

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4343225号
(P4343225)

(45) 発行日 平成21年10月14日(2009.10.14)

(24) 登録日 平成21年7月17日(2009.7.17)

(51) Int.Cl. F I
H O 1 L 31/04 (2006.01) H O 1 L 31/04 H

請求項の数 4 (全 16 頁)

| | | | |
|---------------|------------------------------|-----------|--|
| (21) 出願番号 | 特願2006-517869 (P2006-517869) | (73) 特許権者 | 000006013 三菱電機株式会社 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 |
| (86) (22) 出願日 | 平成17年11月28日(2005.11.28) | (74) 代理人 | 100089118 弁理士 酒井 宏明 |
| (86) 国際出願番号 | PCT/JP2005/021782 | (72) 発明者 | 西田 隆彦 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三 菱電機株式会社内 |
| (87) 国際公開番号 | W02007/060743 | (72) 発明者 | 中谷 光徳 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三 菱電機株式会社内 |
| (87) 国際公開日 | 平成19年5月31日(2007.5.31) | (72) 発明者 | 森川 浩昭 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三 菱電機株式会社内 |
| 審査請求日 | 平成19年8月17日(2007.8.17) | | |

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 太陽電池セル

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

光電変換層と、
前記光電変換層の一面側に設けられた第一電極と、
前記光電変換層の他面側に設けられた第二電極と、
前記光電変換層の他面側に、前記光電変換層の面内方向において、外縁部が前記第二電極と重なるとともにその角部を丸取り部として略四角形状に設けられ、前記第二電極から出力を取り出すための第三電極と、
を備えることを特徴とする太陽電池セル。

【請求項2】

前記第二電極が、アルミニウム電極であり、
前記第三電極が、銀電極であること、
を特徴とする請求項1に記載の太陽電池セル。

【請求項3】

光電変換層と、
前記光電変換層の一面側に設けられた第一電極と、
前記光電変換層の他面側に設けられた第二電極と、
前記光電変換層の他面側に、前記光電変換層の面内方向において、外縁部が前記第二電極と重なるとともにその角部を面取り部として略四角形状に設けられ、前記第二電極から出力を取り出すための第三電極と、

を備えることを特徴とする太陽電池セル。

【請求項 4】

前記第二電極が、アルミニウム電極であり、
前記第三電極が、銀電極であること、
を特徴とする請求項 3 に記載の太陽電池セル。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、太陽電池セルに関するものであり、特に、電極の剥離の発生が防止された太陽電池セルに関するものである。

10

【背景技術】

【0002】

太陽光発電は、無限のエネルギーである光エネルギーを用いて発電し、有害物質を排出しないクリーンな発電方法である。この太陽光発電には、太陽からの光エネルギーを電気エネルギーに変換して電力を発生する光電変換素子である太陽電池セルが用いられている。

【0003】

従来、一般的に生産されている太陽電池セルにおける受光面の裏面の電極は、シリコン基板の裏面に銀ペーストおよびアルミニウムペーストをスクリーン印刷により印刷して、乾燥、焼成することにより形成される。ここで、シリコン基板の裏面のほぼ全面に形成されるアルミニウムは正電極としての役割を果たす。しかし、太陽電池モジュールを作製する際に、アルミニウムで形成されたアルミニウム電極には出力取り出し用のタブ線を直接はんだ付けすることができない。このため、出力取り出し用の電極として銀電極が、該銀電極とアルミニウム電極とが部分的に重なり合うようにシリコン基板の裏面に形成されている（たとえば、特許文献 1、特許文献 2 参照）。

20

【0004】

このように太陽電池セルの基板の裏面では、高出力化のためのアルミニウム電極と出力取り出し用の銀電極とが、部分的に重なり合うように形成されている。そして、このアルミニウム電極と銀電極とが重なった部分では、シリコン基板のシリコン、アルミニウム電極のアルミニウム、銀電極の銀、の 3 種類の金属が一部合金化している。

30

【0005】

【特許文献 1】特開 2003 - 273378 号公報

【特許文献 2】特開平 10 - 335267 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、この重なり合った部分は、焼成時における急激な加熱および冷却において各部材の熱膨張率の差に起因して発生すると思われる応力により、非常に脆弱になっている。このため、焼成後、たとえばアルミニウム電極上に銀電極が重なっている場合には、この重なり合った部分において銀電極の角部が剥離する場合がある。

40

【0007】

また、太陽電池セルのコストを低減するためには、原価比率の高いシリコン基板をより薄くする必要がある。しかしながら、単にシリコン基板の薄板化を図ると、薄板化したシリコン基板では、厚いシリコン基板の場合と比較して、シリコンとアルミニウムとの熱収縮率の差に起因したシリコン基板の反りが大きくなる。

【0008】

このようにシリコン基板の反りが大きく生じた場合には、焼成後の製造工程において、シリコン基板の割れが発生して生産歩止まりが低下する、またはシリコン基板の割れにより製造自体が不可能になる、等の問題がある。

【0009】

50

これらに対する対応策として、たとえばアルミニウムペーストの材料を見直し、電極材の熱収縮率を改善してシリコン基板の反りを抑制する方法が考えられる。しかしながら、単にアルミニウムペーストの材料を変更しても、組み合わせによっては、今度はアルミニウムと銀との熱収縮率の差からやはり銀電極の一部に剥離が生じる。

【0010】

この場合においても、銀電極の剥離の程度が激しい場合には、太陽電池セルの積み重ねによる該太陽電池セルの割れの発生や太陽電池セルの特性低下につながり、生産歩留まりが低下する、という問題がある。

【0011】

本発明は、上記に鑑みてなされたものであって、電極の剥離が効果的に防止された太陽電池セルを得ることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0012】

上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明にかかる太陽電池セルは、光電変換層と、光電変換層の一面側に形成される第一電極と、光電変換層の他面側に形成される第二電極と、光電変換層の他面側に、光電変換層の面内方向において、外縁部が第二電極と重なるとともにその角部を丸取り部として略四角形状に設けられ、第二電極から出力を取り出すための第三電極と、を備えることを特徴とする。

【発明の効果】

【0013】

本発明にかかる太陽電池セルは、光電変換層と、光電変換層の一面側に形成される第一電極と、光電変換層の他面側に設けられる第二電極から出力を取り出すための第三電極と、を備えた太陽電池セルにおいて、第三電極をその外縁部が第二電極と重なるとともにその角部を丸取り部として略四角形状に設けることにより、第三電極の角部においても該第三電極と第二電極とを確実に接合することができるため、第三電極の剥離を効果的に防止した太陽電池セルを実現することができる、という効果を奏する。

