

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5438113号
(P5438113)

(45) 発行日 平成26年3月12日 (2014. 3. 12)

(24) 登録日 平成25年12月20日 (2013. 12. 20)

(51) Int. Cl.	F I
HO 1 B 1/22 (2006. 01)	HO 1 B 1/22 A
HO 1 B 1/00 (2006. 01)	HO 1 B 1/00 J
HO 1 L 31/04 (2014. 01)	HO 1 L 31/04 H

請求項の数 3 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2011-526255 (P2011-526255)	(73) 特許権者	390023674
(86) (22) 出願日	平成21年9月8日 (2009. 9. 8)		イー・アイ・デュポン・ドウ・ヌムール・
(65) 公表番号	特表2012-502434 (P2012-502434A)		アンド・カンパニー
(43) 公表日	平成24年1月26日 (2012. 1. 26)		E. I. DU PONT DE NEMO
(86) 国際出願番号	PCT/US2009/056156		URS AND COMPANY
(87) 国際公開番号	W02010/028325		アメリカ合衆国、デラウェア州、ウイルミ
(87) 国際公開日	平成22年3月11日 (2010. 3. 11)		ントン、マーケット・ストリート 100
審査請求日	平成24年9月10日 (2012. 9. 10)		7
(31) 優先権主張番号	61/094, 458	(74) 代理人	110001243
(32) 優先日	平成20年9月5日 (2008. 9. 5)		特許業務法人 谷・阿部特許事務所
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(72) 発明者	ピーター ブレナー
			イギリス ジーエル11 6エイチワイ
			グロスターシャー リーズ ダーズリー
			アールズ ボトム ハウス オーチャード
			(番地なし)
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 アルミニウムペーストおよびシリコン太陽電池の製造におけるアルミニウムペーストの使用

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

粒状アルミニウムと、有機溶剤を含む有機ビヒクルとを含むアルミニウムペーストであって、前記粒状アルミニウムは、30から90重量%の球状アルミニウム粉末と、10から70重量%の結節状アルミニウム粉末とを含み、前記重量%は、前記球状アルミニウム粉末と前記結節状アルミニウム粉末との和を基準とする、アルミニウムペースト。

【請求項 2】

(i) p型領域、n型領域、およびp-n接合部を有するシリコンウェハの裏面に、請求項1に記載のアルミニウムペーストを塗布するステップと、

(ii) 前記アルミニウムペーストを塗布した面を焼成して、前記ウェハを700から900のピーク温度に到達させるステップと、
を含む、シリコン太陽電池の形成方法。

【請求項 3】

請求項2に記載の方法によって作製されるシリコン太陽電池。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、アルミニウムペーストと、シリコン太陽電池の製造におけるアルミニウムペーストの使用、すなわち、シリコン太陽電池のアルミニウム裏面電極および個々のシリコン太陽電池の製造におけるアルミニウムペーストの使用と、に関する。

10

20

【背景技術】

【0002】

p型ベースを有する従来の太陽電池構造は、典型的には電池の前面すなわち太陽側にある陰極と、裏面にある陽極とを有する。半導体ボディのp-n接合に衝突する、しかるべき波長の放射線が、半導体ボディ内に電子-正孔対を発生させるための外部エネルギー源として働くことがよく知られている。p-n接合に存在する電位差によって、正孔および電子は、それぞれ反対の方向に動いて接合部を横切り、外部回路に電力を供給できる電流の流れを発生させる。ほとんどの太陽電池は、メタライズされた、すなわち、導電性の金属コンタクトが設けられたシリコンウェハの形をとる。

【0003】

10

シリコン太陽電池の形成時には、シリコンウェハの裏面にアルミニウムペーストをスクリーン印刷し、乾燥させることが一般的である。次に、このウェハを、アルミニウムの融点を超える温度で焼成してアルミニウム-シリコン溶融物を形成し、その次の冷却段階において、アルミニウムがドーブされた、シリコンのエピタキシャル成長層を形成する。この層は、一般に裏面電界(BSF)層と呼ばれ、太陽電池のエネルギー変換効率の向上に役立つ。

【0004】

現行の発電用太陽電池のほとんどがシリコン太陽電池である。量産工程の一般的な目標は、工程を最大限に単純し、製造コストを最小限に抑えることである。特に電極は、金属ペーストからスクリーン印刷するなどの方法を用いて作製する。

20

【0005】

以下では、この製造方法の一例を、図1を参照しながら説明する。図1Aは、p型シリコン基板10を示す。

【0006】

図1Bでは、リン(P)などの熱拡散により、逆導電型のn型拡散層20を形成している。気体リンの拡散源としては、オキシ塩化リン(POCl_3)が一般的に使用される。その他の液体源としては、リン酸などがある。特に修正がなければ、拡散層20は、シリコン基板10の全面にわたって形成される。こうして形成されたp-n接合部は、p型ドーパントの濃度とn型ドーパントの濃度とが等しく、太陽側の近くにp-n接合部を有する従来型の太陽電池では、接合深さは、0.05から0.5 μm である。

30

【0007】

この拡散層を形成した後、残りの面にある余分な表面ガラスを、フッ化水素酸などの酸によるエッチングで除去する。

【0008】

次に、図1Dに示すように、たとえば、プラズマ化学気相成長(CVD)などの工程により、n型拡散層20の上に反射防止膜(ARC)30を、0.05から0.1 μm の厚さに形成する。

