

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2008-135654  
(P2008-135654A)

(43) 公開日 平成20年6月12日(2008.6.12)

(51) Int.Cl. F I テーマコード (参考)  
H O 1 L 31/04 (2006.01) H O 1 L 31/04 R 5 F O 5 1

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 19 頁)

(21) 出願番号	特願2006-322097 (P2006-322097)	(71) 出願人	000001889 三洋電機株式会社 大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号
(22) 出願日	平成18年11月29日(2006.11.29)	(74) 代理人	100133514 弁理士 寺山 啓進
		(74) 代理人	100122910 弁理士 三好 広之
		(74) 復代理人	100117064 弁理士 伊藤 市太郎
		(72) 発明者	角村 泰史 大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三洋電機株式会社内
		(72) 発明者	吉嶺 幸弘 大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三洋電機株式会社内

最終頁に続く

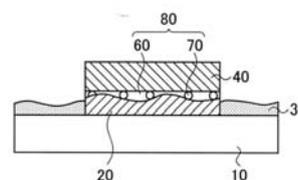
(54) 【発明の名称】 太陽電池モジュール

(57) 【要約】

【課題】第1電極20とインターコネクター40の間の電気抵抗を低減してモジュール出力の低下を抑制する。

【解決手段】太陽電池モジュールは、第1及び第2主面を有する光電変換部10と、第1主面上に配置された、導電性ペーストからなる第1電極20と、第1主面又は第2主面上に配置された、第1電極20と反対の極性を有する第2電極とを有する2つの太陽電池セルと、2つの太陽電池セルのうち一方の太陽電池セルの第1電極20と他方の太陽電池セルの第2電極とを電気的に接続するインターコネクター40と、第1電極20とインターコネクター40の間に配置された、複数の導電性粒子70を含む樹脂60からなる接続層80とを備え、第1電極20とインターコネクター40は導電性粒子70によって電気的に接続され、接続層80に接する第1電極20の表面に凹凸形状が形成され、導電性粒子70は第1電極20の表面の凹部よりもはみ出している。

【選択図】 図4



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

第 1 及び第 2 主面を有する光電変換部と、  
前記第 1 主面上に配置された、導電性ペーストからなる第 1 電極と、  
前記第 1 主面又は前記第 2 主面上に配置された、前記第 1 電極と反対の極性を有する第 2 電極と、  
を有する 2 つの太陽電池セルと、  
前記 2 つの太陽電池セルのうち一方の太陽電池セルの前記第 1 電極と他方の太陽電池セルの前記第 2 電極とを電氣的に接続するインターコネクターと、  
前記第 1 電極と前記インターコネクターの間に配置された、複数の導電性粒子を含む樹脂からなる接続層と、を備え、  
前記第 1 電極と前記インターコネクターは前記導電性粒子によって電氣的に接続され、  
前記接続層に接する前記第 1 電極の表面に凹凸形状が形成され、  
前記導電性粒子は前記第 1 電極の表面の凹部よりもはみ出している  
ことを特徴とする太陽電池モジュール。

10

**【請求項 2】**

前記第 1 電極の表面に垂直な切断面に現れる前記第 1 電極の表面の長さ 1 mm の範囲において、前記導電性粒子の長径の平均値で規定される前記導電性粒子の平均粒径を、十点平均高さで規定される第 1 電極の表面粗さで除算して得られる値が、0.2 以上 1.5 以下の範囲であることを特徴とする請求項 1 記載の太陽電池モジュール。

20

**【請求項 3】**

前記導電性粒子の平均粒径を前記第 1 電極の表面粗さで除算して得られる値が、0.5 以上 1.2 以下の範囲であることを特徴とする請求項 2 記載の太陽電池モジュール。

**【請求項 4】**

前記接続層に接する前記インターコネクターの表面には、前記導電性粒子よりも柔らかい層が配置されていることを特徴とする請求項 1 乃至 3 いずれか一項記載の太陽電池モジュール。

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

本発明は、太陽電池セルの接続用電極同士をインターコネクターにより互いに電氣的に接続してなる太陽電池モジュールに関する。

30

**【背景技術】****【0002】**

従来、太陽電池モジュールは、複数の太陽電池セルの接続用電極同士が互いに銅箔等の導電材からなるインターコネクターにより電氣的に接続され、ガラス、透光性プラスチックなどの透光性を有する表面保護材と、PET (Poly Ethylene Terephthalate) 等のフィルムからなる背面保護材との間に、EVA (Ethylene Vinyl Acetate) 等の透光性を有する封止材により封止されている。

**【0003】**

太陽電池セルは、光電変換部の主面上に、出力取り出し用の 1 対の電極を形成することによって作製される。通常は、光電変換部の光入射面及び背面に 1 対の電極が形成される。この場合、光入射面上に設けられる電極は、導電性ペーストを用いて複数のフィンガー電極及びバスバー電極を有する櫛型形状に形成される。そして、1 つの太陽電池セルの表面に設けられたバスバー電極上と、別の太陽電池セルの背面に設けられた電極上にインターコネクターを半田を介して接着することで、複数の太陽電池セルを直列に接続する（例えば、特許文献 1 参照）。

40

**【0004】**

**【特許文献 1】**特開 2005 - 217148 号公報

**【発明の開示】**

50

**【発明が解決しようとする課題】****【0005】**

従来では、バスバー電極にインターコネクターを半田で接着する際に、先ず、バスバー電極の表面もしくはインターコネクターのセル側表面にフラックスを塗布する。そして、インターコネクターをバスバー電極上に配置した後、加熱する。これにより、インターコネクター表面の半田層とバスバー電極中の金属部とが合金化されて、バスバー電極とインターコネクターは良好な接着力で接着される。

**【0006】**

しかし、上記の接着方法では、フラックスの残渣がバスバー電極とインターコネクターの合金層に介在し、抵抗成分となるため、太陽電池モジュールの出力が低下してしまうという課題がある。

10

**【0007】**

このような課題は、特許文献1に記載の構造に限らず、太陽電池セルの電極と太陽電池セル同士を接続するインターコネクターとを半田付けする場合や、太陽電池セルの電極と取り出し電極とを半田により接続する場合に、共通して生じる。

**【0008】**

本発明は、上記問題点を解決するために成されたものであり、その目的は、太陽電池セルの電極とインターコネクターの間の電気抵抗を低減して、出力の低下を抑制する太陽電池モジュールを提供することである。

**【課題を解決するための手段】**

20

**【0009】**

本発明の特徴は、第1及び第2主面を有する光電変換部と、第1主面上に配置された、導電性ペーストからなる第1電極と、第1主面又は第2主面上に配置された、第1電極と反対の極性を有する第2電極とを有する2つの太陽電池セルと、2つの太陽電池セルのうち一方の太陽電池セルの第1電極と他方の太陽電池セルの第2電極とを電気的に接続するインターコネクターと、第1電極とインターコネクターの間に配置された、複数の導電性粒子を含む樹脂からなる接続層とを備え、第1電極とインターコネクターは導電性粒子によって電気的に接続され、接続層に接する第1電極の表面に凹凸形状が形成され、導電性粒子は第1電極の表面の凹部よりもはみ出している太陽電池モジュールであることを要旨とする。

