

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4427594号
(P4427594)

(45) 発行日 平成22年3月10日(2010.3.10)

(24) 登録日 平成21年12月18日(2009.12.18)

(51) Int. Cl.		F I	
GO 1 N	21/35	(2006.01)	GO 1 N 21/35 Z
HO 1 L	31/04	(2006.01)	HO 1 L 31/04 M
GO 1 N	21/21	(2006.01)	GO 1 N 21/21 Z
GO 1 R	27/02	(2006.01)	GO 1 R 27/02 R

請求項の数 12 (全 23 頁)

(21) 出願番号	特願2008-207062 (P2008-207062)	(73) 特許権者	000006208 三菱重工業株式会社 東京都港区港南二丁目16番5号
(22) 出願日	平成20年8月11日(2008.8.11)	(74) 代理人	100112737 弁理士 藤田 考晴
(65) 公開番号	特開2010-43904 (P2010-43904A)	(74) 代理人	100118913 弁理士 上田 邦生
(43) 公開日	平成22年2月25日(2010.2.25)	(72) 発明者	坂井 智嗣 神奈川県横浜市金沢区幸浦一丁目8番地1 三菱重工業株式会社 先進技術研究センター内
審査請求日	平成20年12月12日(2008.12.12)	(72) 発明者	▲高▼野 暁巳 長崎県長崎市深堀町五丁目717番1号 三菱重工業株式会社 長崎研究所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 抵抗率検査方法及びその装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

透明導電膜の抵抗率検査に用いられる照明光の波長及び入射角を選定する検査条件選定方法であって、

膜厚及び抵抗率の組み合わせが異なる複数の透明導電膜に対して、波長及び入射角からなる検査条件をそれぞれ異ならせたP偏光の照明光を照射し、その反射光の光量に係る評価値をそれぞれ測定し、

前記透明導電膜の膜厚並びに抵抗率の組み合わせを含むサンプル条件、前記検査条件、及び前記評価値を関連付けた相関関係を求め、

前記相関関係において、前記透明導電膜の膜厚の違いによる前記評価値の誤差が許容範囲内にあり、かつ、前記抵抗率の変化に対する前記評価値の変化が所定値以上である前記検査条件を選定する検査条件選定方法。

【請求項2】

請求項1に記載の検査条件選定方法により選定された波長を有するP偏光の照明光を該検査条件選定方法により選定された入射角で、製造ラインを搬送される透光性基板上に製膜された透明導電膜に膜面側から照射し、

前記透明導電膜で反射された反射光を検出し、

検出した反射光の強度に基づいて前記検査条件選定方法により選定された波長についての反射光の光量に係る評価値を算出し、

前記評価値と抵抗率とが予め関連付けられている相関特性を用いて、算出した前記評価

10

20

値から抵抗率を求める抵抗率検査方法。

【請求項 3】

請求項 1 に記載の検査条件選定方法により選定された波長を有する P 偏光の照明光を前記検査条件選定方法により選定された入射角で、製造ラインを搬送される透光性基板上に製膜された透明導電膜に膜面側から照射する光照射手段と、

前記透明導電膜において反射された反射光を検出する光検出手段と、

検出した光の強度に基づいて、前記検査条件選定方法により選定された波長についての反射光の光量に係る評価値を算出する評価値算出手段と、

評価値と抵抗率が予め関連付けられている相関特性を用いて、算出した前記評価値から抵抗率を求める抵抗値算出手段と

を具備する抵抗率検査装置。

10

【請求項 4】

前記光照射手段は、

前記波長を含む照明光を射出する光源と、

前記光源から射出された照明光を P 偏光の照明光とする偏光手段と

を具備する請求項 3 に記載の抵抗率検査装置。

【請求項 5】

前記光源は、発光ダイオードである請求項 4 に記載の抵抗率検査装置。

【請求項 6】

前記光照射手段は、

前記波長を含む所定の波長帯域の照明光を射出する光源と、

前記光源から射出された照明光を P 偏光の照明光とする偏光手段と、

前記光源から射出された前記照明光の光路上、または、前記透明導電膜にて反射された反射光の光路上に設けられ、前記検査条件選定方法により選定された波長の光を透過し、それ以外の波長を遮断する波長選択手段と

を具備する請求項 3 に記載の抵抗率検査装置。

20

【請求項 7】

前記光照射手段は、前記波長の照明光を射出する半導体レーザを光源として備えている請求項 3 に記載の抵抗率検査装置。

【請求項 8】

前記光源から射出された照明光の光路上に設けられ、前記照明光の一部の光を分岐させる光分岐手段と、

前記光分岐手段によって分岐された光を検出する分岐光検出手段とを備え、

前記評価値算出手段は、前記分岐光検出手段の検出結果を用いて前記評価値を算出する請求項 4 から請求項 7 のいずれかに記載の抵抗率検査装置。

30

【請求項 9】

前記光照射手段及び前記光検出手段の少なくともいずれか一方は、遮光部材で囲われている請求項 3 から請求項 8 のいずれかに記載の抵抗率検査装置。

【請求項 10】

請求項 3 から請求項 9 のいずれかに記載の抵抗率検査装置が搬送ラインに設けられた光電変換装置の製造装置。

40

【請求項 11】

前記透明導電膜が製膜された透光性基板を冷却する冷却装置を備え、

前記抵抗率検査装置は、前記冷却装置の下流側に設けられている請求項 10 に記載の光電変換装置の製造装置。

【請求項 12】

請求項 10 から請求項 11 のいずれかに記載の光電変換装置の製造装置により製造された光電変換装置。

【発明の詳細な説明】

50

【技術分野】

【0001】

本発明は、透光性基板に製膜された透明導電膜の抵抗率検査に用いられる照射光の入射角度及び波長を選定する検査条件選定方法、及び、この検査条件選定方法によって選定された波長およびその入射角を適用して透明導電膜の抵抗率検査を行う抵抗率検査方法並びにその装置、透明導電膜を含む光電変換装置を製造する光電変換装置の製造装置、及び該製造装置によって製造された光電変換装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来、物質の光学的な透過・反射特性を利用して、透光性基板上に製膜された透明導電膜の抵抗を計測する方法が知られている（例えば、特許文献1参照）。

特許文献1には、例えば、太陽電池の製造ラインにおいて、透明導電膜が施された太陽電池の基板に対して光を照射し、この照射光の光強度と反射光の光強度とから算出される反射率に基づいて、透明導電膜の特性を評価する技術が開示されている。

【特許文献1】特開2007-225418号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

上述した特許文献1には、透明導電膜のシート抵抗を評価する場合には、2400nm以上3000nm以下の波長帯域の照明光を用い、これに対し、透明導電膜の抵抗率を評価する場合には、1500nm以上1800nm以下の波長帯域の照明光を用いることが開示されている。

【0004】

このように、抵抗率を評価する場合とシート抵抗を評価する場合とで使用する照明光の波長を変えているのは、2400nm以上3000nm以下の波長帯域の照明光では、抵抗率と反射率との相関関係が低いために抵抗率を計測することができず、同様に、1500nm以上1800nm以下の波長帯域の照明光では、シート抵抗と反射率との相関関係が低いためにシート抵抗を計測することができないからである（例えば、特許文献1の段落「0048」から「0052」参照）。

【0005】

上記特許文献1に開示された方法では、抵抗率の計測に用いることのできる波長帯域が1500nm以上1800nm以下と狭い範囲に制限されてしまうため、波長選択の自由度が低いという問題があった。

【0006】

本発明は、上記問題を解決するためになされたもので、より広域の波長帯域から抵抗率の計測に用いる適切な波長を選定することが可能であるとともに、非破壊、非接触で効率的にかつ高精度で透明導電膜の抵抗率を計測することのできる抵抗率検査方法並びにその装置、該抵抗率検査方法並びにその装置に用いられる検査条件を選定する検査条件選定方法、該抵抗率検査装置を備える光電変換装置の製造装置、及び該製造装置によって製造された光電変換装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記課題を解決するために、本発明は以下の手段を採用する。

本発明は、透明導電膜の抵抗率検査に用いられる照射光の波長及び入射角を選定する検査条件選定方法であって、膜厚及び抵抗率の組み合わせが異なる複数の透明導電膜に対して、波長及び入射角からなる検査条件をそれぞれ異ならせたP偏光の照明光を照射し、その反射光の光量に係る評価値をそれぞれ測定し、前記透明導電膜の膜厚並びに抵抗率の組み合わせを含むサンプル条件、前記検査条件、及び前記評価値を関連付けた相関関係を求め、前記相関関係において、前記透明導電膜の膜厚の違いによる前記評価値の誤差が許容範囲内にあり、かつ、前記抵抗率の変化に対する前記評価値の変化が所定値以上である前

10

20

30

40

50

記検査条件を選定する検査条件選定方法を提供する。

【0008】

発明者らは、以下のような試験・考察を行うことにより、透明導電膜の抵抗率を計測する場合に、膜厚に起因する計測誤差を解消することが必要であることを見出した。

まず、発明者らは、試験用サンプルとして、同じ抵抗率を有する膜厚の異なる透明導電膜を用意した。ここで用いた膜厚は、75 nm、150 nm、300 nm、600 nmの4つである。続いて、用意した透明導電膜に対して波長300 nmから5000 nmの光を照射し、そのときの反射光から各波長に対する反射率を求めた。更に、この波長のうち、特許文献1に開示されている1500 nm及び波長2400 nmを選び、これらの波長に対する反射率とシート抵抗の関係を求めた。