【0014】

また、本発明にかかる太陽電池セルは、太陽電池セルのコスト低減のためのシリコン基板の薄板化を図った場合でも従来のようにシリコン基板に多数の基板割れが発生することが無く、十分対応することが可能であり、使用可能な材料の種類を選択の自由度を大きく

【0015】

そして、本実施の形態にかかる太陽電池セルは第三電極の角部分を丸取り部としているため、第三電極の面積が小さくなり、電極材料の使用量を削減することができる。これにより、本実施の形態にかかる太陽電池セルは、材料費の削減を図ることができ、安価な太陽電池セルを実現することができる、という効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1-1】図1-1は、本発明の実施の形態1にかかる太陽電池セルの概略構成を示す断面図である。

【図1-2】図1-2は、本発明の実施の形態1にかかる太陽電池セルの表面側（受光面側）の概略構成を示す平面図である。

【図1-3】図1-3は、本発明の実施の形態1にかかる太陽電池セルの裏面側（受光面に相対する面側）の概略構成を示す平面図である。

【図1-4】図1-4は、本発明の実施の形態1にかかる太陽電池セルにおいてシリコン、アルミニウム、銀、の3種類の金属が一部合金化した合金部周辺を拡大して示す図である。

【図1-5】図1-5は、本発明の実施の形態1にかかる太陽電池セルの裏面に設けられたアルミニウム電極と裏面銀電極とが部分的に重なった領域Bおよび領域Cの周辺部を拡大して示す断面図である。

10

20

30

40

50

【図 2】図 2 は、従来の太陽電池セルの裏面に設けられたアルミニウム電極と裏面銀電極とが部分的に重なった領域 B' および領域 C' の周辺部を拡大して示す断面図である。

【図 3 - 1】図 3 - 1 は、本発明の実施の形態 1 にかかる太陽電池セルの製造方法を説明する断面図である。

【図 3 - 2】図 3 - 2 は、本発明の実施の形態 1 にかかる太陽電池セルの製造方法を説明する断面図である。

【図 3 - 3】図 3 - 3 は、本発明の実施の形態 1 にかかる太陽電池セルの製造方法を説明する断面図である。

【図 3 - 4】図 3 - 4 は、本発明の実施の形態 1 にかかる太陽電池セルの製造方法を説明する断面図である。

10

【図 3 - 5】図 3 - 5 は、本発明の実施の形態 1 にかかる太陽電池セルの製造方法を説明する断面図である。

【図 3 - 6】図 3 - 6 は、本発明の実施の形態 1 にかかる太陽電池セルの製造方法を説明する断面図である。

【図 3 - 7】図 3 - 7 は、本発明の実施の形態 1 にかかる太陽電池セルの製造において銀ペーストの印刷に用いるスクリーンマスクの一例を示す平面図である。

【図 3 - 8】図 3 - 8 は、本発明の実施の形態 1 にかかる太陽電池セルの製造において銀ペーストの印刷に用いるスクリーンマスクの一例を示す断面図である。

【図 3 - 9】図 3 - 9 は、本発明の実施の形態 1 にかかる太陽電池セルの製造方法を説明する断面図である。

20

【図 3 - 10】図 3 - 10 は、本発明の実施の形態 1 にかかる太陽電池セルの製造方法を説明する断面図である。

【図 4 - 1】図 4 - 1 は、本発明の実施の形態 1 を適用した具体的な太陽電池セルにおける裏面側（受光面に相対する面側）の寸法を説明するための平面図である。

【図 4 - 2】図 4 - 2 は、本発明の実施の形態 1 を適用した具体的な太陽電池セルにおける裏面銀電極の形状および寸法を説明するための平面図である。

【図 5 - 1】図 5 - 1 は、本発明の実施の形態 2 にかかる太陽電池セルの裏面側（受光面に相対する面側）の概略構成を示す平面図である。

【図 5 - 2】図 5 - 2 は、本発明の実施の形態 2 にかかる太陽電池セルにおいてシリコン、アルミニウム、銀、の 3 種類の金属が一部合金化した合金部周辺を拡大して示す図である。

30

【図 5 - 3】図 5 - 3 は、本発明の実施の形態 2 にかかる太陽電池セルの裏面に設けられたアルミニウム電極と裏面銀電極とが部分的に重なった領域 D および領域 E の周辺部を拡大して示す断面図である。

【図 6 - 1】図 6 - 1 は、本発明の実施の形態 2 を適用した具体的な太陽電池セルにおける裏面側（受光面に相対する面側）の寸法を説明するための平面図である。

【図 6 - 2】図 6 - 2 は、本発明の実施の形態 2 を適用した具体的な太陽電池セルにおける裏面銀電極の形状および寸法を説明するための平面図である。

【符号の説明】

【0017】

40

- 10 半導体層部
- 11 シリコン基板
- 13 n型拡散層
- 13a n型拡散層
- 14 p⁺層
- 15 反射防止膜
- 17 アルミニウム電極
- 17a アルミニウムペースト層
- 19 裏面銀電極
- 19a 銀ペースト層

50

- 2 1 表面銀電極
- 2 1 a 銀ペースト層
- 2 3 合金部
- 2 5 メッシュ
- 2 7 乳剤
- 3 1 裏面銀電極
- 3 3 合金部

【発明を実施するための最良の形態】

【0018】

以下に、本発明にかかる太陽電池セルの実施の形態を図面に基づいて詳細に説明する。なお、本発明は以下の記述により限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲において適宜変更可能である。また、以下の図面においては、各図面間の縮尺および各部材間の縮尺は理解の容易のため実際とは異なる場合がある。

10

【0019】

実施の形態 1 .