30

**【0010】**

本発明の特徴によれば、導電性粒子は第1電極の表面の凹部よりもはみ出し、第1電極とインターコネクターは導電性粒子により電気的に接続されているため、従来の半田付けによる接続に比べて、第1電極とインターコネクターの間の電気抵抗を低減して、モジュール出力の低下を抑制することができる。

**【0011】**

本発明の特徴において、太陽電池モジュールは太陽電池セルを少なくとも2つ備えればよいが、もちろん、1つの太陽電池モジュールが3以上の太陽電池セルを備えていても構わない。更に、この場合、3以上の太陽電池セルのうち、少なくとも2つの太陽電池セルの第1電極と第2電極がインターコネクターにより接続されていればよいが、3以上の太陽電池セルの第1電極と第2電極が2以上のインターコネクターにより接続されていても構わない。

40

**【0012】**

本発明の特徴において、第1電極の表面に垂直な切断面に現れる第1電極の表面の長さ1mmの範囲において、導電性粒子の長径の平均値で規定される導電性粒子の平均粒径を、十点平均高さで規定される第1電極の表面粗さで除算して得られる値が、0.2以上1.5以下の範囲であることが望ましい。これにより、従来の半田付けによる接続に比べて電気抵抗を低減することができる。

**【0013】**

本発明の特徴において、導電性粒子の平均粒径を第1電極の表面粗さで除算して得られ

50

る値が、0.5以上1.2以下の範囲であってもよい。これにより、0.2以上0.5未満、及び1.2より大きく1.5以下の場合よりも更に電気抵抗を低減することができる。

【0014】

接続層に接するインターコネクタの表面には、導電性粒子よりも柔らかい層が配置されていてもよい。これにより、インターコネクタを第1電極に接続する際に加える圧力を導電性粒子よりも柔らかい層が吸収することができる。

【発明の効果】

【0015】

本発明によれば、第1電極とインターコネクタの間の電気抵抗を低減して、出力の低下を抑制する太陽電池モジュールを提供することができる。

10

【発明を実施するための最良の形態】

【0016】

以下図面を参照して、本発明の実施の形態を説明する。図面の記載において同一部分には同一符号を付している。

【0017】

図1を参照して、本発明の実施の形態に係わる太陽電池モジュールの構成を説明する。太陽電池モジュールは、複数(例えば3つ)の太陽電池セル50を備え、太陽電池セル50のそれぞれは、隣接する他の太陽電池セル50と銅箔の表面に錫メッキを施したインターコネクタ40を介して直列に接続されている。太陽電池セル50は、光入射により光生成キャリアを発生する光電変換部10と、光電変換部10で発生した光生成キャリアを取り出すための正負1対の電極と、を備えている。

20

【0018】

正負1対の電極は、通常、光電変換部10の光入射面及び背面にそれぞれ設けられる。この場合、1対の電極のうち光電変換部10の光入射面に設けられる電極は、入射光を遮る面積をできるだけ小さくするために、複数の幅狭のフィンガー電極30と幅広のバスバー電極20とを組み合わせると例えば櫛形状の形状に形成される。フィンガー電極30は光電変換部10で生成された光生成キャリアの収集用の電極であり、光電変換部10の光入射面のほぼ全域にわたって、例えば100 $\mu$ m程度の幅を有するライン状のフィンガー電極30が2mmおきに配されている。また、バスバー電極20は、複数のフィンガー電極30で収集された光生成キャリアの集電用の電極であり、例えば、約1mmの幅で総てのフィンガー電極30と交差するように、ライン状に形成される。また、バスバー電極20の数は、太陽電池セルの大きさや抵抗を考慮して適宜適当な数に設定される。

30

【0019】

また、他方の電極は通常、光電変換部10の背面上に設けられるので入射光を考慮する必要がない。従って、他方の電極は光電変換部10a、10bの背面の略全面を覆うように形成してもよく、光入射側の電極と同様に櫛形状に形成しても良い。

【0020】

他方の電極を光電変換部10の背面の略全面を覆うように形成した場合、光電変換部10の「第1主面」は光入射面に相当し、「第2主面」は背面に相当する。一方、他方の電極を光電変換部10の背面に光入射側の電極と同様に櫛形状に形成した場合、「第1主面」及び「第2主面」は、光入射面及び背面のいずれでも構わない。

40

【0021】

また、正負1対の電極の両方が、光電変換部10の背面に設けられる太陽電池セルもある。この場合、光電変換部10の背面に設けられる正負1対の電極の両方が、複数のフィンガー電極とバスバー電極を有する櫛形状に形成されている。

【0022】

正負1対の電極の両方を光電変換部10の背面に設けた場合、光電変換部10の「第1主面」は背面に相当し、「第2主面」は光入射面に相当する。

【0023】

50

本発明は、正負１対の電極が配置される面を限定するものではないが、本実施形態では光電変換部１０の光入射面及び背面のそれぞれに正負１対の電極を有する太陽電池セルについて説明する。更に本発明は、光電変換部１０の背面上に設けられる電極の形状を限定するものではないが、図１では光電変換部１０の背面上にも複数のフィンガー電極３０及びバスバー電極２０を備える太陽電池セル５０を例にして説明する。

#### 【００２４】

太陽電池セル５０は、受光面に受けた光を電気に変換する光電変換部１０と、光電変換部１０が変換する電気を集電するフィンガー電極３０及びバスバー電極２０とを備える。なお、図示は省略するが、図１に示した太陽電池モジュールは、ガラス、透光性プラスチックなどの透光性を有する表面保護材と、PET等のフィルム或いはAl箔を樹脂フィルムでサンドイッチした構造の積層フィルム等からなる背面保護材との間に、EVA等の透光性を有する封止材により封止されている。

10

#### 【００２５】

図２を参照して、図１の太陽電池モジュールを構成する太陽電池セル５０の平面構成を説明する。本発明の実施の形態では、太陽電池セル５０として、HIT構造を有する太陽電池セルを例に挙げ、説明する。光電変換部１０の表面上には、光電変換部１０が生成する電気を集電するフィンガー電極３０と、複数のフィンガー電極３０に接続されたバスバー電極２０とが形成されている。複数の直線状のフィンガー電極３０は、互いに平行に、光電変換部１０の表面に均一な間隔で配置され、バスバー電極２０は、フィンガー電極３０に対して垂直な方向に配置され、複数のフィンガー電極３０が収集した電流を更に集電する。光電変換部１０が変換する電気を集電するフィンガー電極３０及びバスバー電極２０をまとめて「集電極」と呼ぶ。集電極は、例えば、エポキシ樹脂をバインダー、銀粒子をフィラーとした熱硬化型導電性ペーストより形成されているが、これに限定されるものではない。図１は、図２のI-I切断面に沿った断面図である。