10

【0009】

図18に各膜厚における波長と反射率の相関図を、図19に波長1500 nmを採用したときの各膜厚における反射率とシート抵抗の関係を、図20に波長2400 nmを採用したときの各膜厚における反射率とシート抵抗の関係を示す。図18乃至図20において、グラフ中に記載されている75 nm、150 nm、300 nm、及び600 nmとの数値は、それぞれ透明導電膜の膜厚を示している。

【0010】

図18及び図19に示されるように、波長1500 nmを用いた場合の反射率は、膜厚依存性が弱く、シート抵抗を計測できないことが明らかとなった。

【0011】

これに対して、図18及び図20に示されるように、波長2400 nmを用いた場合の反射率は、膜厚依存性が高いことが明らかとなった。換言すると、波長2400 nmにおいては、抵抗率の変化を捉えているのではなく、膜厚変化を捉えており、これによってシート抵抗が変化することが明らかとなった。つまり、波長2400 nmにおいては、誤差因子として膜厚を無視することができず、この波長帯域を用いて抵抗率を計測する場合には、膜厚による誤差因子を如何にして解消するかということが、抵抗率の測定精度向上に不可欠な要素となることが判明した。

20

【0012】

そこで、発明者らは、誤差因子である膜厚の影響を解消するために、ブリュースター現象を利用することを発案した。具体的には、ブリュースター現象を利用することで、透明導電膜の内部での多重干渉効果による干渉成分が含まれる反射光をカットし、抵抗率が関与する自由電子吸収に起因する長波長域の反射成分だけを受光する光学系を採用することで、膜厚による測定誤差を解消することを発案した。

30

【0013】

図21は、ブリュースター現象の光学計算モデルを示した図である。ブリュースター現象では、まず、P偏光の照明光を透明導電膜に照射する。図21において、屈折率 n_1 は大気を示しており、屈折率 n_2 は、透明導電膜を示しており、大気と透明導電膜との境界において、照明光が反射されるようになっている。

【0014】

このブリュースター現象では、照明光の波長と入射角を適切な値に設定すれば、膜厚の影響を受けずに抵抗率を高い精度で計測することが期待できる。そのため、本発明では、上記の如く、波長と入射角とからなる照明光の検査条件をそれぞれ変えたときの波長と反射率との関係を求め、これらの関係から適切な波長及び入射角を選定することとした。これにより、実際の抵抗率検査においては、計測誤差を低減し、検査精度の向上を図ることができる。

40

【0015】

なお、透明導電膜の抵抗率検査において、上述した膜厚の外、透明導電膜の表面状態（凸凹状態）、及び温度についても、計測誤差の要因となるおそれがあるため、発明者らはこれらの要因についても考察した。

まず、上記透明導電膜の表面状態は、一般的にヘイズ率として定量化される。

50

本発明の検査条件選定方法を採用した場合、概ね1500nm以上4000nm以下の波長帯域範囲の中から適切な波長が選定されることとなるが、この波長帯域においては図22に示すように、ヘイズ率の影響を殆ど受けないことが明らかとなった。従って、概ね1400nm以上の波長を用いる場合には、ヘイズ率、換言すると、透明導電膜の表面状態に起因する計測誤差を解消することが可能となる。

【0016】

図23は、黒体輻射の波長依存性を示すグラフである。縦軸は熱輻射強度(erg)であり、横軸は波長(nm)である。透明導電膜の計測時の温度として考え得る範囲は、室温から100度であり、波長4000nm程度までの光は、ほとんど輻射されないことがわかる。従って、波長4000nm以下の波長においては、透明導電膜の計測時の温度として考え得る範囲では、温度による影響がないか、又はその影響を排除することが可能となる。

10

このように、本発明の検査条件選定方法によれば、膜厚のみならず、ヘイズ率や温度による計測誤差を解消することが可能な検査条件を選定することができる。

【0017】

本発明は、上記検査条件選定方法により選定された波長を有するP偏光の照明光を該検査条件選定方法により選定された入射角で、製造ラインを搬送される透光性基板上に製膜された透明導電膜に膜面側から照射し、前記透明導電膜で反射された反射光を検出し、検出した反射光の強度に基づいて前記検査条件選定方法により選定された波長についての反射光の光量に係る評価値を算出し、前記評価値と抵抗率とが予め関連付けられている相関特性を用いて、算出した前記評価値から抵抗率を求める抵抗率検査方法を提供する。

20

【0018】

上記抵抗率検査方法によれば、製造ラインを搬送される透光性基板上に製膜された透明導電膜の抵抗率を非破壊、非接触で効率的に計測することが可能となる。

更に、検査条件として、上記検査条件選定方法によって選定された適切な条件を採用するので、膜厚、ヘイズ率、温度等による影響を受けることなく、抵抗率を計測することが可能となる。

【0019】

本発明は、上記検査条件選定方法により選定された波長を有するP偏光の照明光を前記検査条件選定方法により選定された入射角で、製造ラインを搬送される透光性基板上に製膜された透明導電膜に膜面側から照射する光照射手段と、前記透明導電膜において反射された反射光を検出する光検出手段と、検出した光の強度に基づいて、前記検査条件選定方法により選定された波長についての反射光の光量に係る評価値を算出する評価値算出手段と、評価値と抵抗率とが予め関連付けられている相関特性を用いて、算出した前記評価値から抵抗率を求める抵抗値算出手段とを具備する抵抗率検査装置を提供する。

30

【0020】

上記抵抗率検査装置によれば、製造ラインを搬送される透光性基板上に製膜された透明導電膜の抵抗率を非破壊、非接触で効率的に計測することが可能となる。

更に、検査条件として、上記検査条件選定方法によって選定された適切な条件を採用するので、膜厚等による影響を受けることなく抵抗率を計測することが可能となる。

40

【0021】

上記抵抗率検査装置において、前記光照射手段は、前記波長を含む照明光を射出する光源と、前記光源から射出された照明光をP偏光の照明光とする偏光手段とを具備することとしてもよい。この場合において、前記光源としては、例えば、発光ダイオードを採用することが可能である。

【0022】

上記抵抗率検査装置において、前記光照射手段は、前記波長を含む所定の波長帯域の照明光を射出する光源と、前記光源から射出された照明光をP偏光の照明光とする偏光手段と、前記光源から射出された前記照明光の光路上、または、前記透明導電膜にて反射された反射光の光路上に設けられ、前記検査条件選定方法により選定された波長の光を透過し

50

、それ以外の波長を遮断する波長選択手段とを具備することとしてもよい。

【0023】

上記抵抗率検査装置において、前記光照射手段は、前記波長の照明光を射出する半導体レーザを光源として備えていることとしてもよい。

【0024】

上記抵抗率検査装置において、前記光源から射出された照明光の光路上に設けられ、前記照明光の一部の光を分岐させる光分岐手段と、前記光分岐手段によって分岐された光を検出する分岐光検出手段とを備え、前記評価値算出手段は、前記分岐光検出手段の検出結果を用いて前記評価値を算出することとしてもよい。

【0025】

このように、照明光の一部の光を検出することで、透明導電膜に照射される照明光の光強度を把握することができるので、反射率の計測精度を更に向上させることができる。これにより、抵抗率の計測精度を向上させることが可能となる。

【0026】

上記抵抗率検査装置において、前記光照射手段及び前記光検出手段の少なくともいずれか一方は、遮光部材で囲われていることとしてもよい。

【0027】

このように、光照射手段を遮光部材で囲うことにより、外乱光の入射を抑えることが可能となる。この結果、抵抗率の計測精度向上を図ることができる。

【0028】

本発明は、上記いずれかの抵抗率検査装置が搬送ラインに設けられた光電変換装置の製造装置を提供する。

【0029】

上記光電変換装置の製造装置は、前記透明導電膜が製膜された透光性基板を冷却する冷却装置を備え、前記抵抗率検査装置は、前記冷却装置の下流側に設けられていることが好ましい。

【0030】

このような構成によれば、冷却装置によって冷却された温度の安定した透明導電膜を検査対象とすることができる。これにより、温度の影響による計測誤差を解消することが可能となる。

【0031】

本発明は、上記いずれかの光電変換装置の製造装置により製造された光電変換装置を提供する。

【発明の効果】

【0032】

本発明によれば、より広域の波長帯域から抵抗率検査に用いる適切な波長を選定することが可能であるとともに、非破壊、非接触で効率的にかつ高精度で透明導電膜の抵抗率を計測することができるという効果を奏する。

【発明を実施するための最良の形態】

【0033】

以下、本発明の抵抗率検査方法並びにその装置、該抵抗率検査方法並びにその装置に用いられる検査条件を選定する検査条件選定方法、該抵抗率検査装置を備える光電変換装置の製造装置、及び該製造装置によって製造された光電変換装置についての一実施形態について、図面を参照して説明する。

【0034】

以下の説明においては、太陽電池パネル等の光電変換装置に適用される透明導電膜を検査対象とする場合を例に挙げて説明するが、本発明はそれに限定されるものではなく、他のディスプレイや窓ガラス等で使用される透明導電膜を検査対象とする場合にも適用可能である。

【0035】

10

20

30

40

50

以下、本発明の一実施形態に係る検査条件選定方法について図1を参照して説明する。

本実施形態に係る検査条件選定方法は、ガラス基板等の透光性基板上に製膜された透明導電膜の抵抗率計測に用いられる照明光の波長及び入射角を選定するものである。

まず、膜厚及び抵抗率の組み合わせが異なる複数の透明導電膜をサンプルとして用意する(図1のステップSA1)。本実施形態では、サンプルとして、以下の表に示す組み合わせからなる8つのサンプルを用意した。

【0036】

【表1】

サンプルNo.	抵抗率 ($10^{-4} \Omega \text{ cm}$)	膜厚 (nm)
1	5.9	600
2	6.3	600
3	6.6	600
4	7.1	600
5	5.9	800
6	6.3	800
7	6.6	800
8	7.1	800