【0009】

図1Eに示すように、反射防止膜30の上に、前面電極用として前面銀ペースト(前面電極形成銀ペースト)500をスクリーン印刷し、乾燥させる。さらに次に、基板の裏面に、裏面銀(または銀/アルミニウム)ペースト70およびアルミニウムペースト60をスクリーン印刷し(または、他の何らかの方法で塗布し)、乾燥させる。通常は、まず、裏面銀(または銀/アルミニウム)ペーストを、2つの平行なストリップ(バスバー)として、または、相互接続ストリング(予備はんだされた銅リボン)をはんだ付けするために用意される長方形(タブ)として、シリコン上にスクリーン印刷し、次に、露出した領域にアルミニウムペーストを、裏面銀(または銀/アルミニウム)と多少重なるように印刷する。場合によっては、アルミニウムペーストを印刷してから、銀(または銀/アルミニウム)ペーストを印刷する。次に、焼成を、典型的には、ベルト炉において1から5分間行い、ウェハを700から900の範囲のピーク温度に到達させる。前面電極および裏面電極の焼成は、順次または同時に行うことが可能である。

40

50

【 0 0 1 0 】

その結果、図 1 F に示すように、ペーストから溶解したアルミニウムが、焼成工程においてシリコンを溶解し、その後、冷却されると、シリコンベース 1 0 からエピタキシャル成長する共晶層を形成して、高濃度のアルミニウムドーパントを含有する p + 層 4 0 を形成する。この層は、一般に裏面電界 (B S F) 層と呼ばれ、太陽電池のエネルギー変換効率の向上に役立つ。一般には、このエピタキシャル層の表面に、アルミニウムの薄層が存在する。

【 0 0 1 1 】

アルミニウムペーストは、焼成により、乾燥状態 6 0 からアルミニウム裏面電極 6 1 に変化する。同時に、裏面銀 (または銀 / アルミニウム) ペースト 7 0 は、焼成により、銀 (または銀 / アルミニウム) 裏面電極 7 1 に変化する。焼成中に、裏面アルミニウムと裏面銀 (または銀 / アルミニウム) との間の境界が合金状態になり、電気的にも接続される。 p + 層 4 0 を形成する必要があることを 1 つの理由として、アルミニウム電極は、裏面電極のほとんどの領域を占める。銀 (または銀 / アルミニウム) 裏面電極を、裏面の複数部分の上に (多くの場合、 2 から 6 m m の幅のバスバーとして) 形成する。これらは、予備はんだされた銅リボンなどにより太陽電池同士を接続するための電極として用いる。さらに、前面銀ペースト 5 0 0 は、焼成時に焼結されて反射防止膜 3 0 に浸透し、 n 型層 2 0 と電気的に接触することが可能になる。このタイプの工程を、一般に「焼成貫通 (ファイヤスルー) 」と呼ぶ。この焼成貫通状態を、図 1 F の層 5 0 1 で示した。

【 0 0 1 2 】

上述のようなアルミニウムペーストは、多くの特許出願において開示されている。そのうちの、たとえば、米国特許出願公開第 2 0 0 7 / 0 0 7 9 8 6 8 号明細書では、アルミニウムペーストに含有されるアルミニウム粉末が噴霧アルミニウムを含んでよいことが開示されている。アルミニウムの噴霧化は、空気中または不活性雰囲気中で行うことが可能である。

【 0 0 1 3 】

シリコンウェハから作製され、アルミニウム裏面電極を有するシリコン太陽電池は、シリコンとアルミニウムのパイメタルストリップであって、いわゆる反り挙動を示す場合がある。反りは、太陽電池の亀裂や破損につながるおそれがあり、望ましくない。また、反りは、シリコンウェハの加工に関連する問題の原因にもなる。加工中のシリコンウェハは、通常、吸引パッドを用いる自動処理装置を利用して吊り上げられるが、反りが多いと、確実な動作が行われない可能性がある。太陽電池業界における反り要件では、太陽電池のゆがみの代表値を 1 . 5 m m 未満としている。反り現象の克服は、大きく、かつ / または薄いシリコンウェハ (たとえば、厚さが 1 8 0 μ m 未満、特に 1 2 0 μ m から 1 8 0 μ m 未満の範囲であって、面積が 2 5 0 c m ² 超から 4 0 0 c m ² の範囲であるシリコンウェハ) から作製されるシリコン太陽電池の場合には、特に難題である。

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 1 4 】

本発明は、シリコン太陽電池の p 型アルミニウム裏面電極の形成に用いるアルミニウムペースト (アルミニウム厚膜組成物) に関する。本発明はさらに、シリコン太陽電池の製造におけるアルミニウムペーストの形成方法および使用、ならびにシリコン太陽電池そのものに関する。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 1 5 】

本発明は、粒状アルミニウムと、有機ビヒクルと、任意選択的に 1 種類以上のガラスフリット組成物とを含むアルミニウムペーストを対象とする。ここで、粒状アルミニウムは、 3 0 から 9 0 重量 % の球状アルミニウム粉末と、 1 0 から 7 0 重量 % の結節状 (不規則形状) アルミニウム粉末とを含み、これらの重量 % は、球状アルミニウム粉末と結節状アルミニウム粉末との和を基準とする。

