

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4656100号
(P4656100)

(45) 発行日 平成23年3月23日 (2011.3.23)

(24) 登録日 平成23年1月7日 (2011.1.7)

(51) Int. Cl.

F I

H O 1 L 31/042 (2006.01)

H O 1 L 31/04 C

H O 1 B 5/02 (2006.01)

H O 1 B 5/02 A

H O 1 B 13/00 (2006.01)

H O 1 B 13/00 5 O 1 E

C 2 3 C 2/08 (2006.01)

C 2 3 C 2/08

C 2 3 C 2/38 (2006.01)

C 2 3 C 2/38

請求項の数 7 (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2007-191104 (P2007-191104)
 (22) 出願日 平成19年7月23日 (2007.7.23)
 (65) 公開番号 特開2009-27096 (P2009-27096A)
 (43) 公開日 平成21年2月5日 (2009.2.5)
 審査請求日 平成21年8月28日 (2009.8.28)

(73) 特許権者 000005120
 日立電線株式会社
 東京都千代田区外神田四丁目14番1号
 (74) 代理人 100068021
 弁理士 絹谷 信雄
 (72) 発明者 遠藤 裕寿
 東京都千代田区外神田四丁目14番1号
 日立電線株式会社内
 (72) 発明者 青山 正義
 東京都千代田区外神田四丁目14番1号
 日立電線株式会社内
 (72) 発明者 辻 隆之
 東京都千代田区外神田四丁目14番1号
 日立電線株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 太陽電池用はんだめっき線及びその製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

太陽電池セルに接合すべく、断面形状が平角状に加工された導体の表面にはんだめっきを被覆した太陽電池用はんだめっき線において、

上記導体は、その体積抵抗率が $30 \mu\Omega \cdot \text{mm}$ 以下で、かつ表層と内層とからなる2層構造を有し、上記表層の結晶粒径が上記内層の結晶粒径よりも大きいことを特徴とする太陽電池用はんだめっき線。

【請求項2】

太陽電池セルに接合すべく、断面形状が平角状に加工された導体の表面にはんだめっきを被覆した太陽電池用はんだめっき線において、

上記導体は、その体積抵抗率が $30 \mu\Omega \cdot \text{mm}$ 以下で、かつ表層と内層とからなる2層構造を有し、上記表層の結晶粒径が上記内層の結晶粒径よりも大きく、上記内層の厚さの半分 r_1 と上記表層の厚さ r_2 の合計に対する表層の厚さの比 $r_2 / (r_1 + r_2)$ が $0.1 \sim 0.3$ であることを特徴とする太陽電池用はんだめっき線。

【請求項3】

引張試験における上記導体の 0.2% 耐力が $16 \sim 70 \text{ MPa}$ である請求項1または2記載の太陽電池用はんだめっき線。

【請求項4】

引張試験における 0.2% 耐力が $37 \sim 100 \text{ MPa}$ である請求項1～3のいずれかに記載の太陽電池用はんだめっき線。

【請求項 5】

太陽電池セルに接合すべく、断面形状が平角状に加工された導体の表面にはんだめっきを被覆した太陽電池用はんだめっき線の製造方法において、

体積抵抗率が $30 \mu\Omega \cdot \text{mm}$ 以下の金属材料を鋳造した後、圧延加工あるいはスリット加工を施して導体を形成し、その導体に熱処理を施し、上記導体の表面付近のみをスキンパス加工し、再度熱処理を施すことにより、上記導体を表層の結晶粒径が内層の結晶粒径よりも大きい 2 層構造に形成することを特徴とする太陽電池用はんだめっき線の製造方法。

【請求項 6】

上記スキンパス加工による導体の加工率を $0.5 \sim 5\%$ とする請求項 5 記載の太陽電池用はんだめっき線の製造方法。

10

【請求項 7】

上記熱処理を、 $650 \sim 750$ で $40 \sim 60$ 分行い、上記再熱処理を、 $850 \sim 900$ で $40 \sim 60$ 分行う請求項 5 または 6 記載の太陽電池用はんだめっき線の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、太陽電池の Si セルを接続する太陽電池用はんだめっき線とその製造方法に関するものである。