10

20

【0037】

続いて、図2に示されるように、上記1から8までの透明導電膜のサンプルAに対して、波長及び入射角からなる検査条件をそれぞれ異ならせたP偏光の照明光を照射し、そのときの反射光を光検出部2'によって受光し、この受光結果に基づいて、光量に係る評価値(本実施形態においては、反射率)をそれぞれ測定する(図1のステップSA2)。ここで、入射角は、透明導電膜のサンプルAの膜面の垂線に対する角度と定義する。本実施形態では、照明光の波長を1000nm以上4000nm以下の範囲で変化させ、入射角については、0°以上90°以下の範囲で変化させることとした。

30

【0038】

上記各検査条件に対する反射率の測定が終了すると、続いて、透明導電膜の膜厚並びに抵抗率の組み合わせからなるサンプル条件、波長及び入射角からなる検査条件、及び反射率を関連付けた相関関係図を求める(図1のステップSA3)。

40

【0039】

図3は、入射角0°(つまり垂直入射条件)の場合、図4は入射角30°の場合、図5は入射角60°の場合、図6は入射角80°の場合の波長100nm以上3000nm以下の範囲における各波長と反射率との関係を表した波長-反射率特性を示した図である。

【0040】

図3から図6に示したような相関関係図において、透明導電膜の膜厚の違いによる反射率の誤差が許容範囲内にあり、かつ、抵抗率の変化に対する反射率の変化が所定値以上である検査条件を選定する(ステップSA4)。換言すると、抵抗率が同一で膜厚が異なるサンプル同士を組としたときに、同じ組の波長-反射率特性が略一致しており、かつ、抵抗率と反射率との相関が十分に確認できる検査条件を選定する。本実施形態では、サンプ

50

ル 1 と 5、サンプル 2 と 6、サンプル 3 と 7、サンプル 4 と 8 がそれぞれ組となる。例えば、図 5 に示した入射角 60° の条件においては、各組における波長 - 反射率特性は、他の相関関係図に比べて一致率が高いことがわかる。また、図 5 において、例えば、波長 1000 nm 以上 1800 nm 以下の範囲においては、抵抗率と反射率との相関がないが、波長 2200 nm 以上 3000 nm 以下の範囲においては、抵抗率と反射率との相関が十分であり、この範囲の波長であれば、反射率から抵抗率を高い精度で算出可能であることが確認できる。

【0041】

このように、ステップ SA 4 では、図 3 から図 6 に示されたような相関関係図において、反射率と抵抗率との相関が十分である入射角と波長との組み合わせを選定する。

10

なお、このような検査条件の選定は、オペレータが相関関係図を確認することにより、手動で行うこととしてもよいし、又は、コンピュータによるソフトウェア処理等により自動的に選定することも可能である。自動で選定する場合には、「透明導電膜の膜厚の違いによる反射率の誤差が許容範囲内にあり、かつ、抵抗率の変化に対する反射率の変化が所定値以上である」という条件を予め登録しておき、この条件を満たす検査条件のうち、抵抗率と反射率との相関が最も高い波長を選定するようにプログラムを構築することが考えられる。また、ソフトウェア処理により、上記条件を満たす検査条件を抽出し、抽出された検査条件の中からオペレータが所望のものを選択できるような構成としてもよい。

また、上記膜厚の違いによる反射率の誤差の許容範囲、及び、抵抗率と反射率との関係を評価するための所定値については、任意に設定できるものとする。

20

【0042】

このように、本実施形態に係る検査条件選定方法によれば、複数のサンプルを用意し、これらのサンプルに複数の検査条件下で照明光を照射したときの反射率をそれぞれ求め、この反射率と抵抗率との相関に基づいて検査条件を選定するので、最適な検査条件を選定することが可能となる。これにより、実際の検査においては、ここで選定した検査条件を採用することにより、膜厚等の影響による計測誤差を解消することができ、高い精度で抵抗率を求めることが可能となる。

【0043】

なお、上記実施形態においては、波長 1000 nm 以上 3000 nm 以下の範囲で波長を変化させたが、より広域の波長帯域で上記試験を行うこととしてもよい。例えば、図 7 に、波長 300 nm 以上 5000 nm 以下の範囲で検査を行ったときの相関関係図の一例を示す。この図に示されるように、概ね波長 4000 nm においても抵抗率と反射率との相関が十分であることがわかる。また、図 7 に示した相関関係図から、波長 2000 nm 以上 4500 nm 以下の範囲において抵抗率と反射率との相関が十分に現れ、特に、 2500 nm 以上 4000 nm 以下の範囲で抵抗率と反射率との相関が強く現れることがわかる。従って、このような結果を踏まえ、上述した検査条件選定方法においては、 2000 nm 以上 4500 nm 以下の範囲において波長を変化させれば十分であり、より好ましくは、 2500 nm 以上 4000 nm 以下の範囲において波長を変化させればよい。

30

また、入射角については、図 3 から図 6 の結果から 30° 以上 75° 以下の範囲、より好ましくは、 40° 以上 70° 以下の範囲で変化させればよい。

40

【0044】

次に、上記検査条件選定方法によって選定した入射角及び波長を用いて、透光性基板上に製膜された透明導電膜の抵抗率を計測し、評価する抵抗率検査方法及び抵抗率検査装置の各実施形態について、図を参照して説明する。

【0045】

〔第 1 の実施形態〕

図 8 は、本発明の第 1 の実施形態に係る抵抗率検査装置の概略構成を示す図である。抵抗率検査装置 10 は、搬送コンベア 1、光検出装置（光検出手段）2、光照射装置（光照射手段）3、位置センサ 5、ロータリーエンコーダ 6、情報処理装置（評価値算出手段、抵抗値算出手段）7、検出器固定具 8（8a、8b）、光源固定具 9（9a、9b）を備

50

えている。

【0046】

搬送コンベア1は、透明導電膜の形成された基板11を搬送するための一対で構成された複数のローラ1a-1~1a-nを備える。各々のローラ1a-i(i=1,2,...,n、以下同じ)と、基板11とは接する。複数のローラ1a-1~1a-nは、基板11の搬送方向Yに順に並び、それらが同時に所定の回転速度で、所定方向に回転することで、基板11を搬送方向Yへ搬送することができる。

【0047】

光検出装置2は、複数の光検出部2-1~2-m(図10参照)を備える。例えば、光検出装置2は8個の光検出部2-1~2-8を備えている。光検出装置2は、搬送コンベア1のX方向の両側面に固定された検出器固定具8(8a、8b)によって、搬送コンベア1の搬送面(基板11の搬送される面)の上方(Z方向)に固定されて設置されている。各々の光検出部2-j(j=1,2,...,m、以下同じ)は、情報処理装置7が出力したトリガ信号T1に基づいて、基板11上の透明導電膜から反射された反射光を受光する。そして、その反射光の強度PSを情報処理装置7へ出力する。光検出部2-jとしては、後述する照射部3-jから照射される光の波長に対応して当該波長の光を受光できるものを用いる。光検出部2-jは、フォトディテクタやCCD(Charge-Coupled Device)センサに例示される。

10

【0048】

照射装置3は、複数の照射部3-1~3-m(図10参照)を備える。例えば、照射装置3は8個の照射部3-1~3-8を備えている。照射部3-jと光検出部2-jとは対となっている。照射装置3は、搬送コンベア1のX方向の両側面に固定された光源固定具9(9a、9b)によって、搬送コンベア1の搬送面(基板11の搬送される面)の上方(Z方向)に固定されて設置されている。光源固定具9(9a、9b)は、検出器固定具8(8a、8b)よりも搬送方向Yにおける手前側2配置されている。ただし、光源固定具9(9a、9b)と検出器固定具8(8a、8b)との位置関係は逆でもよい。

20

また、上記照射装置3として、ライン型光源を適用することも可能である。例えば、ライン型光源としては、LEDを一列に並べたライン状光源を採用することができる。なお、このような照射装置3とした場合には、点光源でかつ指向性も低下することから、光を計測点まで導くための光学系(レンズ、や、コリメータ)が必要となる。

30

【0049】

各照射部3-j(j=1~m)は、図9に示すように、事前に行われた検査条件選定方法において選定された波長の光を出力する光源51と、光源51から射出された照明光の光路上に設けられ、照明光の一部の光を透過させて基板11に導くとともに、残りの光を反射させるハーフミラー(光分岐手段)52と、ハーフミラー52を透過した光をP偏向に偏向する偏向素子(偏向手段)53と、ハーフミラー52によって反射された光を検出する分岐光検出部(分岐光検出手段)54とをそれぞれ備えている。

本実施形態では、照明光を分岐させる手段としてハーフミラーを用いたが、これに限られず、例えば、ビームスプリッタ等を用いることも可能である。また、透過と反射の比率についても任意に設定できるものとする。

40

【0050】

本実施形態において、光源51は、例えば、発光ダイオード(LED)である。

このような構成を備える各照射部3-jにおいて、光源51は、情報処理装置7が出力したトリガ信号T2に基づいて、基板11上の透明導電膜へ所定の波長の光を照射光として照射する。これにより、光源51から搬送コンベア1上を搬送される基板11の表面上の計測領域に向けて所定の波長の照射光L1が射出される。照射光L1は、ハーフミラー52によって一部の光が透過されて基板上11に製膜されている透明導電膜に導かれるとともに、残りの一部が反射されて分岐光検出部54に導かれる。ハーフミラー52を透過した照明光は、偏向素子53によってP偏向とされた後、基板11の表面の垂線L3に

