



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 699 32 227 T2** 2007.06.06

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 032 054 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **699 32 227.8**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **99 307 040.8**

(96) Europäischer Anmeldetag: **03.09.1999**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **30.08.2000**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **05.07.2006**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **06.06.2007**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **H01L 31/20** (2006.01)  
**H01L 31/075** (2006.01)

(30) Unionspriorität:

**5015299 26.02.1999 JP**

(73) Patentinhaber:

**Kaneka Corp., Osaka, JP**

(74) Vertreter:

**LEINWEBER & ZIMMERMANN, 80331 München**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT,  
LI, LU, MC, NL, PT, SE**

(72) Erfinder:

**Yoshimi, Masashi, Kobe-shi, Hyogo, JP;  
Yamamoto, Kenji, Kobe-shi, Hyogo, JP**

(54) Bezeichnung: **Herstellungsverfahren einer photoelektrischen Dünnschicht-Umwandlungsanordnung aus amorphem Silizium**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

**Beschreibung**

## HINTERGRUND DER ERFINDUNG

## Gebiet der Erfindung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung einer amorphen photoelektrischen Dünnschicht-Umwandlungsvorrichtung auf Siliciumbasis und insbesondere ein Verfahren zur Herstellung derselben, um hervorragende Leistungsfähigkeit als amorphe photoelektrische Dünnschicht-Umwandlungsvorrichtung auf Siliciumbasis zusammen mit Verbesserungen hinsichtlich Herstellungskosten und Effizienz zu erreichen.

## Stand der Technik

**[0002]** Eine amorphe Solarzelle auf Siliciumbasis ist eine typische photoelektrische Dünnschicht-Umwandlungsvorrichtung. Ein amorphes photoelektrisches Umwandlungsmaterial wird üblicherweise mittels plasmaaktiviertem CVD-Verfahren bei einer Filmbildungstemperatur von lediglich etwa 200 °C hergestellt, sodass es auf einem kostengünstigen Substrat, beispielsweise Glas, Edelstahl oder organischem Film, ausgebildet und folglich als bevorzugtes Material für kostengünstige photoelektrische Umwandlungsvorrichtungen angesehen werden kann. Da amorphes Silicium darüber hinaus einen großen Absorptionskoeffizienten für den sichtbaren Lichtbereich aufweist, erzielte eine Solarzelle mit einer amorphen photoelektrischen Umwandlungsschicht mit einer Dicke von höchstens 500 nm einen Kurzschlussstrom von zumindest 15 mA/cm<sup>2</sup>.

**[0003]** Eine Halbleiterschicht vom p-Typ, eine amorphe photoelektrische Umwandlungsschicht vom i-Typ und eine Halbleiterschicht vom n-Typ, die die amorphe Solarzelle auf Siliciumbasis ausmachen, werden üblicherweise jeweils mittels plasmaaktiviertem CVD-Verfahren hergestellt, wobei der Druck in einer herkömmlichen plasmaaktivierten CVD-Reaktionskammer 133 Pa (1 Torr) oder weniger beträgt.

**[0004]** Im US-Patent 5.646.050 ist beispielsweise ein Verfahren zur Herstellung einer amorphen Solarzelle auf Siliciumbasis unter relativ hohen Druckbedingungen offenbart. Gemäß diesem Dokument wird eine amorphe Siliciumschicht in der amorphen Solarzelle auf Siliciumbasis bei Bedingungen hergestellt, bei denen der Druck mehr als 133 Pa (1,0 Torr) und höchstens 1.334 Pa (10 Torr) beträgt und das Verdünnungsverhältnis zwischen Verdünnungsgas und Rohmaterialgas im Bereich von 5:1 bis 200:1 liegt.

**[0005]** Wenn der Druck 133 Pa (1 Torr) oder weniger beträgt, nimmt die Abscheidungsrate ab.

**[0006]** Gemäß den Bedingungen zur Abscheidung

der im US-Patent 5.646.050 offenbarten amorphen Siliciumschicht ist die Menge des Verdünnungsgases in Bezug zum Rohmaterialgas überschüssig. Anders gesagt ist die Menge des Rohmaterialgases in Bezug zum Verdünnungsgas zu gering. Daraus ergibt sich, dass die in die plasmaaktivierte CVD-Reaktionskammer zugeführte Rohmaterialgasmenge unzureichend ist, was zur Verschlechterung der Filmabscheidungsrate führt.