【 0 0 1 6 】

本発明はさらに、p型領域およびn型領域、ならびにp-n接合部を有するシリコンウェハを利用するシリコン太陽電池の形成方法およびシリコン太陽電池そのものを対象とし、この形成方法は、本発明のアルミニウムペーストをシリコンウェハの裏面に塗布（具体的にはスクリーン印刷）するステップと、印刷した面を焼成して、ウェハを700から900の範囲のピーク温度に到達させるステップと、を含む。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 7 】

【図1】シリコン太陽電池の組み立てを例示する工程フロー図である。

【 0 0 1 8 】

以下は、図1に示されている参照符号の説明である。

【 0 0 1 9 】

- 10 p型シリコンウェハ
- 20 n型拡散層
- 30 反射防止膜（たとえば、 SiN_x 、 TiO_x 、 SiO_x ）
- 40 p+層（裏面電界（BSF））
- 60 裏面に形成されたアルミニウムペースト
- 61 （裏面アルミニウムペーストを焼成して得られた）アルミニウム裏面電極
- 70 裏面に形成された銀（または銀/アルミニウム）ペースト
- 71 （裏面銀（または銀/アルミニウム）ペーストを焼成して得られた）銀（または銀/アルミニウム）裏面電極
- 500 前面に形成された銀ペースト
- 501 （前面銀ペーストを焼成して得られた）銀前面電極

【図2A】本発明の導電アルミニウムペーストを用いてシリコン太陽電池を製造する製造工程を説明する図である。以下は、図2に示されている参照符号の説明である。

【 0 0 2 0 】

- 102 シリコン基板（シリコンウェハ）
- 104 受光面側電極
- 106 第1の電極用ペースト組成物
- 108 第2の電極用導電ペースト
- 110 第1の電極
- 112 第2の電極

【図2B】本発明の導電アルミニウムペーストを用いてシリコン太陽電池を製造する製造工程を説明する図である。

【図2C】本発明の導電アルミニウムペーストを用いてシリコン太陽電池を製造する製造工程を説明する図である。

【図2D】本発明の導電アルミニウムペーストを用いてシリコン太陽電池を製造する製造工程を説明する図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 2 1 】

球状アルミニウム粉末と結節状アルミニウム粉末とを上記の特定の重量比で含有するアルミニウム厚膜組成物は、これを用いて作製されるシリコン太陽電池の反りおよび電気性能に関して、良好かつバランスの取れた全体特性を示すことがわかった。上記の新規なアルミニウム厚膜組成物をシリコン太陽電池のアルミニウム裏面電極の製造に用いることにより、結果として、反り挙動が少なく電気特性が良好なシリコン太陽電池が得られるだけでなく、アルミニウム裏面電極とシリコンウェハ基板との間の粘着性が低下する傾向が軽減もしくは除去される。アルミニウム裏面電極とシリコンウェハ基板との間の粘着性が良好であることは、シリコン太陽電池の耐久寿命すなわち実用寿命を延ばすことにつながる。また、有利なことに、本発明のアルミニウムペーストを使用して得られるAl-Si共晶層および裏面電界の厚みが非常に均一である。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 2 】

本発明のアルミニウムペーストは、粒状アルミニウムおよび有機ビヒクル（有機媒体）を含み、この粒状アルミニウムは、30から90重量%の球状アルミニウム粉末と、10から70重量%の結節状アルミニウム粉末とを含み、これらの重量%は、球状アルミニウム粉末と結節状アルミニウム粉末との和を基準とする。一実施形態では、球状アルミニウム粉末と結節状アルミニウム粉末との和は、粒状アルミニウムの90重量%超を占める。さらなる一実施形態では、粒状アルミニウムの100重量%を占める。

【 0 0 2 3 】

粒状アルミニウムは、アルミニウム、またはアルミニウムと他の1種類以上の類似の金属（たとえば、亜鉛、スズ、銀、およびマグネシウム）との合金を含んでよい。アルミニウム合金の場合、アルミニウムの含有率は、たとえば、99.7重量%から100重量%未満である。

10

【 0 0 2 4 】

前述のとおり、この粒状アルミニウムは、30から90重量%の球状アルミニウム粉末と、10から70重量%の結節状アルミニウム粉末とを含み、これらの重量%は、球状アルミニウム粉末と結節状アルミニウム粉末との和を基準とする。一実施形態では、粒状アルミニウムは、30から90重量%の球状アルミニウム粉末と、10から70重量%の結節状アルミニウム粉末とからなり、これらの重量%の合計は100重量%になる。

【 0 0 2 5 】

さらなる一実施形態では、この粒状アルミニウムは、50から75重量%の球状アルミニウム粉末と、25から50重量%の結節状アルミニウム粉末とを含み、これらの重量%は、球状アルミニウム粉末と結節状アルミニウム粉末との和を基準とする。別の実施形態では、粒状アルミニウムは、50から75重量%の球状アルミニウム粉末と、25から50重量%の結節状アルミニウム粉末とからなり、これらの重量%の合計は100重量%になる。

