

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges

Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales

Veröffentlichungsdatum

23. Januar 2014 (23.01.2014)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer

WO 2014/012953 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

C30B 33/00 (2006.01) H01L 21/66 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2013/065042

(22) Internationales Anmeldedatum:
17. Juli 2013 (17.07.2013)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2012 106 435.0 17. Juli 2012 (17.07.2012) DE

(71) Anmelder: FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR
FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG
E.V. [DE/DE]; Hansastr. 27c, 80686 München (DE).

(72) Erfinder: HENDRICKS, Andreas; Döllstödterstr. 50,
99423 Weimar (DE). LEMKE, Christian; Am Rähmen
21, 07743 Jenau (DE). SEIDL, Albrecht; Nelkenweg 2,
63843 Niedernberg (DE). BIRKMANN, Bernhard;
Auenstr. 8, 63755 Alzenau (DE). SIEGMUND, Sebastian;
Hans-Berger-Str. 23, 07747 Jena (DE).

(74) Anwalt: STOFFREGEN, Hans-Herbert; Friedrich-
Ebert-Anlage 11b, 63450 Hanau (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW,
BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK,
DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,
GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KN, KP,
KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD,
ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI,
NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU,
RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ,
TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA,
ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ,
TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ,
RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY,
CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT,
LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE,
SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA,
GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz
3)

(54) Title: METHOD FOR ASSESSING THE QUALITY OF A BRICK SEPARATED FROM AN INGOT

(54) Bezeichnung : VERFAHREN ZUR QUALITÄTSBEWERTUNG EINES AUS EINEM INGOT HERAUSGETRENNTEN
BRICKS

(57) Abstract: A method for determining the quality of silicon wafers which are to be processed for producing semiconductor components and which are sections of a brick separated from an ingot. In order to allow a quality statement about a silicon wafer to be processed, in particular such a silicon wafer for producing a solar cell, before the wafer is separated from the brick, it is proposed that the outer circumferential surfaces of the brick are assessed over the whole area or substantially over the whole area with regard to characteristic parameters for the quality of the wafers, and that the wafers to be processed are separated from sections of the brick which fulfil predefined parameter values.

(57) Zusammenfassung: Verfahren zur Qualitätsermittlung von zur Herstellung von Halbleiterbauelementen zu prozessierenden Siliciumwafern, die Abschnitte eines Bricks sind, der aus einem Ingot abgetrennt wird. Um eine Qualitätsaussage über einen zu prozessierenden Siliciumwafer, insbesondere einen solchen zur Herstellung einer Solarzelle vor Trennen des Wafers von dem Brick zu ermöglichen, wird vorgeschlagen, dass die Umfangsflächen des Bricks ganzflächig oder im Wesentlichen ganzflächig in Bezug auf für die Qualität der Wafer charakteristische Parameter bewertet werden und dass aus Abschnitten des Bricks, die vorgegebene Parameterwerte erfüllen, die prozessierenden Wafer abgetrennt werden.

WO 2014/012953 A1

Beschreibung

Verfahren zur Qualitätsbewertung eines aus einem Ingot herausgetrennten Bricks

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Qualitätsbewertung eines aus einem Ingot herausgetrennten Bricks, aus dem zu prozessierende Siliciumwafer geschnitten werden.

Die Massenfertigung von Solarzellen erfolgt auf Fertigungslinien, bei denen am Anfang ein unbehandelter Siliciumwafer aufgelegt wird. Auf dem Weg zur Solarzelle erfolgen verschiedene Arbeitsschritte, bei denen beide Seiten des Wafers, d. h. der späteren Solarzelle, unterschiedlich strukturiert und prozessiert werden.

Aus Gründen der Kostenoptimierung ist es sinnvoll, als schadhaft oder minderwertig erkannte Wafer entweder gar nicht auszuliefern oder vor Beginn der Zellfertigung zu erkennen und auszusortieren oder einer angepassten Weiterprozessierung zuzuführen.

Im Fall von mittels gerichteter Blockerstarrung (z. B. Vertical Gradient Freeze VGF) oder verwandter Kristallisationsverfahren kristallisiertem Silicium hängt der erreichbare Wirkungsgrad von zu Solarzellen prozessierten Wafern aus diesem Material ganz wesentlich von zwei voneinander weitgehend unabhängigen Materialeigenschaften der Wafer ab, und zwar

- vom Gehalt an rekombinationsaktiven Störstellen bzw. Gitterdefekten,
- vom elektrischen Widerstand.

Störstellen bzw. Gitterdefekte sind in der Regel sehr inhomogen über den Wafer verteilt. Der elektrische Widerstand ist in der Regel homogen über den Wafer, kann sich aber in seiner Größe von Wafer zu Wafer unterscheiden.

Eine routinemäßige an 100 % der Wafer erfolgende Inline-Messung wird bisher nur für den Widerstand durchgeführt. Dessen Einfluss auf den erreichbaren Wirkungsgrad ist jedoch, solange dieser innerhalb eines bestimmten Bereichs von ca. 1 Ωcm bis 3 Ωcm liegt, untergeordnet. Die Ladungsträgerlebensdauer wird grundsätzlich nur entlang von einzelnen Spuren zu 100% inline erfasst. Eine ganzflächige Bestimmung wäre jedoch erforderlich, um Aussagen über die Waferqualität zu liefern.

Es sind Verfahren und Geräte bekannt, mit denen sich die Ladungsträgerlebensdauer oder von dieser abhängige Messgrößen wie Intensität der Band-Band-Lumineszenz ganzflächig und inline vermessen lassen. Insoweit ist beispielhaft auf die DE-A-10 2008 052 223 oder die WO-A-2007/128060 zu verweisen.

Die rekombinationsaktiven Störstellen in Silicium sind unterschiedlichster Natur. Es kann sich um Fremdatome handeln (z. B. interstitiell eingebautes Eisen), Komplexe von Fremdatomen oder von Fremdatomen mit Dotieratomen (z. B. Fe-B oder B-O), von Fremdatomen dekorierte Korngrenzen oder Versetzungen (z. B. O-Agglomerate an Korngrenzen und Versetzungswänden), oder auch Gitterdefekte selbst (Versetzungen, Kleinwinkelkorngrenzen, Korngrenzen, oder auch Fremdausscheidungen im Gitter, oder eingewachsene Fremdpartikel). Die Detektion solcher Bereiche auf einem Wafer im Rahmen einer ganzflächigen Waferinspektion erfolgt daher typischerweise nicht individuell, sondern es werden lokale Unterschiede in der resultierenden Ladungsträgerlebensdauer über die Fläche des Wafers erfasst, ohne nach den Ursachen zu unterscheiden.