【背景技術】

20

【0002】

太陽電池には、多結晶或いは単結晶の Si 結晶ウェハが用いられている。

【0003】

図 2 に示すように、太陽電池は、Si 結晶ウェハ (Si セル) 1 の裏面の所定の領域に接続用リード線 2 をはんだで接合し、接続用リード線 2 を通じて発電された電力を伝送する構成となっている。

【0004】

図 3 に示すように、接続用リード線 2 は、導体 3 とその導体 3 を被覆するはんだめっき 4 とからなるはんだめっき線であり、導体 3 にタフピッチ Cu や無酸素 Cu などの純 Cu で構成された平角状の導体を用い、はんだめっき 4 として Sn-Pb 共晶はんだを用いている (例えば、特許文献 1 参照)。

30

【0005】

また、はんだめっき線は、環境への配慮から Pb を含まないはんだを使用したものへの切り換えが検討されている (例えば、特許文献 2 参照)。

【0006】

【特許文献 1】特開平 11-21660 号公報

【特許文献 2】特開 2002-263880 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

40

ところで、太陽電池を構成する部材のうち、Si セルが材料コストの大半を占めている。そのため、Si セルの薄板化が検討されている。

【0008】

しかしながら、薄板化した Si セルは、はんだめっき線の接合時の加熱プロセスや使用時の温度変化により、Si 結晶ウェハの反りや、その反りによる破損等の不具合が生じることがある。例えば、図 4 (a) に示すように、はんだ接合前は平板状であった Si セル 1 とはんだめっき線 2 とをはんだ接合することにより、図 4 (b) に示すように、はんだ接合時或いは接合後の熱収縮により Si セル 1 に応力が発生し、反りが生じてしまう。

【0009】

このような熱収縮によるセルの反りを防止するため、はんだめっき線に用いる材料とし

50

て、熱膨張係数が小さいもののニーズが高まっている。例えば、熱膨張係数が小さいはんだめっき線の一例として、図 5 に示すように、Cu5 - インバー 6 - Cu5 (以下、インバー：登録商標) をクラッドした平角導体 7 をはんだ膜 8 で被覆したはんだめっき線 9 がある。

【0010】

しかしながら、図 4 のはんだめっき線 9 は、インバー 6 が低熱膨張であるため、Si セルとの熱膨張整合が可能になるものの、導電率も低下してしまい太陽電池としての発電効率が下落してしまう。

【0011】

そこで、本発明の目的は、上記課題を解決し、Si セルとはんだ接続後の熱収縮においてもセルの反りが少なく、かつ高導電率を有する太陽電池用はんだめっき線とその製造方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0012】

上記目的を達成するために、請求項 1 の発明は、太陽電池セルに接合すべく、断面形状が平角状に加工された導体の表面にはんだめっきを被覆した太陽電池用はんだめっき線において、上記導体は、その体積抵抗率が $30 \mu\Omega \cdot \text{mm}$ 以下で、かつ表層と内層とからなる 2 層構造を有し、上記表層の結晶粒径が上記内層の結晶粒径よりも大きい太陽電池用はんだめっき線である。

【0013】

請求項 2 の発明は、太陽電池セルに接合すべく、断面形状が平角状に加工された導体の表面にはんだめっきを被覆した太陽電池用はんだめっき線において、

上記導体は、その体積抵抗率が $30 \mu\Omega \cdot \text{mm}$ 以下で、かつ表層と内層とからなる 2 層構造を有し、上記表層の結晶粒径が上記内層の結晶粒径よりも大きく、上記内層の厚さの半分 r_1 と上記表層の厚さ r_2 の合計に対する表層の厚さの比 $r_2 / (r_1 + r_2)$ が $0.1 \sim 0.3$ である太陽電池用はんだめっき線である。

【0014】

請求項 3 の発明は、引張試験における上記導体の 0.2% 耐力が $16 \sim 70 \text{ MPa}$ である請求項 1 または 2 記載の太陽電池用はんだめっき線である。

【0015】

請求項 4 の発明は、引張試験における 0.2% 耐力が $37 \sim 100 \text{ MPa}$ である請求項 1 ～ 3 のいずれかに記載の太陽電池用はんだめっき線である。