20

#### 【００２６】

図３を参照して、図２の太陽電池セル５０の積層構造を説明する。図３は図２のIII-III切断面に沿った太陽電池セル５０の断面図である。前述したように、太陽電池セル５０は、複数の層（１０a～１０g）からなる積層構造を有する光電変換部１０と、光電変換部１０の上面及び下面に形成された集電極、つまりフィンガー電極３０及びバスバー電極２０とを備える。

30

#### 【００２７】

光電変換部１０は、n型単結晶シリコン基板１０dと、基板１０dの上面に形成されたi型非晶質シリコン層１０cと、i型非晶質シリコン層１０cの上面に形成されたp型非晶質シリコン層１０bと、p型非晶質シリコン層１０bの上面に形成されたITO膜１０aと、n型単結晶シリコン基板１０dの下面に形成されたi型非晶質シリコン層１０eと、i型非晶質シリコン層１０eの下面に形成されたn型非晶質シリコン層１０fと、n型非晶質シリコン層１０fの下面に形成されたITO膜１０gとを備える。ITO膜１０aの上面及びITO膜１０gの下面には、バスバー電極２０及びフィンガー電極３０からなる集電極が形成されている。このように、単結晶シリコン層（１０d）と非晶質シリコン層（１０b、１０f）との間に、実質的に発電に寄与しない程度の厚みを有する実質的に真性な非晶質シリコン層（１０c、１０e）を挟んだ構造を「HIT構造」という。HIT構造により、単結晶シリコン層と非晶質シリコン層との界面における結晶欠陥を低減し、ヘテロ接合界面の特性が改善される（特許第2614561号公報など参照）。

40

#### 【００２８】

図４を参照して、バスバー電極２０とインターコネクター４０との接続部分について説明する。バスバー電極２０とインターコネクター４０との間に、複数の導電性粒子７０を含む樹脂６０からなる接着層８０が配置されている。バスバー電極２０とインターコネクター４０とは導電性粒子７０を介して電氣的に接続される。また、樹脂６０は、バスバー電極２０とインターコネクター４０を接着する。

#### 【００２９】

50

樹脂 60 は、例えば、エポキシ系の熱硬化型樹脂であり、導電性粒子 70 は、例えば、ニッケルである。図 4 では、バスバー電極 20 及びインターコネクター 40 の両方に接するニッケル粒子 7 が複数あり、バスバー電極 20 及びインターコネクター 40 は、各ニッケル粒子 70 を介して電氣的に接続されている。

【0030】

接続層 80 に接するバスバー電極 20 の表面に凹凸形状が形成されている。導電性粒子 70 はバスバー電極 20 の表面の凹部よりもはみ出しており、導電性粒子 70 のはみ出した部分がインターコネクター 40 に接続されている。すなわち、接続層 80 に含まれる複数の導電性粒子 70 のうち、バスバー電極 20 の表面の凹部上に配置された導電性粒子 70 は、周囲の凸部の頂点よりも、インターコネクター 40 側へ突き出して配置され、導電性粒子 70 の突き出た部分がインターコネクター 40 に接している。このようにして、導電性粒子 70 を介してバスバー電極 20 とインターコネクター 40 とが電氣的に接続されることにより、従来の半田付けによる接続に比べて、バスバー電極 20 とインターコネクター 40 の間の電気抵抗が低減されるため、太陽電池モジュールの出力の低下を抑制することができる。

10

【0031】

また、バスバー電極 20 の凸部とインターコネクター 40 との間には樹脂 60 が介在している。これにより、バスバー電極 20 とインターコネクター 40 との接着力が高まると同時に、導電性粒子 70 を、バスバー電極 20 とインターコネクター 40 の間のスペースとして機能させることができるため、バスバー電極 20 とインターコネクター 40 の距離を容易に制御することができる。

20

【0032】

尚、このように樹脂 60 によってインターコネクター 40 を接着するので、樹脂 60 中の導電性粒子は互いに分散して存在していることが好ましい。

【0033】

接続層 80 に接するインターコネクター 40 の表面には、導電性粒子 70 よりも柔らかい層が形成されていることが望ましい。本実施形態において、インターコネクター 40 は、銅箔等の金属製の材料からなり、この周囲に錫メッキが施されている。この錫メッキは、ニッケル粒子 70 よりも柔らかい層を形成する。これにより、インターコネクター 40 をバスバー電極 20 に接続させる際に加える圧力を導電性粒子 70 よりも柔らかい層（錫メッキ）が吸収することができる。なお、インターコネクター 40 の表層の材料と導電性粒子 70 の材料の組み合わせは、上記したニッケルと錫に限定されない。表 1 に示すような金属元素の硬さに基づいて、様々な組み合わせが可能である。一般に、物質の硬さは、ブリネル硬さ、ロックウェル硬さ、ピッカース硬さ、モース硬さなどの方法により測定して比較することができる。表 1 は、主要な金属元素のモース硬さの値をまとめたものである。導電性粒子 70 がニッケルである場合、ニッケルよりも柔らかい錫（Sn）や銀（Ag）でインターコネクター 40 の表面をメッキすることができる。ここで「モース硬さ」とは、主に鉱物に対する硬さの尺度であり、硬さを計る試料物質で標準物質をこすり、ひっかき傷の有無で硬さを測定する。

30

【0034】

40

【表 1】

元素名	記号	モース硬さ
亜鉛	Zn	2.5
アルミニウム	Al	2.9
アンチモン	Sb	3.0
金	Au	2.5
銀	Ag	2.7
クロム	Cr	9.0
コバルト	Co	5.5
すず	Sn	1.8
タングステン	W	6.5-7.5
チタン	Ti	6.0
鉄	Fe	4.5
銅	Cu	3.0
鉛	Pb	1.5
ニッケル	Ni	3.5
白金	Pt	4.3
マグネシウム	Mg	2.0
マンガン	Mn	5.0
モリブデン	Mo	5.5

10

20

30

40

50

## 【0035】

導電性粒子70は、バスバー電極20とインターコネクタ40の間の十分な電気伝導性を得ることを目的としており、その組成は、ニッケルの他に、銅、銀、アルミニウム、錫、金などから選ばれる少なくとも1種の金属粒子、もしくはこれらの合金、混合などが適用できる。また、アルミナ、シリカ、酸化チタン、ガラスなどから選ばれる少なくとも1種の無機酸化物に金属コーティングを施したものであってもよく、エポキシ樹脂、アクリル樹脂、ポリイミド樹脂、フェノール樹脂、ウレタン樹脂、シリコーン樹脂などから選ばれる少なくとも一種、あるいは、これらの樹脂の共重合体、混合体などに金属コーティングを施したものであってもよい。導電性粒子70の形状は、その中心を通る断面が円状或いは楕円状である球形とすることができる。更に、導電性粒子70の表面に凹凸形状を設けたりして表面積を増やすことにより、電気伝導性を高める工夫を施すこともできる。

