunnelschicht 121 in Bezug auf den ersten Dotierungsbereich benachbart ist; wobei eine Dotierungskurvensteigung des ersten Dotierungsbereichs höher ist als eine Dotierungskurvensteigung des zweiten Dotierungsbereichs, das zweite Dotierungselement getempert und aktiviert wird, um ein aktiviertes erstes Dotierungselement zu erhalten, und die Dotierungskurvensteigung eine Steigung einer Kurve angibt, in welcher eine Dotierungskonzentration des aktivierten zweiten Dotierungselements sich mit einer Dotierungstiefe des aktivierten zweiten Dotierungselements ändert; und wobei eine Dotierungskurvensteigung der Tunnelschicht 121 in einer Richtung entlang der Tunnelschicht 121 hin zu dem Substrat 10 allmählich abnimmt.

[0091] In einigen Ausführungsformen liegt die Dotierungskonzentration des aktivierten zweiten Dotierungselements in der Feldpassivierungsschicht 122 in einem Bereich von 1×10^{20} Atom/cm³ bis 5×10^{20} Atom/cm³, liegt eine Aktivierungsrate des zweiten Dotierungselements in der Feldpassivierungsschicht 122 in einem Bereich von 50% bis 70% und ist die Aktivierungsrate ein Verhältnis der Dotierungskonzentration des aktivierten zweiten Dotierungselements zu einer Konzentration des vollständig implantierten zweiten Dotierungselements.

[0092] In einigen Ausführungsformen liegt die Dotierungskurvensteigung des ersten Dotierungs-

bereichs in einem Bereich von 5×10^{18} bis 1×10^{19} und die Dotierungskurvensteigung des zweiten Dotierungsbereichs liegt in einem Bereich von -5×10^{18} bis 5×10^{18} .

In einigen Ausführungsformen liegt die Dotierungskurvensteigung 121 der Tunnelschicht in einem Bereich von $-2,5 \times 10^{19}$ bis $-2,5 \times 10^{18}$ und eine Dotierungskurvensteigung des Substrats 10 liegt in einem Bereich von $-2,5 \times 10^{19}$ bis 0.

[0093] Einige Ausführungsformen des Gebrauchsmusters stellen ferner ein Photovoltaikmodul bereit, das eine Zellenfolge 101, die durch eine Vielzahl von Photovoltaikzellen verbunden ist, wobei jede von der Vielzahl von Photovoltaikzellen die Photovoltaikzelle gemäß den vorhergehenden Ausführungsformen umfasst; eine Einkapselungsschicht 102, die dazu ausgestaltet ist, eine Oberfläche der Zellenfolge 101 zu bedecken; und eine Abdeckplatte 103 umfasst, die dazu ausgestaltet ist, eine Oberfläche der Einkapselungsschicht (102) entfernt von der Zellenfolge 101 zu bedecken.

[0094] Der Durchschnittsfachmann sollte verstehen, dass die vorhergehend beschriebenen Ausführungsformen spezifische Ausführungsformen des Gebrauchsmusters sind und in der praktischen Anwendung verschiedene Änderungen daran an Form und Detail vorgenommen werden können, ohne vom Umfang des Gebrauchsmusters abzuweichen. Jeder Fachmann kann seine eigenen Änderungen und Abwandlungen vornehmen, ohne vom Umfang des Gebrauchsmusters abzuweichen. Daher ist der Schutzbereich des Gebrauchsmusters abhängig vom in den Ansprüchen definierten Umfang.