【0016】

請求項 5 の発明は、太陽電池セルに接合すべく、断面形状が平角状に加工された導体の表面にはんだめっきを被覆した太陽電池用はんだめっき線の製造方法において、体積抵抗率が $30 \mu\Omega \cdot \text{mm}$ 以下の金属材料を鋳造した後、圧延加工あるいはスリット加工を施して導体を形成し、その導体に熱処理を施し、上記導体の表面付近のみをスキンプラス加工し、再度熱処理を施すことにより、上記導体を表層の結晶粒径が内層の結晶粒径よりも大きい 2 層構造に形成する太陽電池用はんだめっき線の製造方法である。

【0017】

請求項 6 の発明は、上記スキンプラス加工による導体の加工率を $0.5 \sim 5\%$ とする請求項 5 記載の太陽電池用はんだめっき線の製造方法である。

【0018】

請求項 7 の発明は、上記熱処理を $650 \sim 750$ で $40 \sim 60$ 分行い、再熱処理を $850 \sim 900$ で $40 \sim 60$ 分行う請求項 5 または 6 記載の太陽電池用はんだめっき線の製造方法である。

【発明の効果】

【0019】

本発明によれば、Si セルとはんだ接続後の熱収縮においてもセルの反りが少なく、かつ高導電率を有するという優れた効果を発揮する。

10

20

30

40

50

【発明を実施するための最良の形態】

【0020】

以下、本発明の好適な一実施形態を添付図面に基づいて詳述する。

【0021】

図1は本発明に係る太陽電池セル用はんだめっき線の好適な実施の形態を示した横断面図である。

【0022】

図1に示すように、本実施形態の太陽電池セル用はんだめっき線（以下、はんだめっき線）は、Siウェハから作製される太陽電池セル（Siセル）と接合するはんだめっき線であり、導体10とその導体10を被覆するはんだめっき（図示せず）とからなる。

10

【0023】

導体10は、Siセルへのはんだ接続が容易となるよう断面形状が平角状に形成され、体積抵抗率が $30\mu\Omega\cdot\text{mm}$ 以下の導体材料で構成される。体積抵抗率 $30\mu\Omega\cdot\text{mm}$ 以下の導体材料としてはCuが用いられる。

【0024】

さらに、導体10は、表層11と、結晶粒径が表層（外層部）11の結晶粒径よりも大きい内層（内層部）12とからなる2層構造に形成されている。導体10の2層構造は、後述する熱処理とスキンプス加工を導体に施すことにより形成されるものであり、スキンプス加工の及ぶ導体表面付近を表層11とし、スキンプス加工の影響の及ばない導体内部を内層12とする。本実施形態では、平角状の導体10の両面に表層11を形成した表層 - 内層 - 表層の3層となっている。

20

【0025】

本実施形態のはんだめっき線は、表層11の厚さの半分 r_1 と内層12の厚さ r_2 の合計に対する内層12の厚さ r_2 の比（厚さ比という） $r_2/(r_1+r_2)$ を $0.1\sim 0.3$ とした。

【0026】

厚さ比は、導体10の断面を観察することにより、結晶粒径が小さい領域と結晶粒径が大きい領域とを見極めて両層の境界13を決定し、粒径が小さい領域（内層12）の厚さと粒径の大きい領域（表層11）の厚さ r_2 とをそれぞれ計測し、計測した r_1 、 r_2 から求めたものである。

30

【0027】

また、本実施形態のはんだめっき線は、導体10の引張試験における 0.2% 耐力が $16\sim 70\text{MPa}$ である。また、はんだめっき線の引張試験における 0.2% 耐力が $37\sim 100\text{MPa}$ である。ここで、引張試験による 0.2% 耐力を求める際に、導体の 0.2% 耐力については、導体10の断面積を用いて求めており、はんだめっき線の 0.2% 耐力については、導体10のみの断面積を用い、引張試験における荷重を除算して求めている。

【0028】

本実施形態のはんだめっき線の製造方法について説明する。

【0029】

まず、導体10を構成する体積抵抗率 $30\mu\Omega\cdot\text{mm}$ 以下の導体材料（本実施形態ではCu）を長尺に鋳造した後、鋳造した導体材料に圧延加工或いはスリット加工を施して平角状の導体10を形成する。