50

対して入射角 θ_1 で透明導電膜に入射する。この入射角 θ_1 は、事前に行われた検査条件選定方法によって選定された入射角である。

【0051】

透明導電膜に入射した照明光 L_1 は、入射角 θ_1 と略同じ角度 θ_1 で反射光 L_2 として反射される。光検出部 $2-j$ は、透明導電膜により反射された反射光 L_2 を受光する。またハーフミラー 5_2 によって反射された一部の光は、分岐光検出部 5_4 によって受光される。

【0052】

なお、本実施形態では、入射角 θ_1 で照明光が入射されるように光源 5_1 が配置されているが、このような構成に限られず、光源 5_1 から射出された照明光の光路上に光路を変更するミラー等の光路変更手段を設け、最終的に透明導電膜に対して入射角 θ_1 で入射されるような構成としてもよい。

【0053】

図10は、抵抗率検査装置10における複数の光照射部 $3-1 \sim 3-m$ と複数の光検出部 $2-1 \sim 2-m$ との位置関係を示す概略図である。複数の光照射部 $3-1 \sim 3-m$ は、基板 1_1 の搬送方向 Y に対して略垂直な X 方向に並んで配置されている。そして、基板 1_1 上の X 方向に並んだ計測位置 $M_1 \sim M_m$ に対して概ね同時に照射光 L_1 を照射する。複数の光検出部 $2-1 \sim 2-m$ は、計測位置 $M_1 \sim M_m$ から反射された反射光 L_2 を概ね同時に受光する。一組の光照射部 $3-j$ と光検出部 $2-j$ とで見れば、光照射部 $3-j$ は、計測位置 M_j に対して照射光 L_1 を照射する。光検出部 $2-j$ は、その計測位置 M_j から反射された反射光 L_2 を受光する。

【0054】

図11は、基板における計測領域を示す概略図である。基板 1_1 において、複数の光照射部 $3-1 \sim 3-m$ と複数の光検出部 $2-1 \sim 2-m$ とを用いた一度の計測で計測される領域は、一列の計測領域 $x y_i$ ($i = 1, 2, \dots, n$) の各々のうち、いずれかに相当する。基板 1_1 は、搬送コンベア 1 により光照射装置 3 と光検出装置 2 に対して相対的に移動する。したがって、その移動に基づいて、光照射装置 3 及び光検出装置 2 は、計測領域 $x y_1$ から計測領域 $x y_n$ まで順に計測を行う。

【0055】

光照射装置 3 は、情報処理装置 7 からトリガ信号 T_2 を受信すると、基板 1_1 の計測領域 $x y_i$ へ照射光 L_1 を照射する。光検出装置 2 は、情報処理装置 7 からトリガ信号 T_1 を受信すると、基板 1_1 の計測領域 $x y_i$ から反射された反射光 L_2 を受光する。そして、受光した反射光 L_2 の強度 $P S_i$ を情報処理装置 7 へ送信する。この計測領域 $x y_i$ での計測と、反射光 L_2 の強度 $P S_i$ の情報処理装置 7 への送信を含む一連の処理が繰り返されること ($i = 1$ から n まで) で、最終的に基板 1_1 上の透明導電膜の全体の特性を計測することができる。

【0056】

このように、搬送コンベア 1 上を搬送される基板 1_1 の計測領域 $x y_i$ での計測処理が順次行われることで、大面積の基板 1_1 に対しても、全体を計測することが可能となる。光照射装置 3 については、計測領域 $x y_i$ への照射光 L_1 の照射が可能であればよい。従って、大面積の基板 1_1 全体の光照射を可能とするような大規模で、高価な装置は不要となる。それにより、製造コストを最小限に抑制することが可能となる。また、光検出装置 2 については、計測領域 $x y_i$ からの反射光 L_2 の検出が可能であればよい。従って、大面積の基板 1_1 の全体からの受光を可能とするような大規模で、高価な装置は不要となる。それにより、製造コストを最小限に抑制することが可能となる。

【0057】

位置センサ 5 は、計測対象である基板 1_1 が所定位置に所在するか否かを検出する。位置センサ 5 は、その検出を行ったときに、基板 1_1 が所定位置にあることを通知する通知信号 N を情報処理装置 7 へ送信する。所定位置は、例えば、最初に計測される計測領域 $x y_1$ が光照射装置 3 の照射範囲 (照射光が照射される範囲) に達したときと定義される。

但し、この定義形態は一例であり、この形態には限らない。

【 0 0 5 8 】

ロータリーエンコーダ 6 は、各々のローラ 1 a - i の中心に開けられた中心孔部 1 A - i (i = 1 , 2 , ... , n) のうち、いずれかに嵌め込まれることによってローラ 1 a - i と接続されており、ローラ 1 a - i の回転速度を検出する。また、ロータリーエンコーダ 6 は、ローラ 1 a - i の回転速度に対応して、ローラ 1 a - i の 1 回転あたりに数百パルス～数パルス(予め設定される) のパルス信号 P を情報処理装置 7 に送信する。

【 0 0 5 9 】

情報処理装置 7 は、例えば、パーソナルコンピュータであり、CPU (中央演算処理装置) 、RAM (Random Access Memory) などの主記憶装置、ROM (Read Only Memory) 、HDD (Hard Disk Drive) などの補助記憶装置、キーボードやマウスなどの入力装置、及び表示装置等を備えて構成されている。補助記憶装置には、各種プログラムが格納されており、CPU が補助記憶装置から RAM などの主記憶装置にプログラムを読み出し、実行することにより種々の処理を実現させる。例えば、後述する抵抗率計測方法を実現するための各種処理手順は、プログラムの形態で補助記憶装置に記憶されており、CPU がこのプログラムを RAM 等に読み出して実行することにより、反射光の光量に関する評価値である反射率を算出する評価値算出処理 (評価値算出手段) 、及びこの評価値を用いて抵抗率を求める抵抗率算出処理 (抵抗値算出手段) 等を実現させる。

【 0 0 6 0 】

情報処理装置 7 は、位置センサ 5 から通知信号 N を受信し、また、ロータリーエンコーダ 6 からパルス信号 P を受信する。そして、1 パルスのパルス信号 P を受信する毎に 1 回、トリガ信号 T 1 を光検出装置 2 へ、トリガ信号 T 2 を光照射装置 3 へそれぞれ送信する。すなわち、情報処理装置 7 は、ローラ 1 a - i の 1 回転あたりに、トリガ信号 T 1 、T 2 の送信が数百回～数回行われる。ここで、ローラ 1 a - i の回転速度と、基板 1 1 の計測領域 x y i での計測に対する速度とは対応している。ローラ 1 a - i の回転速度は、基板 1 1 の搬送速度に対応している。

【 0 0 6 1 】

情報処理装置 7 は、各計測領域 x y i について、各計測位置 M j (j = 1 ~ m) の反射率 R j を計算する。具体的には、情報処理装置 7 は、各光照射部 3 - j (j = 1 ~ m) の分岐光検出部 5 4 によって計測された光強度から透明導電膜に照射される照明光 L 1 の強度 I L 1 j を算出し、この照明光 L 1 の強度 I L 1 j と光検出部 2 - j (j = 1 ~ m) によって検出された反射光 L 2 の強度 I L 2 j とに基づいて、以下の (1) 式を用いて計測位置 M j における反射率 R j を算出する。

ここで、上記透明導電膜に照射される照明光 L 1 の強度 I L 1 j は、ハーフミラー 5 2 の反射・透過特性に基づいて算出される。

【 0 0 6 2 】

$$R_j = I_{L2j} / I_{L1j} \times 100 (\%) \quad (1)$$

【 0 0 6 3 】

情報処理装置 7 は、算出された各計測位置 M 1 ~ M m での反射率 R 1 ~ R m に基づいて、情報処理装置 7 の記憶部 (図示略) に格納された計測対象の特性、例えば、事前に登録されている反射率と抵抗率とを関連付けた検量線を参照して各計測領域 x y i における各計測位置 M 1 ~ M m での透明導電膜の抵抗率を導出する。更に、この動作を全計測領域 x y 1 ~ x y n について行うことにより、基板 1 1 上の透明導電膜全体の各計測位置に係る抵抗率を算出することができる。

なお、上記検量線に代えて、反射率と抵抗率とをパラメータとして演算式を用いて、抵抗率を算出することとしてもよい。

【 0 0 6 4 】

情報処理装置 7 は、更に、各計測位置に係る膜厚を用いて、各計測領域 x y i における各計測位置 M 1 ~ M m でのシート抵抗を以下の (2) 式により求めることとしてもよい。

【 0 0 6 5 】

10

20

30

40

50

シート抵抗 (/) = 抵抗率 (c m) / 膜厚 (c m) (2)

【 0 0 6 6 】

このようにすれば、基板 1 1 上の透明導電膜全体のシート抵抗 (シート抵抗分布) についても計測することができる。なお、各計測位置に係る膜厚については、例えば、他の装置によって計測された情報を用いることが可能である。

【 0 0 6 7 】

次に、本実施形態に係る抵抗率検査装置 1 0 の動作について図 1 2 を参照して説明する。

【 0 0 6 8 】

まず、前段の工程で基板 1 1 上に透明導電膜が形成される。その後、その透明導電膜を形成された基板 1 1 が、搬送コンベア 1 上を搬送方向 Y に搬送される (ステップ S B 1)

10

【 0 0 6 9 】

位置センサ 5 は、基板 1 1 が所定位置に達したことを検出して、通知信号 N を情報処理装置 7 へ送信する。また、ロータリーエンコーダ 6 は、搬送コンベア 1 の搬送動作に伴うローラ 1 a - i の回転により、パルス信号 P を情報処理装置 7 へ送信する。情報処理装置 7 は、位置センサ 5 から通知信号 N を受信し、また、ロータリーエンコーダ 6 からパルス信号 P を受信する。そして、情報処理装置 7 は、通知信号 N 受信後において、1 パルスのパルス信号 P を受信する毎に 1 回、トリガ信号 T 1 を光検出装置 2 へ、トリガ信号 T 2 を照射装置 3 へそれぞれ送信する (ステップ S B 2) 。