図 1 - 1 ~ 図 1 - 3 は、本発明の実施の形態 1 にかかる太陽電池セルの概略構成を示す図であり、図 1 - 1 は実施の形態 1 にかかる太陽電池セルの概略構成を示す断面図である。また、図 1 - 2 は実施の形態 1 にかかる太陽電池セルの表面側（受光面側）の概略構成を示す平面図であり、図 1 - 3 は実施の形態 1 にかかる太陽電池セルの裏面側（受光面に相対する面側）の概略構成を示す平面図である。なお、図 1 - 1 は図 1 - 3 の線分 A - A

20

【0020】

本実施の形態にかかる太陽電池セルは、図 1 - 1 ~ 図 1 - 3 に示すように、半導体基板としての p 型シリコン基板である p 型層 1 1 と、該 p 型層 1 1 の表面の導電型が反転した n 型拡散層 1 3 と、高濃度不純物を含んだ p⁺層（BSF 層：Back Surface Field）1 4 と、からなる光電変換層である半導体層部 1 0 と、この半導体層部 1 0 の受光面に設けられて入射光の反射を防止する反射防止膜 1 5 と、この半導体層部 1 0 の受光面に略棒状に設けられた受光面電極部である表面銀電極 2 1 と、電力取り出しと入射光の反射を目的として半導体層部 1 0 の裏面のほぼ全面に設けられた裏面電極部であるアルミニウム電極 1 7 と、このアルミニウム電極 1 7 から電力を取り出すための取り出し電極部である裏面銀電極 1 9 と、を備えて構成されている。

30

【0021】

このように構成された本実施の形態にかかる太陽電池セルでは、太陽光が太陽電池セルの受光面側（反射防止膜 1 5 側）から照射されて、内部の p n 接合面（p 型層 1 1 と n 型拡散層 1 3 との接合面）に到達すると、この p n 接合面において合体していたホールと電子が分離する。分離した電子は n 型拡散層 1 3 に向かって移動する。一方、分離したホールは p⁺層 1 4 に向かって移動する。これにより、n 型拡散層 1 3 と p⁺層 1 4 との間に、p⁺層 1 4 の電位が高くなるようにして電位差が発生する。その結果、n 型拡散層 1 3 に接続した表面銀電極 2 1 がプラス極、n 型拡散層 1 3 に接続したアルミニウム電極 1 7 がマイナス極となって、外部回路（図示せず）に電流が流れる。

40

【0022】

つぎに、本実施の形態にかかる太陽電池セルの特徴について説明する。図 1 - 3 および図 1 - 4 に示すように本実施の形態にかかる太陽電池セルでは、p⁺層 1 4 上においてアルミニウム電極 1 7 と裏面銀電極 1 9 とが部分的に重なっている。図 1 - 4 は図 1 - 3 の平面図における裏面銀電極 1 9 周辺を拡大して示す図であり、太陽電池セルの裏面に設けられたアルミニウム電極 1 7 と裏面銀電極 1 9 とが部分的に重なった部分を拡大して示す図である。また、図 1 - 5 は図 1 - 1 の断面図における裏面銀電極 1 9 周辺を拡大して示す図であり、太陽電池セルの裏面に設けられたアルミニウム電極 1 7 と裏面銀電極 1 9 とが部分的に重なった領域 B および領域 C の周辺部を拡大して示す断面図である。

【0023】

50

このアルミニウム電極 17 と裏面銀電極 19 とが部分的に重なっている領域 B および領域 C では、シリコン基板の p⁺層 14 のシリコン、アルミニウム電極 17 のアルミニウム、裏面銀電極 19 の銀、の 3 種類の金属が一部合金化して図 1 - 4 および図 1 - 5 に示すように合金部 23 を形成している。なお、図 1 - 1 および図 1 - 5 においては領域 B および領域 C について各金属（シリコン、アルミニウム、銀）の境界が明確となっているが、当然、この部分は一部合金化されているため、実際には、不明瞭となっている。

【 0 0 2 4 】

ここで、本実施の形態にかかる太陽電池セルでは、図 1 - 3 および図 1 - 4 に示すように裏面銀電極 19 がシリコン基板の面内方向において略略四角形（長方形）を呈する。そして、裏面銀電極 19 は略略四角形（長方形）の角部において曲線形状を呈する。詳細には、裏面銀電極 19 は略略四角形（長方形）の角部が丸取り部とされている。

10

【 0 0 2 5 】

これにより、本実施の形態にかかる太陽電池セルでは、図 1 - 5 に示すようにアルミニウム電極 17 と裏面銀電極 19 とが部分的に重なった領域 B および領域 C において合金部 23 が確実に形成され、裏面銀電極 19 の端部においても裏面銀電極 19 とアルミニウム電極 17 とが確実に接合されている。

【 0 0 2 6 】

従来の太陽電池セルにおいては、裏面銀電極 19 の形状はシリコン基板の面内方向において略略四角形（長方形）を呈し、その略略四角形（長方形）の角部は、略直角とされている。そして、従来の太陽電池セルにおいても本実施の形態にかかる太陽電池セルと同様に、図 2 に示すようにアルミニウム電極 17 と裏面銀電極 19 とが部分的に重なった領域 B' および領域 C' を有する。

20

【 0 0 2 7 】

このような太陽電池セルにおいては、この重なり合った部分は、製造途中の焼成時における急激な加熱工程および冷却工程で発生する、各部材の熱膨張率の差に起因して発生すると思われる応力により、非常に脆弱になっている。このため、焼成後、このアルミニウム電極 17 と裏面銀電極 19 とが部分的に重なった領域 B' および領域 C' においては、図 2 の領域 C' に示すように裏面銀電極 19 の角部において裏面銀電極 19 がアルミニウム電極 17 から剥離する可能性がある。そして、この応力は裏面銀電極 19 の鋭敏な角部に集中しやすい。すなわち、この応力の集中により裏面銀電極 19 の鋭敏な角部では合金部 23 が正常に形成されず、裏面銀電極 19 の剥離がその直角角部から生じる傾向にある。

30

【 0 0 2 8 】

そこで、本実施の形態にかかる太陽電池セルにおいては、裏面銀電極 19 の角部に応力が集中しないように裏面銀電極 19 の鋭敏な角部を無くすべく角部を丸取り部としている。これにより、本実施の形態にかかる太陽電池セルにおいては、裏面銀電極 19 の角部に集中する応力を緩和することができ、図 1 - 5 に示すようにアルミニウム電極 17 と裏面銀電極 19 とが部分的に重なった領域 B および領域 C において合金部 23 が確実に形成され、アルミニウム電極 17 および裏面銀電極 19 間の接合力、アルミニウム電極 17 および裏面銀電極 19 の基板接合力が向上する。したがって、本実施の形態にかかる太陽電池セルによれば、裏面銀電極 19 の角部においても裏面銀電極 19 とアルミニウム電極 17 とを確実に接合して裏面銀電極 19 の剥離を効果的に防止した太陽電池セルを実現することができる、という効果を奏する。