20

【 0 0 2 6 】

さらに別の実施形態では、この粒状アルミニウムは、60から70重量%の球状アルミニウム粉末と、30から40重量%の結節状アルミニウム粉末とを含み、これらの重量%は、球状アルミニウム粉末と結節状アルミニウム粉末との和を基準とする。一実施形態では、粒状アルミニウムは、60から70重量%の球状アルミニウム粉末と、30から40重量%の結節状アルミニウム粉末とからなり、これらの重量%の合計は100重量%になる。

30

【 0 0 2 7 】

本明細書では、「球状アルミニウム粉末」という用語を用いている。これは、顕微鏡で見た場合に、個々のアルミニウム粒子が、球または球に近い形状であること、すなわち、完全に円形であるか、多少楕円がかっていると言ってよいことを意味する。球状アルミニウム粉末は、典型的には、（たとえば、5体積%未満から0体積%の）低酸素含有率の不活性ガス雰囲気中、たとえば、窒素またはアルゴン雰囲気中で液体アルミニウムを噴霧することによって作製する。本発明のアルミニウムペーストに使用できる市販の球状アルミニウム粉末の一例として、Poudres - Hermillon社のULT-0665という製品が挙げられる。

40

【 0 0 2 8 】

本明細書では、「結節状アルミニウム粉末」という用語を用いている。これは、顕微鏡で見た場合に、個々のアルミニウム粒子が、球状ではないことを意味する。これらのアルミニウム粒子は、不規則ながらコンパクトな形状であり（すなわち、縦横比が小さく）、アルミニウムフレークまたはアルミニウムプレートレットと区別が付かなくなることはない。結節状アルミニウム粉末は、典型的には、空気中で液体アルミニウムを噴霧することによって作製する。本発明のアルミニウムペーストに使用できる市販の結節状アルミニウム粉末の一例として、Alcoa社の1401/S2という製品が挙げられる。

【 0 0 2 9 】

50

球状アルミニウム粉末も結節状アルミニウム粉末も、平均粒子サイズ（平均粒径 d_{50} ）は、レーザ散乱方式で測定され、たとえば、4 から $12\ \mu\text{m}$ である。本発明のアルミニウムペースト中には、粒状アルミニウムは、アルミニウムペースト組成物の総量に対して 50 から 80 重量%（または、一実施形態では 70 から 75 重量%）の比率で存在してよい。

【0030】

平均粒子サイズに関連して、本明細書および特許請求の範囲においてなされる表現はすべて、アルミニウムペースト組成物中に存在する関連材料の平均粒子サイズに関する。

【0031】

アルミニウムペースト中に存在する粒状アルミニウムには、他の粒状金属（たとえば、銀あるいは銀合金の粉末など）が付随する場合がある。そのような他の粒状金属の比率は、粒状アルミニウムと他の粒状金属との和に対して 0 から 10 重量%である。

10

【0032】

一実施形態では、本発明のアルミニウムペーストはさらに、1種類以上のガラスフリットを無機バインダとして含む。ガラスフリット組成物は、 PbO を含有してよく、一実施形態では、鉛フリーであってよい。ガラスフリット組成物は、焼成後に再結晶または相分離されて、当初軟化点より低い軟化点を有する、分離された相を有するフリットを遊離するガラスフリットを含んでよい。

【0033】

ガラスフリット組成物の（当初）軟化点（示差熱分析（DTA）によって加熱率 $10\ \text{K}/\text{分}$ で測定されるガラス転移温度）は、 325 から 600 の範囲にあってよい。

20

【0034】

レーザ散乱方式で測定される、ガラスフリットの平均粒子サイズ（平均粒径）は、たとえば、2 から $20\ \mu\text{m}$ である。ガラスフリットを含むアルミニウムペーストの場合、ガラスフリットの含有率は、アルミニウムペースト組成物の総量に対して、 0.01 から 5 重量%であってよく、一実施形態では 0.1 から 2 重量%であってよく、さらなる一実施形態では 0.2 から 1.25 重量%であってよい。

【0035】

アルミニウムペーストに有用なガラスフリットの何種類かは、当該技術分野において慣用されている。例として、ホウケイ酸ガラスやアルミノケイ酸ガラスがある。さらなる例として、 B_2O_3 、 SiO_2 、 Al_2O_3 、 CdO 、 CaO 、 BaO 、 ZnO 、 Na_2O 、 Li_2O 、 PbO 、 ZrO_2 などの酸化物の組み合わせがあり、これらの酸化物を単独で、または組み合わせで用いることによりガラスバインダを形成することが可能である。

30

【0036】

従来型ガラスフリットとしては、鉛ホウケイ酸フリット、ピスマス、カドミウム、バリウム、カルシウム、または他のアルカリ土類ホウケイ酸フリットなどの、ホウケイ酸フリットがある。そのようなガラスフリットの調製方法は周知であり、たとえば、ガラスの各成分を、各成分の酸化物の形でまとめて溶融し、そのような溶融組成物を水に注ぎ込んでフリットを形成する。このひとかたまりの成分は、もちろん、通常のフリット製造条件の下で所望の酸化物をもたらす任意の化合物であってよい。たとえば、酸化ホウ素はホウ酸から得られ、二酸化ケイ素はフリットから作り出され、酸化バリウムは炭酸バリウムから作り出される。

40

【0037】

ガラスを、水または不活性、低粘度、低沸点の有機液体とともにボールミルに入れて粉碎することにより、フリットの粒子サイズを小さくし、ほぼ均一なサイズのフリットを得ることが可能である。それを、水または上記有機液体の中で沈降させて微粒子を分離することが可能であり、その微粒子を含有していた上澄み液を除去することが可能である。他の分粒方法を用いることも可能である。