Ansprüche

1. Photovoltaikzelle, umfassend:
ein Substrat; und
eine Tunnelschicht (121), eine Feldpassivierungsschicht (122), einen ersten Passivierungsfilm (123) und eine erste Elektrode (124), die der Reihe nach auf einer hinteren Oberfläche des Substrats (10) angeordnet sind, wobei die erste Elektrode (124) in den ersten Passivierungsfilm (123) eindringt und mit der Feldpassivierungsschicht (122) in Kontakt ist;
dadurch gekennzeichnet, dass
das Substrat (10), die Tunnelschicht (121) und die Feldpassivierungsschicht (122) alle ein gleiches erstes Dotierungselement umfassen, eine Dotierungskonzentration des ersten Dotierungselements in der Tunnelschicht (121) niedriger als eine Dotierungskonzentration des ersten Dotierungselements in der Feldpassivierungsschicht (122) ist und die Dotierungskonzentration des ersten Dotierungselements in der Tunnelschicht (121) höher als eine Dotierungskonzentration des ersten Dotierungselements im Substrat (10) ist;
wobei die Feldpassivierungsschicht (122) einen ersten Dotierungsbereich und einen zweiten Dotierungsbereich umfasst und der zweite Dotierungsbereich der Tunnelschicht (121) in Bezug auf den ersten Dotierungsbereich benachbart ist; wobei eine Dotierungskurvensteigung des ersten Dotierungsbereichs positiv ist und ein Absolutwert der Dotierungskurvensteigung des ersten Dotierungsbereichs größer als ein Absolutwert einer Dotierungskurvensteigung des zweiten Dotierungsbereichs ist, das erste Dotierungselement aktiviertes erstes Dotierungselement und nicht aktiviertes erstes Dotierungselement umfasst und die Dotierungskurvensteigung eine Steigung einer Kurve angibt, in welcher eine Dotierungskonzentration des aktivierten ersten Dotierungselements sich mit einer Dotierungstiefe des aktivierten ersten Dotierungselements ändert; und wobei eine Dotierungskurvensteigung der Tunnelschicht in einer Richtung entlang der Tunnelschicht hin zu dem Substrat allmählich abnimmt.
2. Photovoltaikzelle nach Anspruch 1, wobei eine Dotierungskurvensteigung des Substrats (10) allmählich von einem negativen Wert auf null zunimmt und dann in einer Richtung von der hinteren Oberfläche des Substrats hin zu einem Inneren des Substrats nahe null stabil wird, wobei vorzugsweise ein Absolutwert der Dotierungskurvensteigung des Substrats kleiner oder gleich einem Durchschnittswert eines Absolutwerts der Dotierungskurvensteigung des zweiten Dotierungsbereichs ist.
3. Photovoltaikzelle nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, wobei eine Dotierungskonzentration des aktivierten ersten Dotierungselements in der Feldpassivierungsschicht (122) in einem Bereich von 1×10^{20} Atom/cm³ bis 5×10^{20} Atom/cm³ liegt; und
wobei eine Aktivierungsrate des ersten Dotierungselements in der Feldpassivierungsschicht (122) in einem Bereich von 50 % bis 70% liegt und die Aktivierungsrate ein Verhältnis der Dotierungskonzentration des aktivierten ersten Dotierungselements zu einer Konzentration des vollständig implantierten ersten Dotierungselements ist.
4. Photovoltaikzelle nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die Dotierungskurvensteigung des ersten Dotierungsbereichs in einem Bereich von 5×10^{18} bis 1×10^{19} liegt und die Dotierungskurvensteigung des zweiten Dotierungsbereichs in einem Bereich von -5×10^{18} bis 5×10^{18} liegt.
5. Photovoltaikzelle nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die Dotierungskurvensteigung der Tunnelschicht (121) in einem Bereich von $-2,5 \times 10^{19}$ bis $-2,5 \times 10^{18}$ liegt und eine Dotierungskurvensteigung des Substrats in einem Bereich von $-2,5 \times 10^{19}$ bis 0 liegt.
6. Photovoltaikzelle nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei eine Dicke der Feldpassivierungsschicht in einer Richtung senkrecht zu einer Oberfläche des Substrats (10) in einem Bereich von 60nm bis 130nm liegt und eine Dicke der Tunnelschicht (121) in der Richtung senkrecht zur Oberfläche des Substrats (10) in einem Bereich von 0,5nm bis 3nm liegt.
7. Photovoltaikzelle nach einem der Ansprüche 1 bis 6, die ferner Folgendes umfasst:
einen Emitter (111), einen zweiten Passivierungsfilm und eine zweite Elektrode, die der