**[0007]** In der EP-A 0.562.623 ist ein Verfahren zur Herstellung einer Photodiode vom PIN-Typ offenbart, die die Merkmale der Oberbegriffe der Ansprüche 1 und 2 aufweist.

## ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

**[0008]** Die vorliegende Erfindung wurde zur Lösung oben dargestellten Problems erstellt. Ein Ziel der vorliegenden Erfindung ist die Bereitstellung eines Verfahrens zur Herstellung einer amorphen photoelektrischen Dünnschicht-Umwandlungsvorrichtung auf Siliciumbasis mit ausgezeichneter Leistungsfähigkeit sowie die Verbesserung der Kosten und der Effizienz bei der Herstellung, indem die Effizienz bei der Verwendung von Rohmaterialgas (Verhältnis zwischen reagiertem Gas und Gesamtgas, das in die Reaktionskammer zugeführt wird) verbessert und die Filmabscheidungsrate erhöht wird.

**[0009]** In einem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung wird ein Verfahren zur Herstellung einer amorphen photoelektrischen Dünnschicht-Umwandlungsvorrichtung auf Siliciumbasis gemäß Anspruch 1 bereitgestellt.

**[0010]** Im weiteren Verlauf wird der Abstand zwischen der Oberfläche des auf der ersten Elektrode befestigten Substrats und der Oberfläche der zweiten Elektrode der Einfachheit halber als „Elektrodenabstand“ bezeichnet.

**[0011]** Gemäß dem Verfahren zur Herstellung einer amorphen photoelektrischen Dünnschicht-Umwandlungsvorrichtung auf Siliciumbasis im ersten Aspekt der Erfindung sind die Bedingungen bezüglich Verdünnung, Druck und Elektrodenabstand auf vorbestimmte Bereiche definiert, sodass Plasma wirksam zwischen den Elektroden eingeschlossen werden kann. Folglich wird die Filmabscheidungsrate erhöht und die Effizienz bei der Verwendung des Rohmaterialgases, wie z.B. Gas vom Silantyp, verbessert, um die Herstellungskosten für die amorphe photoelektrische Dünnschicht-Umwandlungsvorrichtung auf Siliciumbasis zu reduzieren. Zudem ist die daraus hervorgehende Leistung ähnlich jener einer photoelektrischen Umwandlungsvorrichtung (z.B. Solarzelle), die mittels herkömmlicher Verfahren hergestellt wird, und die Verschlechterung der photoelektrischen Umwandlungseigenschaft aufgrund von Ausgesetztsein

gegenüber Licht über einen langen Zeitraum, d.h. die Lichtzersetzungsrate, kann dabei reduziert werden.

**[0012]** Die Bedingung, dass die Strömungsgeschwindigkeit des Verdünnungsgases dem Vierfachen des Gases vom Silantyp entspricht oder darunter liegt, ist definiert, um die Reduktion der Rohmaterialgasmenge in der Reaktionskammer und in Folge auch die Abnahme der Filmabscheidungsrate zu verhindern, welche bei herkömmlichen Verfahren zu beobachten ist, wenn die Strömungsgeschwindigkeit mehr als das Vierfache beträgt.

**[0013]** Die Bedingung, dass der Partialdruck des Gases vom Silantyp im Bereich von 400 Pa bis 667 Pa (3,0 bis 5,0 Torr) liegt, ist definiert, um zu verhindern, dass es zu einer unzureichenden Menge an Rohmaterialgas in der Reaktionskammer kommt, was zu einer Verringerung der Abscheidungsrate führt, die beobachtet wird, wenn der Partialdruck weniger als 160 Pa (1,2 Torr) beträgt, und um die Bildung einer großen Menge an pulverähnlichen Produkten und Staub in der Reaktionskammer zu verhindern, was beobachtet wird, wenn der Partialdruck über 667 Pa (5,0 Torr) liegt.