Massive Gitterstörungen in Teilen eines Wafers können Versetzungscluster, d. h. Anhäufungen von Versetzungslinien und Kleinwinkelkorngrenzen sein. Diese Art von Störungen kann bei kristallinen Siliciumwafern bei sämtlichen

Kristallisationstechnologien auftreten. Besonders häufig sind diese in multikristallinen Wafern anzutreffen, welche aus gerichtet erstarrten Blöcken gesägt werden, oder aus Blöcken aus der EMC (electromagnetic casting technology). Genauso kommen sie in Siliciumwafern aus Folienerstarrungsverfahren wie SR (String Ribbon), EFG (Edge-defined Film-fed Growth), RGS (Ribbon Grown on Substrate) vor. Diese Verfahren haben gemeinsam, dass eine mehr oder weniger hohe Versetzungsdichte auftritt. Eine massive Gitterstörung kann aber auch in nominell einkristallinen, versetzungsfreien Wafern aus Verfahren wie z. B. dem CZ- (Czochralski) oder dem FZ- (Floating Zone) Verfahren auftreten, falls das an sich bei diesen Verfahren angestrebte versetzungsfreie Wachstum nicht eingehalten wurde.

Massive Gitterstörungen bestehen darin, dass sich grundsätzlich vorhandene an und für sich wenig störende Versetzungen lokal zu Clustern von Versetzungslinien, Versetzungswänden und Kleinwinkelkorngrenzen anordnen. In RYNINGEN et al.: „Dislocation clusters in multicrystalline silicon“, Proc. 22nd Europ. Photovoltaic Solar Energy Conference, 3. bis 7. September 2007, Mailand, Italien, Seiten 1086 bis 1090, wird erläutert, wie diesbezügliche Bereiche mit gezielter aufwändiger Präparation von Waferbereichen sichtbar gemacht werden. Hierzu werden Wafer chemisch mechanisch poliert und sodann geätzt. Durch die enge Nachbarschaft vieler solcher die beiden Waferoberflächen verbindender Störungen ist der gesamte Waferbereich betroffen. Die Abstände der Störungen voneinander sind in diesen Regionen kleiner oder gleich der Diffusionslänge der Ladungsträger und reduzieren daher die Ladungsträgerlebensdauer lokal sehr effektiv. Massiv gestörte Bereiche eines Wafers unterscheiden sich somit deutlich von anderen Waferbereichen dahingehend, dass die an sich überall mehr oder weniger präsenten und den Wafer durchziehenden Versetzungen nicht mehr einzeln nebeneinander vorliegen, sondern in Versetzungswänden und Kleinwinkelkorngrenzen angeordnet sind, welche zudem flächig ausgedehnte und von nicht betroffenen Gebieten abgrenzbare Cluster bilden.

Diese Cluster mit massiver Gitterstörung führen über die im Bereich der Cluster stark reduzierte Ladungsträgerlebensdauer zu einer Reduzierung der erreichbaren elektrischen Kennzahlen einer Solarzelle. Dies betrifft insbesondere die

Leerlaufspannung, den Kurzschlussstrom, und damit auch den Wirkungsgrad der Solarzelle. Dies wird in der Literaturstelle JULSRUD et al: „Directionally solidified multicristalline silicon: industrial perspectives, objectives, challenges“, Proc. 3rd International Workshop on Crystalline Silicon Solar Cells, Trondheim, 2009, Seiten 1 bis 4, erläutert. Hierzu werden die Bereiche massiver Gitterstörung durch gezielte aufwändige Ätztechnik sichtbar gemacht. Die gleichen Bereiche zeigen bei Lebensdauer mappings eine stark reduzierte Ladungsträgerlebensdauer. Ähnliches ergibt sich auch aus KADEN et al: „The impact of dislocations on the efficiency of multicrystalline silicon solar cells“, Proc. 3rd International Workshop on Crystalline Silicon Cells, Trondheim, 2009, Seiten 1 bis 5.

Die Reduzierung der Leerlaufspannung, des Kurzschlussstroms oder des Wirkungsgrads hängt in erster Näherung linear davon ab, wie groß der Flächenanteil solcher Bereiche bzw. Cluster auf einer Solarzelle bzw. auf einem Wafer ist.

Allerdings sieht man den Wafern die Defekte am Beginn einer Zellproduktionslinie nicht ohne Weiteres an, so dass eine Eingangskontrolle der unbehandelten Wafer nur mit aufwändigen, indirekten Methoden möglich ist.

Hierbei gelangen Methoden zur Anwendung, bei denen die Verteilung der Ladungsträgerlebensdauer erfasst werden kann, wie z. B. Micro-PCD oder Photolumineszenz. Entsprechende Verfahren sind aufwändig und nicht immer inline-fähig, da der gesamte Wafer im Takt weniger Sekunden zerstörungsfrei charakterisiert und beurteilt werden muss. Andererseits kann die Ladungsträgerlebensdauer auch durch andere, weniger problematische Defekte reduziert werden. Beispielhaft sind erhöhte Metallkontaminationen zu nennen. Solche Bereiche sind jedoch nicht ohne Weiteres durch Lebensdauer mappings von Bereichen massiver Gitterstörungen zu separieren. Dies wird in HAUNSCHILD et al.: “Comparing luminescence imaging with illuminated lock-in thermography and carrier density imaging for inline inspection of silicon solar cells“, Proc. 24th Europ. Photovoltaic Solar Energy Conference, Hamburg, 2009, Seiten 857 – 862, erläutert, wobei die Möglichkeit einer in-line-Überprüfung von Solarzellen

durch Elektrolumineszenz- bzw. Photolumineszenz-Messungen in Betracht gezogen wird.

Verfahren zur Messung der Lumineszenzstrahlung einer Halbleiterstruktur durch Messung von Photolumineszenz bzw. Lumineszenzstrahlung sind des Weiteren in der DE-A-10 2008 044 883, der DE-A-10 2005 040 010 oder der WO-A-2009/121133 beschrieben. Allerdings lassen sich erwähnthermaßen mit entsprechender Photolumineszenz bzw. Lumineszenzmessungen nicht eindeutig Rückschlüsse auf das Vorliegen von strukturgestörten Bereichen ziehen.

Bei Wafern, die aus den Randbereichen eines Ingots stammen und mit mindestens einer Kante Kontakt zur Schmelztiegelwand hatten, kommt es aufgrund von eindiffundierenden Verunreinigungen ebenfalls zu Bereichen verringerter Lebensdauer. Diese Bereiche führen bei einer Zelle zu Wirkungsgradverlusten.

Der elektrische Widerstand wird vom Gehalt an Dotieratomen bestimmt. Dies ist im Fall von Silicium für die Photovoltaik typischerweise überwiegend Bor oder Gallium (für p-type Si) oder Phosphor (für n-type Si). Im Fall, dass Donatoren und Akzeptoren in ähnlicher Größenordnung vorliegen, kommt es zur Kompensation bzw. teilweisen Kompensation. Für die Solarzelle entscheidend ist der aus der Nettokonzentration resultierende Widerstand.