20

【 0 0 7 0 】

複数の照射部 3 - 1 ~ 3 - m の各光源 5 1 は、情報処理装置 7 からトリガ信号 T 2 を受信すると、照射光を射出する。射出された各照明光は、ハーフミラー 5 2 によってその一部が反射され、残りが偏光素子 5 3 に導かれる。偏光素子 5 3 に導かれた照明光は、P 偏光に偏光された後、照明光 L 1 として基板 1 1 上に形成された透明導電膜の計測領域 x y 1 の計測位置 M 1 ~ M m へ照射される (ステップ S B 3) 。

【 0 0 7 1 】

複数の光検出部 2 - 1 ~ 2 - m は、情報処理装置 7 からトリガ信号 T 1 を受信すると、透明導電膜の計測領域 x y 1 の計測位置 M 1 ~ M m から反射した反射光 L 2 をそれぞれ受光する。そして、複数の光検出部 2 - 1 ~ 2 - m は、受光した反射光 L 2 の強度 P S 1 を情報処理装置 7 へ送信する (ステップ S B 4) 。

30

【 0 0 7 2 】

また、ハーフミラー 5 2 によって反射された照明光の一部は、各照射部 3 - 1 ~ 3 - m の分岐光検出部 5 4 に導かれ受光される。分岐光検出部 5 4 は、受光した照明光の強度 P S 2 を情報処理装置 7 に送信する (ステップ S B 5) 。このとき、分岐光検出部 5 4 は、チャンネル数分、必要とされる。

【 0 0 7 3 】

情報処理装置 7 は、各分岐光検出部 5 4 から受信した強度 P S 2 を用いて、透明導電膜に照射される照射光 L 1 の強度 I L 1 j を算出し (ステップ S B 6) 、この強度 I L 1 j と光検出部 2 - 1 ~ 2 - m での反射光 L 2 の強度 I L 2 j とに基づいて、各計測位置 M 1 ~ M m について反射率 R j を計算する (ステップ S B 7) 。

40

そして、情報処理装置 7 は、算出した各計測位置 M 1 ~ M m での反射率 R j に基づいて、記憶部に格納されている抵抗率と反射率との関係 (例えば、抵抗率と反射率とが関連付けられた検量線又は演算式) を参照して、各計測領域 x y 1 における各計測位置 M 1 ~ M m での透明導電膜の抵抗率を導出する。更に、他の装置によって計測された膜厚情報を用いて、シート抵抗を算出してもよい。情報処理装置 7 は、算出結果を記憶部に格納する。

【 0 0 7 4 】

続いて、情報処理装置 7 は、全計測領域 x y 1 ~ x y n について、抵抗率の算出が終了したか否かを判定する (ステップ S B 8) 。これは、例えば、位置センサ 5 からの通知信号 N の受信後に受信するロータリーエンコーダ 6 からのパルス信号 P の数が n 個に達した

50

ことで判断可能である。これにより、基板 1 1 上の透明導電膜全体の特性を計測することができる。この結果、終了していなければ、ステップ S B 2 に戻り、上述した処理を行う。

【 0 0 7 5 】

一方、終了していた場合には、情報処理装置 7 は、記憶部に格納された基板 1 1 上の透明導電膜全体の特性に基づいて、透明導電膜が所望の特性を有しているかを判断する（ステップ S B 9）。判断方法としては、例えば以下のような方法が考えられる。

例えば、予め記憶部に記憶されている透明導電膜の抵抗率の基準値と各計測領域 $x y 1 \sim x y n$ における各計測位置 $M 1 \sim M m$ での抵抗率とを比較し、基準を満たさない計測位置の数が所定の数（記憶部に格納）以上存在する場合、その透明導電膜が異常であると判断する。または、上記基準値と各測定結果との変位の分布を統計処理して判断することとしてもよい。また、抵抗率及びシート抵抗（及び膜厚）の少なくとも一つが基準を満たさない場合、異常と判断してもよい。なお、本発明は、これらの判断方法のみに限定されるものではない。

異常がある場合、その透明導電膜を形成された基板 1 1 は、製造工程から取り出され除去される（ステップ S B 1 0）。

以上の動作が繰り返し行われることにより、透明導電膜の抵抗率の検査が繰り返し行われる。

【 0 0 7 6 】

以上説明してきたように、本実施形態に係る抵抗率検査方法及び抵抗率検査装置によれば、透明導電膜の抵抗率の計測に光学的手法を用いるので、短時間、且つ、非接触での抵抗率の算出が可能となる。また、反射率を用いることで、透過率を用いる場合と比較して、ガラス等の基板の影響を受け難くすることができる。更に、照明光を P 偏光とし、ブリュースター現象を用いて抵抗率を算出することとしたので、膜厚等の各種計測誤差を解消でき、高い精度で抵抗率を算出することが可能となる。

【 0 0 7 7 】

なお、上述した本実施形態においては、 m 個の光照射部と m 個の光検出部とを設ける場合について述べたが、これら m 個の光照射部と m 個の光検出部を 1 つの検出ユニットとし、複数個（例えば、8 ユニット）の検出ユニットを基板の搬送方向（Y 方向）に沿って所定の間隔をあけて並列に設置することとしてもよい。

これにより、透明導電膜の膜面広域に対して照明光を照射し、その反射光を検出することが可能となる。これにより、効率的に抵抗率検査を実施することが可能となる。

【 0 0 7 8 】

〔 第 2 の実施形態 〕

次に、本発明の第 2 の実施形態に係る抵抗率検査装置及びその方法について、図を用いて説明する。

本実施形態に係る抵抗率検査装置は、光照射装置の各光照射部 3 a - j（ $j = 1 \sim m$ ）の構成が第 1 の実施形態の光照射装置 3 の各光照射部 3 - j（ $j = 1 \sim m$ ）の構成とは異なる。以下、本実施形態の抵抗率検査装置について、第 1 の実施形態と共通する点については説明を省略し、異なる点について主に説明する。

【 0 0 7 9 】

図 1 3 は、本発明の抵抗率検査装置に係る光照射部に関する構成を示す概略図である。本実施形態に係る光照射部 3 a - j（ $j = 1 \sim m$ ）においては、光源 5 1 a として半導体レーザを用いる。これにより、照明光 L 1 を P 偏向とする偏向素子 5 3（図 9 参照）が不要となる。また、半導体レーザは、上述した発光ダイオード等のその他の光源に比べて指向性が高いため、検査対象である透明導電膜から光照射部 3 a を離して設置することが可能となる。これにより、例えば、検査対象が熱い場合や、検査対象から粉塵等が飛来する場合に有効である。

更に、半導体レーザを使用することから、光源 5 1 に光ファイバを組み合わせることができ、抵抗率検査装置に固定される光照射装置 3 のヘッダ部の構成を小型化することが可

10

20

30

40

50

能となる。

【 0 0 8 0 】

〔 第 3 の実施形態 〕

次に、本発明の第 3 の実施形態に係る抵抗率検査装置及びその方法について、図を用いて説明する。

本実施形態に係る抵抗率検査装置は、光照射部 3 b - j (j = 1 ~ m) の構成が第 1 の実施形態の光照射部 3 - j (j = 1 ~ m) とは異なる。以下、本実施形態の抵抗率検査装置について、第 1 の実施形態と共通する点については説明を省略し、異なる点について主に説明する。

【 0 0 8 1 】

図 1 4 は、本発明の抵抗率検査装置に係る光照射部 3 b - j (j = 1 ~ m) に関する構成を示す概略図である。本実施形態に係る光照射部 3 b - j (j = 1 ~ m) においては、光源 5 1 b として広帯域の光を射出する光源を用いる。この光源 5 1 b は、少なくとも上述した検査条件選定方法によって選定された波長帯域の光を含む照明光を射出するものを用いる。光源 5 1 b としては、タングステンランプ等が採用可能である。

【 0 0 8 2 】

更に、本実施形態に係る光照射部 3 b - j (j = 1 ~ m) においては、広帯域の波長の照明光の中から特定の波長、つまり、上記検査条件選定方法によって選定された波長帯域の照明光を選択するバンドパスフィルタ、干渉フィルタ等の波長選択素子 (波長選択手段) 5 5 を照明光 L 1 の光路上、または、反射光 L 2 の光路上に設ける。図 1 4 では、照明光 L 1 の光路上に設けた例を示している。

【 0 0 8 3 】

波長選択素子 5 5 の帯域幅は数 1 0 n m 以上数 1 0 0 n m の範囲が好ましい。具体的には、光量低下による S N 比悪化と、広帯域化による抵抗率計測誤差を勘案して実験的に適切な帯域幅を設定することが好ましい。

【 0 0 8 4 】

〔 第 4 の実施形態 〕

次に、本発明の第 4 の実施形態に係る抵抗率検査装置及びその方法について、図を用いて説明する。

上述した各実施形態に係る抵抗率検査装置においては、照明光 L 1 の光路上に照明光 L 1 の一部を反射するハーフミラー 5 2 を設けるとともに、このハーフミラー 5 2 によって分岐された照明光の一部を検出する分岐光検出部 5 4 を設けていた (例えば、図 9 参照) 。

【 0 0 8 5 】

本実施形態においては、このようなハーフミラー 5 2 及び分岐光検出部 5 4 を省略した構成とする。図 1 5 に、上述した第 2 の実施形態に係る光照射部 3 a - j のように、半導体レーザを光源 5 1 a として採用した場合の本実施形態に係る光照射部 3 c - j の概略構成を一例として示す。