**[0014]** Die Bedingung, dass der Abstand zwischen den Elektroden im Bereich von 8 mm bis 15 mm liegt, ist definiert, damit es zu keinen Schwierigkeiten bei der Plasmaentladung und bei der Einstellung eines konstanten Abstands zwischen den Elektroden über den Elektrodenoberflächen kommt und um folglich eine uneinheitliche Abscheidung über den Oberflächen zu verhindern, was beobachtet wird, wenn der Abstand weniger als 8 mm beträgt. Wenn der Abstand über 15 mm beträgt, kann die Entladung nicht beibehalten werden.

**[0015]** In einem zweiten Aspekt der vorliegenden Erfindung ist ein Verfahren zur Herstellung einer amorphen photoelektrischen Dünnschichtfilm-Umwandlungsvorrichtung auf Siliciumbasis gemäß Anspruch 2 bereitgestellt.

**[0016]** Gemäß dem Verfahren zur Herstellung einer amorphen photoelektrischen Dünnschichtfilm-Umwandlungsvorrichtung auf Siliciumbasis im zweiten Aspekt der vorliegenden Erfindung kann Plasma wirksam zwischen den Elektroden eingeschlossen werden, da die Bedingungen hinsichtlich Verdünnung, Druck und Elektrodenabstand in den wie im ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung oben besprochen vorbestimmten definierten Bereichen liegen. Folglich können die Produktionskosten für die amorphe photoelektrische Dünnschichtfilm-Umwandlungsvorrichtung auf Siliciumbasis reduziert werden, da die Filmabscheidungsrate verbessert wird und die Effizienz bei der Verwendung des Rohmaterialgases, wie z.B. Gas vom Silantyp, verbessert wird. Zudem entspricht die daraus resultierende Leis-

tung fast jener einer photoelektrischen Umwandlungsvorrichtung, die mittels herkömmlicher Verfahren hergestellt wird, und die Lichtzersetzungsrate kann verringert werden.

**[0017]** Eine Erhöhung der Filmabscheidungsrate ist möglich, da kein Verdünnungsgas verwendet wird, und eine große Menge des Rohmaterialgases kann in die Reaktionskammer zugeführt werden.

**[0018]** Der Partialdruck des Gases vom Silantyp und der Elektrodenabstand sind aus den gleichen wie im ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung beschriebenen Gründen definiert.

**[0019]** Im ersten und zweiten Aspekt der vorliegenden Erfindung entspricht die Strömungsgeschwindigkeit des Gases vom Silantyp pro Einheitsfläche der Elektrodenoberfläche vorzugsweise 0,05 sccm/cm<sup>2</sup> oder weniger.

**[0020]** Folglich kann die Bildung von pulverartigen Produkten und Staub in der Reaktionskammer verhindert werden.

**[0021]** Im ersten und zweiten Aspekt der vorliegenden Erfindung beträgt die Filmabscheidungsrate der unter obigen Bedingungen ausgebildeten Schicht vorzugsweise 12 nm/min oder mehr.

**[0022]** Als Ergebnis kann die Filmabscheidungsrate verbessert werden.

**[0023]** Im ersten und zweiten Aspekt der vorliegenden Erfindung ist die erste Elektrode eine Anodenelektrode, die während der Abscheidung erhitzt wird, und die zweite Elektrode ist eine Kathodenelektrode.

**[0024]** Die Abscheidung erfolgt somit auf geeignete Weise mittels Plasma.

**[0025]** Zuvorige und andere Ziele, Merkmale, Aspekte und Vorteile der vorliegenden Erfindung ergeben sich zusammen mit beigefügter Zeichnung aus nachstehender detaillierter Beschreibung der vorliegenden Erfindung.

#### KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNG

**[0026]** [Fig. 1](#) ist eine schematische Querschnittsansicht, die eine amorphe photoelektrische Dünnschichtfilm-Umwandlungsvorrichtung auf Siliciumbasis darstellt.

#### BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSFORMEN

**[0027]** Bezugnehmend auf [Fig. 1](#) wird auf einem transparenten Substrat **1**, das beispielsweise aus Glas besteht, ein transparenter leitfähiger Film **2** ab-

geschieden. Der transparente leitfähige Film **2** besteht beispielsweise aus  $\text{SnO}_2$ . Der transparente leitfähige Film **2** kann auch aus einem transparenten leitfähigen Oxidfilm, wie z.B. ITO oder ZnO, bestehen.

**[0028]** Eine Halbleiterschicht **111** vom p-Typ, eine amorphe photoelektrische Umwandlungsschicht **112** vom i-Typ und eine Halbleiterschicht **113** vom n-Typ sind nacheinander auf dem transparenten leitfähigen Film **2** ausgebildet. So ergibt sich eine amorphe photoelektrische Umwandlungseinheit **11**.

**[0029]** Zumindest eine der Halbleiterschicht **111** vom p-Typ, amorphen photoelektrischen Umwandlungsschicht **112** vom i-Typ und Halbleiterschicht **113** vom n-Typ wird unter Bedingungen ausgebildet, dass das Gas von Silantyp als Hauptkomponenten des Rohmaterialgases, das zur plasmaaktivierten CVD-Reaktionskammer zugeführt wird, und wasserstoffhaltiges Verdünnungsgas verwendet wird, wobei die Strömungsgeschwindigkeit des Verdünnungsgases das Vierfache des Gases vom Silantyp oder weniger beträgt, der Partialdruck des Gases vom Silantyp in der plasmaaktivierten CVD-Reaktionskammer im Bereich von 400 bis 667 Pa (3,0 bis 5,0 Torr) liegt und der Abstand zwischen der Oberfläche eines Substrats, das so platziert ist, dass es dicht an einer erhitzten Anodenelektrode (Masseelektrode) angebracht ist, und der Oberfläche einer gegenüberliegenden Kathodenelektrode im Bereich von 8 bis 15 mm liegt.

**[0030]** Als Halbleiterschicht **111** vom p-Typ kann beispielsweise ein amorpher Siliciumdünnschichtfilm vom p-Typ verwendet werden, der mit zumindest 0,01 Atom-Bor, das ein Leitfähigkeitstyp-bestimmendes Fremdatom ist, dotiert ist. Die Bedingungen hinsichtlich der Halbleiterschicht **111** vom p-Typ unterliegen jedoch keinen besonderen Einschränkungen. Beispielsweise kann Aluminium als Fremdatom verwendet werden, und es kann eine Schicht aus Legierungsmaterial, wie z.B. amorphes Siliciumcarbid oder amorphes Siliciumgermanium, verwendet werden.

**[0031]** Als amorphe photoelektrische Umwandlungsschicht **112** vom i-Typ kann ein nicht-dotierter amorpher Siliciumdünnschichtfilm vom i-Typ oder ein Dünnschichtfilmmaterial auf Siliciumbasis vom schwachen p- oder n-Typ verwendet werden, das eine geringe Menge an Verunreinigungen und eine ausreichende photoelektrische Umwandlungseffizienz aufweist. Die amorphe photoelektrische Umwandlungsschicht **112** vom i-Typ ist nicht auf diese Materialien eingeschränkt, und es kann eine Schicht aus Legierungsmaterial, wie z.B. amorphes Siliciumcarbid oder amorphes Siliciumgermanium, verwendet werden.

**[0032]** Als Halbleiterschicht **113** vom n-Typ kann

beispielsweise ein amorpher Siliciumdünnschichtfilm vom n-Typ verwendet werden, der mit zumindest 0,01 Atom-% Phosphor, das ein Leitfähigkeitstyp-bestimmendes Fremdatom ist, dotiert ist. Die Bedingungen hinsichtlich der Halbleiterschicht **113** vom n-Typ unterliegen jedoch keinen besonderen Einschränkungen, und es kann eine Schicht aus Legierungsmaterial, wie z.B. amorphes Siliciumcarbid oder amorphes Siliciumgermanium, verwendet werden.