Es ist grundsätzlich bekannt, dass sich aus einer ganzflächigen Erfassung und Vermessung der Bereiche reduzierter Lebensdauer auf einem multikristallinen Wafer Rückschlüsse auf den zu erreichenden Wirkungsgrad bzw. allgemeiner auf die Kennlinie eine daraus gefertigten Solarzelle ziehen lassen. Einzelheiten sind z. B. bei Haunschild et al., Nagel et al., Macmillan et al. oder Birkmann et al. beschrieben.

Um die Produktionskosten noch weiter zu senken, bietet es sich an, als für Wafer zu bewertendes minderwertiges Material bereits am Brick zu identifizieren, auszusortieren und somit von den weiteren Bearbeitungsschritten auszuschließen. Ein Ingot, der durch Aufschmelzen und gezielte Kristallisation insbesondere aus Reinstsilicium gezüchtet

wird, wird in einem anschließenden Blocking-Prozess in sogenannte Bricks geschnitten, der in einem nachfolgenden Schritt zu Wafern weiterverarbeitet wird. Hierzu wird der Brick senkrecht zu seiner Längsachse in Scheiben z. B. durch Sägen getrennt.

Im Falle mittels gerichteter Blockerstarrung wie Vertical Gradient Freeze (VGF) oder verwandter Kristallisationsverfahren kristallisierten Siliciums hängt – wie zuvor erläutert – der erreichbare Wirkungsgrad von aus diesem Material zu Solarzellen prozessierten Bricks ganz wesentlich von zwei voneinander weitgehend unabhängigen Materialeigenschaften ab, nämlich

- vom Gehalt an rekombinationsarmen Störstellen bzw. Gitterdefekten (welche in der Regel sehr inhomogen über die Höhe des Brick verteilt sind),
- vom elektrischen Widerstand (welcher sich in der Regel homogen über die Brickhöhe ändert).

Eine routinemäßige, an 100 % der Bricks erfolgende inline-Messung erfolgt für Widerstand und Ladungsträgerlebensdauer nach dem Stand der Technik entlang von einzelnen Spuren entlang einer zur Innenseite des Ingots gewandten, nicht von Randbereichen beeinflussten Seitenfläche, also Umfangsaußenfläche der Bricks. Auch ist es bekannt, Clusteranteile über die gesamte Fläche eines Bricks zu messen.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde, ein Verfahren der eingangs genannten Art so weiterzubilden, dass eine Qualitätsaussage über einen zu prozessierenden Siliciumwafer, insbesondere einem solchen zur Herstellung einer Solarzelle vor dem Zerteilen des Bricks in Wafer, ermöglicht wird.

Zur Lösung der Aufgabe sieht die Erfindung im Wesentlichen vor, dass die sich entlang der Längsachse des Bricks verlaufenden Außenflächen - also Umfangsaußenfläche - ganzflächig oder im Wesentlichen ganzflächig in Bezug auf für die Qualität der Wafer charakteristische Parameter bewertet werden und dass aus Abschnitten des Bricks, die vorgegebene Parameterwerte erfüllen, die zu prozessierenden Wafer abgetrennt werden.

Als Qualitätsparameter wird zumindest ein Parameter aus der Gruppe Versetzungsclusteranteil, Kornstrukturbild, Ladungsträgerlebensdauer ausgewählt.

Erfindungsgemäß erfolgt eine Detektion von Brick-Bereichen mit definierter Qualität, aus denen Wafer entstehen, die zu Halbleiterbauelementen, insbesondere zu Solarzellen mit einer vorhersagbaren Wirkungsbandbreite prozessiert werden können. Wesentlich hierfür ist, dass Grundlage für die Vorhersage eine ganzflächige Erfassung der Umfangsaußenflächen, also der Seitenflächen des Bricks erfolgt, wobei insbesondere die Bereiche verringerter Ladungsträgerlebensdauer ermittelt werden. Die Erfassung erfolgt dabei zerstörungsfrei und ist insbesondere inline-fähig.

Insbesondere erfolgt eine unmittelbare Messung der Ladungsträgerlebensdauer. Aber auch Messungen von davon abhängigen Eigenschaften wie Gehalt an Lebensdauer bestimmenden Defekten zur Verwirklichung der erfindungsgemäßen Lehre sind möglich.

Dabei erfolgt die Ladungsträgerlebensdauerermessung insbesondere mittels Mikrowellendetektion.

Überraschenderweise hat sich gezeigt, dass dann, wenn die Außenflächen des Bricks ganzflächig oder im Wesentlichen ganzflächig bewertet werden und die Messergebnisse, die den einzelnen Flächen zugeordnet werden, ebenfalls unter Berücksichtigung eines Wichtungsfaktors verknüpft werden, eine reproduzierbare Bewertung des Bricks und somit der Bereiche erfolgen kann, die für Wafer geeignet sind, um aus diesen Solarzellen mit einem hohen Wirkungsgrad herzustellen. Vergleiche haben gezeigt, dass der Clusteranteil am Brick mit dem Clusteranteil am Wafer aus der entsprechenden Brickhöhe gut übereinstimmt. Mit anderen Worten können für die spätere Solarzellenqualität wesentliche Rückschlüsse am Brick selbst vorgenommen werden, wenn die Wafer zu Solarzellen prozessiert werden.

Als unabhängiger charakteristischer Parameter ist vorgesehen, dass von den Außenflächen des Bricks Kornstrukturbilder aufgenommen werden und sodann die Kornstrukturbilder zu einer Volumeninformation verknüpft werden.

Die Erfindung zeichnet sich auch dadurch aus, dass von den Außenflächen des Bricks Kornstrukturbilder zur Ermittlung flächenmäßigen Anteils monokristalliner Bereiche aufgenommen werden.

Insbesondere werden von den Außenflächen Bereiche reduzierter Ladungsträgerlebensdauer ermittelt.

Bevorzugterweise ist vorgesehen, dass Versetzungscluster in jeder Außenfläche ermittelt werden.

In Weiterbildung wird vorgeschlagen, dass die ermittelten Qualitätsparameter entlang Längsachse des Bricks in vorgegebenen Abständen bewertet werden, wobei der Abstand A beträgt $1D \leq A \leq 100 D$, bevorzugterweise $1D \leq D \leq 5D$ mit D = Dicke eines Wafers ist.

Somit können gezielt Bereiche ausgewählt werden, die für Wafer geeignet sind, um diese sodann insbesondere zu Solarzellen eines gewünschten Wirkungsgradpotenzials zu prozessieren.