【 0 0 8 6 】

このように、ハーフミラー 5 2 及び分岐光検出部 5 4 を省略する構成とすることで、上述した各実施形態のように、照明光 L 1 の強度を逐次算出することができないことから、図 9 に示した上記第 1 の実施形態に係る光照射部 3 - j を採用する場合と比較して、図 1 2 に示されるステップ S B 5 及び S B 6 が省略されることとなり、抵抗率の算出精度は多少低下することが考えられる。しかしながら、図 1 5 に示す通り、構成要素を省略することができるため、装置構成の簡略化、小型化等を図ることが可能となる。

【 0 0 8 7 】

〔 第 5 の実施形態 〕

次に、本発明の第 5 の実施形態に係る抵抗率検査装置及びその方法について説明する。

本実施形態に係る抵抗率検査装置は、上述した各実施形態に係る光照射装置 2 及び光検出装置 3 が遮蔽部材によって囲まれている点で上述した第 1 の実施形態の抵抗率検査装置

10

20

30

40

50

と異なる。

このように、光照射装置 3 及び光検出装置 2 を遮蔽部材によって囲むことにより、外乱光の入射を抑えることが可能となり、抵抗率の計測精度向上を図ることができる。

【 0 0 8 8 】

〔光電変換装置〕

次に、上述したいずれかの実施形態に係る抵抗率検査装置を適用して製造された本発明の一実施形態に係る光電変換装置について説明する。

図 1 6 は、上述した本発明のいずれかの実施形態に係る抵抗率検査装置を適用して製造された光電変換装置の一例を示す断面図である。ここでは、光電変換装置として、タンデム型の太陽電池 5 0 を一例に挙げて説明する。ただし、本発明の抵抗率検査装置により検査される透明電極膜は、この例に限定されるものではなく、他の型の太陽電池（例示：アモルファス型太陽電池、結晶型太陽電池）にも適用可能である。

【 0 0 8 9 】

このタンデム型の太陽電池 5 0 は、基板 1 1、アルカリバリア膜 2 1 及び透明導電膜 2 5、電池層 2 6、裏面電極膜 2 7 を具備する。電池層 2 6 は、アモルファスシリコン系電池層 3 5 と微結晶シリコン電池層 4 5 とを備えている。アモルファスシリコン系電池層 3 5 は、アモルファス p 層膜 3 1、アモルファス i 層膜 3 2 及び微結晶 n 層膜 3 3 を含む。ただし、アモルファス p 層膜 3 1 とアモルファス i 層膜 3 2 との間には界面特性の向上のためにバッファ層を設けても良い。微結晶シリコン系電池層 4 5 は、微結晶 p 層膜 4 1、微結晶 i 層膜 4 2 及び微結晶 n 層膜 4 3 を含む。微結晶 n 層膜 3 3 と微結晶 p 層膜 4 1 との間に、アモルファス層 3 5 の光吸収の向上のために半反射膜となる G Z O (G a ドープ Z n O 膜) などの中間層を膜厚：2 0 ~ 1 0 0 n m でスパッタリング装置により製膜して設けても良い。

【 0 0 9 0 】

〔光電変換装置の製造装置及び製造方法〕

次に、本発明の抵抗率検査装置を適用した太陽電池の製造装置及びその方法について説明する。ここでは、図 1 6 に示されたタンデム型の太陽電池 5 0 の製造装置及び方法を一例として説明する。

図 1 7 は、本発明の一実施形態に係る太陽電池の製造方法の処理手順を示したフローチャートである。本実施形態では、基板 1 1 としてソーダフロートガラス基板（1 . 4 m x 1 . 1 m x 板厚：4 m m）を使用する。基板端面は破損防止にコーナー面取りや R 面取り加工されていることが望ましい。

【 0 0 9 1 】

まず、アルカリバリア膜 2 1 である酸化シリコン膜（S i O 2 膜）を基板 1 1 上に熱 C V D 法により形成する。基板温度は 5 0 0 であり、膜厚は 2 0 ~ 5 0 n m である。次に、透明導電膜 2 5 として F ドープの酸化錫膜（S n O 2 膜）をアルカリバリア膜 2 1 上に熱 C V D 法により製膜する。基板温度は 5 0 0 であり、膜厚は 3 0 0 ~ 9 0 0 n m である（ステップ S C 1）。

【 0 0 9 2 】

その後、基板 1 1 は、搬送路上を搬送されるうちに徐々に冷却されるとともに、抵抗率検査装置の手前に設けられたファン等の冷却装置によって大気温度から 1 0 0 の範囲まで冷却され、上述した本発明のいずれかの実施形態に係る抵抗率検査装置へ搬送される。抵抗率検出装置において、基板 1 1 上に製膜された透明導電膜 2 5 の抵抗率が検査され（ステップ S C 2）、所望の基準を満たさない透明導電膜 2 5 を有する基板 1 1 は、製造工程から取り除かれる。

このように、透明導電膜 2 5 の製膜工程に異常が発生した場合でも、その異常を早期に把握することができるので、所望の特性を満たさない透明導電膜 2 5 が製膜された基板 1 1 の発生を少なく抑えることができる。大型の基板 1 1 を用いている場合、基板 1 1 や製膜にかかるコストも非常に高いことから、それらの無駄なコストが発生することを防止することができる。更に、透明導電膜製造設備の異常についても検知することが可能となる

10

20

30

40

50

。これにより、製造設備の点検や製膜条件の調整にすみやかに着手でき、生産性を維持することが可能となる。

【0093】

その後、基板11をX-Yテーブルに設置する。そして、レーザダイオード励起YAGレーザの第1高調波(1064nm)を基板11上の所定の位置に照射して、透明導電膜及びアルカリバリア膜を所定の短冊形状になるように加工する(ステップSC3)。

【0094】

続いて、プラズマCVD装置により、減圧雰囲気：30~150Pa、約200にてアモルファスシリコン系電池層35としてのアモルファスp層膜31/アモルファスi層膜32を順次製膜する。その後、減圧雰囲気：30~150Pa、基板温度180にて微結晶n層膜33を製膜する(ステップSC4)。アモルファスp層膜31は、BドーブしたアモルファスSiCを主とし、膜厚10~30nmである。アモルファスi層膜32は、アモルファスSiを主とし、膜厚200~350nmである。微結晶n層膜33は、Pドーブした微結晶Siを主とし、膜厚30~50nmである。

10

【0095】

次に、プラズマCDV装置により、減圧雰囲気：30~700Pa、基板温度150~250にて微結晶シリコン系電池層45の微結晶p層膜41を製膜する。続いて、減圧雰囲気：900~3000Pa、基板温度150~250にて微結晶i層膜42を製膜する。そして、減圧雰囲気：30~700Pa、基板温度150~250にて、微結晶n層膜43を製膜する。(ステップSC5)。微結晶p層膜41は、Bドーブした微結晶Siを主とし、膜厚10~50nmである。微結晶i層膜42は、微結晶Siを主とし、膜厚1.5~3μmである。微結晶n層膜43は、Pドーブした微結晶Siを主とし、膜厚20~50nmである。

20

【0096】

次に、基板11をX-Yテーブルに設置する。そして、レーザダイオード励起YAGレーザの第2高調波(532nm)を基板11上の所定の位置に照射して、電池層26を所定の短冊形状になるように加工する(ステップSC6)。

【0097】

スパッタリング装置により、裏面電極膜27としてAg膜及びTi膜を減圧雰囲気：1~5Pa、約150にて順次製膜する(ステップSC7)。裏面電極膜27は本実施形態では、Ag膜：200~500nm、Ti膜：10~20nmをこの順に積層する。

30

【0098】

次に、基板11をX-Yテーブルに設置する。そして、レーザダイオード励起YAGレーザの第2高調波(532nm)を基板11上の所定の位置に照射して、裏面電極膜27を所定の短冊形状になるように加工する(ステップSC8)。

上記各工程により、光電変換装置を製造することができる。

【0099】

以上、説明してきたように、本実施形態に係る光電変換装置の製造方法によれば、本発明のいずれかの実施形態に係る抵抗率検査装置及びその方法を用いているので、透明導電膜の製膜工程に異常が発生した場合でも、太陽電池が完成する前に把握することができる。それにより、透明導電膜の異常により所望の特性を満たさない太陽電池が製造されることを早い段階で防止することができる。また、太陽電池の製造工程の途中において透明導電膜の電気特性を短時間で非接触に検査することが可能となる。更に、透明導電膜製造設備の異常についても検知することが可能となる。これにより、製造設備の点検や製膜条件の調整にすみやかに着手でき、生産性を維持することが可能となる。

40

【0100】

なお、上記実施形態においては、冷却装置の下流側に抵抗率検査装置を設けた場合を記載したが、この配置例に限定されない。例えば、冷却装置の上流側に抵抗率検査装置を設けることも可能である。この場合には、基板の温度が安定しないため、つまり、本発明で想定している基板の温度大気温度~100の範囲から基板温度が外れてしまい、図23

50

に示したように、温度による計測誤差が生じてしまう可能性がある。従って、温度が安定しない基板を検査する場合においては、基板の温度に応じて反射率と抵抗率とが関連付けられた検量線を用意しておき、検査時においては、基板の温度を測定し、その温度に対応する検量線を用いて反射率から抵抗率を求めることとする。

【0101】

以上、本発明の実施形態について図面を参照して詳述してきたが、具体的な構成はこの実施形態に限られるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲の設計変更等も含まれる。