【0038】

ガラスの調製は、従来のガラス製造技術を用いて、所望の成分を所望の比率で混合し、

50

その混合物を加熱して溶融物を形成することによって行う。当該技術分野では周知であるが、加熱は、ピーク温度まで、かつ、溶融物が完全に液化し、均一になるまで行うことが可能である。

【 0 0 3 9 】

本発明のアルミニウムペーストは、有機ビヒクルを含む。有機ビヒクルとして、非常に様々な不活性粘性材料を使用することが可能である。有機ビヒクル中では、粒状成分（粒状アルミニウム、ガラスフリット（もしあれば））が適度に安定して分散していることが可能である。有機ビヒクルの諸特性（特にレオロジ特性）は、良好な塗布特性をアルミニウムペースト組成物に与えるような特性であることが可能であり、良好な塗布特性としては、不溶性固形物の安定的分散、塗布（特にスクリーン印刷）に適した粘度およびチキソトロピー、シリコンウェハ基板およびペースト固形物の適切な湿潤性、良好な乾燥率、良好な焼成特性などが挙げられる。本発明のアルミニウムペーストに用いる有機ビヒクルは、非水不活性液体であってよい。有機ビヒクルは、有機溶剤または有機溶剤混合物であってよく、一実施形態では、有機ビヒクルは、有機ポリマーを有機溶剤に溶かした溶液であってよい。一実施形態では、この目的に使用するポリマーは、エチルセルロースであってよい。単独または組み合わせで使用できる他のポリマーの例としては、エチルヒドロキシエチルセルロース、ウッドロジン、フェノール樹脂、低級アルコールのポリメタクリレートなどが挙げられる。好適な有機溶剤の例としては、エステルアルコール、テルペン（- または - テルピネオールなど）、またはこれらと他の溶剤（ケロシン、ジブチルフタレート、ジエチレングリコールジブチルエーテル、ジエチレングリコールブチルエーテルアセテート、ヘキシレングリコール、高沸点アルコールなど）との混合物が挙げられる。さらに、アルミニウムペーストをシリコンウェハの裏面に塗布した後の急速硬化を促進する揮発性有機溶剤を、有機ビヒクルに含有させることが可能である。これらおよび他の溶剤の様々な組み合わせを開発することにより、粘性および揮発性の所望要件を満たすことが可能である。

【 0 0 4 0 】

本発明のアルミニウムペースト中の有機溶剤の含有率は、アルミニウムペースト組成物の総量に対して 5 から 25 重量 %（または、一実施形態では 10 から 20 重量 %）であってよい。

【 0 0 4 1 】

有機ビヒクル中には、有機ポリマーは、アルミニウムペースト組成物の総量に対して 0 から 20 重量 %（または、一実施形態では 5 から 10 重量 %）の範囲の比率で存在してよい。

【 0 0 4 2 】

本発明のアルミニウムペーストは、耐熱性無機化合物および / または金属有機化合物を含んでよい。「耐熱性無機化合物」は、焼成時にさらされる熱的条件に対して耐性がある無機化合物を意味する。たとえば、耐熱性無機化合物の融点は、焼成時にさらされる温度より高い。例として、無機酸化物（たとえば、アモルファス二酸化ケイ素）が挙げられる。金属有機化合物の例としては、スズ有機化合物および亜鉛有機化合物（亜鉛ネオデカノエートおよびスズ（II）2 - エチルヘキサノエートなど）が挙げられる。

【 0 0 4 3 】

本発明のアルミニウムペーストは、1 種類以上の有機添加物（たとえば、界面活性剤、増粘剤、レオロジ調整剤、および安定剤）を含んでよい。これらの有機添加物は、有機ビヒクルの一部であってよい。一方、これらの有機添加物は、アルミニウムペーストの調製時に別途追加することも可能である。本発明のアルミニウムペースト中には、有機添加物は、たとえば、アルミニウムペースト組成物の総量に対して 0 から 10 重量 % の合計比率で存在してよい。

【 0 0 4 4 】

本発明のアルミニウムペースト中の有機ビヒクルの含有率は、ペーストの塗布方法と、使用する有機ビヒクルの種類とに依存してよく、様々であってよい。一実施形態では、有

10

20

30

40

50

機ビヒクルの含有率は、アルミニウムペースト組成物の総量に対して20から45重量%であってよく、一実施形態では22から35重量%の範囲であってよい。20から45重量%という数には、有機溶剤、存在しうる有機ポリマー、および存在しうる有機添加物が含まれる。

【0045】

本発明のアルミニウムペーストは、粘性組成物であって、粒状アルミニウムおよびオブションのガラスフリット組成物を有機ビヒクルと機械的に混合することにより調製することが可能である。一実施形態では、製造方法として、従来のロールミルに相当する分散技術であるパワー混合を用いることが可能であり、ロールミルまたは他の混合技術を用いることも可能である。

10

【0046】

本発明のアルミニウムペーストは、そのまま使用することが可能であるが、たとえば、追加有機溶剤を加えて希釈することも可能であり、その場合は、アルミニウムペーストの他のすべての成分の重量%が減ることになる。