Insbesondere sieht die Erfindung vor, dass bei der Ermittlung des Clustergehalts eine Wichtung des in der jeweiligen Außenfläche ermittelten Clusteranteils erfolgt, wobei Clusteranteile von einer Außenfläche, die Außenfläche des Ingots ist, oder an eine Außenfläche des Ingots angrenzt, geringer gewichtet wird als verbleibende Außenfläche bzw. Außenflächen. Bei dieser Bewertung trägt man der Tatsache Rechnung, dass diejenigen Flächen, die Außenfläche des Ingots selbst sind, unmittelbar mit dem Tiegel, aus dem der Ingot gezogen wird, kontaktiert sind und somit in die Randbereiche Verschmutzungen diffundiert sind, die ausschließlich im Randbereich verbleiben.

Insbesondere sieht die Erfindung vor, dass mehrere charakteristische Parameter an den Außenflächen des Bricks gemessen und diese sodann in Bezug auf die Längsachse des Bricks zur höhenmäßigen Bewertung der Güte des Bricks verknüpft werden.

Weitere Einzelheiten, Vorteile und Merkmale der Erfindung ergeben sich nicht nur aus den Ansprüchen, den diesen zu entnehmenden Merkmalen - für sich und/oder im Kombination -, sondern auch aus der nachfolgenden Beschreibung von bevorzugten Ausführungsbeispielen.

Es zeigen:

Fig. 1 Fotografien der Mantelflächen eines Bricks, aneinandergereiht,

Fig. 2 aus den Bildern der Fig. 1 durch Bildverarbeitung gewonnene
Teilstrukturen in den Außenflächen,

Fig. 3 Lebensdauermapping eines Quasimono-Bricks,

Fig. 4 Clusteranteile eines Bricks sowie von aus dem Brick geschnittenen
Wafers über die Höhe des Bricks.

Nachstehend erfolgt anhand von Ausführungsbeispielen eine ganzflächige Erfassung der als Außenflächen oder Umfangsaußenflächen bezeichneten Seitenflächen eines quaderförmigen Bricks, der aus einem Ingot geschnitten ist. Dabei weisen Bricks typischerweise Abmessungen von 156 x 156 mm Grundfläche, die der Kantenlänge eines Wafers entsprechen, und eine Höhe von z. B. 450 mm auf. Die Bewertung der Seitenflächen erfolgt über die Höhe des Bricks. In Abhängigkeit von den Messverfahren erfolgen die höhenmäßigen Bewertungen, um Bereiche zu ermitteln, die vorgegebenen Qualitätsparametern entsprechen, so dass die Bereiche ausgewählt werden können, um Wafer abzutrennen, die sodann zu Halbleiterbauelementen, insbesondere zu Solarzellen mit einem gewünschten Wirkungsgrad prozessiert werden können. Erfindungsgemäß erfolgt eine Bewertung des Kristallisationsprozesses bereits

am Brick und nicht erst am Wafer. Somit besteht die Möglichkeit, am Anfang der Prozesskette wertvolles Rohmaterial für ein Recyclen zurückzugewinnen. Erfolgt eine Bewertung erst am Wafer, geht Material teilweise während des Sägens verloren.

Insbesondere erfolgt eine Bewertung der Außenflächen des Bricks über dessen Höhe in Bezug auf Lebensdauermessungen und Kornstrukturdaten.

Für die Bestimmung der Bereiche reduzierter Lebensdauer eignen sich alle bildgebenden Verfahren, deren Messgrößen mit der Ladungsträgerlebensdauer korrelieren. Beispielhaft ist Photolumineszenz zu nennen. Insbesondere eignen sich jedoch inline-fähige Verfahren, wobei insbesondere das MDP (Microwave Detected Photoconductivity)-Verfahren zu nennen ist. Die technische Umsetzung der diesbezüglichen Verfahren wird z. B. in den nachstehenden Literaturstellen erörtert, auf deren Offenbarung ausdrücklich Bezug genommen wird:

HAUNSCHILD et al.: Comparing luminescence imaging with illuminated lock-in thermography and carrier density imaging for inline inspection of silicon solar cells. Proc. 24th European Photovoltaic Solar Energy Conference, Hamburg, 2009;

NAGEL et al., Luminescence imaging – a key metrology for crystalline silicon PV. Proc. NREL Workshop on Crystalline Silicon, Breckenridge, 2010;

MACMILLAN et al., In-line Monitoring of Electrical Wafer Quality using Photoluminescence Imaging. Proc. 25th Europ. Photovoltaic Solar Energy Conference, Valencia, 2010;

BIRKMANN et al., Analysis of multicrystalline wafers originating from corner and edge bricks and forecast of cell properties. Proc. 26th Europ. Photovoltaic Solar Energy Conference, Hamburg, 2011;

SCHÜLER et al., Spatially resolved determination of trapping parameters in p-doped silicon by Microwave Detected Photoconductivity, Proc. 25th Europ. Photovoltaic Solar Energy Conference, Valencia, 2010.

Für die Bestimmung der Kornstruktur, insbesondere des Anteils des größten Korn, eignen sich alle Verfahren, insbesondere inline-fähige bildgebende Verfahren, welche die Kornstruktur sichtbar machen. Insbesondere Auflicht- oder IR-Durchlicht-Inspektion von Bricks kommen in Frage. Durch die beiden Methoden können mittels geeigneter Bildverarbeitung die Korngrößen an den Brick-Seitenflächen bestimmt werden.

Nachstehende Erläuterungen sind jedoch nicht an die zuvor erwähnten Verfahren zwingend gebunden.

Den Fig. 1 und 2 sind Bilder der Außenflächen eines Bricks zu entnehmen, wobei die Außenflächen mit C_1 , C_2 , C_3 und C_4 gekennzeichnet sind. Diese sind aneinander gereiht. Man kann auch von aufgeklappten Mantelflächen sprechen.

In der Fig. 1 ist die Kornstruktur der Mantelflächen durch Auflicht-Verfahren ermittelt worden. Aus den entsprechenden Aufnahmen werden sodann durch geeignete Bildverarbeitung die Kornstrukturen sichtbar gemacht (Fig. 2). Aus den sichtbar gemachten großen Körnern kann sodann der Flächenanteil des größten Korn pro Mantelfläche C_1 , C_2 , C_3 , C_4 ermittelt werden.

Aus den Bildern kann in einem ersten Schritt eine höhenabhängige Ermittlung der Korngrenzen mittels Gradientenfläche pro Mantelfläche C_1 , C_2 , C_3 , C_4 erfolgen. In einem nachfolgenden Schritt können die zusammenhängenden Flächen berechnet werden, um das größte Korn pro Mantelfläche C_1 , C_2 , C_3 , C_4 zu ermitteln. Die Einzelergebnisse in Bezug auf die Mantelflächen C_1 , C_2 , C_3 , C_4 werden anschließend verknüpft, um eine Volumeninformation zu erhalten, d. h., Rückschlüsse aus dem Volumenanteil des größten Korn, insbesondere monokristalline Bereiche, zu gewinnen.