40

【 0 0 2 9 】

なお、丸取り寸法 R が合金部 23 の寸法より大きい場合には、アルミニウム電極 17 と裏面銀電極 19 との合金部を一部形成することができず、裏面銀電極 19 としては不適當である。したがって、図 1 - 4 に示すように、合金部 23 の寸法を決定する、アルミニウム電極 17 と裏面銀電極 19 とが裏面銀電極 19 の長辺方向において重なる部分の寸法 L1、L3、およびアルミニウム電極 17 と裏面銀電極 19 とが裏面銀電極 19 の短辺方向において重なる部分の寸法 L5、L7 の値は、合金部 23 を確実に形成できるように決定する必要がある。さらに付け加えると、アルミニウム電極 17 と裏面銀電極 19 とは、後

50

述するようにスクリーン印刷により形成するが、アルミニウムペーストおよび銀ペーストの印刷時の位置ずれも考慮に入れて上記寸法は決めるべきである。

【 0 0 3 0 】

また、従来の太陽電池セルにおいて、太陽電池セルのコスト低減のためにシリコン基板の薄板化を図った場合には、厚いシリコン基板を用いた場合と比較して、シリコンとアルミニウムとの熱収縮率の差に起因したシリコン基板の反りが大きくなる。そして、シリコン基板の反りが大きく生じた場合には、焼成後の製造工程において、シリコン基板の割れが発生して生産歩留まりが低下する、またはシリコン基板の割れにより製造自体が不可能になる、等の問題が発生する。

【 0 0 3 1 】

これらに対する対応策として、アルミニウム電極の材料を変更して電極材の熱収縮率を改善してシリコン基板の反りを抑制する場合においても、材料の組み合わせによってはアルミニウムと銀との熱収縮率の差から裏面銀電極の一部に剥離が生じる。そして、裏面銀電極の剥離の程度が激しい場合には、太陽電池セルの積み重ねによる該太陽電池セルの割れの発生や太陽電池セルの特性低下につながり、生産歩留まりが低下する、という問題を引き起こす。

【 0 0 3 2 】

しかしながら、本実施の形態にかかる太陽電池セルにおいては、上述したようにシリコン基板の裏面に形成されるアルミニウム電極 17 および裏面銀電極 19 間の接合力、アルミニウム電極 17 および裏面銀電極 19 のシリコン基板との接合力を向上させ、裏面銀電極 19 の剥離またはアルミニウム電極 17 の剥離を効果的に防止することができる。これにより、アルミニウム電極 17 と裏面銀電極 19 との間の接合、アルミニウム電極 17 および裏面銀電極 19 の基板との接合を確実なものとすることができる。

【 0 0 3 3 】

したがって、本実施の形態にかかる太陽電池セルによれば、太陽電池セルのコスト低減のためのシリコン基板の薄板化を図った場合でも従来のようにシリコン基板に多数の基板割れが発生することが無く、十分対応することが可能であり、また、使用可能な銀ペーストの種類を選択の自由度を大きくすることができる、という効果を奏する。

【 0 0 3 4 】

さらに、本実施の形態にかかる太陽電池セルにおいては、従来の太陽電池セルにおいては裏面銀電極が存在するはずの鋭角な角部分を丸取り部としているため、裏面銀電極 19 の面積が小さくなり、裏面銀電極 19 に用いられる銀ペーストの量が削減されている。したがって本実施の形態にかかる太陽電池セルによれば、材料費の削減を図ることができ、安価な太陽電池セルを実現することができる、という効果も奏する。銀ペーストの具体的な削減効果については後述する。

【 0 0 3 5 】

つぎに、上記のように構成された本実施の形態にかかる太陽電池セルの製造方法について説明する。本実施の形態にかかる太陽電池セルを製造するには、まず、図 3 - 1 に示すように、たとえば引き上げ法により製造される p 型の単結晶シリコンインゴット、または鑄造法により製造される多結晶シリコンインゴットから p 型のシリコン基板 11' をスライスする。そして、たとえば数 wt % ~ 20 wt % 程度の苛性ソーダや炭酸苛性ソーダで 10 μm ~ 20 μm 程度の厚みだけエッチング除去し、スライスした際に発生するシリコン表面のダメージ層や汚染を取り除く。

【 0 0 3 6 】

さらに、必要に応じて、塩酸と過酸化水素との混合溶液で洗浄し、基板表面に付着した鉄等の重金属類を除去する。その後、同様のアルカリ低濃度液に IPA (イソプロピルアルコール) を添加した溶液で異方性エッチングを行ない、たとえばシリコン (111) 面が出るようにテクスチャーを形成する。

【 0 0 3 7 】

ついで、pn 接合を形成するために n 型拡散層 13a を形成する。この n 型拡散層 13

10

20

30

40

50

aの形成工程では、たとえばオシキ塩化リン(POCl_3)を使用し、800 ~ 900の窒素、酸素の混合ガス雰囲気中で拡散処理を施し、図3-2に示すようにリンを熱的に拡散させて導電型を反転させたn型拡散層13aをシリコン基板11'の全面に形成する。なお、このn型拡散層13aのシート抵抗はたとえば数十(30~80 / 程度)であり、n型拡散層13aの深さはたとえば0.3 μm ~0.5 μm 程度である。

【0038】

つぎに、また、受光面側のn型拡散層13aを保護するため、高分子レジストペーストをスクリーン印刷法で印刷・乾燥させてレジストを形成する。そして、たとえば20wt%水酸化カリウム溶液中へ数分間浸漬してシリコン基板11'の裏面や側面に形成されたn型拡散層13aを除去する。その後、レジストを有機溶剤で除去して、図3-3に示すようにn型拡散層13が表面(受光面)全面に形成されたシリコン基板11'を得る。

10

【0039】

ついで、図3-4に示すようにシリコン酸化膜、シリコン窒化膜や酸化チタン膜などの反射防止膜15をn型拡散層13面に一様な厚みで形成する。反射防止膜15は、たとえば、シリコン酸化膜の場合にはプラズマCVD法で SiH_4 ガスおよび NH_3 ガスを原材料として、300以上の加熱温度で、減圧下で成膜形成する。屈折率はたとえば2.0~2.2程度であり、反射防止膜15の最適な膜厚は70nm~90nm程度である。

【0040】

つぎに、スクリーン印刷法を用いて、シリコン基板11'の裏面(受光面に相対する面)の全面に、図3-5に示すようにガラスを含むアルミニウムペーストを印刷・乾燥し、シリコン基板11'の裏面全面にアルミニウムペースト層17aを形成する。このアルミニウムペースト層17aにおいては、裏面銀電極19の形成部位に対応して開口が設けられている。アルミニウムペーストの塗布厚は、スクリーンマスクを形成する線径や、乳剤厚などで調整可能である。