## 【0036】

樹脂60は、インターコネクタ40の温度サイクルによる伸縮によるストレスを緩和する目的から、インターコネクタ40に使用している材料よりも柔軟性の高い材料であることが好ましく、インターコネクタ40の接着を同時に行うことも考慮すると、熱硬化型の樹脂材料を使用することが好ましい。また、樹脂60は、信頼性を維持するために

は、耐湿性や耐熱性に優れていることが要求される。これらを満たす樹脂としては、例えば、エポキシ樹脂、アクリル樹脂、ポリイミド樹脂、フェノール樹脂、ウレタン樹脂、シリコーン樹脂などが挙げられ、これらから選ばれる少なくとも一種、あるいは、これらの樹脂の混合、共重合などを適用することができる。バスバー電極20との接着相性を考慮すると、樹脂60は、バスバー電極20に使用されている樹脂材料と同種の樹脂であることが好ましい。また、低温かつ短時間で硬化できるという点から、エポキシ樹脂やアクリル樹脂を用いることが、製造上、好ましい。更に、これらの樹脂60がフィルム状で、加熱により溶着できるものであってもよい。

#### 【0037】

なお、前述したように、集電極（フィンガー電極30及びバスバー電極20）は、エポキシ樹脂をバインダー、銀粒子をフィラーとした熱硬化型導電性ペーストより形成されているが、これは集電極の組成の一例であって、本発明はこれに限定されない。集電極のフィラーは、電気伝導性を得ることを目的としており、その組成は、銅、銀、ニッケル、アルミニウム、錫、金などから選ばれる少なくとも1種の金属粒子、もしくはこれらの合金、混合などが適用できる。フィラーの形状は、フレーム状のものと球状のものを混合したり、大きさの異なるものを混合することにより、電気導電性を高める工夫を施すこともできる。また、集電極のバインダーは、フィラーを接着することを主目的としており、信頼性を維持するためには、耐湿性や耐熱性に優れていることが要求される。これらを満たすバインダーの材料としては、例えば、エポキシ樹脂、アクリル樹脂、ポリイミド樹脂、フェノール樹脂、ウレタン樹脂、シリコーン樹脂などが挙げられ、これらから選ばれる少なくとも一種、あるいは、これらの樹脂の混合、共重合などを適用することができる。バインダーとフィラーとの割合は、電気導電性を考慮してフィラーが70重量%以上であることが望ましい。

#### 【0038】

次に、本実施形態に係る太陽電池モジュールの製造方法について説明する。

#### 【0039】

まず、光電変換部10の製造方法は、従来と同様であるので、ここでは説明を省略する。次に、光電変換部10上に、エポキシ系熱硬化型銀ペーストでバスバー電極20及びフィンガー電極30を形成する。具体的には、光電変換部10の受光面側に、銀ペーストをスクリーン印刷し、150で5分間加熱し、仮硬化させる。その後、光電変換部10の背面側に、銀ペーストをスクリーン印刷し、150で5分間加熱し、仮硬化させる。その後、200で1時間加熱することにより、銀ペーストを完全に硬化させ、太陽電池セル50を形成する。

#### 【0040】

次に、ディスペンサーを用い、ニッケル粒子を約5体積%含んだエポキシ樹脂を、バスバー電極20上に、約30 $\mu$ mの厚みになるように塗布する。複数の太陽電池セル50について、光電変換部10の受光面側及び背面側の両面に樹脂60を塗布した後、それぞれ塗布された樹脂60上に、インターコネクター40を配置し、約2MPaで加圧しながら、200で1時間加熱することにより、ストリングを形成する。

#### 【0041】

次に、複数本のストリングを接続し、ガラス、封止シート、ストリング、封止シート、背面シートの順で積層し、真空にした後150で10分間加熱圧着することで仮圧着する。その後、150で1時間加熱することで、完全に硬化させる。その後、端子ボックス、金属フレームをとりつけ、太陽電池モジュールとする。

#### 【0042】

なお、上記では、エポキシ樹脂をバスバー電極20に塗布し、その上にインターコネクター40を配置したが、金属粒子を含む樹脂フィルムをバスバー電極20上に配置し、その上にインターコネクター40を配置することでストリングを形成してもよい。

#### 【0043】

（実施例）

10

20

30

40

50

以下、本発明に係る太陽電池モジュールについて、実施例を挙げて具体的に説明するが、本発明は、下記の実施例に示したものに限定されるものではなく、その要旨を変更しない範囲において、適宜変更して実施することができるものである。

【0044】

本発明の実施例に係る太陽電池セル50として、図1～図4に示す太陽電池モジュールを以下のように作製した。以下の作製方法では、工程を工程1～4に分けて説明する。

【0045】

<工程1>光電変換部形成

まず、洗浄することにより、不純物が除去された約1cmの抵抗率と約300μmの厚みを有するn型単結晶シリコン基板10dを準備した。次に、RFプラズマCVD法を用いて、n型単結晶シリコン基板10dの表面上に、約5nmの厚みを有するi型非晶質シリコン層10cと、約5nmの厚みを有するp型非晶質シリコン層10bとをこの順番で形成した。なお、RFプラズマCVD法によるi型非晶質シリコン層10c及びp型非晶質シリコン層10bの具体的な形成条件は、周波数：約13.65MHz、形成温度：約100～250℃、反応圧力：約26.6～80.0Pa、RFパワー：約10～100Wであった。

10

【0046】

次に、n型単結晶シリコン基板10dの下面上に、約5nmの厚みを有するi型非晶質シリコン層10eと、約5nmの厚みを有するn型非晶質シリコン層10fとをこの順番で形成した。なお、このi型非晶質シリコン層10e及びn型非晶質シリコン層10fは、それぞれ上記したi型非晶質シリコン層10c及びp型非晶質シリコン層10bと同様のプロセスにより形成した。

20

【0047】

次に、マグネトロンスパッタ法を用いて、p型非晶質シリコン層10b及びn型非晶質シリコン層10fの各々の上に、約100nmの厚みを有するITO膜10a、10gをそれぞれ形成した。このITO膜10a、10gの具体的な形成条件は、形成温度：約50～250℃、Arガス流量：約200sccm、O<sub>2</sub>ガス流量：約50sccm、パワー：約0.5～3kW、磁場強度：約500～3000Gaussであった。