Der Fig. 3 sind Ladungsträgerlebensdaueraufnahmen der Seiten- bzw. Mantelflächen C_1 , C_2 , C_3 , C_4 zu entnehmen. Die Ladungsträgerlebensdauermessungen wurden mittels MDP (MDPIngot; Gerätehersteller Freiberg Instrument) durchgeführt. Dabei ist der Fig. 3 ein typischer Quasimono-Brick mit seinen Mantelflächen C_1 , C_2 , C_3 , C_4 , also Seiten- bzw. Außenflächen, zu entnehmen, wobei die dunklen Bereiche Gebiete niedrigerer Defektausprägung repräsentieren. Man erkennt an einer Seite die Eindiffusionszone, die durch den unmittelbaren Kontakt des Ingots mit dem Tiegel entsteht. Somit ist der Brick, der der Abbildung gemäß Fig. 3 entspricht, aus dem Ingot derart geschnitten, dass die Außenfläche C_2 die Kontaktfläche des Ingots mit dem Schmelztiegel ist. Die hellen Bereiche stellen des Weiteren Versetzungscluster dar, also Versetzungswände, Kleinwinkelkorngrenzen, linienhafte Anhäufung von Versetzungen. Diese Bereiche sind durch verringerte Lebensdauer gekennzeichnet.

Um die Messergebnisse der Außenflächen C_1 , C_2 , C_3 , C_4 zu bewerten, wird von dem jeweils aufgenommenen MDP-Lebensdauerbild pro Brickhöhe, und zwar in Abhängigkeit von der Auflösung des Messgerätes, wobei der Abstand z. B. 1 mm beträgt, der Maximalwert über die Brickbreite gebildet. Dabei werden für die Berechnung des Maximalwertes Bereiche am Rand ausgenommen, die auf eindiffundierte Verunreinigungen zurückzuführen sind. Sodann wird zur Bestimmung des Flächenanteils von Versetzungsclustern je Außenfläche C_1 , C_2 , C_3 , C_4 in Abhängigkeit von der Brickhöhe der Quotient zwischen Maximalwert und Lebensdauerwert gebildet. Dabei hängt der Maximalwert von der Stärke der an den Ladungsträgern reflektierten Mikrowelle ab. Überschreitet der Quotient $\Delta\tau$ einen vorgegebenen Wert, dann wird der Pixel als Cluster gezählt. Typischerweise sollte der Quotient im Bereich von 0,22 liegen, kann jedoch frei wählbar sein. Die Clusterbestimmung und Bewertung erfolgt dabei grundsätzlich ausschließlich für die Flächen, die nicht Außenfläche des Ingots sind.

Anschließend kann der Clusteranteil für die entsprechende Brickhöhe gemäß nachfolgender Formel berechnet werden:

$$\text{Clustergehalt} = 100 \% \times (\text{Anzahl Schlechtpixel} : (\text{Anzahl Schlechtpixel} + \text{Anzahl Gutpixel})).$$

Die Randbereiche einer Fläche bleiben bei der Berechnung der Lebensdauerwerte der jeweiligen Fläche unberücksichtigt. Um die Randbereiche der jeweiligen entsprechenden Brickhöhe zu ermitteln, kann ein Absolutkriterium berücksichtigt werden. So werden alle Pixel, deren Lebensdauer einen Wert unterschreiten, als Rand gezählt. Als Wert kann z. B. 5 µsec angenommen werden, wobei der Wert allerdings vom Messverfahren abhängig ist. Sofern alle Pixelwerte einer Außenfläche unter dem Schwellwert liegen, wird diese Fläche des Bricks als Außenseite bewertet. Als Außenseite wird die Seite des Bricks bezeichnet, die unmittelbar Kontakt mit der Tiegelwand hatte.

Bei der Zusammenfassung der Ergebnisse der einzelnen Brick-Außenflächen wird sodann eine Klassifizierung vorgenommen. Liegt keine Außenfläche vor, die einer Außenfläche des Ingots entspricht, kann eine Bewertung als Zentrumbrick erfolgen. Liegt eine Außenfläche vor, die ein Abschnitt einer Außenfläche des Ingots ist, handelt es sich um einen Randbrick. Bei einem Eckbrick werden zwei Außenflächen als Abschnitte von Außenflächen des Ingots bewertet.

Zur Bestimmung des Clustergehalts des Bricks in Abhängigkeit von der Brickhöhe können folgende Verfahren zur Anwendung gelangen. Um eine Aussage über den Clustergehalt des Bricks zu treffen, werden die Einzelergebnisse der Brickaußenfläche zusammengefasst. Dabei werden in Abhängigkeit der Anzahl der Außenflächen, die Abschnitten von Außenflächen des Ingots entsprechen, die Clusteranteile der einzelnen Brick-Außenflächen gewichtet zusammengefasst.

$$\text{Clustergehalt(Zentrumbrick)} = (0,25 \times \text{Clustergehalt } C_1) + (0,25 \times \text{Clustergehalt } C_2) + (0,25 \times \text{Clustergehalt } C_3) + (0,25 \times \text{Clustergehalt } C_4)$$

C_1, C_2, C_3, C_4 = Fläche ohne Randbereich

Bei einem Zentrumbereich ist keine Umfangsaußenfläche des Bricks Außenfläche des Ingots.

Clustergehalt (Randbrick) = (0,25 x Clustergehalt C₁) + (0,25 x Clustergehalt C₂) + (0,5 x Clustergehalt C₃) + (0,0 x Clustergehalt C₄)

C₁, C₂ = Fläche mit Randbereich

C₃ = Fläche ohne Randbereich

C₄ = Außenfläche (am Tiegel anliegende Seite);

Clustergehalt (Eckbrick) = (0,5 x Clustergehalt C₁) + (0,5 x Clustergehalt C₂) + (0,0 x Clustergehalt C₃) + (0,0 x Clustergehalt C₄)

C₁, C₂ = Fläche mit Randbereich

C₃, C₄ = Außenfläche (am Tiegel anliegende Seite).

Die Ladungsträgerlebensdauermessungen erfolgen erfindungsgemäß am Brick mit der Folge, dass die Messergebnisse nur Rückschlüsse bis zu einer bestimmten Eindringtiefe in das Volumen des Bricks ermöglichen. Mit anderen Worten dürfte der am Brick bestimmte Clustergehalt nicht 1:1 auf den Clustergehalt des abzutrennenden Wafers übernommen werden. Überraschenderweise hat sich jedoch gezeigt, dass unter Berücksichtigung eines Skalierungsfaktors ein hinreichender Zusammenhang zwischen Clustergehalt des Bricks und Clustergehalt des Wafers im selben Höhenzug hergestellt werden kann, wie Fig. 4 verdeutlicht. So ist in Fig. 4 der Clusteranteil des Bricks (Kurve 10) zum Clusteranteil der Wafer (Kurve 12) dargestellt, die aus der entsprechenden Brickhöhe geschnitten wurden. Man erkennt, dass die Clusteranteile des Bricks und die der Wafer in einem Umfang übereinstimmen. Somit können nachhaltige Rückschlüsse aus dem Clusteranteil des Bricks auf den Clusteranteil eines Wafers aus der jeweiligen Brickhöhe gezogen werden.