40

【0030】

次に、その導体10を熱処理する。この熱処理は、圧延加工或いはスリット加工した導体のひずみの回復（補正）と結晶粒径の成長を図るために行われる。熱処理の方法は、導体10に直接電流を流して加熱する通電加熱方式の方法、或いは、高温炉内で導体10を加熱するバッチ加熱式の方法でもよい。熱処理条件は、 $650\sim 750$ で $40\sim 60$ 分とするのがよい。

【0031】

50

次に、熱処理した導体 10 をスキンプス加工する。ここでいうスキンプス加工は、導体 10 の表層 11 のみを軽度に圧延加工する工程である。導体 10 のスキンプス加工法としては、圧延加工或いはプレス加工のいずれでもよい。スキンプス加工の加工率は、0.5 ~ 5 % とするのがよい。

【0032】

スキンプス加工した後、導体 10 を再び熱処理する（再熱処理）。この再加熱処理は、スキンプス加工後に導体 10 に再結晶を発生させるために行われる。再熱処理の方法は、スキンプス加工前に施した熱処理と同様に通電加熱方式或いはバッチ加熱式のいずれの方法を用いてもよい。再熱処理条件は、850 ~ 900 で 40 ~ 60 分とするのがよい。

【0033】

圧延加工或いはスリット加工したした導体 10 に熱処理、スキンプス加工及び再熱処理を行うことにより、表層 11 の結晶粒径が内層 12 の結晶粒径よりも大きい 2 層構造の導体を形成することができる。

【0034】

再加熱処理後、導体にはんだめっき被覆を施し、はんだめっき線が得られる。

【0035】

次に、本実施の形態の作用について説明する。

【0036】

はんだめっき線は Si セルと高温下ではんだ接続（接合）される。一般に、Si セルとはんだめっき線のように、熱膨張係数の異なる異種金属を高温で接続した場合には、温度変化分と熱膨張率とヤング率とを積算した値が、図 4（b）に示したような反りを発生させる力となる。互いに接続される部材（Si セルとはんだめっき線）の剛性が著しく異なり、はんだ接続温度が 200 以上と高温の場合、Si セルに比べて断面積が小さい導体の方が降伏してしまう。

【0037】

導体は、降伏応力が小さいと、少ない力（上記の反りを発生させる力）で塑性変形してしまい、それ以上力を加えても変形抵抗の増加は少ない。この塑性変形を生じさせる応力を示す指標に 0.2 % 耐力があり、導体の 0.2 % 耐力が小さい程、Si セルへはんだ接続した後の反り量を低減させることができる。

【0038】

そして、0.2 % 耐力は、導体の結晶粒径との相関が大きいことが知られており、粒界が小さい程、つまり結晶粒径が大きい程、導体の変形抵抗が小さい。すなわち、導体の結晶粒径が大きくなると導体の耐力は低減し、はんだめっき線を Si セルに接続した後、Si セルに発生する熱応力（セルを反らせる力）を低減することができる。

【0039】

一方、導体の結晶粒径が大きくなりすぎると導体の伸びは低下すると共に、クラックが発生しやすくなり、導体が脆化する。

【0040】

従って、結晶粒径は、一定条件範囲内に入っている必要がある。この結晶粒径を上記の一定条件範囲内にする要因としては、導体の圧延加工或いはスリット加工条件、熱処理条件（温度、時間など）、スキンプス加工条件（加工率）、再熱処理条件（温度、時間など）があり、それらの組み合わせで結晶粒径が決定される。

【0041】

本実施形態のはんだめっき線は、銅等の $30 \mu\Omega \cdot \text{mm}$ 以下の導体材料を用いることで高導電率を実現すると共に、導体 10 を結晶粒径の大きい表層 11 と表層 11 より結晶粒径の小さい内層 12 とからなる 2 層構造に形成することにより、結晶粒径の大きい表層 11 において、導体の耐力を低減してセルの反りを防止し、かつ内層 12 を従来と同程度の結晶粒径とすることで、導体 10 の脆化を防止することができる。