【0048】

<工程2>集電極形成

スクリーン印刷法を用いて、エポキシ系熱硬化型の銀ペーストを受光面側の透明導電膜の所定領域上に転写した後、150℃で5分間加熱し、仮硬化させ、200℃で1時間加熱することにより、完全に硬化させることで、集電極を形成した。これにより、透明導電膜（ITO膜）の表面上に、所定の間隔を隔てて互いに平行に延びるように形成された複数のフィンガー電極30と、フィンガー電極30により収集された電流を集合させるバスバー電極20とからなる集電極を形成した。ここでは、バスバー電極20の幅が約1.0mm、高さが約50μmであった。

30

【0049】

<工程3>ストリング形成

まず、バスバー電極20上に、ディスペンサーで、エポキシ系熱硬化型のニッケルペーストを塗布した。具体的には、バスバー電極20上に、約30μmの厚みとなるように塗布する。なお、ニッケルペースト中のニッケル粒子の含有量は、体積率約5%のものを使用した。

40

【0050】

受光面側、背面側の両方にニッケルペーストを塗布した後、バスバー電極20上に、インターコネクター40となる幅約1.5mmの錫メッキ銅箔を配置した。そして、複数の太陽電池セル50が接続されるように配列し、1枚の太陽電池セル50ごとに上下から加熱部で挟み、2MPaの圧力をかけながら、約200℃で1時間加熱することによりニッケルペーストを硬化させ、ストリングを形成した。このように圧力をかけながら硬化することにより、ニッケル粒子を錫メッキ銅箔とバスバー電極20の間に挟むことができるの

50

で、良好な電気伝導性が得られた。また、ニッケルペーストが押し伸ばされ、インターコネクター40とほぼ同等の幅に広がった。

【0051】

<工程4>モジュール化

ガラス基板からなる表面保護材の上に、EVAシートからなる充填材を載せた後、インターコネクター40により接続した複数の太陽電池セル50を配置した。そして、その上に、更にEVAシートからなる充填材を載せた後、PET/アルミニウム箔/PETの3層構造を有する背面保護材を配置した。これらを、真空にした後、150で10分間加熱圧着することで仮圧着した後、150で1時間加熱することで、完全に硬化させた。これに、端子ボックス、金属フレームを取り付け、実施例に係る太陽電池モジュールを作製した。

10

【0052】

(比較例)

比較例に係る太陽電池モジュールとして、従来の半田付けによる接着により複数の太陽電池セルを接続した太陽電池モジュールを以下のように作製した。

【0053】

<工程1>実施例の工程1と同様の方法で形成した。

【0054】

<工程2>実施例の工程2と同様の方法で形成し、バスバー電極の幅が約1.5mmになるように形成した。

20

【0055】

<工程3>バスバー電極上に、インターコネクターとなる幅約1.5mmのSn-Ag-Cuハンダメッキ銅箔を配置し、複数の太陽電池セル50が接続されるように配置した。そして、バスバー電極とインターコネクターとを半田で接続することにより、ストリングを形成した。

【0056】

<工程4>実施例の工程4と同様の方法で形成した。

【0057】

(実験例)

バスバー電極20の表面の凹凸形状を「表面粗さ」と考え、バスバー電極20の表面粗さと接続層80中の導電性粒子70の平均粒径とが、太陽電池モジュールの出力へ及ぼす影響を調査するため、発明者らは以下に示す実験を行なった。

30

【0058】

上記の実施例に示す製造方法によって、バスバー電極20の表面粗さが約10 $\mu$ m、約20 $\mu$ m、約30 $\mu$ mの3種類の太陽電池セル50を作成し、太陽電池セル50のそれぞれについて、導電性粒子70の平均粒径が約2.5 $\mu$ m、約6 $\mu$ m、約10 $\mu$ m、約12 $\mu$ m、約15 $\mu$ mの5種類の接続層80を用いてモジュール化した。即ち、 $3 \times 5 = 15$ 種類の太陽電池モジュールを作成した。なお、接続層80中に占める導電性粒子70の体積率は同等になるように調整した。

【0059】

ここで、バスバー電極20を含む「集電極の表面粗さ」を、集電極の表面に垂直な切断面に現れる集電極の表面の長さ1mmの範囲において、導電性粒子70の長径の平均値として規定した。換言すれば、「JIS B0601」にあるように、集電極の表面粗さを、集電極の断面形状において、基準長さ1mmの抜き取り部分における十点平均高さで規定した。実際には、バスバー電極20の表面粗さの測定は、バスバー電極20の断面をSEMで観察し、バスバー電極20の表面の凹凸について、最高から5番目までの凸部の頂点の高さの平均値と、最低から5番目までの凹部の谷底の高さの平均値との差を、「バスバー電極20の表面粗さ」として算出した。

40

【0060】

また、バスバー電極20の表面粗さの調整は、バスバー電極20をスクリーン印刷する

50

際に使用するメッシュの形状（メッシュの数、ワイヤー径）を変化させることにより行なった。バスバー電極 20 の表面粗さとメッシュの形状との関係を表 2 に示す。

【 0 0 6 1 】

【表 2】

スクリーン版のメッシュサイズ		電極仕上がり表面粗さ
メッシュ数／インチ	ワイヤー径	
380	$\phi 14\mu\text{m}$	約 $10\mu\text{m}$
290	$\phi 20\mu\text{m}$	約 $20\mu\text{m}$
250	$\phi 30\mu\text{m}$	約 $30\mu\text{m}$

10

【 0 0 6 2 】

表 2 に示すように、バスバー電極 20 の表面粗さを約  $10\mu\text{m}$  にするためには、スクリーン印刷時に使用するメッシュの 1 インチあたりのメッシュ数を 380 個とし、使用するワイヤーの径を  $14\mu\text{m}$  とする。表面粗さを約  $20\mu\text{m}$  にする場合、メッシュ数を 290 個とし、ワイヤーの径を  $20\mu\text{m}$  とする。表面粗さを約  $30\mu\text{m}$  とする場合、メッシュ数を 250 個とし、ワイヤーの径を  $30\mu\text{m}$  とする。

20

【 0 0 6 3 】

上記の比較例に示す製造方法によって、従来 of 半田付けによる接続構造を有する太陽電池モジュールを作成した。

【 0 0 6 4 】

上記の 15 種類の実施例に係わる太陽電池モジュールと、比較例に係わる太陽電池モジュールについて、AM 1.5、 $100\text{mW}/\text{cm}^2$  の光照射の下で、それぞれの出力を測定した。

30

【 0 0 6 5 】

図 5 は、バスバー電極 20 の表面粗さ別に、導電性粒子 70 の平均粒径を横軸に、規格化出力をプロットしたグラフである。規格化出力とは、比較例に係わる太陽電池モジュールの出力を 1 として規格化したときの実施例に係わる太陽電池モジュールの出力値である。図 5 に示す結果から、導電性粒子 70 の粒径が大きい方が出力が高くなることが分る。これは、導電性粒子 70 の粒径が大きい方が、集電極の凹部よりはみ出し、インターコネクター 40 と接触している導電性粒子 70 の割合が多くなっているため、接触抵抗が小さくなっているためである。