Reihe nach auf einer vorderen Oberfläche des Substrats angeordnet sind, wobei die zweite Elektrode in den zweiten Passivierungsfilm (112) eindringt und mit dem Emitter (111) in Kontakt ist;

wobei das Substrat (10) ferner ein zweites Dotierungselement umfasst;

wobei das zweite Dotierungselement aktiviertes zweites Dotierungselement und nicht aktiviertes zweites Dotierungselement umfasst und eine Dotierungskonzentration des aktivierten zweiten Dotierungselements auf der vorderen Oberfläche des Substrats (10) in einem Bereich von 5×10^{18} Atom/cm³ bis $1,5 \times 10^{19}$ Atom/cm³ liegt; und

wobei eine Konzentration des vollständig implantierten zweiten Dotierungselements in einem Bereich von $1,5 \times 10^{19}$ Atom/cm³ bis 1×10^{20} Atom/cm³ liegt.

8. Photovoltaikzelle nach Anspruch 7, wobei das Substrat (10) einen ersten Bereich, einen zweiten Bereich und einen dritten Bereich in einer Richtung entlang der vorderen Oberfläche des Substrats hin zur hinteren Oberfläche des Substrats umfasst;
wobei der zweite Bereich zwischen dem ersten Bereich und dem dritten Bereich angeordnet ist, der erste Bereich der vorderen Oberfläche des Substrats in Bezug auf den zweiten Bereich benachbart ist und der dritte Bereich der hinteren Oberfläche des Substrats (10) in Bezug auf den zweiten Bereich benachbart ist; und
wobei eine Dotierungskonzentration des zweiten Dotierungselements im zweiten Bereich und eine Dotierungskonzentration des zweiten Dotierungselements im dritten Bereich beide niedriger sind als eine Dotierungskonzentration des zweiten Dotierungselements im ersten Bereich.
9. Photovoltaikzelle nach Anspruch 8, wobei eine Dotierungskonzentration des aktivierten zweiten Dotierungselements im ersten Bereich in einem Bereich von 5×10^{18} Atom/cm³ bis $1,5 \times 10^{19}$ Atom/cm³ liegt;
vorzugsweise ein Abstand zwischen einer hinteren Oberfläche des ersten Bereichs und der vorderen Oberfläche des Substrats (10) in einem Bereich von 350nm bis 450nm liegt, ein Abstand zwischen einer hinteren Oberfläche des zweiten Bereichs und der vorderen Oberfläche des Substrats in einem Bereich von 1000nm bis 1200nm liegt und ein Abstand zwischen einer hinteren Oberfläche des dritten Bereichs und der vorderen Oberfläche des Substrats in einem Bereich von 1200nm bis 1600nm liegt;
vorzugsweise eine Aktivierungsrate des zweiten Dotierungselements im ersten Bereich in einem Bereich von 20% bis 40% liegt, eine Aktivierungsrate des zweiten Dotierungselements im zweiten Bereich in einem Bereich von 60% bis 90% liegt und eine Aktivierungsrate des zweiten Dotierungselements im dritten Bereich in einem Bereich von 5% bis 90% liegt, wobei die Aktivierungsrate ein Verhältnis der Dotierungskonzentration des aktivierten zweiten Dotierungselements zur Konzentration des vollständig implantierten zweiten Dotierungselements ist;
vorzugsweise die Dotierungskonzentration des aktivierten zweiten Dotierungselements im Substrat zuerst zunimmt und dann mit einer zunehmenden Dotierungstiefe des aktivierten zweiten Dotierungselements abnimmt.
10. Photovoltaikmodul, das Folgendes umfasst:
eine Zellenfolge, die durch eine Vielzahl von Photovoltaikzellen verbunden ist, wobei jede von der Vielzahl von Photovoltaikzellen die Photovoltaikzelle nach einem der Ansprüche 1 bis 9 umfasst;
eine Einkapselungsschicht, die dazu ausgestaltet ist, eine Oberfläche der Zellenfolge zu bedecken; und
eine Abdeckplatte, die dazu ausgestaltet ist, eine Oberfläche der Einkapselungsschicht entfernt von der Zellenfolge zu bedecken.