【図面の簡単な説明】

【0102】

10

【図1】本発明の一実施形態に係る検査条件選定方法の処理手順について説明したフローチャートである。

【図2】サンプルに対して照明光を照射し、そのときの反射光を受光するときの光学系モデルの一例を示した図である。

【図3】入射角 0° の場合の波長 1000 nm 以上 3000 nm 以下の範囲における各波長と反射率との関係を表した波長 - 反射率特性を示した図である。

【図4】入射角 30° の場合の波長 1000 nm 以上 3000 nm 以下の範囲における各波長と反射率との関係を表した波長 - 反射率特性を示した図である。

【図5】入射角 60° の場合の波長 1000 nm 以上 3000 nm 以下の範囲における各波長と反射率との関係を表した波長 - 反射率特性を示した図である。

20

【図6】入射角 80° の場合の波長 1000 nm 以上 3000 nm 以下の範囲における各波長と反射率との関係を表した波長 - 反射率特性を示した図である。

【図7】波長 300 nm 以上 5000 nm 以下の範囲で検査を行ったときの波長と反射率の相関関係図の一例を示した図である。

【図8】本発明の第1の実施形態に係る抵抗率検査装置の概略構成を示す図である。

【図9】本発明の第1の実施形態に係る光照射部の概略構成を示した図である。

【図10】複数の光照射部と複数の光検出部との位置関係を示す概略図である。

【図11】基板における計測領域を示す概略図である。

【図12】本発明の第1の実施形態に係る抵抗率検査方法の処理手順を示したフローチャートである。

30

【図13】本発明の第2の実施形態に係る抵抗率検査装置に用いられる光照射部の概略構成を示した図である。

【図14】本発明の第3の実施形態に係る抵抗率検査装置に用いられる光照射部の概略構成を示した図である。

【図15】本発明の第4の実施形態に係る抵抗率検査装置に用いられる光照射部の概略構成を示した図である。

【図16】本発明のいずれかの実施形態に係る抵抗率検査装置を適用して製造された光電変換装置の一例を示す断面図である。

【図17】本発明の一実施形態に係る太陽電池の製造方法の処理手順を示したフローチャートである。

40

【図18】各膜厚における波長と反射率の関係を示した図である。

【図19】波長 1500 nm を採用したときの各膜厚における反射率とシート抵抗の関係を示した図である。

【図20】波長 2400 nm を採用したときの各膜厚における反射率とシート抵抗の関係を示した図である。

【図21】ブリュースター現象の光学計算モデルを示した図である。

【図22】各波長と分光ヘイズ率との関係を示した図である。

【図23】各温度における各波長と黒体放射率との関係を示した図である。

【符号の説明】

【0103】

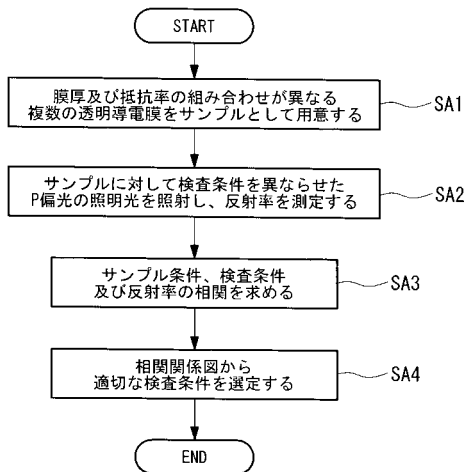
50

- 1 搬送コンベア
- 1 a - i (i = 1 , 2 , ... , n) ローラ
- 1 A - i (i = 1 , 2 , ... , n) 中心孔部
- 2 光検出装置
- 2 - 1 ~ 2 - m , 2 - j 光検出器
- 3 光照射装置
- 3 - 1 ~ 3 - m , 3 - j , 3 a - j , 3 b - j , 3 c - j 光検出部
- 5 位置センサ
- 6 ロータリーエンコーダ
- 7 情報処理装置
- 8 (8 a、8 b) 検出器固定具
- 9 (9 a、9 b) 光源固定具
- 10 抵抗率検査装置
- 11 基板
- 25 透明導電膜
- 50 太陽電池
- 51 , 51 a , 51 b 光源
- 52 ハーフミラー
- 53 偏光素子
- 54 分岐光検出部