【 0 0 6 6 】

図 5 に示した実験結果を、集電極の表面粗さと導電性粒子 70 の平均粒径との比で整理した。図 6 は、導電性粒子 70 の平均粒径を、十点平均高さで規定される集電極の表面粗さで除算して得られる値（平均粒径 / 表面粗さ）を横軸にして、規格化出力をプロットしたグラフである。平均粒径 / 表面粗さが 0.2 未満の領域では、出力が比較例よりも小さい、つまり、1 未満となることが分かる。これは、導電性粒子 70 のほとんどが集電極の凹部に埋まって、導電性粒子 70 が凹部からはみ出していないため、インターコネクター 40 との接触が不十分であるためである。一方、平均粒径 / 表面粗さが 0.2 以上の領域では、出力が比較例よりも大きい、つまり、1 以上となることが分かる。これは、導電性粒子 70 の一部が集電極の凹部よりはみ出し、インターコネクター 40 との接触が十分に得られているためである。加えて、フラックスを使用していないことにより、フラックス

40

50

の残渣による抵抗成分が取り除かれたためである。また、平均粒径/表面粗さが0.2~0.5の領域では、出力が上昇傾向にあり、平均粒径/表面粗さが0.5以上1.2以下の領域では、比較例の1.005倍以上の出力が得られる。これは、集電極の表面粗さに対する導電性粒子70の粒径が大きくなるに従って、集電極の凹部からはみ出し、インターコネクター40と接触している導電性粒子70の割合が多くなっているため、接触抵抗が小さくなっているためである。また、平均粒径/表面粗さが1.5よりも大きい領域では、逆に出力低下の傾向にある。これは、導電性粒子70が集電極とインターコネクター40の間に挟まることにより、集電極とインターコネクター40との距離が大きくなってしまい、抵抗損失が大きくなったからである。したがって、更に平均粒径/表面粗さが大きくなった場合には、より抵抗損失が大きくなり、出力の低下が起こるものと推測される。また、これらの出力変化の傾向は、集電極の凹部よりはみ出している導電性粒子70の割合や、集電極とインターコネクター40との距離に起因しているため、導電性粒子の材質とは関連はないと推測される。ただし、出力の絶対値は、導電性粒子70の比抵抗に応じて異なる結果となると推定される。

10

20

30

40

50

**【0067】**

上記の実施例と比較例との対比より、次のことが分った。すなわち、集電極と太陽電池セル50同士を接続するインターコネクター40とを導電性ペーストにより接続することにより、フラックスを使用せずに接続することができるので、抵抗成分となるフラックス残渣が接合部に介在することがない。よって、抵抗成分となるフラックス残渣が接合部に介在することがないため、良好な電氣的接続を得られることが分った。

**【0068】**

また、導電性粒子70の平均粒径を集電極の表面粗さで除算して得られる値を、0.2以上1.5以下の範囲とすることにより、従来の半田付けによる接続に比べて電気抵抗を低減することができ、0.5以上1.2以下の範囲とすることにより、更に電気抵抗を低減することができることが分った。

**【0069】**

以上説明したように、本発明の実施の形態及びその実施例によれば、以下の作用効果が得られる。

**【0070】**

太陽電池モジュールは、光電変換部10の光入射面及び光入射面に対向する背面上にそれぞれ配置された、導電性ペーストからなる集電極（フィンガー電極30及びバスバー電極20）とを備える複数の太陽電池セル50と、複数の太陽電池セル50のバスバー電極20同士を電氣的に接続するインターコネクター40と、バスバー電極20とインターコネクター40の間に配置された接続層80とを備える。接続層80は、複数の導電性粒子70を含む樹脂60からなる。バスバー電極20とインターコネクター40は導電性粒子70により電氣的に接続されている。接続層80に接するバスバー電極20の表面に凹凸形状が形成され、導電性粒子70はバスバー電極20の表面の凹部よりもはみ出している。

**【0071】**

これにより、従来の半田付けによる接続に比べて、バスバー電極20とインターコネクター40の間の電気抵抗を低減して、モジュール出力の低下を抑制することができる。

**【0072】**

集電極（バスバー電極20）の表面に垂直な切断面に現れるバスバー電極20の表面の長さ1mmの範囲において、導電性粒子70の長径の平均値で規定される導電性粒子70の平均粒径を、十点平均高さで規定されるバスバー電極20の表面粗さで除算して得られる値を、0.2以上1.5以下の範囲とする。これにより、従来の半田付けによる接続に比べて電気抵抗を低減することができる。

**【0073】**

導電性粒子70の平均粒径をバスバー電極20の表面粗さで除算して得られる値を、0.5以上1.2以下の範囲とする。これにより、0.2以上0.5未満、及び1.2より

大きく 1.5 以下の場合よりも更に電気抵抗を低減することができる。

【0074】

接続層 80 に接するインターコネクター 40 の表面には、導電性粒子 70 よりも柔らかい層（錫メッキ）が配置されている。これにより、インターコネクター 40 をバスバー電極 20 に接続させる際に加える圧力を導電性粒子 70 よりも柔らかい層が吸収することができる。

【0075】

（その他の実施の形態）

上記のように、本発明は、1つの実施の形態及びその実施例によって記載したが、この開示の一部をなす論述及び図面はこの発明を限定するものであると理解すべきではない。この開示から当業者には様々な代替実施の形態、実施例及び運用技術が明らかとなる。

10

【0076】

図 2 に示した集電極の平面構成（電極パターン）は、一例に過ぎず、その他の構成であってもよい。例えば、複数のフィンガー電極 30 は、互いに平行に配置される場合に限らず、放射状に配置されていても構わない。この場合、複数のフィンガー電極 30 が集まる中心部分或いはその途中部分において、バスバー電極 20 に接続させることができる。このように、光電変換部 10 の受光面積を必要以上に狭めることなく、光電変換部 10 の受光面から生成される電気を効率よく集電するためのさまざまな集電極の電極パターンが可能である。

【0077】

20

また、本発明は、図 3 に例示した H I T 構造を有する太陽電池セルに限定されない。その他の H I T 構造を有する太陽電池、単結晶シリコンや多結晶シリコン等の結晶シリコン系太陽電池、アモルファスシリコンや微結晶シリコン等の薄膜シリコン系太陽電池、GaAs や C u I n S e 等の化合物系太陽電池、色素増感等の有機系太陽電池、或いは、これらのハイブリッド型太陽電池等の種々の太陽電池における、電極間の接続に対して適用可能である。

【0078】

このように、本発明はここでは記載していない様々な実施の形態等を包含するということを理解すべきである。したがって、本発明はこの開示から妥当な特許請求の範囲に係る発明特定事項によってのみ限定されるものである。