Hierzu 3 Blatt Zeichnungen

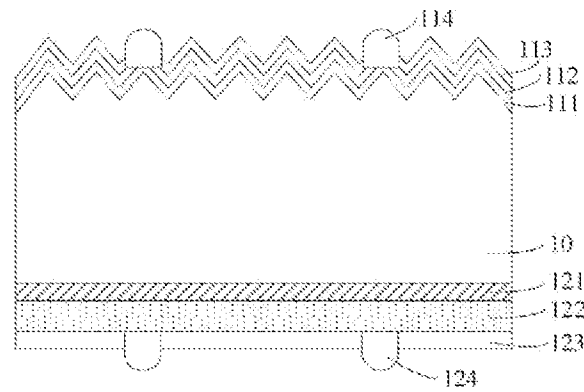


FIG. 1

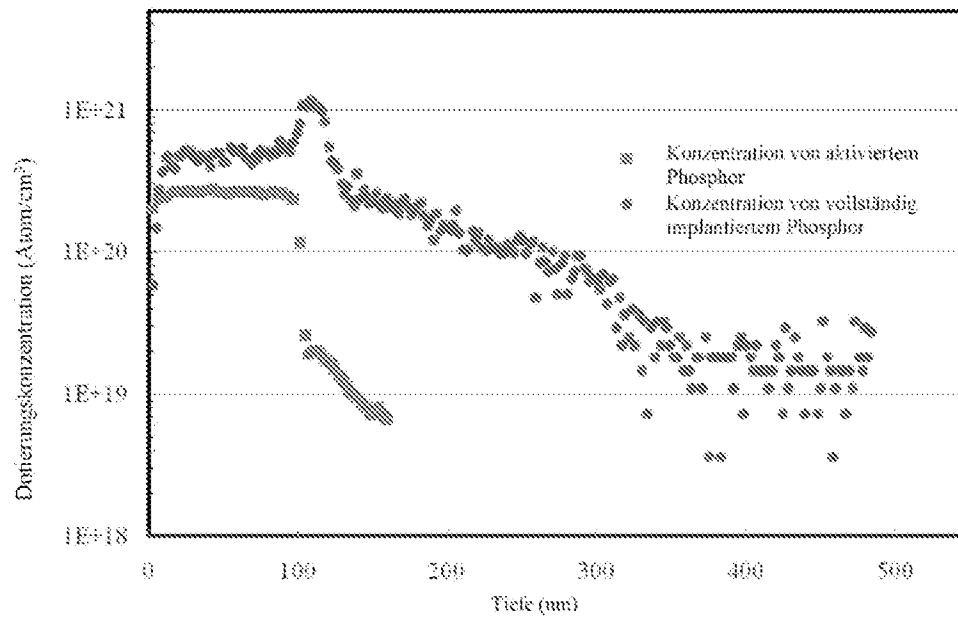


FIG. 2

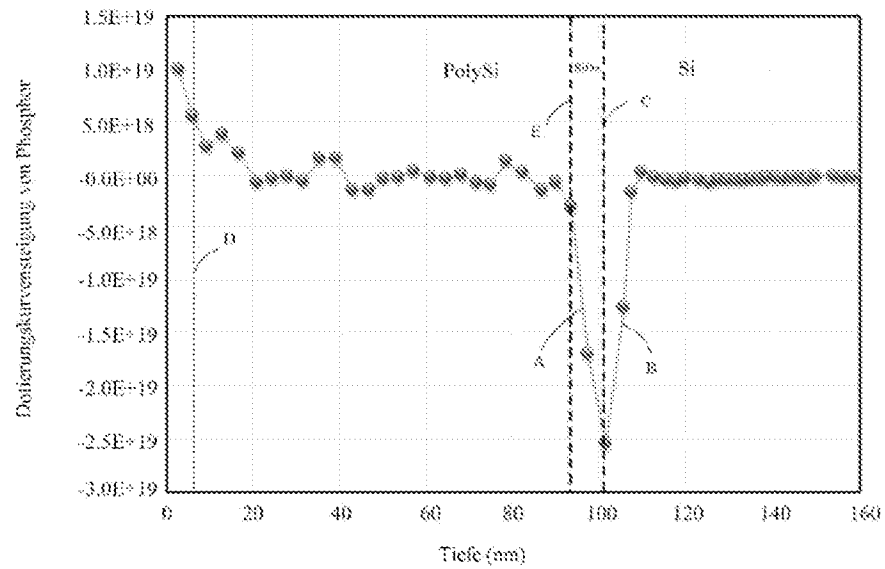


FIG. 3

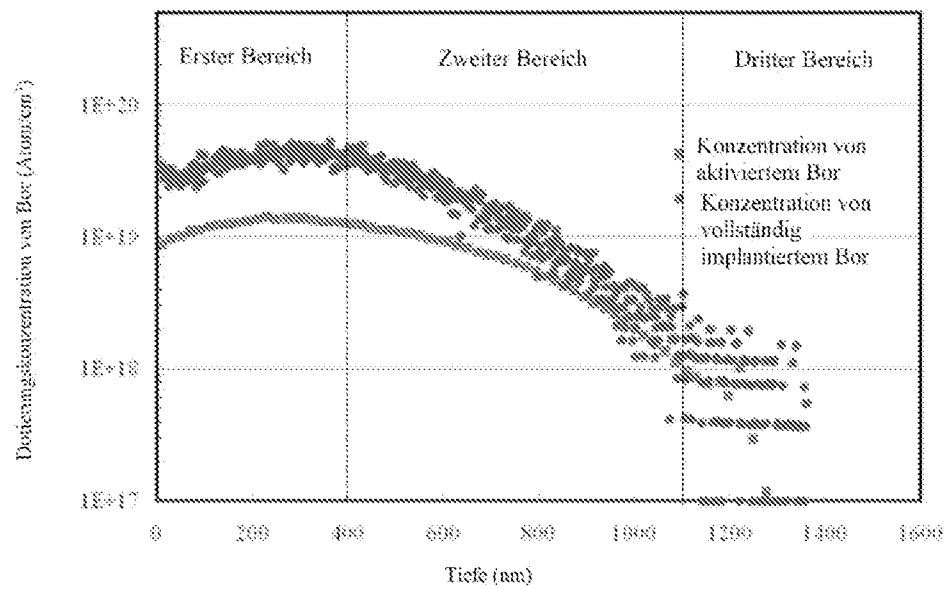


FIG. 4

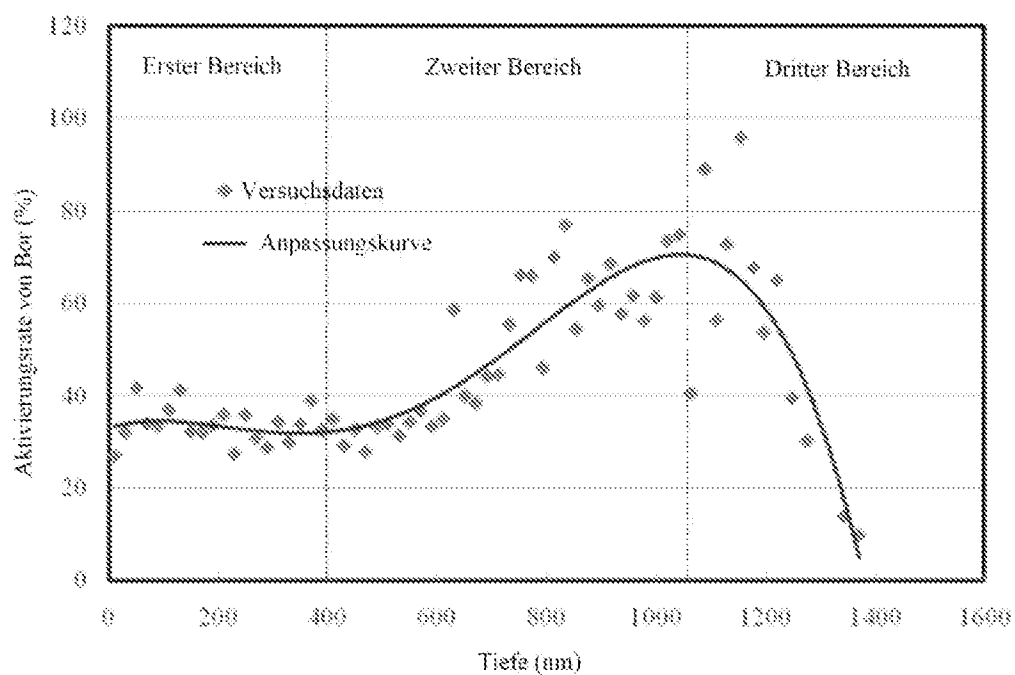


FIG. 5

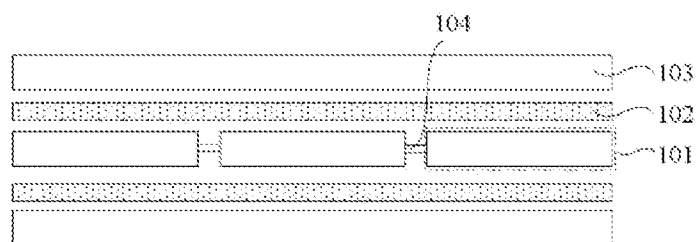


FIG. 6

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß IPC: H01L 31/18 (2006.01); H01L 31/0747 (2012.01); H01L 31/0216 (2006.01)		
Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß CPC: H01L 31/1804 (2024.01); H01L 31/0747 (2024.01); H01L 31/1864 (2013.01); H01L 31/02167 (2013.01); Y02E 10/547 (2020.08)		