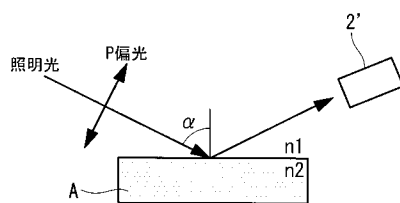
10

20

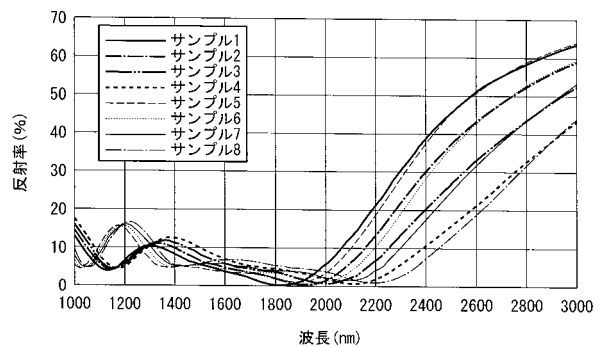
【 図 1 】



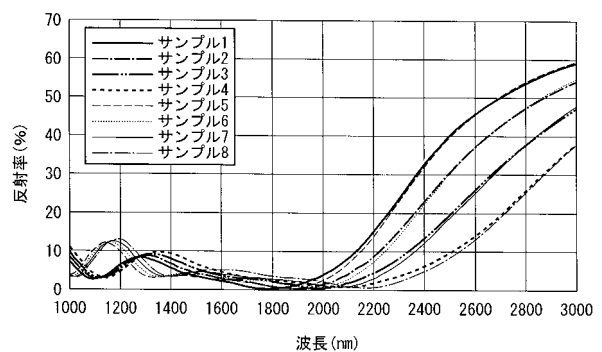
【 図 2 】



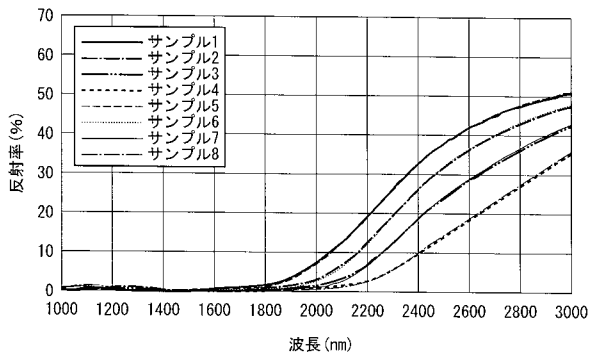
【 図 3 】



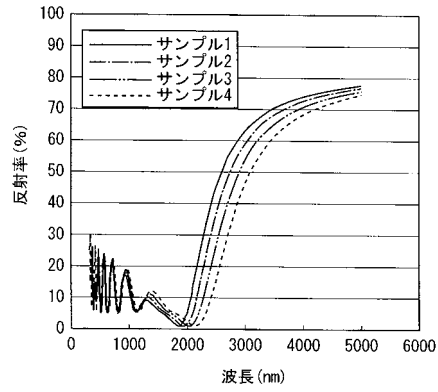
【 図 4 】



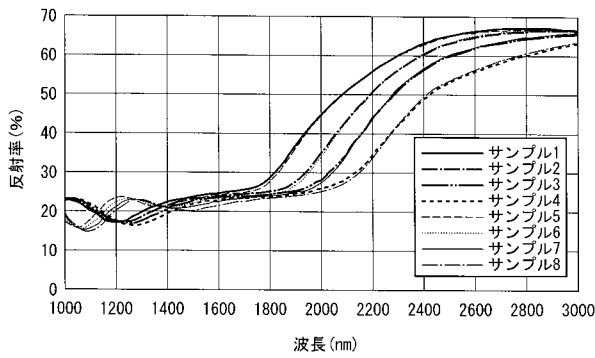
【図5】



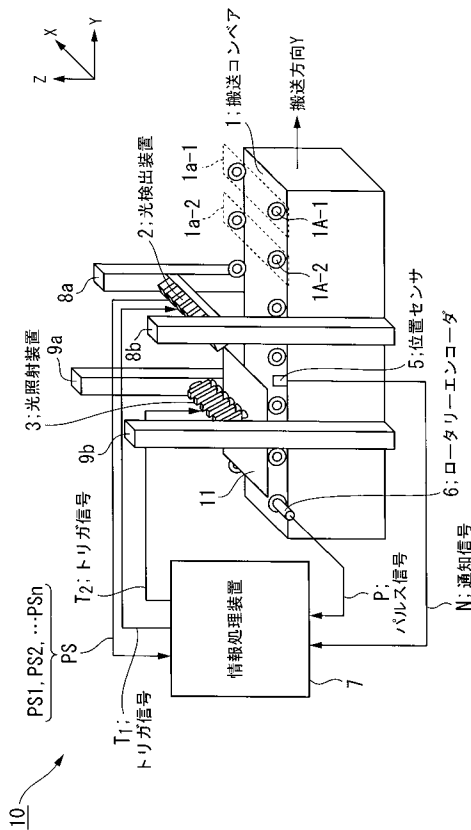
【図7】



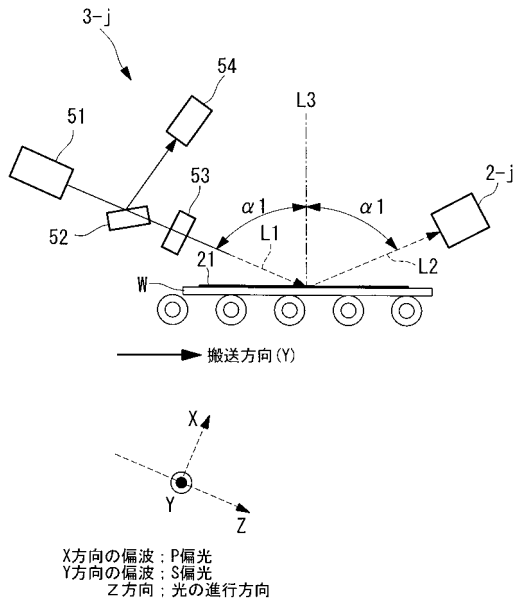
【図6】



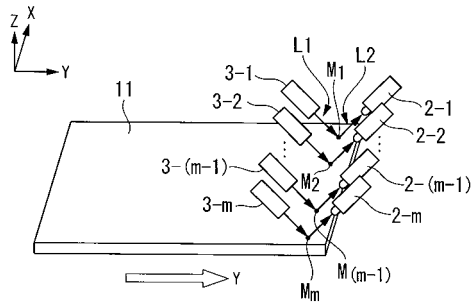
【図8】



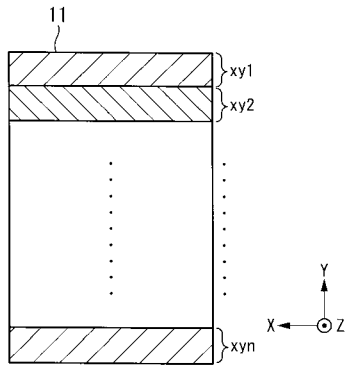
【図9】



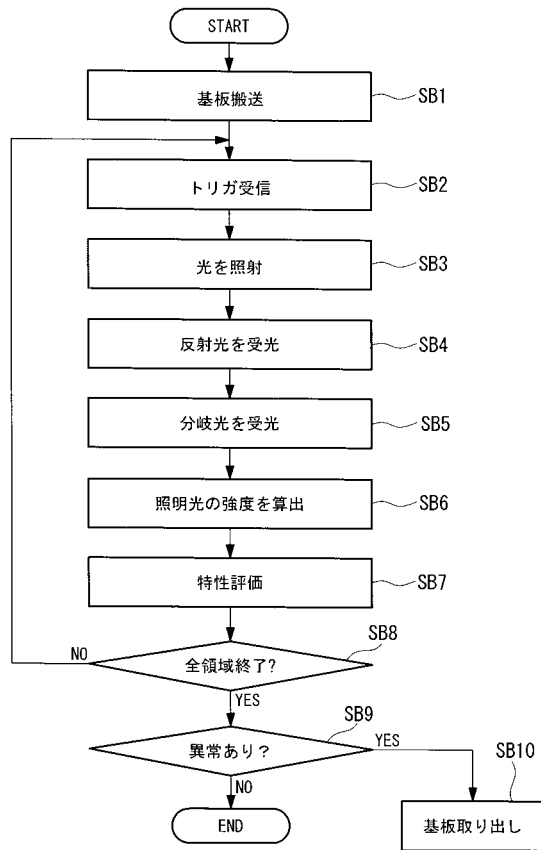
【図10】



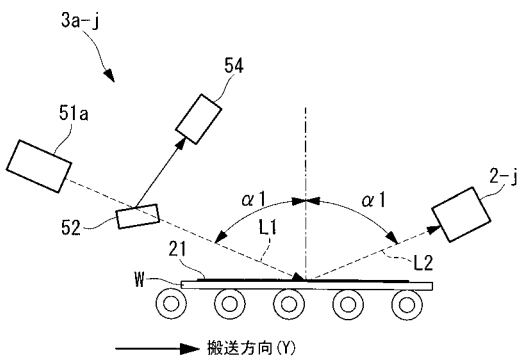
【図11】



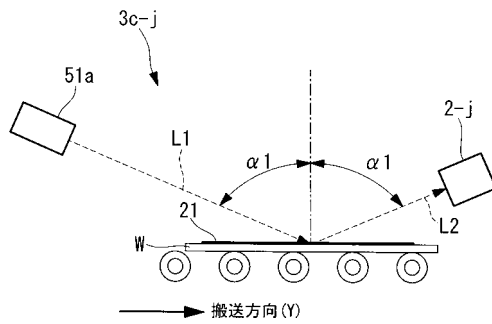
【図12】



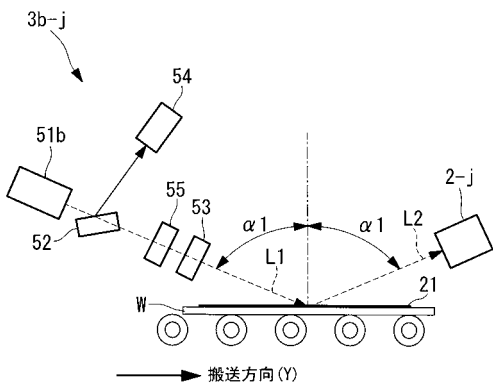
【図13】



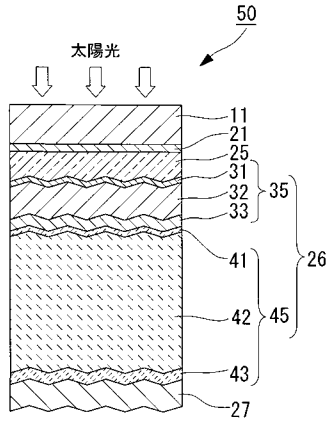
【図15】



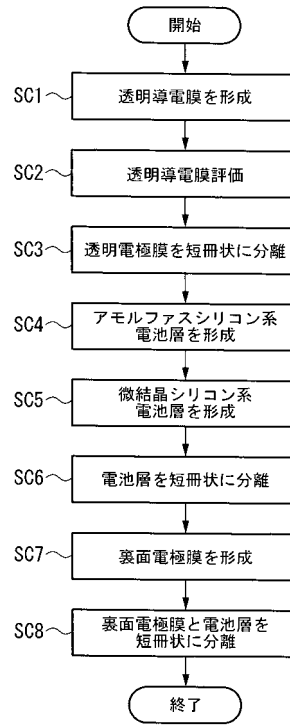
【図14】



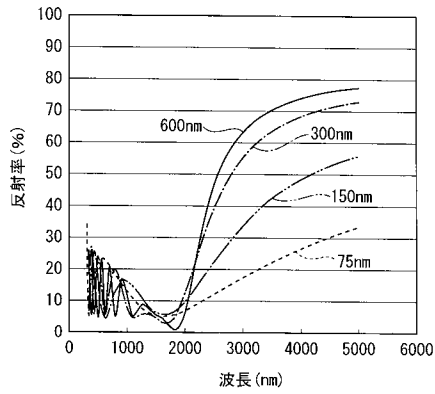
【図16】



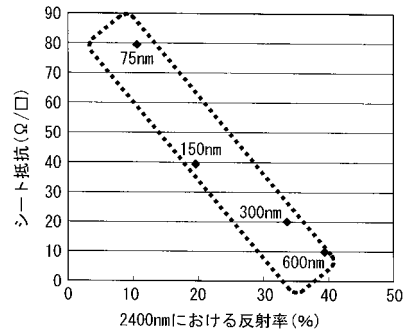
【図17】



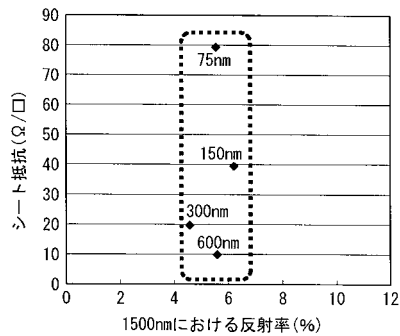
【図18】



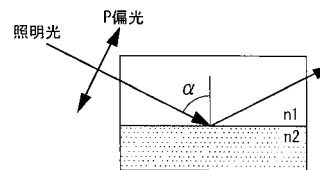
【図20】



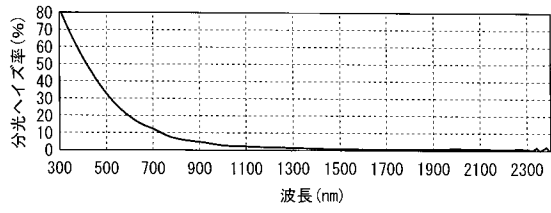
【図19】



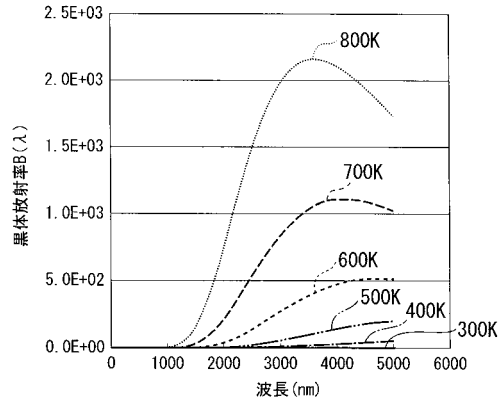
【図21】



【 図 2 2 】



【 図 2 3 】



フロントページの続き

- (72)発明者 小林 靖之
神奈川県横浜市金沢区幸浦一丁目8番地1 三菱重工業株式会社 先進技術研究センター内
- (72)発明者 山口 賢剛
長崎県長崎市深堀町五丁目717番1号 三菱重工業株式会社 長崎研究所内

審査官 横尾 雅一

- (56)参考文献 特開平01-224646(JP,A)
特開2007-225418(JP,A)
特開2001-059816(JP,A)
特開2004-221145(JP,A)
特開2005-134324(JP,A)
特表2002-517750(JP,A)
特表2002-517915(JP,A)
特表2003-506675(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G01N21/00-21/61
G01R27/00-27/32
H01L31/04-31/06