**[0033]** Obwohl die Bedingungen der Abscheidung oben zusammen mit der Verwendung von Verdünnungsgas beschrieben sind, kann Gas vom Silantyp als Hauptkomponente des Rohmaterialgases ohne Verwendung des Verdünnungsgases verwendet werden.

**[0034]** Die Filmabscheidungsrate unter obigen Bedingungen beträgt vorzugsweise zumindest 12 nm/min.

**[0035]** Die Strömungsgeschwindigkeit des Gases vom Silantyp beträgt pro Einheitsfläche der gegenüberliegenden Elektrodenoberfläche (Kathodenelektrodenoberfläche) unter obigen Bedingungen vorzugsweise 0,05 sccm/cm<sup>2</sup> oder weniger.

**[0036]** In vorliegender Ausführungsform liegen die Bedingungen hinsichtlich Verdünnung, Druck und Elektrodenabstand in vorbestimmten Bereich, so dass Plasma wirksam zwischen den Elektroden eingeschlossen werden kann. Folglich wird die Filmabscheidungsrate erhöht, und die Effizienz bei der Verwendung des Rohmaterialgases, wie z.B. eines Gases vom Silantyp, wird verbessert, was die Herstellungskosten der amorphen photoelektrischen Umwandlungsvorrichtung auf Siliciumbasis reduziert. Zudem ist die daraus hervorgehende Leistung ähnlich jener einer photoelektrischen Umwandlungsvorrichtung (z.B. Solarzelle), die mittels herkömmlicher Verfahren hergestellt wird, und die Verschlechterung der photoelektrischen Umwandlungseigenschaft aufgrund von Ausgesetztsein gegenüber Licht über einen langen Zeitraum, d.h. die Lichtzersetzungsrate, kann dabei reduziert werden.

**[0037]** Die Strömungsgeschwindigkeit des Verdünnungsgases ist als viermal oder weniger als jene des Gases vom Silantyp definiert, damit verhindert wird, dass es zu einer unzureichenden Menge des Rohmaterialgases in der Reaktionskammer kommt, was zu einer Verringerung der Filmabscheidungsrate führt, wie dies in herkömmlichen Verfahren zu beobachten ist, wenn die Geschwindigkeit mehr als das Vierfache beträgt.

**[0038]** Der Partialdruck des Gases vom Silantyp ist so definiert, dass er zumindest 400 Pa (3,0 Torr) beträgt, um zu verhindern, dass es zu einer unzureichenden Menge an Rohmaterialgas in der Reakti-

onskammer kommt, was zu einer Verringerung der Filmabscheidungsrate führt, wenn der Partialdruck weniger als 160 Pa (1,2 Torr) beträgt. Der Partialdruck des Gases vom Silantyp ist so definiert, dass er 667 Pa (5,0 Torr) entspricht oder darunter liegt, um die Bildung einer großen Menge an pulverartigen Produkten und Staub in der Reaktionskammer zu verhindern, wenn der Partialdruck über 667 Pa (5,0 Torr) liegt.

**[0039]** Der Abstand zwischen den Elektroden ist so definiert, dass er zumindest 8 mm beträgt, damit es zu keinen Schwierigkeiten bei der Plasmaentladung und bei der Einstellung eines konstanten Abstands zwischen den Elektroden über den Elektrodenoberflächen kommt und um folglich eine uneinheitliche Abscheidung über den Oberflächen zu verhindern, was eintritt, wenn der Abstand weniger als 8 mm beträgt. Der Abstand ist so definiert, dass er 15 mm entspricht oder darunter liegt, da die Entladung bei einem Abstand über 15 mm nicht beibehalten werden kann.