Die weiteren Kurven 14, 16, 18, 20 stellen die in der jeweiligen Fläche C₁, C₂, C₃, C₄ berechneten Clusteranteile dar.

C₂ ist eine Außenfläche, d. h. eine Fläche, die an einem Tiegel anliegt. Daher konnte kein Clusteranteil ermittelt werden. Im Übrigen würde der Clusteranteil einer Außenfläche nach zuvor erfolgten Erläuterungen auch nicht berücksichtigt werden.

Die höhenmäßig ermittelten Messergebnisse – im Ausführungsbeispiel die Kornstrukturdaten und die Ladungsträgerlebensdauerermessungen – können sodann zu einem Gesamtergebnis verknüpft werden. Mit Hilfe dieses Ergebnisses kann eine höhenabhängige Qualitätsbewertung des Bricks vorgenommen werden, wie nachstehend erläutert wird.

Die Teilergebnisse spannen einen Parameterrahmen auf, der eine Einteilung der Brickgebiete in Qualitätsklassen erlaubt.

So kann eine Qualitätsklasse 1 beispielsweise definiert werden: 100%iger Monobereich, also korngrenzenfreier Bereich, in dem nur ein geringer Clusteranteil vorhanden ist.

Eine Qualitätsklasse 2 kann dahingehend definiert werden, dass der monokristalline Anteil mehr als 70 % beträgt, also ein Bereich, der teilweise mit Korngrenzen besetzt ist. Der Clusteranteil soll in diesem Gebiet im mittleren Bereich liegen.

Eine Qualitätsklasse 3 kann dahingehend festgelegt werden, dass der monokristalline Anteil weniger als 70 % beträgt, also überwiegend mit Korngrenzen besetzter Bereich. Der Clusteranteil ist hoch.

Aufgrund der festzulegenden Kriterien kann ein Brick qualitätsmäßig dahingehend unterteilt werden, dass Wafer aus den nach den Qualitätsdaten selektierten Brickbereichen zu Zellen mit einem vordefinierten Wirkungsgradbereich prozessiert werden können.

Patentansprüche

Verfahren zur Qualitätsbewertung eines aus einem Ingot herausgetrennten Bricks

1. Verfahren zur Qualitätsbewertung eines aus einem Ingot herausgetrennten Bricks, aus dem zu prozessierende Siliciumwafer geschnitten werden,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Umfangsaußenflächen des Bricks ganzflächig oder im Wesentlichen ganzflächig in Bezug auf für die Qualität der Wafer charakteristische Parameter bewertet werden und dass aus Abschnitten des Bricks, die vorgegebene Parameterwerte erfüllen, die zu prozessierenden Wafer abgetrennt werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass als charakteristische Parameter zumindest ein Parameter aus der Gruppe Kornstrukturbild, Versetzungsclusteranteil, Ladungsträgerlebensdauer ausgewählt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2,
dadurch gekennzeichnet,
dass von den Umfangsaußenflächen des Bricks Kornstrukturbilder aufgenommen werden und die Kornstrukturbilder zu einer Volumeninformation verknüpft werden.

4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3,
dadurch gekennzeichnet,
dass von den Umfangsaußenflächen des Bricks Kornstrukturbilder zur Ermittlung flächenmäßigen Anteils monokristalliner Bereiche aufgenommen werden.
5. Verfahren nach zumindest Anspruch 2
dadurch gekennzeichnet,
dass von den Umfangsaußenflächen Bereiche reduzierter Ladungsträgerlebensdauer ermittelt werden.
6. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass die orts aufgelöste, flächige Ladungsträgerlebensdauerermessungen mittels Mikrowellendetektions- oder Photolumineszenz-Verfahren durchgeführt werden.
7. Verfahren nach zumindest Anspruch 2,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Versetzungscluster in jeder Umfangsaußenfläche ermittelt werden.
8. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass zur Bewertung der Versetzungscluster an der Umfangsaußenfläche Randbereiche unberücksichtigt bleiben, bei denen Messwerte der Ladungsträgerlebensdauerermessung einen Schwellwert unterschreiten.
9. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass die ermittelten Qualitätsparameter entlang Längsachse des Bricks in vorgegebenen Abständen bewertet werden, wobei der Abstand A $1D \leq A \leq 100D$ ist, vorzugsweise $1D \leq A \leq 5D$, mit D = Dicke eines abzutrennenden Wafers.

10. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass bei der Ermittlung des Versetzungsclustergehalts eine Wichtung des in der jeweiligen Umfangsaußenfläche ermittelten Clusteranteils erfolgt, wobei der Clusteranteil von einer Außenfläche, die Außenfläche des Ingots ist, oder an einer Außenfläche des Ingots angrenzt, geringer gewichtet wird als verbleibende Umfangsaußenfläche bzw. Umfangsaußenflächen des Bricks.
11. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass mehrere charakteristische Parameter an dem Brick gemessen werden und die Parameter sodann in Bezug auf die Längsachse des Bricks zur höhenmäßigen Bewertung des Bricks verknüpft werden.