Recherchierter Prüfstoff (Klassifikation): H01L, Y02E		
Konsultierte Online-Datenbank: EPODOC		
Dieser Recherchenbericht wurde zu den am 25.07.2023 eingereichten Ansprüchen 1-10 erstellt.		
Kategorie ^{*)}	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
X	US 2020279970 A1 (NABER RONALD CORNELIS GERARD ET AL.) 03. September 2020 (03.09.2020) das ganze Dokument.	1-10
Datum der Beendigung der Recherche: 30.07.2024 Seite 1 von 1 Prüfer(in): ROBISCH Nicolas		
^{*) Kategorien der angeführten Dokumente:} X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung : der Anmeldungsgegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden. Y Veröffentlichung von Bedeutung : der Anmeldungsgegenstand kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren weiteren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist. A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert. P Dokument, das von Bedeutung ist (Kategorien X oder Y), jedoch nach dem Prioritätstag der Anmeldung veröffentlicht wurde. E Dokument, das von besonderer Bedeutung ist (Kategorie X), aus dem ein „ älteres Recht “ hervorgehen könnte (früheres Anmeldedatum, jedoch nachveröffentlicht, Schutz ist in Österreich möglich, würde Neuheit in Frage stellen). & Veröffentlichung, die Mitglied der selben Patentfamilie ist.		