【0042】

また、選択された（上記の一定条件範囲内）結晶粒径を有する導体 10 は、その伸び量

10

20

30

40

50

が十分に得られるため、導体 10 の成型加工性及び長期にわたる信頼性に優れたものとなる。

【 0 0 4 3 】

本実施形態のはんだめっき線では、内層 12 の厚さの半分 r_1 と表層 11 の厚さ r_2 との合計に対する表層 11 の厚さの比 (厚さ比) $r_2 / (r_1 + r_2)$ が 0 . 1 ~ 0 . 3 としている。

【 0 0 4 4 】

厚さ比が 0 . 1 より小さいと、表層 11 の結晶粒径が大きい領域が少なすぎて、セルの反りを低減する効果が得られない。一方、厚さ比が 0 . 3 より大きいと、表層 11 の結晶粒径が大きい領域が広すぎるため、クラックが発生してしまう。よって、厚さ比は 0 . 1 ~ 0 . 3 が好ましい。

【 0 0 4 5 】

本実施形態のはんだめっき線は、導体 10 の 0 . 2 % 耐力を 1 6 ~ 7 0 M P a、或いははんだめっき線の 0 . 2 % 耐力を 3 7 ~ 1 0 0 M P a とすることで、太陽電池に接合後、熱収縮による S i セルの反りとクラックの発生の両方を確実に抑制することができる。

【 0 0 4 6 】

導体 10 を被覆するはんだは、S i セルとの熱膨張整合を考慮して低温接続が可能な組成のものが求められていたが、図 1 に示した 2 層構造の導体 10 とすることにより、接続温度が高い S n - A g - C u 系の組成のものを選択することもできる。

【 0 0 4 7 】

また、本実施形態のはんだめっき線の製造方法において、導体 10 を熱処理後、導体 10 に表層 11 のみを軽度圧延するスキンプス加工を施すと、内層 12 はあまり硬化せず表層のみが硬化する。一般に、硬化した導体材料を熱処理すると結晶が成長し結晶粒径が大きくなるが、本実施形態の製造方法のように、表層 11 のみを硬化させた導体 10 を再熱処理すると、その表層 11 のみで結晶成長が促進され、スキンプス加工前に比べて表層 11 の結晶粒径を大きくすることができる。一方、内層 12 ではスキンプス加工による硬化がないため、再熱処理による結晶成長が少ない状態となる。したがって、導体 10 の平均的な 0 . 2 % 耐力をスキンプス加工前に比べて小さくすることができ、かつ、内層 12 では結晶粒が極端には成長していないため、クラックの発生を抑制することができる。

【 0 0 4 8 】

すなわち、本実施形態のはんだめっき線の製造方法によれば、S i セルとはんだ接続後の熱収縮においてもセルの反りを防止することができると共に、クラックの発生による導体の脆化を防ぐことができ、かつ高い導電性を有するはんだめっき線を得ることができる。

【 0 0 4 9 】

導体 10 のスキンプス加工度は、0 . 5 ~ 5 % が適切であり、より好ましくは 3 ~ 5 % とするのがよい。加工度が 0 . 5 % よりも小さいと S i セルの反りを低減する効果が得られず、5 % よりも大きいと表層 11 の加工度の高い領域が大きくなりすぎ、クラックが発生しやすくなる。加工度を 0 . 5 ~ 5 % の範囲内にすることにより、従来よりも大幅に耐力を下げながら、導体のクラックを防止でき、長期における信頼性の低下を防止することができる。

【 0 0 5 0 】

また、熱処理条件に関して、本実施形態の製造方法では、圧延加工或いはスリット加工後 6 5 0 ~ 7 5 0 で 4 0 ~ 6 0 分熱処理し、その後にスキンプス加工し、スキンプス加工後に 8 5 0 ~ 9 0 0 で 4 0 ~ 6 0 分再熱処理している。圧延加工或いはスリット加工後の熱処理条件の適正範囲を 6 5 0 ~ 7 5 0 としたのは、熱処理温度が 6 5 0 より低いと中心 (内層 12) の結晶粒が 2 0 0 μ m 以下と小さくなってしまい、7 5 0 を超えるとクラックが発生しやすくなるためである。スキンプス後の熱処理温度の適正範囲を 8 5 0 ~ 9 0 0 としたのは、8 5 0 よりも低いと表層 11 の結晶粒が大きくなりすぎ、9 0 0 を超えるとクラックが発生しやすくなるためである。