**[0040]** Im Folgenden werden die durchgeführten Versuche beschrieben.

#### Vergleichsbeispiel 1

**[0041]** Es wurde eine amorphe Siliciumsolarzelle mit einer wie in [Fig. 1](#) dargestellten Struktur hergestellt. Als Substrat **1** wurde Glas verwendet, und als transparenter leitfähiger Film **2** wurde  $\text{SnO}_2$  verwendet. Mittels plasmaaktiviertem CVD-Verfahren wurden eine mit Bor dotierte amorphe Siliciumcarbid-(SiC-)Schicht **111** vom p-Typ, eine nicht-dotierte amorphe photoelektrische Umwandlungsschicht aus Silicium **112** und eine mit Phosphor dotierte amorphe Siliciumschicht **113** vom n-Typ zu Dicken von 10 nm, 350 nm bzw. 20 nm aufgebracht. Dadurch wurde eine amorphe photoelektrische Siliciumumwandlungseinheit **11** mit einer p-i-n-Sperrschicht hergestellt. Als Hinterseitenelektrode **12** wurden ein ZnO-Film **121** und ein Ag-Film **122** zu Dicken von 80 nm bzw. 300 nm mittels Sputtern aufgebracht.

**[0042]** Die amorphe photoelektrische Umwandlungsschicht aus Silicium **112** wurde mittels Parallelplattenplasmaaktiviertem CVD-Verfahren abgeschieden, unter den Bedingungen, dass die Temperatur einer Unterschicht 200 °C betrug, der Druck in der Reaktionskammer 267 Pa (2,0 Torr) betrug, die Strömungsgeschwindigkeit von Silangas pro Elektrodeneinheitsfläche 0,03 sccm/cm<sup>2</sup> betrug, die Strömungsgeschwindigkeit von Wasserstoffgas pro Elektrodeneinheitsfläche 0,015 sccm/cm<sup>2</sup> betrug (wobei das Verhältnis bezüglich Strömungsrate zwischen Silangas und Wasserstoffgas 2:1 betrug), der Partialdruck des Silangases 177 Pa (1,33 Torr) betrug, die Entladungsleistungsdichte 40 mW/cm<sup>2</sup> und die Filmabscheidungsrate **20** nm/min betrug.

**[0043]** Wenn bewirkt wurde, dass Licht **3** mit einer Quantität von AM 1,5, 100 mW/cm<sup>2</sup> auf die amorphe Siliciumsolarzelle auftraf, betrug der Wirkungsgrad der photoelektrischen Umwandlung 10,1 %. Nachdem Licht mit einer Quantität von AM 1,5, 100 mW/cm<sup>2</sup> kontinuierlich über einen langen Zeitraum hinweg (550 Stunden) auf die Solarzelle gerichtet wurde, betrug der stabilisierte Wirkungsgrad 8,0 %.

**[0044]** Eine amorphe Siliciumsolarzelle, die ohne Verwendung von Wasserstoffgas als Verdünnungsgas unter den mit Ausnahme davon gleichen Bedingungen erhalten wurde, zeigte einen photoelektrischen Umwandlungswirkungsgrad und einen stabilisierten Wirkungsgrad, die jenen oben beschriebenen ähnelte.

#### Vergleichsbeispiel 2

**[0045]** Es wurde eine amorphe Siliciumsolarzelle mit einer wie in [Fig. 1](#) dargestellten Struktur auf ähnliche Weise hergestellt. Die Abscheidungsbedingungen waren dabei mit Ausnahme der Bedingung hinsichtlich der photoelektrischen Umwandlungsschicht **112** vom i-Typ identisch mit jenen im Vergleichsbeispiel 1.

**[0046]** Die amorphe photoelektrische Umwandlungsschicht aus Silicium **112** wurde mittels Parallelplattenplasmaaktiviertem CVD-Verfahren abgeschieden, unter den Bedingungen, dass die Temperatur einer Unterschicht 180 °C betrug, der Druck in der Reaktionskammer 13,3 Pa (0,1 Torr) betrug, die Strömungsgeschwindigkeit von Silangas pro Elektrodeneinheitsfläche 0,06 sccm/cm<sup>2</sup> betrug, wobei kein Wasserstoffgas verwendet wurde, die Entladungsleistungsdichte 15 mW/cm<sup>2</sup> und die Filmabscheidungsrate 6 nm/min betrug.