20

【0041】

ついで、スクリーン印刷法を用いて、アルミニウム電極17が形成されたシリコン基板11'の裏面(受光面に相対する面)に図3-6に示すように裏面銀電極19用銀ペーストを印刷・乾燥し、銀ペースト層19aを形成する。このとき、銀ペースト層19aの形状は、図1-3に示すように角部が丸取り部とされた略四角形(長方形)とする。ここで、銀ペーストの印刷は、たとえば図3-7におよび図3-8に示すようにメッシュ25に対して乳剤27によりパターン形成したスクリーンマスクを用いて行うことができる。

30

【0042】

さらに、スクリーン印刷法を用いて、反射防止膜15が形成されたシリコン基板11'の表面(受光面)に表面銀電極21用の銀ペースト印刷・乾燥し、図3-9に示すように銀ペースト層21aを形成する。銀ペーストの塗布厚も、スクリーンマスクを形成するメッシュの線径、乳剤厚などにより調整可能である。

【0043】

つぎに、電極形成のための焼成工程で、表裏電極用ペースト層を同時に600~900で数分間~十数分焼成する。シリコン基板11'の表面(受光面)側では、銀ペースト層が焼成されて図3-10に示すように表面銀電極21となるが、反射防止膜15が溶融している間に銀ペースト中に含まれているガラス材料で銀材料がシリコン基板11'のシリコンと接触し、再凝固する。これにより、表面銀電極21とシリコンの導通が確保される。このようなプロセスは一般にファイヤースルー法と呼ばれている。

40

【0044】

一方、シリコン基板11'の裏面(受光面に相対する面)側では、アルミニウムペースト層が焼成されて図3-10に示すようにアルミニウム電極17となり、銀ペースト層が焼成されて図3-10に示すように裏面銀電極19となる。ここで、アルミニウムペーストのアルミニウムがシリコン基板11'のシリコンと反応してアルミニウム電極17の直下に p^+ 層14を形成する。この層は、一般にBSF(Back Surface Field)層と呼ばれ、太陽電池のエネルギー変換効率の向上に寄与するものである。そして、シリコン基板1

50

1'のうち、n型拡散層13とp⁺層14とに挟まれた領域がp型層11となる。

【0045】

また、銀ペーストは、シリコン基板11'と直接接する箇所では、直接シリコン基板11'のシリコンと反応し、また、アルミニウムペーストと接触する箇所では、シリコン基板11'のシリコン、アルミニウムペースト(アルミニウム電極17)のアルミニウム、裏面銀電極19の銀の3種の金属が、一部、合金を形成する。以上の工程により、太陽電池セル製造プロセスによりセルは、完成する。なお、セル作製工程後のモジュール作製工程では、この銀電極3上に出力を外部へ取り出すための銅製のタブ線が配置される。

【0046】

なお、上述した太陽電池セルは裏面銀電極の形状の変更だけで実現することが可能であり、既存の設備を変更することなく、裏面銀電極用の銀ペーストのスクリーン印刷時のマスク形状の変更だけで実現することができる。

【0047】

つぎに、裏面銀電極の削減面積と銀ペーストの削減量について具体的な例を挙げて説明する。ここでは図4-1および図4-2に示すように、隣り合う裏面銀電極19が以下の条件で縦方向に2列に配列された太陽電池セルを構成した場合を例に説明する。

【0048】

- ・裏面銀電極19の長辺長さL1 = 9.8 mm
- ・裏面銀電極19の短辺長さL5 = 7.8 mm
- ・裏面銀電極列間の距離L9 = 75 mm
- ・裏面銀電極列における両端の裏面銀電極19間の距離L11 = 135 mm
- ・裏面銀電極列において隣り合う裏面銀電極19間の距離L13 = 22.5 mm

【0049】

上記のような寸法の太陽電池セルにおいて、裏面銀電極19の丸取り部の曲率半径Rを1.0 mm ~ 3.0 mmまで0.5 mm刻みで変化させたときの裏面銀電極19の削減面積と銀ペースト削減率を表1に示す。

【0050】

【表1】

表1

| R(mm) | 裏銀電極削減面積(mm ²) | 銀ペースト削減率(%) |
|-------|----------------------------|-------------|
| 3.0 | 7.7 | 10.1 |
| 2.5 | 5.4 | 7.0 |
| 2.0 | 3.4 | 4.5 |
| 1.5 | 1.9 | 2.5 |
| 1.0 | 0.9 | 1.1 |

【0051】

表1に示すように、裏面銀電極19の丸取り部の曲率半径Rを1.0 mmから3.0 mmまで大きくするにつれて裏面銀電極19の削減面積(mm²)は0.9 mm²から7.7 mm²まで増加している。そして、銀ペースト削減率(%), すなわち銀ペーストの削減効果は、1.1%から10.1%まで増加している。これにより、本発明を適用することで裏面銀電極19用の銀ペースト量を削減することができ、本実施の形態にかかる太陽電池セルにおいては材料費の削減を図ることができ、安価な太陽電池セルを実現することができる、といえる。

【0052】

実施の形態2.

実施の形態2では、本発明にかかる太陽電池セルの他の形態について説明する。実施の形態2にかかる太陽電池セルの基本的な構成は上述した実施の形態1にかかる太陽電池セ

10

20

30

40

50

ルと同様である。したがって、以下では実施の形態 2 にかかる太陽電池セルが実施の形態 1 にかかる太陽電池セルと異なる点について説明する。以下の図面においては、実施の形態 1 にかかる太陽電池セルと同様の部材については実施の形態 1 と同じ符号を付してある。

【 0 0 5 3 】

図 5 - 1 ~ 図 5 - 3 は、本発明の実施の形態 2 にかかる太陽電池セルの概略構成を示す図である。図 5 - 1 は図 1 - 3 に対応する図であり、実施の形態 2 にかかる太陽電池セルの裏面側（受光面に相対する面側）の概略構成を示す平面図である。また、図 5 - 2 は図 1 - 4 に対応する図であり、図 5 - 1 の平面図における裏面銀電極 3 1 周辺を拡大して示す図であり、太陽電池セルの裏面に設けられたアルミニウム電極 1 7 と裏面銀電極 3 1 とが部分的に重なった部分を拡大して示す図である。

10

【 0 0 5 4 】

そして、図 5 - 3 は図 1 - 5 に対応する図であり、裏面銀電極 3 1 周辺を拡大して示す図であり、太陽電池セルの裏面に設けられたアルミニウム電極 1 7 と裏面銀電極 3 1 とが部分的に重なった領域 D および領域 E の周辺部を拡大して示す断面図である。なお、実施の形態 1 にかかる太陽電池セルの断面構造および太陽電池セルの受光面側（表面側）の概略構成は実施の形態 1 の場合と同様であるため、図 1 - 1 および図 1 - 2 を参照することとする。