【 0 0 5 1 】

以上、本発明の実施の形態は、上述した実施の形態に限定されるものではなく、他にも種々のものが想定される。

【 0 0 5 2 】

体積抵抗率が $30 \mu\Omega \cdot \text{mm}$ 以下の導体材料として Cu を用いたが、他に、Au、Ag、Al 或いはこれらの元素を含む合金が挙げられる。

【 0 0 5 3 】

特に、体積抵抗率が最も低い導体材料は Ag であり、太陽電池の発電効率を最大限にすることができる。また、低コスト化を優先する場合には導体材料として Cu を用いるのがよい。軽量化を図る場合には導体材料として Al を用いるのが望ましい。

10

【 0 0 5 4 】

Cu の種類としては、タフピッチ Cu、無酸素 Cu、リン脱酸 Cu、Cu (純度 99.9999% 以上) のいずれを用いてもよい。0.2% 耐力を最も小さくするためには純度が高い Cu を用いるのがよく、純度 99.9999% 以上の Cu を選択する。一方、不純物が入ると 0.2% 耐力は大きくなるが低コスト化を図る際には、タフピッチ Cu もしくはリン脱酸 Cu を選択する。

【 0 0 5 5 】

導体材料は、連続鋳造圧延装置の溶湯貯溜手段 (例えば銅溶湯貯溜手段) に貯溜され、酸素含有量が 5 ppm 以上の銅溶湯に、Ti、Zr、V、Ta、Fe、Ca、Mg 又は Ni から選択される少なくとも 1 種又は 2 種の金属 (硫黄親和性金属) を含有し、銅溶湯中に含まれる金属の割合を 0.0007 ~ 0.05 重量% に調整し、その銅溶湯を用いて荒引き材を製造し、その荒引き材に減面率 30% 以上の冷間伸線加工を施し、熱処理を施したものをを用いてもよい。

20

【 0 0 5 6 】

この硫黄親和性金属 (例えば、Ti) が酸素含有量 5 ppm 以上の銅溶湯に固溶している S と反応することで、S が硫化物 (例えば、TiS) として析出し、S の固溶量が減少する。このため、酸素含有量が比較的多いタフピッチ銅 (TPC) などを導体材料にしたとしても、銅のマトリクスから S を析出させることができ、軟化特性の点において、高純度の銅 (例えば、OFC) とほぼ同等の特性が得られるようになるためである。これによれば、高価な OFC でなくても廉価な TPC を用いて、0.2% 耐力をより低減することが

30

【 0 0 5 7 】

導体材料としてタフピッチ銅に 200 ppm 程度の P を添加し、最終的に P の含有量が 100 ppm 以下となるように銅合金を用いてもよい。この場合、添加した P が O と結びつき、不純物が低下する。そのため、高価な OFC を用いなくても安価に耐力が低い材料を得ることができる。

【 0 0 5 8 】

また、導体 10 は鋳造して得られた丸線を圧延して平角化する方式でも、スリットする方式のどちらでもよい。圧延方式では長尺で均一なものが製造できる。スリット方式では種々の幅の材料に対応できるメリットがある。

40

【 0 0 5 9 】

0.2% 耐力を低減するための熱処理方式としては、通電加熱方式でもバッチ式加熱方式でも適用可能である。連続で長尺にわたって処理する場合には、通電加熱が向いており、安定した熱処理が必要な場合には、バッチ式加熱方式が望ましい。他に、酸化を防止する観点から水素還元雰囲気炉を用いてもよい。

【 0 0 6 0 】

熱処理及び再熱処理は、加熱温度と加熱時間の組み合わせで、結晶粒径を制御することができる。熱処理条件及び再熱処理条件は、Cu 以外の Au、Ag、Al を用いた導体についても同様である。

【 0 0 6 1 】

50

導体10の被覆に用いるはんだは、Sn系はんだ（第1成分）、或いは第2成分としてPb, In, Bi, Sb, Ag, Zn, Ni, Cuから選択される少なくとも1種の元素を0.1wt%以上含むSn系合金はんだであるが、さらに第3成分として1000ppm以下の微量元素を含んでいるものを用いてもよい。