**[0047]** Wenn bewirkt wurde, dass Licht **3** mit einer Quantität von AM 1,5, 100 mW/cm<sup>2</sup> auf die amorphe Siliciumsolarzelle auftraf, betrug der Wirkungsgrad der photoelektrischen Umwandlung 10,6 %. Nachdem Licht mit einer Quantität von AM 1,5, 100 mW/cm<sup>2</sup> kontinuierlich über einen langen Zeitraum hinweg (550 Stunden) auf die Solarzelle gerichtet wurde, betrug der stabilisierte Wirkungsgrad 8,0 %, was fast jenem in Vergleichsbeispiel 1 entspricht.

**[0048]** Verglichen mit Vergleichsbeispiel 1 kam es bei der Verwendung von Silangas zu einer starken Minderung des Wirkungsgrads, da die Strömungsgeschwindigkeit des Silangases verdoppelt wurde und die Abscheidungsrate 3,3-mal länger war.

**[0049]** Gemäß dem Verfahren zur Herstellung einer amorphen photoelektrischen Dünnschichtfilm-Umwandlungsvorrichtung auf Siliciumbasis gemäß vorliegender Erfindung sind die Bedingungen hinsichtlich Verdünnung, Druck und Elektrodenabstand so

definiert, dass sie in vorbestimmten Bereichen liegen, sodass Plasma wirksam zwischen den Elektroden eingeschlossen werden kann. Folglich kommt es zu einer Erhöhung der Filmabscheidungsrate, und die Effizienz bei Verwendung von Rohmaterialgas, wie z.B. Gas vom Silantyp, wird verbessert, um die Herstellungskosten der amorphen photoelektrischen Dünnschichtfilm-Umwandlungsvorrichtung auf Siliciumbasis zu reduzieren. Zudem ist die daraus hervorgehende Leistung ähnlich jener einer photoelektrischen Umwandlungsvorrichtung (z.B. Solarzelle), die mittels herkömmlicher Verfahren hergestellt wird, und die Verschlechterung der photoelektrischen Umwandlungseigenschaft aufgrund von Ausgesetztsein gegenüber Licht über einen langen Zeitraum, d.h. die Lichtzersetzungsrate, kann dabei reduziert werden.

**[0050]** Die Bedingung, dass die Strömungsgeschwindigkeit des Verdünnungsgases dem Vierfachen des Gases vom Silantyp entspricht oder darunter liegt, ist definiert, um die Reduktion der Rohmaterialgasmenge in der Reaktionskammer und in Folge auch die Abnahme der Filmabscheidungsrate zu verhindern, welche bei herkömmlichen Verfahren zu beobachten ist, wenn die Strömungsgeschwindigkeit mehr als das Vierfache beträgt.

**[0051]** Die Bedingung, dass der Partialdruck des Gases vom Silantyp im Bereich von 400 Pa bis 667 Pa (3,0 bis 5,0 Torr) liegt, ist definiert, um zu verhindern, dass es zu einer unzureichenden Menge an Rohmaterialgas in der Reaktionskammer kommt, was zu einer Verringerung der Abscheidungsrate führt, wenn der Partialdruck weniger als 160 Pa (1,2 Torr) beträgt, und um die Bildung einer großen Menge an pulverartigen Produkten und Staub in der Reaktionskammer zu verhindern, was auftritt, wenn der Partialdruck über 667 Pa (5,0 Torr) liegt.

**[0052]** Die Bedingung, dass der Abstand zwischen den Elektroden im Bereich von 8 mm bis 15 mm liegt, ist definiert, damit es zu keinen Schwierigkeiten bei der Plasmaentladung und bei der Einstellung eines konstanten Abstands zwischen den Elektroden über den Elektrodenoberflächen kommt und um folglich eine uneinheitliche Abscheidung über den Oberflächen zu verhindern, was beobachtet wird, wenn der Abstand weniger als 8 mm beträgt. Wenn der Abstand über 15 mm beträgt, kann die Entladung nicht beibehalten werden.

**[0053]** Die Einheit „sccm“, auf die in vorliegendem Dokument verwiesen wird, ist eine Abkürzung, die für „Standardkubikzentimeter pro Minute“ steht, und bezieht sich auf eine Gasströmungsgeschwindigkeit, die einer Standardströmungsgeschwindigkeit (bei 0 °C und 1 atm) entspricht.