30

【図面の簡単な説明】

【0079】

【図 1】本発明の実施の形態に係わる太陽電池モジュールの構成を示す、図 2 の I - I 切断面に沿った断面図である。

【図 2】図 1 の太陽電池モジュールを構成する 1 つの太陽電池セル 50 を拡大した平面図である。

【図 3】図 2 の太陽電池セル 50 の積層構造を示す、III - III 切断面に沿った断面図である。

【図 4】バスバー電極 20 とインターコネクター 40 との接続部分を拡大した断面図である。

40

【図 5】バスバー電極 20 の表面粗さ別に、導電性粒子 70 の平均粒径を横軸に、規格化出力をプロットしたグラフである。

【図 6】導電性粒子 70 の平均粒径を、十点平均高さで規定される集電極の表面粗さで除算して得られる値（平均粒径 / 表面粗さ）を横軸にして、規格化出力をプロットしたグラフである。

【符号の説明】

【0080】

10 光電変換部

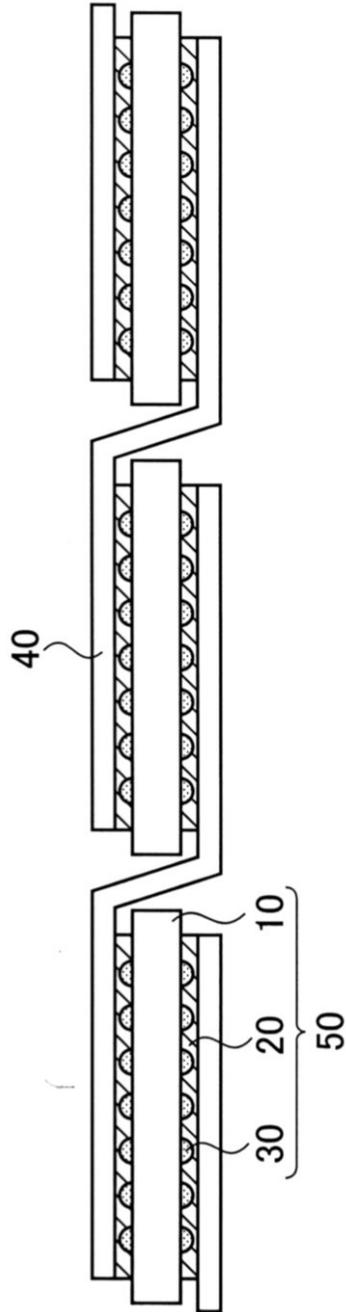
10a ITO 膜

10b p 型非晶質シリコン層

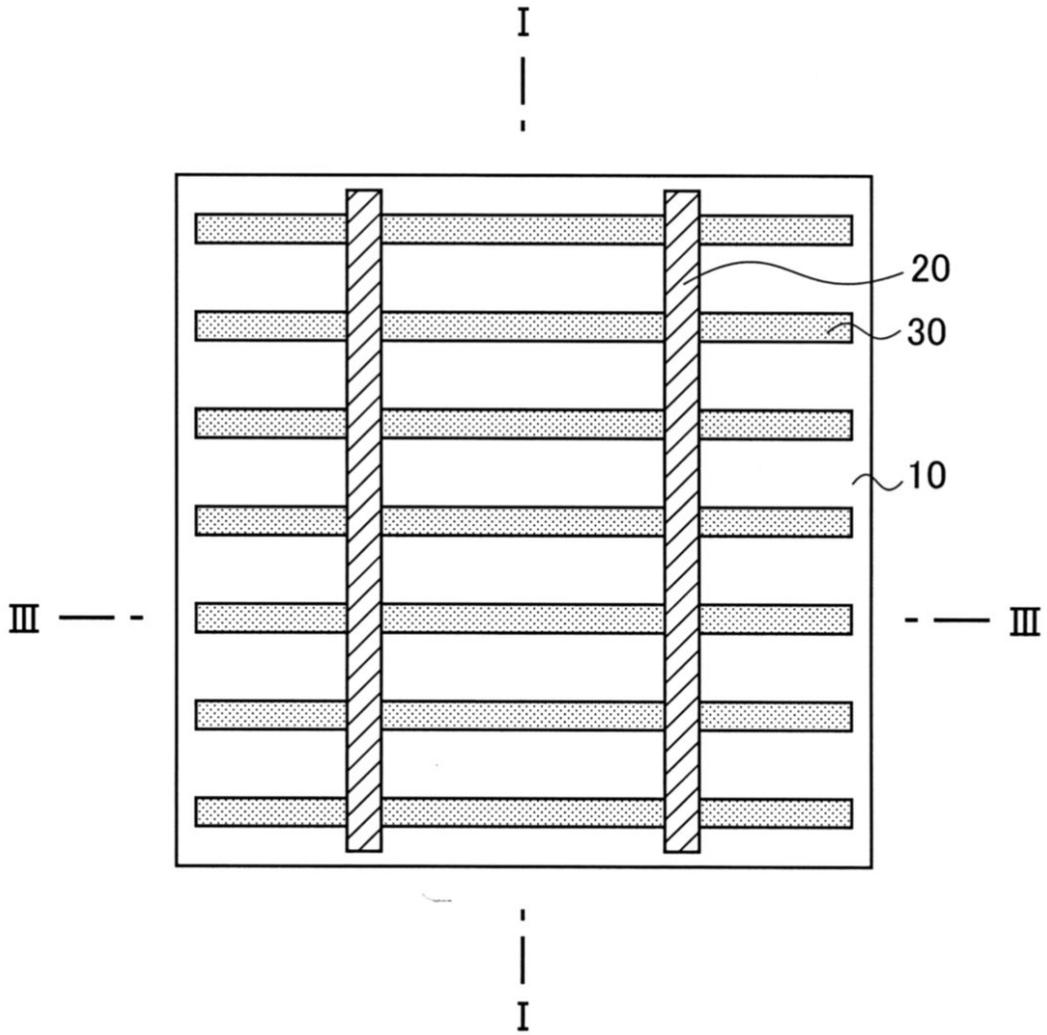
50

- 1 0 c i 型非晶質シリコン層
- 1 0 d n 型単結晶シリコン基板
- 1 0 e i 型非晶質シリコン層
- 1 0 f n 型非晶質シリコン層
- 1 0 g I T O 膜
- 2 0 バスバー電極
- 3 0 フィンガー電極
- 4 0 インターコネクター
- 5 0 太陽電池セル
- 6 0 樹脂
- 7 0 導電性粒子
- 8 0 接続層