【0062】

また、本発明に係る太陽電池セル接続用配線導体及びはんだめっき線は、セルとの接合がなされた複数箇所に変形し易い加工部を含んでいてもよく、加工法としてはエッチング、プレス、曲げ成形のうちのいずれか、或いは複数を併用してもよい。

【実施例】

【0063】

次に、本発明の実施形態について、実施例に基づいて説明する。

（実施例）

実施例1-14は、まず幅2.0mm、厚さ0.16mmのCu材料を平角線状に圧延成形し、熱処理によって歪みの回復と結晶粒径の成長を図った（熱処理工程）。次に、導体の表層のみを軽度圧延加工（スキンプス加工工程）し、更にその後に熱処理を行って再結晶を発生させ（再熱処理工程）、最後にその周囲をSn-3%Ag-0.5%Cu系の鉛フリーはんだで被覆したものを製作した。ただし、各実施例及び比較例の熱処理条件、スキンプス条件及び再熱処理条件はそれぞれ異なるものとした。

（比較例）

比較例は、スキンプス加工及び再熱処理を行わず、それ以外については実施例と同様にして作製した。

【0064】

実施例1-14及び比較例1の結果を表1及び表2に示す。表中、結晶粒径は、はんだめっき線の断面において結晶粒の大きいものから10個選び、10個の結晶粒径を平均化したものである。

【0065】

【表1】

(750℃, 40分熱処理した導体に以下のスキンプス圧延, 熱処理を付加)

	スキンプス加工度 (%)	スキンプス後の熱処理条件		結晶粒径 (μm)		外層内層領域比		0.2%耐力 (MPa)		耐クラック	セル反り
		温度 (℃)	時間 (分)	内層部	外層部	内層部の厚さ (r1)	外層部の厚さ (r2)	Cu	はんだ被覆 Cu		
実施例1	5	850	40	250	450	0.6	0.4	16	36	△	○
実施例2	3	850	40	250	450	0.7	0.3	17	37	○	○
実施例3	1	850	40	250	450	0.8	0.2	18	38	○	○
実施例4	7	850	40	250	450	0.9	0.1	19	39	○	○
比較例	0	—	—	250	—	—	—	20	40	△	○

【0066】

【表 2】

(650℃, 60分熱処理した導体に以下のスキンプス圧延, 熱処理を付加)

	スキンプス加工度 (%)	スキンプス後の熱処理条件		結晶粒径 (μm)		外層内層領域比		0.2%耐力 (MPa)		耐クラック	セル反り
		温度 (℃)	時間 (分)	内層部	外層部	内層部の厚さ (r1)	外層部の厚さ (r2)	Cu	はんだ被覆 Cu		
実施例 5	0.5	850	40	250	450	0.95	0.05	19.5	39.5	○	△
実施例 6	0.5	850	60	250	450	0.93	0.07	19.3	39.3	○	△
実施例 7	0.5	900	40	250	450	0.9	0.1	19	39	○	○
実施例 8	0.5	900	60	250	450	0.88	0.12	18.8	38.8	○	○
実施例 9	5	900	40	250	450	0.67	0.33	16.5	36.5	△	○
実施例 10	3	900	40	250	450	0.77	0.23	17.6	37.6	○	○
実施例 11	1	900	40	250	450	0.87	0.13	18.7	38.7	○	○
実施例 12	5	850	60	250	450	0.68	0.32	16.7	36.7	△	○
実施例 13	3	850	60	250	450	0.78	0.22	17.7	37.7	○	○
実施例 14	1	850	60	250	450	0.88	0.12	18.8	38.8	○	○

10

【0067】

表 1 及び表 2 に示すように、種々の熱処理条件、スキンプス条件及び再熱処理条件で試料を作製したところ、0.2%耐力を低減しながら導体のクラック発生を防止できる条件が存在することが確認できた。実施例 1 - 14 は、導体が結晶粒径 $450\mu\text{m}$ の表層（外層部）と結晶粒径 $250\mu\text{m}$ の内層（内層部）との 2 層構造に形成されていることにより、高導電性を維持すると共に、従来のはんだめっき線よりもセルの反りを低減でき、太陽電池接続用はんだめっき線に用いる導体として信頼性の高いものとする事が可能であることが確認できた。