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung einer amorphen photoelektrischen Dünnschicht-Umwandlungsvorrichtung auf Siliciumbasis mit stapelförmiger Struktur, die mittels plasmaaktiviertem CVD-Verfahren aus einer Halbleiterschicht vom p-Typ (**111**), einer amorphen photoelektrischen Umwandlungsschicht auf Siliciumbasis vom i-Typ (**112**) und einer Halbleiterschicht vom n-Typ (**113**) besteht, worin zumindest eine der Halbleiterschichten vom p-Typ (**111**), der amorphen photoelektrischen Umwandlungsschichten auf Siliciumbasis vom i-Typ (**112**) und der Halbleiterschichten vom n-Typ (**113**) gebildet wird, indem ein Rohmaterialgas, das Gas vom Silantyp als Hauptkomponente aufweist, und ein wasserstoffhaltiges Verdünnungsgas in eine Reaktionskammer für plasmaaktivierte CVD-Verfahren zugeführt wird; die Strömungsgeschwindigkeit des Verdünnungsgases höchstens das Vierfache des Gases vom Silantyp beträgt; und der Abstand zwischen der Oberfläche eines Substrats für die stapelförmige Struktur, wobei das Substrat auf einer ersten Elektrode aufgebracht ist, und der Oberfläche einer zweiten Elektrode, die der ersten Elektrode gegenüber liegt, im Bereich von 8 mm bis 15 mm liegt;

**dadurch gekennzeichnet**, dass der Partialdruck des Gases vom Silantyp in der Reaktionskammer für plasmaaktivierte CVD-Verfahren im Bereich von 400 Pa bis 667 Pa (3,0 Torr bis 5,0 Torr) liegt.

2. Verfahren zur Herstellung einer amorphen photoelektrischen Dünnschicht-Umwandlungsvorrichtung auf Siliciumbasis mit stapelförmiger Struktur, die mittels plasmaaktiviertem CVD-Verfahren aus einer Halbleiterschicht vom p-Typ (**111**), einer amorphen photoelektrischen Umwandlungsschicht auf Siliciumbasis vom i-Typ (**112**) und einer Halbleiterschicht vom n-Typ (**113**) besteht, worin zumindest eine der Halbleiterschichten vom p-Typ (**111**), der amorphen photoelektrischen Umwandlungsschichten auf Siliciumbasis vom i-Typ (**112**) und der Halbleiterschichten vom n-Typ (**113**) gebildet wird, indem ein Rohmaterialgas, das als Hauptkomponente ein Gas vom Silantyp enthält, in eine Reaktionskammer für plasmaaktivierte CVD-Verfahren zugeführt wird; das Rohmaterialgas ohne Verdünnungsgas zugeführt wird; und der Abstand zwischen der Oberfläche eines Substrats für die stapelförmige Struktur, wobei die Struktur auf einer ersten Elektrode aufgebracht ist, und der Oberfläche einer zweiten Elektrode, die der ersten Elektrode gegenüber liegt, im Bereich von 8 mm bis 15 mm liegt; **dadurch gekennzeichnet**, dass der Partialdruck des Gases vom Silantyp in der Reaktionskammer für plasmaaktivierte CVD-Verfahren im Bereich von 400 Pa bis 667 Pa (3,0 Torr bis 5,0 Torr) liegt.

3. Verfahren zur Herstellung einer amorphen photoelektrischen Dünnschicht-Umwandlungsvor-

richtung auf Siliciumbasis nach Anspruch 1 oder 2, worin die Strömungsgeschwindigkeit des Gases vom Silantyp pro Einheitsfläche der Oberfläche der zweiten Elektrode höchstens  $0,05 \text{ sccm/cm}^2$  beträgt.

4. Verfahren zur Herstellung einer amorphen photoelektrischen Dünnschicht-Umwandlungsrichtung auf Siliciumbasis nach einem der vorangehenden Ansprüche, worin die erste Elektrode eine Anodenelektrode ist, die während der Abscheidung erhitzt wird, und die zweite Elektrode eine Kathodenelektrode ist.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

FIG. 1