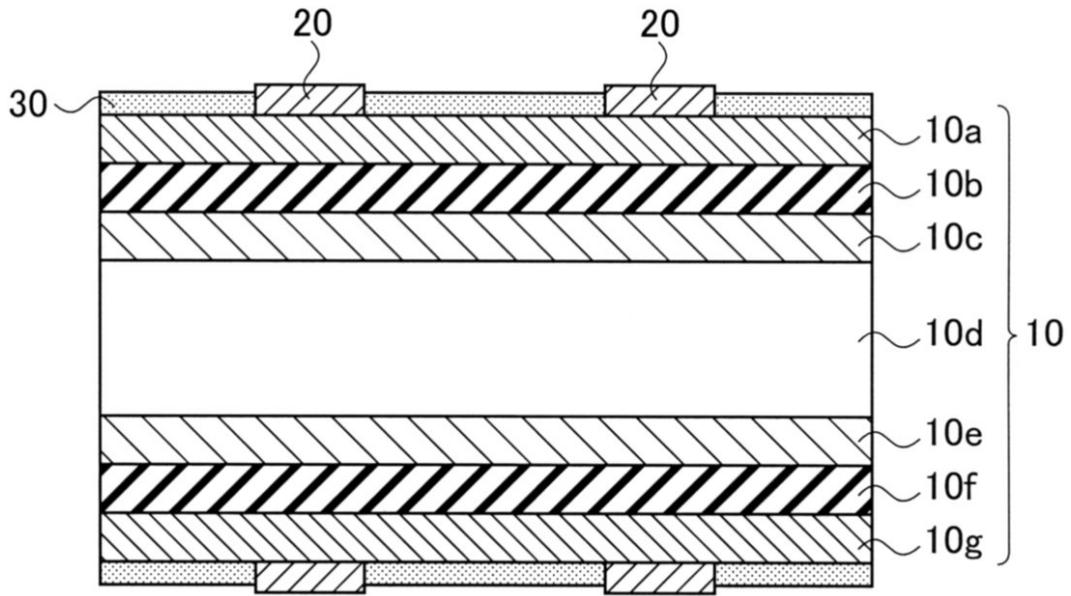
【 図 1 】



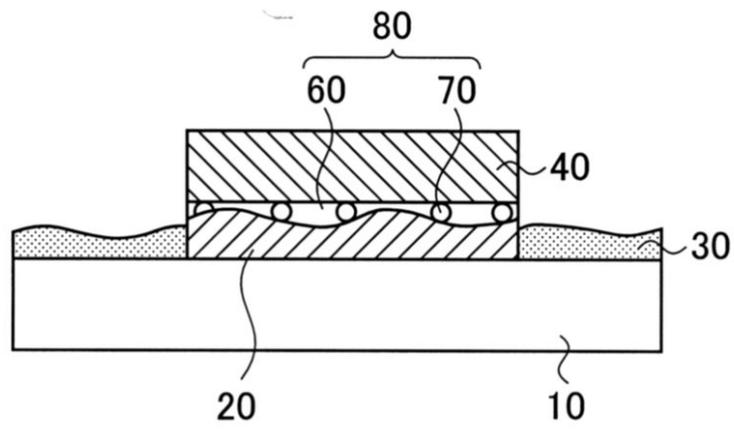
【 図 2 】



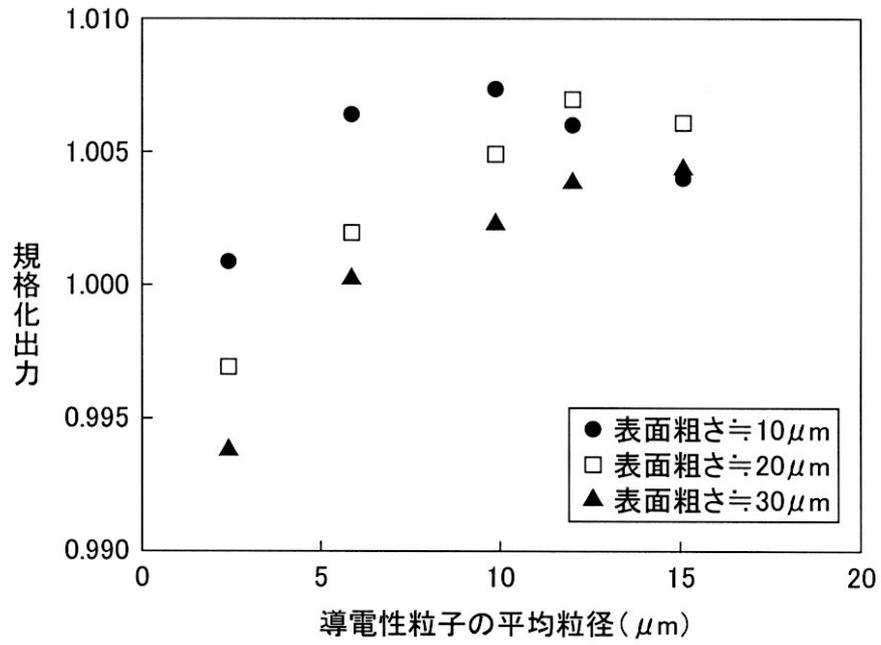
【 図 3 】



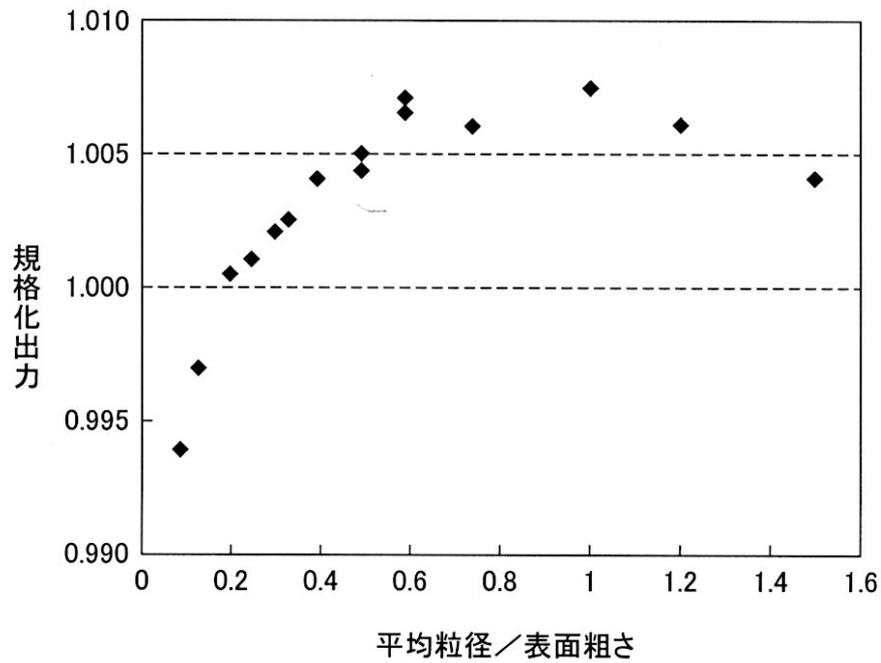
【 図 4 】



【 図 5 】



【 図 6 】



---

フロントページの続き

Fターム(参考) 5F051 AA02 AA05 CA02 CA03 CA04 CA16 CB13 CB15 DA04 FA04  
FA10 FA14 FA15 FA19 FA24 GA04 JA06