【0068】

特に、実施例 2 - 4、7、8、10、11、13 及び 14 は、内層部と外層部との厚さ比を 0.1 - 0.3 の範囲内とすることにより、耐クラックとセルの反りの両方において、特に高い信頼性を有するものであった。

30

【0069】

これに対し、表 1 に示すように、導体を 2 層構造に形成していない比較例では、クラックが発生している。

(従来例)

従来例は、幅 2.0mm 、厚さ 0.16mm の Cu 材料を平角線状に圧延成形して導体を形成し、導体の周囲を Sn - 3%Ag - 0.5%Cu の鉛フリーはんだで被覆したものであって、表 3 に示す種々の 0.2%耐力のものを作製した。作製した各はんだめっき線を、それぞれ縦 150mm × 横 150mm 、厚さ $200\mu\text{m}$ の Si セルにはんだ接続した

40

【0070】

【表 3】

従来例（はんだ被覆Cu平角線を接続した際のセルの反り）

0.2%耐力 (MPa)	160	100	70	50
反り (mm)	4.0	3.2	2.1	1.5

10

【0071】

表3に示すように、0.2%耐力の低下と共に反りも低減し、はんだめっき被覆Cu平角線で70MPaのものは、160MPaのものに対して1/2程度に反りが低減できている。

【図面の簡単な説明】

【0072】

【図1】本発明に係る好適な一実施形態の太陽電池用はんだめっき線の導体を示す横断面図である。

【図2】Siセルとはんだめっき線の接合状態を示す斜視図である。

【図3】従来のはんだめっき線を示す横断面図である。

20

【図4】図4(a)は、Siセルとはんだめっき線の接合前の状態を示す断面図であり、図4(b)は、Siセルとはんだめっき線の接合後、反りが生じた状態を示す断面図である。

【図5】Cu-インバー-Cu構造のはんだめっき線を示す横断面図である。

【符号の説明】

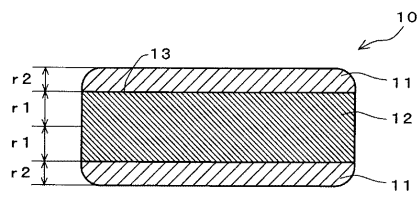
【0073】

10 導体

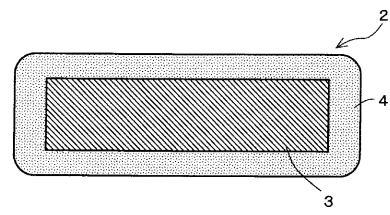
11 表層

12 内層

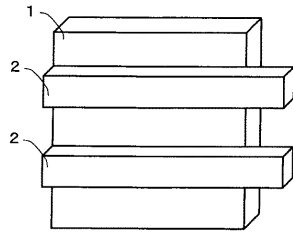
【図 1】



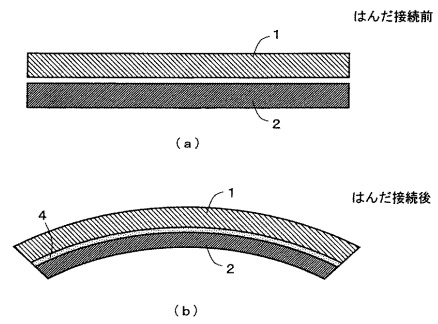
【図 3】



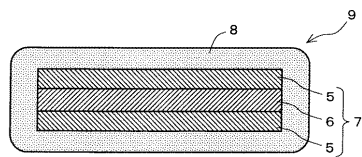
【図 2】



【図 4】



【図 5】



フロントページの続き

- (72)発明者 西 甫
東京都千代田区外神田四丁目14番1号 日立電線株式会社内
- (72)発明者 沖川 寛
東京都千代田区外神田四丁目14番1号 日立電線株式会社内

審査官 加藤 昌伸

- (56)参考文献 特開昭51-103850(JP,A)
特開平04-323835(JP,A)
特開平10-056190(JP,A)
特開平10-060532(JP,A)
特開平11-286760(JP,A)
特開2003-064459(JP,A)
特開2007-141930(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L	31/042
C23C	2/08
C23C	2/38
H01B	5/02
H01B	13/00