【 0 0 5 5 】

ここで、本実施の形態における裏面銀電極 3 1 は実施の形態 1 における裏面銀電極 1 9 に対応するものであり、図 5 - 1 および図 5 - 2 に示すように角部が丸取り部ではなく面取り部とされている点が実施の形態 1 の場合と異なる。

20

【 0 0 5 6 】

ここで、本実施の形態にかかる太陽電池セルでは、図 5 - 1 および図 5 - 2 に示すように裏面銀電極 3 1 がシリコン基板の面内方向において略略四角形（長方形）を呈する。そして、裏面銀電極 3 1 は略略四角形（長方形）の角部が面取り部とされている。

【 0 0 5 7 】

そして、裏面銀電極の角部の形状が実施の形態 1 の場合とは異なるが、アルミニウム電極 1 7 と裏面銀電極 3 1 とが部分的に重なっている領域 D および領域 E では、シリコン基板の p⁺層 1 4 のシリコン、アルミニウム電極 1 7 のアルミニウム、裏面銀電極 3 1 の銀、の 3 種類の金属が一部合金化して図 5 - 2 および図 5 - 3 に示すように合金部 3 3 を形成している。なお、図 5 - 3 においては領域 D および領域 E について各金属（シリコン、アルミニウム、銀）の境界が明確となっているが、当然、この部分は一部合金化されているため、実際には、不明瞭となっている。

30

【 0 0 5 8 】

これにより、本実施の形態にかかる太陽電池セルでは、図 5 - 3 に示すようにアルミニウム電極 1 7 と裏面銀電極 3 1 とが部分的に重なった領域 D および領域 E において合金部 3 3 が確実に形成され、裏面銀電極 3 1 の端部においても裏面銀電極 3 1 とアルミニウム電極 1 7 とが確実に接合されている。

【 0 0 5 9 】

本実施の形態にかかる太陽電池セルにおいては、裏面銀電極 3 1 の角部に応力が集中しないように裏面銀電極 3 1 の鋭敏な角部を無くすべく角部を面取り部としている。これにより、本実施の形態にかかる太陽電池セルにおいては、裏面銀電極 3 1 の角部に集中する応力を緩和することができ、図 5 - 3 に示すようにアルミニウム電極 1 7 と裏面銀電極 3 1 とが部分的に重なった領域 D および領域 E において合金部 3 3 が確実に形成され、アルミニウム電極 1 7 および裏面銀電極 3 1 間の接合力、アルミニウム電極 1 7 および裏面銀電極 3 1 の基板接合力が向上する。したがって、本実施の形態にかかる太陽電池セルによれば、裏面銀電極 1 9 の角部においても裏面銀電極 1 9 とアルミニウム電極 1 7 とを確実に接合して裏面銀電極 1 9 の剥離を効果的に防止した太陽電池セルを実現することができる、という効果を奏する。

40

50

【 0 0 6 0 】

なお、面取り寸法Cが合金部33の寸法より大きい場合には、アルミニウム電極17と裏面銀電極31との合金部を一部形成することができず、裏面銀電極31としては不適當である。したがって、図5-2に示すように、合金部33の寸法を決定する、アルミニウム電極17と裏面銀電極31とが裏面銀電極31の長辺方向において重なる部分の寸法L21、L23、およびアルミニウム電極17と裏面銀電極31とが裏面銀電極31の短辺方向において重なる部分の寸法L25、L27の値は、合金部33を確実に形成できるように決定する必要がある。さらに付け加えると、アルミニウム電極17と裏面銀電極31とは、後述するようにスクリーン印刷により形成するが、アルミニウムペーストおよび銀ペーストの印刷時の位置ずれも考慮に入れて上記寸法は決めるべきである。

10

【 0 0 6 1 】

また、本実施の形態にかかる太陽電池セルにおいても上述したようにアルミニウム電極17と裏面銀電極31との間の接合、アルミニウム電極17および裏面銀電極31の基板との接合を確実なものとするができる。したがって、本実施の形態にかかる太陽電池セルにおいても、太陽電池セルのコスト低減のためのシリコン基板の薄板化を図った場合でも従来のようにシリコン基板に多数の基板割れが発生することが無く、十分対応することが可能であり、また、使用可能な銀ペーストの種類を選択の自由度を大きくすることができる、という効果を奏する。

【 0 0 6 2 】

さらに、本実施の形態にかかる太陽電池セルにおいても、従来の太陽電池セルにおいては裏面銀電極が存在するはずの鋭角な角部分を面取り部としているため、裏面銀電極の面積が小さくなり、裏面銀電極31に用いられる銀ペーストの量が削減されている。したがって、本実施の形態にかかる太陽電池セルにおいても材料費の削減を図ることができ、安価な太陽電池セルを実現することができる、という効果を奏する。

20

【 0 0 6 3 】

なお、本実施の形態にかかる太陽電池セルは、銀ペースト層をスクリーン印刷する際に図5-1に示すように角部が面取り部とされた略四角形(長方形)とすること以外は実施の形態1の場合と同様の工程で作製することができる。そして、本実施の形態にかかる太陽電池セルも、裏面銀電極の形状の変更だけで実現することが可能であり、既存の設備を変更することなく、裏面銀電極用の銀ペーストのスクリーン印刷時のマスク形状の変更だけで実現することができる。

30

【 0 0 6 4 】

つぎに、裏面銀電極の削減面積と銀ペーストの削減量について具体的な例を挙げて説明する。ここでは図6-1および図6-2に示すように、隣り合う裏面銀電極31が以下の条件で縦方向に2列に配列された太陽電池セルを構成した場合を例に説明する。

【 0 0 6 5 】

- ・裏面銀電極31の長辺長さL21 = 9.8 mm
- ・裏面銀電極31の短辺長さL25 = 7.8 mm
- ・裏面銀電極列間の距離L9 = 7.5 mm
- ・裏面銀電極列における両端の裏面銀電極31間の距離L11 = 13.5 mm
- ・裏面銀電極列において隣り合う裏面銀電極31間の距離L13 = 22.5 mm

40

【 0 0 6 6 】

上記のような寸法の太陽電池セルにおいて、裏面銀電極31の面取り部の面取り寸法Cを1.0 mm ~ 3.0 mmまで0.5 mm刻みで変化させたときの裏面銀電極31の削減面積と銀ペースト削減率を表2に示す。