1 / 3

Fig. 1

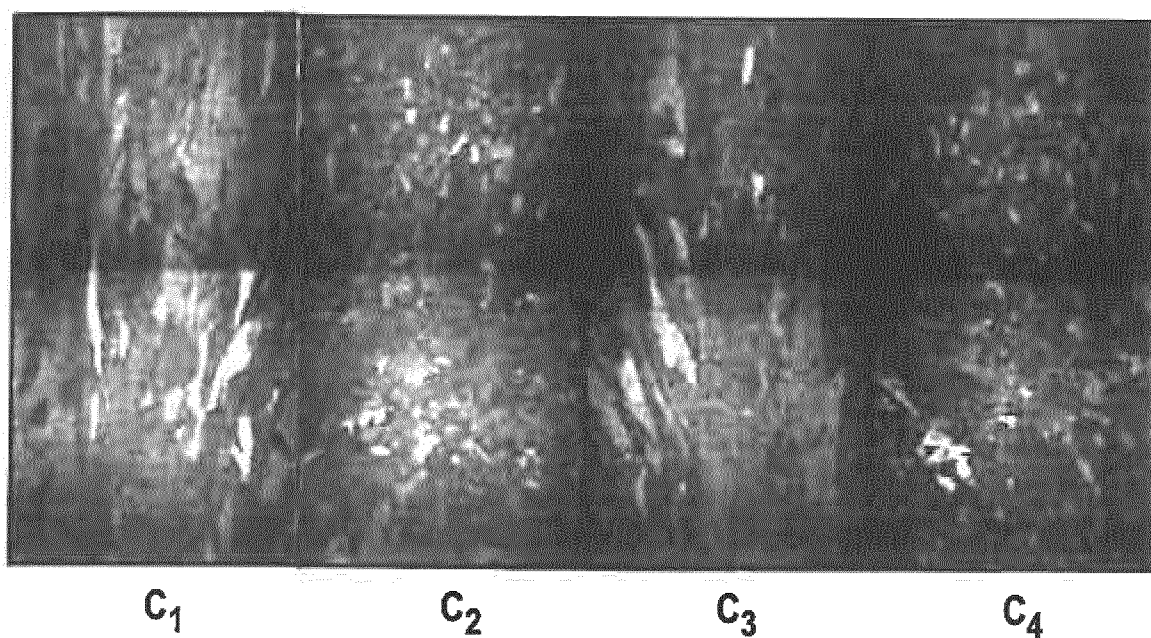
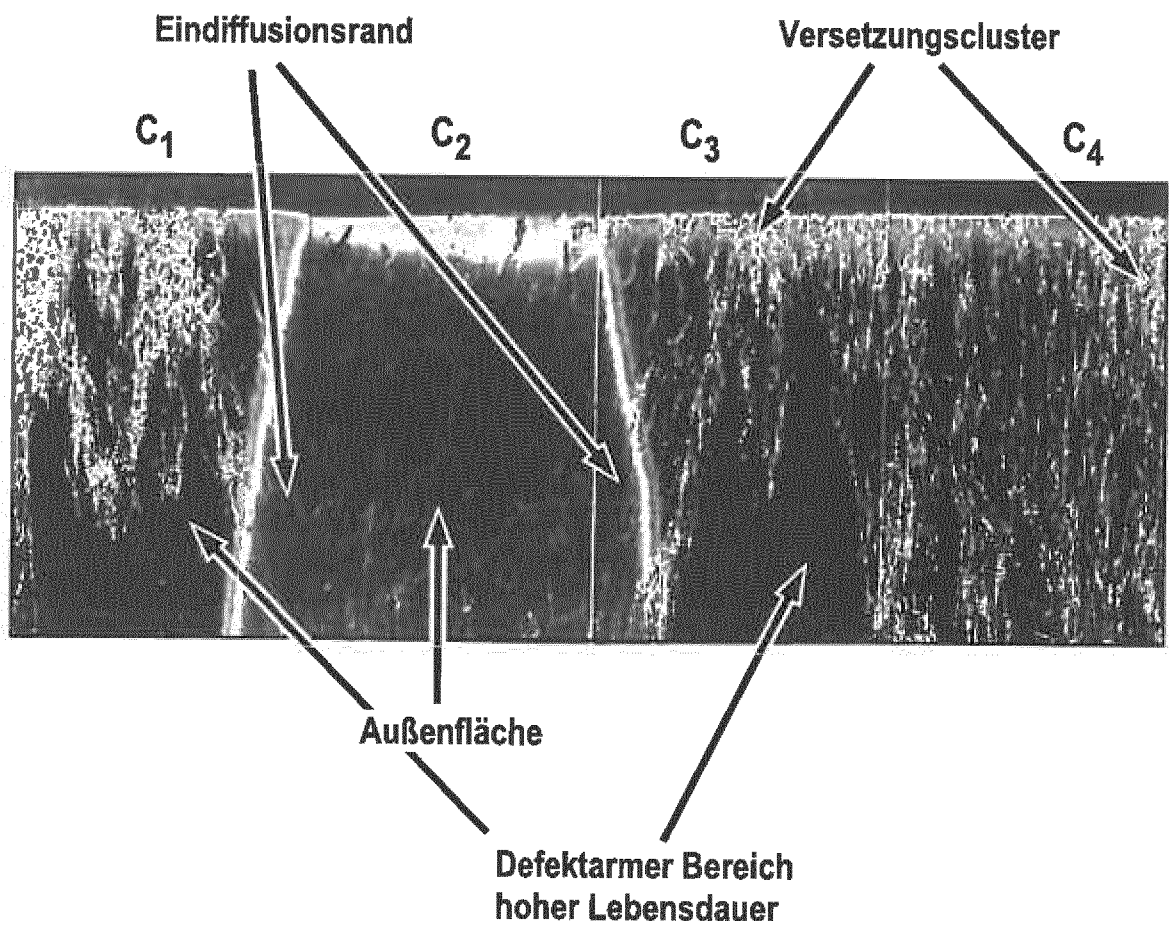
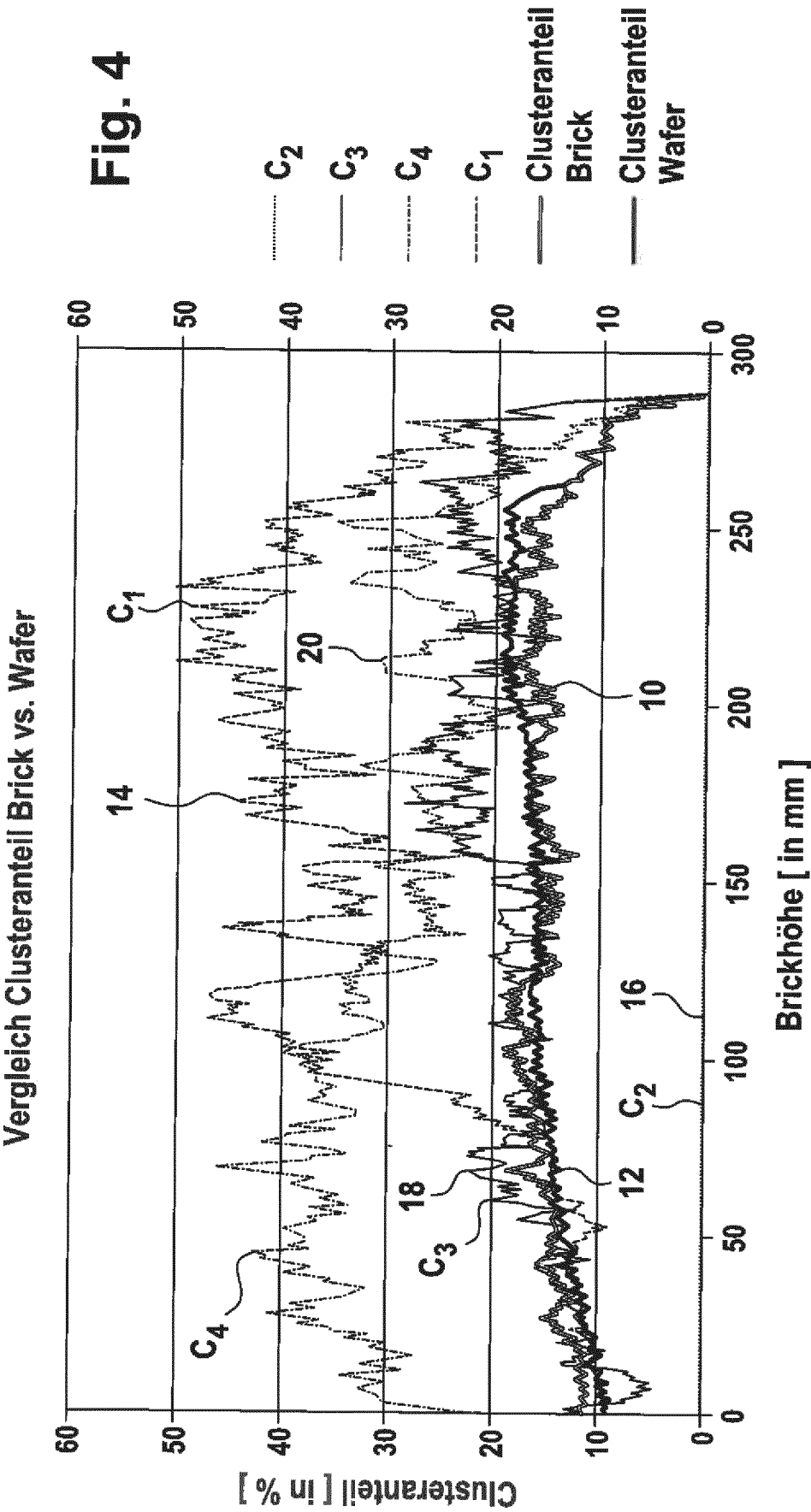