【0047】

本発明のアルミニウムペーストは、シリコン太陽電池のアルミニウム裏面電極の製造に用いることが可能であり、あるいは、個々にシリコン太陽電池の製造に用いることが可能である。この製造は、シリコンウェハの裏面に、すなわち、アルミニウムペースト以外の裏面金属ペースト（具体的には、裏面銀（または銀/アルミニウム）ペーストなど）で覆われているか覆われる予定のない、シリコンウェハの裏面の表面部分に、アルミニウムペーストを塗布することによって行うことが可能である。シリコンウェハは、単結晶シリコンまたは多結晶シリコンを含んでよい。一実施形態では、シリコンウェハは、面積が100から250 cm²、厚さが180から300 μmであってよい。しかしながら、本発明のアルミニウムペーストは、より面積が大きく、かつ/またはより薄いシリコンウェハの裏面のアルミニウム裏面電極を製造する場合でも問題なく用いることが可能であり、たとえば、シリコンウェハの厚さが180 μm未満で、特に140 μmから180 μm未満の範囲であり、かつ/または面積が250 cm²超から400 cm²の範囲であっても可能である。

20

【0048】

アルミニウムペーストは、乾燥膜厚が、たとえば、15から60 μmになるまで塗布する。典型的には、アルミニウムペーストは、単層としてシリコンウェハの裏面に塗布する。アルミニウムペーストを塗布する方法としては印刷があり、たとえば、シリコンパッド印刷であり、あるいは、一実施形態ではスクリーン印刷である。本発明のアルミニウムペーストの塗布粘度は、Brookfield HBT粘度計および#14スピンドルを使用して、ユーティリティカップにより、10 rpmのスピンドル速度および25 で測定した場合に、20から200 Pa·sであってよい。

30

【0049】

シリコンウェハの裏面にアルミニウムペーストを塗布した後、これらを、たとえば、1から100分間乾燥させて、ウェハを100から300 の範囲のピーク温度に到達させる。乾燥は、たとえば、ベルト乾燥機、回転式乾燥機、または固定式乾燥機、特にIR（赤外線）ベルト乾燥機を利用して行うことが可能である。

40

【0050】

これらの塗布後、あるいは、一実施形態では、これらの塗布および乾燥後、本発明のアルミニウムペーストを焼成してアルミニウム裏面電極を形成する。焼成は、たとえば、1から5分間行って、シリコンウェハを700から900 の範囲のピーク温度に到達させる。焼成は、たとえば、シングルまたはマルチゾーンベルト炉、特にマルチゾーンIRベルト炉を利用して行うことが可能である。焼成は、酸素の存在下、特に空気の存在下で行われる。焼成時には、不揮発性有機材料を含有する有機物質と、可能な乾燥ステップにおいて気化しなかった有機部分とを除去することが可能である。すなわち、これらを焼却および/または炭化（特に焼却）することが可能である。焼成時に除去される有機物質には

50

、有機溶剤、存在しうる有機ポリマー、および存在しうる有機添加物が含まれる。アルミニウムペーストがガラスフリットを含む一実施形態では、焼成時にさらなる工程、すなわち、ガラスフリットを焼結する工程があってもよい。焼成は、シリコンウェハに塗布されている別の金属ペースト（すなわち、焼成工程においてウェハの表面に前面および／または裏面電極を形成するために塗布された前面および／または裏面金属ペースト）とまとめて（いわゆる同時焼成として）行ってもよい。一実施形態は、前面銀ペーストおよび裏面銀（または裏面銀／アルミニウム）ペーストを含む。

【0051】

次に、本発明のアルミニウムペーストを用いてシリコン太陽電池を作製する、非限定的な例を、図2を参照しながら説明する。

【0052】

まず、シリコンウェハ基板102を加工する。通常は表面近くにp-n接合部を有する、シリコンウェハの受光側の面（前面の表面）に、前面電極（たとえば、主に銀で構成される電極）104を設置する（図2A）。シリコンウェハの裏面に、銀（または銀／アルミニウム）導電ペースト（たとえば、E. I. Du Pont de Nemours and Companyより市販されているPV202またはPV502またはPV583またはPV581）を塗布してバスバーまたはタブを形成することにより、電氣的に並列に構成されている他の太陽電池との相互接続が可能になる。シリコンウェハの裏面に、太陽電池の裏面（すなわち、p型接点）電極106として用いる、本発明の新規なアルミニウムペーストを、上述した銀（または銀／アルミニウム）ペーストなどと多少重なるようなパターンを用いたスクリーン印刷によって塗布し、乾燥させる（図2B）。ペーストの乾燥は、たとえば、IRベルト乾燥機内で1から10分間行い、ウェハを100から300のピーク温度に到達させる。また、アルミニウムペーストの乾燥膜厚は15から60μmであってよく、銀（または銀／アルミニウム）ペーストの厚さは15から30μmであってよい。また、アルミニウムペーストと銀（または銀／アルミニウム）ペーストとが重なる部分は、約0.5から2.5mmであってよい。

【0053】

次に、得られた基板を、たとえば、ベルト炉内で1から5分間焼成して、ウェハを700から900のピーク温度に到達させる。これによって、所望のシリコン太陽電池が得られる（図2D）。アルミニウムペーストから電極110を形成する。このアルミニウムペーストは、有機物質を除去するため、かつ、アルミニウムペーストがガラスフリットを含有している場合はこれを焼結するために、焼成されている。