【 0 0 6 7 】

【表 2】

表2

| C(mm) | 裏銀電極削減面積(mm ²) | 銀ペースト削減率(%) |
|-------|----------------------------|-------------|
| 3.0 | 18.0 | 23.5 |
| 2.5 | 12.5 | 16.4 |
| 2.0 | 8.0 | 10.5 |
| 1.5 | 4.5 | 5.9 |
| 1.0 | 2.0 | 2.6 |

10

【0068】

表2に示すように、裏面銀電極31の面取り部の面取り寸法Cを1.0mmから3.0mmまで大きくするにつれて裏面銀電極31の削減面積(mm²)は2.0mm²から18.0mm²まで増加している。そして、銀ペースト削減率(%)、すなわち銀ペーストの削減効果は、2.6%から23.5%まで増加している。これにより、本発明を適用することで裏面銀電極31用の銀ペースト量を削減することができ、本実施の形態にかかる太陽電池セルにおいては材料費の削減を図ることができ、安価な太陽電池セルを実現することができる、といえる。

【0069】

20

なお、実施の形態1および実施の形態2のいずれの場合も、より多くの銀ペーストの削減効果を得るためには、曲率半径または面取り寸法を大きく取る必要があるが、大きくとりすぎるとアルミニウムと銀との合金部を形成することができなくなる。実際の曲率半径または面取り寸法の選定に当たっては、アルミニウム電極および銀電極用のペーストの印刷時の位置ずれも考慮に入れて、確実に合金部が形成できるように曲率半径および面取り寸法を決める必要がある。

【0070】

また、上記の実施の形態1および実施の形態2にかかる太陽電池セルは本発明の実施の形態の一例であり、本発明は上記の記述により限定されるものではなく本発明の要旨を逸脱しない範囲において適宜変更可能である。