Fig. 2



2 / 3

Fig. 3



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2013/065042

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. C30B33/00 H01L21/66
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
C30B H01L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2011/009159 A1 (BT IMAGING PTY LTD [AU]; TRUPKE THORSTEN [AU]) 27 January 2011 (2011-01-27) claims 1, 9-12, 27 paragraphs [0089], [0090] -----	1-11
X	WO 2012/027788 A1 (BT IMAGING PTY LTD [AU]; MCMILLAN WAYNE [US]; TRUPKE THORSTEN [AU]; KR) 8 March 2012 (2012-03-08) page 4, line 1 - page 7, line 13 -----	1-11
X	WO 2009/121133 A1 (BT IMAGING PTY LTD [AU]; TRUPKE THORSTEN [AU]; BARDOS ROBERT A [AU] B) 8 October 2009 (2009-10-08) cited in the application paragraph [0074] ----- -/-	1-11



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

18 September 2013

Date of mailing of the international search report

25/09/2013

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Schmitt, Christian

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2013/065042

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	BEI WU ET AL: "Influence of inclusion on nucleation of silicon casting for photovoltaic (PV) application", JOURNAL OF CRYSTAL GROWTH, vol. 318, no. 1, 26 October 2010 (2010-10-26), pages 200-207, XP028164349, ISSN: 0022-0248, DOI: 10.1016/J.JCRYSGRO.2010.10.079 [retrieved on 2010-10-26] the whole document	1-11
A	----- WO 2011/120089 A1 (BT IMAGING PTY LTD [AU]; MAXWELL IAN ANDREW [AU]) 6 October 2011 (2011-10-06) the whole document -----	1-11

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2013/065042

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 2011009159 A1	27-01-2011	CN 102483378 A SG 177341 A1 TW 201132954 A US 2012181452 A1 WO 2011009159 A1	30-05-2012 28-02-2012 01-10-2011 19-07-2012 27-01-2011
WO 2012027788 A1	08-03-2012	NONE	
WO 2009121133 A1	08-10-2009	AU 2009230877 A1 CN 102017191 A EP 2272101 A1 JP 2011516374 A KR 20100131512 A TW 201000887 A US 2011025839 A1 WO 2009121133 A1	08-10-2009 13-04-2011 12-01-2011 26-05-2011 15-12-2010 01-01-2010 03-02-2011 08-10-2009
WO 2011120089 A1	06-10-2011	CN 203055871 U WO 2011120089 A1	10-07-2013 06-10-2011

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. C30B33/00 H01L21/66
 ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 C30B H01L

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	WO 2011/009159 A1 (BT IMAGING PTY LTD [AU]; TRUPKE THORSTEN [AU]) 27. Januar 2011 (2011-01-27) Ansprüche 1, 9-12, 27 Absätze [0089], [0090] -----	1-11
X	WO 2012/027788 A1 (BT IMAGING PTY LTD [AU]; MCMILLAN WAYNE [US]; TRUPKE THORSTEN [AU]; KR) 8. März 2012 (2012-03-08) Seite 4, Zeile 1 - Seite 7, Zeile 13 -----	1-11
X	WO 2009/121133 A1 (BT IMAGING PTY LTD [AU]; TRUPK-E THORSTEN [AU]; BARDOS ROBERT A [AU] B) 8. Oktober 2009 (2009-10-08) in der Anmeldung erwähnt Absatz [0074] ----- -/-	1-11



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

18. September 2013

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

25/09/2013

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
 Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Schmitt, Christian

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	BEI WU ET AL: "Influence of inclusion on nucleation of silicon casting for photovoltaic (PV) application", JOURNAL OF CRYSTAL GROWTH, Bd. 318, Nr. 1, 26. Oktober 2010 (2010-10-26), Seiten 200-207, XP028164349, ISSN: 0022-0248, DOI: 10.1016/J.JCRYSGRO.2010.10.079 [gefunden am 2010-10-26] das ganze Dokument	1-11
A	----- WO 2011/120089 A1 (BT IMAGING PTY LTD [AU]; MAXWELL IAN ANDREW [AU]) 6. Oktober 2011 (2011-10-06) das ganze Dokument -----	1-11

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2013/065042

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
WO 2011009159	A1	27-01-2011	CN	102483378 A		30-05-2012
			SG	177341 A1		28-02-2012
			TW	201132954 A		01-10-2011
			US	2012181452 A1		19-07-2012
			WO	2011009159 A1		27-01-2011

WO 2012027788	A1	08-03-2012	KEINE			

WO 2009121133	A1	08-10-2009	AU	2009230877 A1		08-10-2009
			CN	102017191 A		13-04-2011
			EP	2272101 A1		12-01-2011
			JP	2011516374 A		26-05-2011
			KR	20100131512 A		15-12-2010
			TW	201000887 A		01-01-2010
			US	2011025839 A1		03-02-2011
			WO	2009121133 A1		08-10-2009

WO 2011120089	A1	06-10-2011	CN	203055871 U		10-07-2013
			WO	2011120089 A1		06-10-2011