【0054】

図2Dに示すように、本発明のアルミニウムペーストを用いて得られたシリコン太陽電池は、シリコン基板102の受光面（表面）上に電極104を有し、裏面に、主にアルミニウムおよび銀で構成されたアルミニウム電極110、または（銀（または銀／アルミニウム）ペースト108を焼成することによって形成された）主に銀（または銀およびアルミニウム）で構成された銀／アルミニウム電極112を有している。

【実施例】

【0055】

（1）太陽電池の製造

以下のようにして、太陽電池を形成した。

【0056】

（i）用意したSi基板は、厚さ160μm、面積243cm²の多結晶シリコンウェハであり、p型（ボロン）バルクシリコンであり、n型拡散POCl₃エミッタを有し、表面が酸で特殊加工されており、ウェハのエミッタにSiN_x反射防止膜（ARC）がCVDによって塗布されており、前面（PV145（E. I. Du Pont de Nemours and Companyより市販されているAg組成物））には、厚さ20μmの銀電極を有している。このSi基板の裏面に、Ag/Alペースト（PV202（E. I. Du Pont de Nemours and Companyより

10

20

30

40

50

市販されている Ag / Al 組成物)) を印刷し、乾燥させて、5 mm 幅のバスバーとした。次に、太陽電池の裏面電極となるアルミニウムペーストを、乾燥膜厚 30 μm でスクリーン印刷した。その際、確実な電氣的導通を得るために、アルミニウム膜および Ag / Al バスバーのエッジ同士が 1 mm 重なるようにした。このスクリーン印刷したアルミニウムペーストを乾燥させてから焼成した。

【0057】

本実施例のアルミニウムペーストは、72.5 重量%のアルミニウム粉末（各例の平均粒子サイズは 6 μm ）と、ポリマー樹脂からなる 27.5 重量%の有機ビヒクルと、有機溶剤とからなる。対照ペースト A に含まれるアルミニウム粉末は、すべて空気噴霧された（結節状）粉末からなる。（本発明による）ペースト B から E に含まれるアルミニウム粉末は、空気噴霧された（結節状）粉末と窒素噴霧された（球状）粉末との混合物からなり、球状粉末の割合は 10 ~ 90 重量%である。対照ペースト F に含まれるアルミニウム粉末は、すべて窒素噴霧された（球状）粉末からなる。

10

【0058】

(ii) 次に、印刷したウェハを、Centrotherm 炉で焼成した。ベルト速度は 3000 mm / 分である。ゾーン温度を、ゾーン 1 = 450、ゾーン 2 = 520、ゾーン 3 = 570 と定義し、最終ゾーンを 950 に設定した。これにより、ウェハはピーク温度 850 に達した。焼成後、メタライズされたウェハは、光起電性素子として機能するようになった。

【0059】

電気性能および反りの測定を行った。

20

【0060】

(2) 検査手順

効率

上述の方法に従って形成した太陽電池を、光変換効率の測定のために、(EETS Ltd. から供給された) 市販の I - V 試験装置に入れた。I - V 試験装置内のランプが、既知の強度（約 1000 W / m²）の太陽光をシミュレートして、電池のエミッタに光を当てた。焼成した電池に印刷したメタライゼーションに、その後、4 個の電気プローブを接触させた。太陽電池によって発生した光電流（開放回路電圧 V_{oc} 、短絡電流 I_{sc} ）を、抵抗の配列に対して測定して、I - V 応答曲線を計算した。その後、I - V 応答曲線から、曲線因子 (FF) および効率 (Eff) の各値を導出した。

30

【0061】

反りの測定

反り（電池の反り）は、平坦面上で測定された、室温での焼成電池の中央部の高さの最大偏差で定義される。反りの測定では、金属製フラットベッド上に電池を置き、 μm 分解能を有するダイヤルゲージを用いて各電池の最大偏差を測定した。すなわち、ウェハの中央部の、フラットベッド表面からの距離を測定した。

【0062】

表 1 に示した実施例 A から F は、球状アルミニウム粉末の割合に対する、アルミニウムペーストの電気特性および反り挙動を示す。表 1 のデータによれば、実施例 B から E に従うアルミニウムペーストを用いて作製した太陽電池は、対照ペースト A および F のアルミニウムペーストを用いて作製した太陽電池に比べて、電池の電気性能と反りとのバランスがより良好である。

40

本発明は以下の実施の態様を含むものである。

1. 粒状アルミニウムと、有機溶剤を含む有機ビヒクルとを含むアルミニウムペーストであって、前記粒状アルミニウムは、30 から 90 重量%の球状アルミニウム粉末と、10 から 70 重量%の結節状アルミニウム粉末とを含み、前記重量%は、前記球状アルミニウム粉末と前記結節状アルミニウム粉末との和を基準とする、アルミニウムペースト。

2. 前記粒状アルミニウムは、50 から 75 重量%の球状アルミニウム粉末と、25 から 50 重量%の結節状アルミニウム粉末とを含み、前記重量%は、前記球状アルミニウム粉