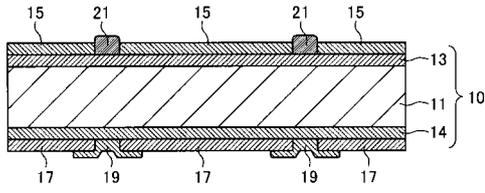
30

【産業上の利用可能性】

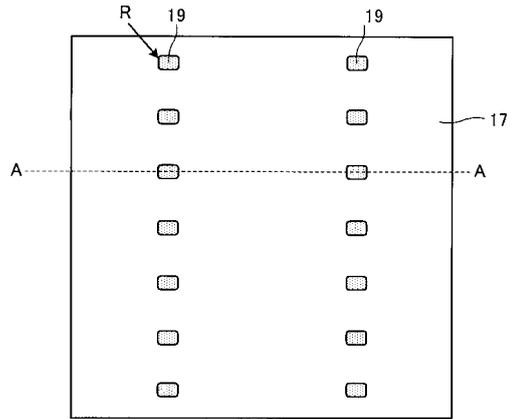
【0071】

以上のように、本発明にかかる太陽電池セルは、アルミニウム電極と出力取り出し用の銀電極とが部分的に重なり合う構造の太陽電池セルに有用である。

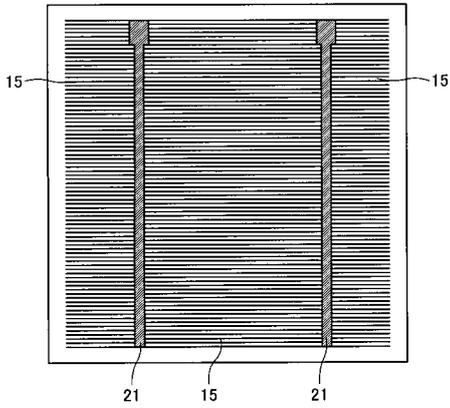
【図 1 - 1】



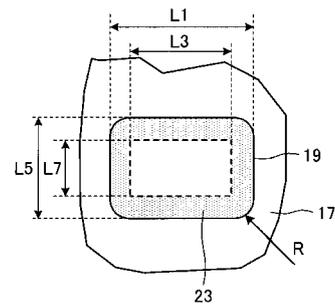
【図 1 - 3】



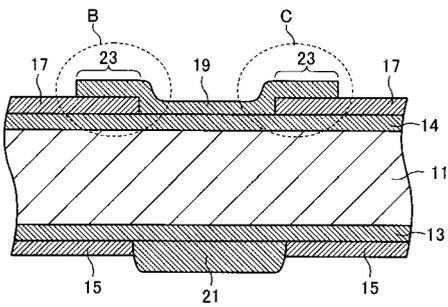
【図 1 - 2】



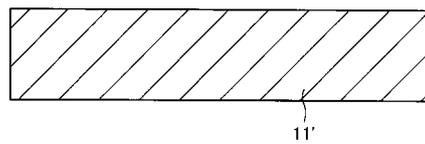
【図 1 - 4】



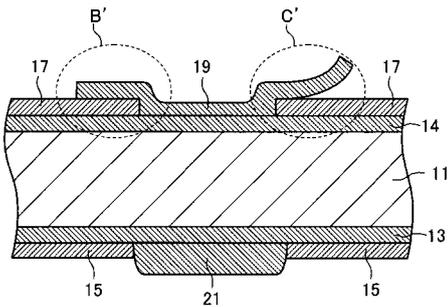
【図 1 - 5】



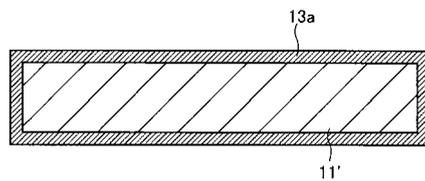
【図 3 - 1】



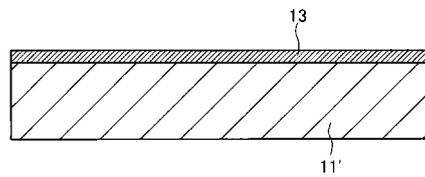
【図 2】



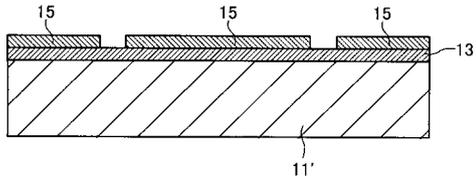
【図 3 - 2】



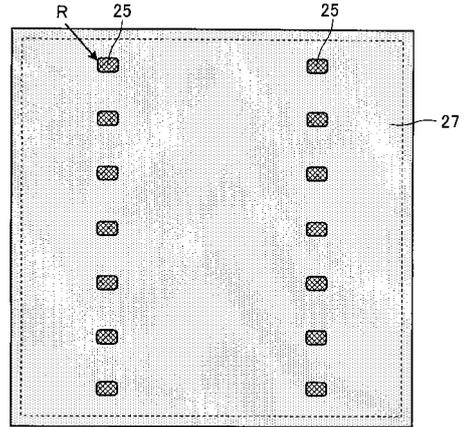
【図 3 - 3】



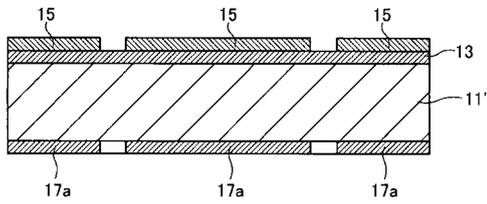
【 図 3 - 4 】



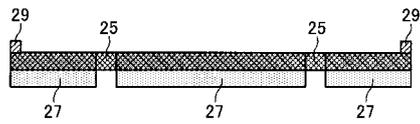
【 図 3 - 7 】



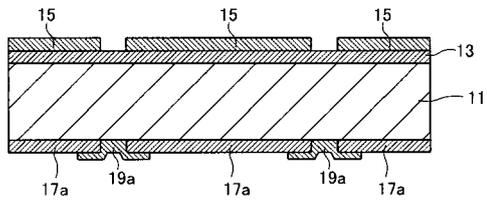
【 図 3 - 5 】



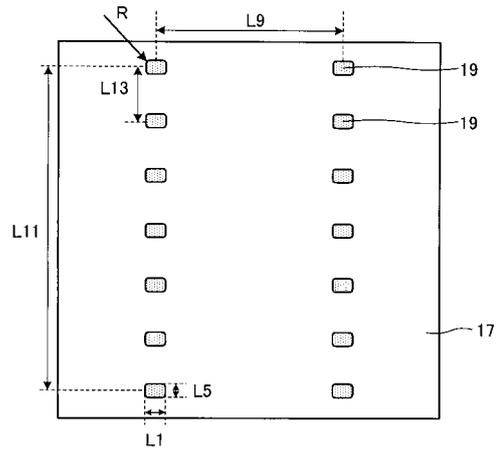
【 図 3 - 8 】



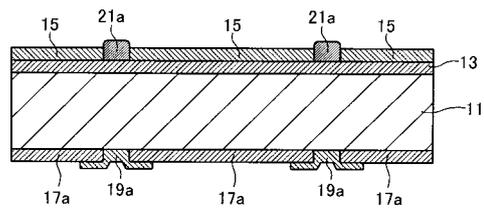
【 図 3 - 6 】



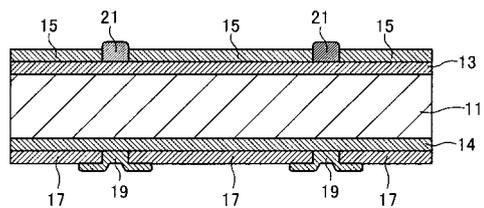
【 図 4 - 1 】



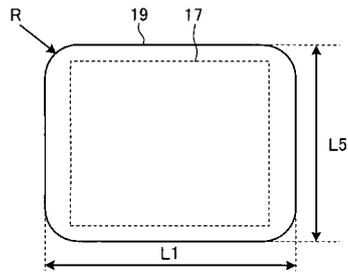
【 図 3 - 9 】



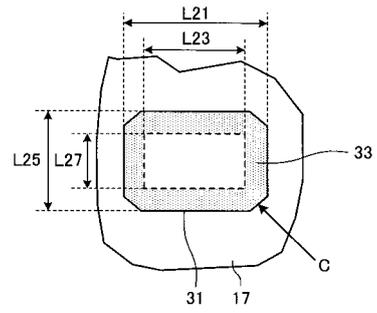
【 図 3 - 10 】



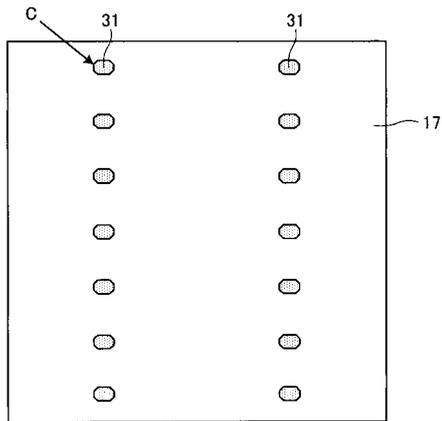
【図 4 - 2】



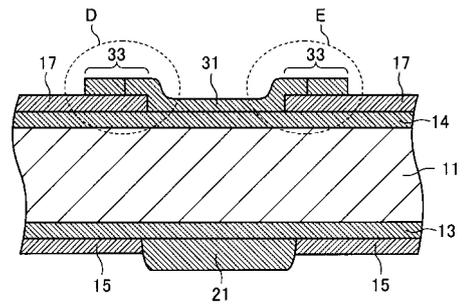
【図 5 - 2】



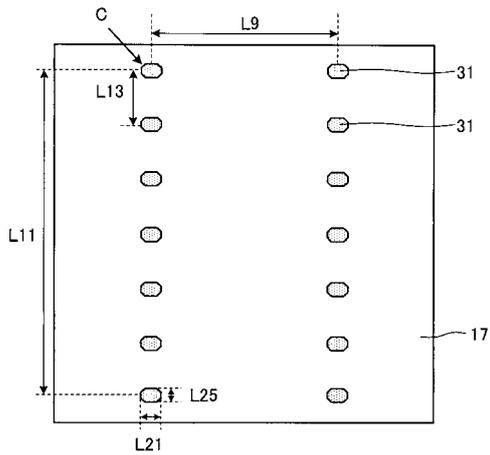
【図 5 - 1】



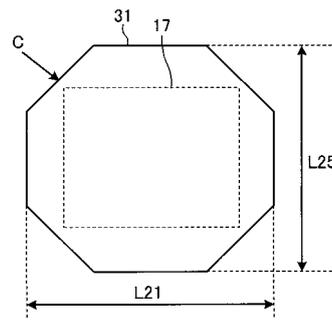
【図 5 - 3】



【図 6 - 1】



【図 6 - 2】



フロントページの続き

(72)発明者 唐木田 昇市
東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内

審査官 濱田 聖司

(56)参考文献 特開平10-144943(JP,A)
特開2002-217435(JP,A)
特開2003-273379(JP,A)
国際公開第93/26961(WO,A1)
国際公開第92/22928(WO,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01L 31/04-31/078