50

末と前記結節状アルミニウム粉末との和を基準とする、前記 1 . に記載のアルミニウムペースト。

3 . 前記粒状アルミニウムは、60 から 70 重量%の球状アルミニウム粉末と、30 から 40 重量%の結節状アルミニウム粉末とを含み、前記重量%の基準は、前記球状アルミニウム粉末と前記結節状アルミニウム粉末との和を基準とする、前記 2 . に記載のアルミニウムペースト。

4 . 前記粒状アルミニウムに対する、球状アルミニウム粉末と結節状アルミニウム粉末との前記和の割合は、90 重量%を超える、前記 1 . から 3 . のいずれかに記載のアルミニウムペースト。

5 . 前記粒状アルミニウムに対する、球状アルミニウム粉末と結節状アルミニウム粉末との前記和の割合は、100 重量%である、前記 4 . に記載のアルミニウムペースト。

6 . 前記粒状アルミニウムは、アルミニウムペースト組成物の総量に対して 50 から 80 重量%の比率で存在する、前記 1 . から 5 . のいずれかに記載のアルミニウムペースト。

7 . ガラスフリットを、アルミニウムペースト組成物の総量に対して 0 . 01 から 5 重量%の合計比率でさらに含む、前記 1 . から 6 . のいずれかに記載のアルミニウムペースト。

8 . 前記有機ビヒクルはさらに、有機ポリマーおよび / または有機添加物を含む、前記 1 . から 7 . のいずれかに記載のアルミニウムペースト。

9 . (i) p 型領域、n 型領域、および p - n 接合部を有するシリコンウェハの裏面に、請求項 1 から 8 のいずれか一項に記載のアルミニウムペーストを塗布するステップと、

(i i) 前記アルミニウムペーストを塗布した面を焼成して、前記ウェハを 700 から 900 のピーク温度に到達させるステップと、
を含む、シリコン太陽電池の形成方法。

10 . 前記アルミニウムペーストの前記塗布は、印刷によって行われる、前記 9 . に記載の方法。

11 . 焼成は、焼成時に前記シリコンウェハ上に前面および / または裏面電極を形成するために、前記シリコンウェハに塗布されている他の前面および / または裏面金属ペーストとまとめて同時焼成として行われる、前記 9 . または 10 . に記載の方法。

12 . 前記 9 . から 11 . のいずれかに記載の方法によって作製されるシリコン太陽電池。

13 . アルミニウム裏面電極を備えるシリコン太陽電池であって、前記アルミニウム裏面電極は、前記 1 . から 8 . のいずれかに記載のアルミニウムペーストを利用して製造される、シリコン太陽電池。

14 . シリコンウェハをさらに備える、前記 13 . に記載のシリコン太陽電池。

【 0 0 6 3 】

10

20

30

【表 1】

表1

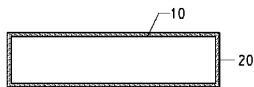
実施例	球状アルミニウム 粉末の割合 (重量%)	Voc(mV)	Isc(A)	Eff(%)	FF(%)	反り (μm)
A	0	591.9	8.83	15.45	71.69	1902
B	30	597.1	8.89	15.88	72.53	2026
C	50	598.0	8.86	15.82	72.86	1703
D	70	600.2	8.98	15.99	72.27	1651
E	90	600.4	8.97	16.14	72.96	1659
F	100	599.9	8.79	15.73	72.63	1707

10

【図 1 A】

FIG. 1A 

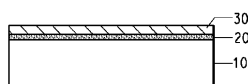
【図 1 B】

FIG. 1B 

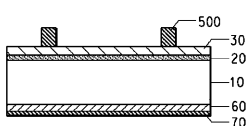
【図 1 C】

FIG. 1C 

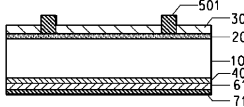
【図 1 D】

FIG. 1D 

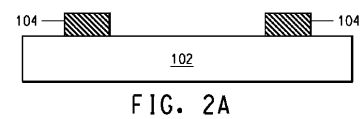
【図 1 E】

FIG. 1E 

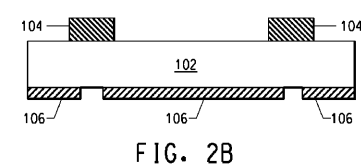
【図 1 F】

FIG. 1F 

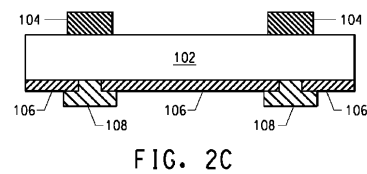
【図 2 A】

FIG. 2A 

【図 2 B】

FIG. 2B 

【図 2 C】

FIG. 2C 

【図 2 D】

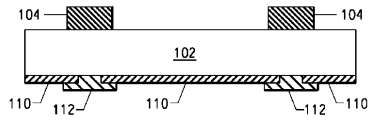


FIG. 2D

フロントページの続き

(72)発明者 アリステア グレーム プリンス
イギリス ビーエス3 3ジェイダブリュ ブリストル ベッドミンスター アッシュグローブ
ロード 12

(72)発明者 リチャード ジョン シェフィールド ヤング
イギリス ビーエー2 6エヌイー サマセット パース シドニー プレイス 93

審査官 近藤 政克

(56)参考文献 特開2007-059380(JP,A)
特開2006-066235(JP,A)
特開2002-076398(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01B 1/22
H01B 1/00
H01L 31/04