

(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2015-114186
(P2015-114186A)

(43) 公開日 平成27年6月22日 (2015.6.22)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
GO 1 N 21/956 (2006.01)	GO 1 N 21/956 Z	2 F 0 6 5
GO 1 B 11/30 (2006.01)	GO 1 B 11/30 Z	2 G 0 5 1

審査請求 未請求 請求項の数 16 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2013-255711 (P2013-255711)
(22) 出願日 平成25年12月11日 (2013.12.11)

(71) 出願人 000002369
セイコーエプソン株式会社
東京都新宿区西新宿2丁目4番1号
(74) 代理人 100095728
弁理士 上柳 雅誉
(74) 代理人 100116665
弁理士 渡辺 和昭
(72) 発明者 奥村 嘉夫
長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内
Fターム(参考) 2F065 AA49 BB01 CC02 DD06 FF04
FF42 GG03 HH12 HH18 JJ03
JJ08 JJ26 MM06 PP04 PP25
QQ24 QQ31 SS02 SS13 UU05

最終頁に続く

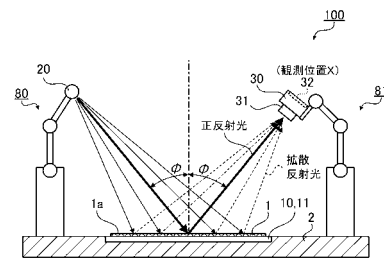
(54) 【発明の名称】 表面凹凸状態の可視化方法および表面凹凸状態の可視化装置

(57) 【要約】

【課題】 表面凹凸状態を簡便に可視化することができる装置を提供する。

【解決手段】 表面凹凸状態の可視化装置（撮像装置100）は、被対象物を配置する配置部10と、配置部10に配置される被対象物の観測表面1aの法線方向よりずれた方向から観測表面1aに観測光を照射する光源20と、観測表面1aからの観測光の正反射光が受光できる観測位置で、観測光の反射光によって観測表面1aを撮像し観測像を得る観測部30とを備える。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

被対象物の観測表面の法線方向よりずれた方向から前記観測表面に観測光を照射し、前記観測表面からの前記観測光の正反射光が受光できる観測位置で、前記観測光の反射光によって前記観測表面を撮像し観測像を得ることを特徴とする表面凹凸状態の可視化方法。

【請求項 2】

前記観測光の拡散反射光を含む反射光により前記観測像を得ることを特徴とする請求項 1 に記載の表面凹凸状態の可視化方法。

【請求項 3】

前記観測像を基に前記観測表面に正対した時に得られる画像に変換することを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載の表面凹凸状態の可視化方法。

【請求項 4】

前記被対象物を配置する配置部または前記観測表面に目盛りを設け、前記観測位置で撮像された前記配置部または前記観測表面の観測像に含まれる前記目盛りの画像情報に基づいて前記観測表面の観測像を前記観測表面に正対した時に得られる画像に変換することを特徴とする請求項 3 に記載の表面凹凸状態の可視化方法。

【請求項 5】

前記被対象物を配置する配置部または前記観測表面に目盛りを設け、前記観測位置で撮像された前記配置部または前記観測表面の観測像に含まれる前記目盛りの画像情報に基づいて前記観測表面と前記観測位置との相対位置情報を算出することを特徴とする請求項 1 ないし請求項 3 のいずれか一項に記載の表面凹凸状態の可視化方法。

【請求項 6】

過去に算出された前記相対位置情報を基に、前記観測位置を再現することを特徴とする請求項 5 に記載の表面凹凸状態の可視化方法。

【請求項 7】

前記観測位置で撮像された前記観測表面の RGB 画像を基に色変換し、前記観測表面の $L^*a^*b^*$ 画像を形成することを特徴とする請求項 1 ないし請求項 6 のいずれか一項に記載の表面凹凸状態の可視化方法。

【請求項 8】

被対象物を配置する配置部と、前記配置部に配置される前記被対象物の観測表面の法線方向よりずれた方向から前記観測表面に観測光を照射する光源と、前記観測表面からの前記観測光の正反射光が受光できる観測位置で、前記観測光の反射光によって前記観測表面を撮像し観測像を得る観測部と、を備えることを特徴とする表面凹凸状態の可視化装置。

【請求項 9】

前記観測部がエリアセンサーであることを特徴とする請求項 8 に記載の表面凹凸状態の可視化装置。

【請求項 10】

前記観測部は、前記観測光の拡散反射光を含む反射光により前記観測像を得ることを特徴とする請求項 8 または請求項 9 に記載の表面凹凸状態の可視化装置。

【請求項 11】

前記観測像を前記観測表面に正対した時に得られる画像に変換する射影変換部を備えることを特徴とする請求項 8 ないし請求項 10 のいずれか一項に記載の表面凹凸状態の可視化装置。

【請求項 12】

前記配置部には目盛りが設けられ、前記射影変換部は、前記観測位置で撮像された前記配置部の観測像に含まれる前記目盛りの画像情報に基づいて前記観測表面の観測像を前記観測表面に正対した時に得られる画

10

20

30

40

50

像に変換することを特徴とする請求項 1 1 に記載の表面凹凸状態の可視化装置。

【請求項 1 3】

前記配置部には目盛りが設けられ、

前記観測位置で撮像された前記配置部の観測像に含まれる前記目盛りの画像情報に基づいて前記観測表面と前記観測位置との相対位置情報を算出する位置演算部を備えることを特徴とする請求項 8 ないし請求項 1 1 のいずれか一項に記載の表面凹凸状態の可視化装置。

【請求項 1 4】

前記光源の位置を移動させる光源移動機構と、前記観測部の前記観測位置を移動させる観測部移動機構とを備え、

前記光源移動機構および前記観測部移動機構は、過去に算出された前記相対位置情報を基に、前記光源および前記観測部の位置を再現することを特徴とする請求項 1 3 に記載の表面凹凸状態の可視化装置。

【請求項 1 5】

前記配置部が、前記被対象物を吸着する静電吸着板を備えていることを特徴とする請求項 8 ないし請求項 1 4 のいずれか一項に記載の表面凹凸状態の可視化装置。

【請求項 1 6】

前記観測位置で撮像された前記観測表面の RGB 画像を前記観測表面の $L^* a^* b^*$ 画像に変換する色変換部を備えることを特徴とする請求項 8 ないし請求項 1 5 のいずれか一項に記載の表面凹凸状態の可視化装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、表面凹凸状態の可視化方法および表面凹凸状態の可視化装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、物体の表面凹凸状態を評価する方法として、接触式変位計や非接触式変位計を利用する方法が知られている。接触式変位計としては、例えば、物体の表面に当接させる探針を備えた可動部材の位置（物体の凹凸に合わせて移動する相対位置）を光学的に検出することで物体表面の凹凸を測定する表面形状測定装置が特許文献 1 に記載されている。また、非接触式変位計としては、例えば、レーザー変位計が知られている。これは、レーザー光を物体の表面に照射し、その反射光の変化により表面の凹凸を計るものである。

また、物体の表面凹凸状態を非接触で評価する方法として光切断法が知られている。これは、物体の表面に対して斜め上方からスリット光を当て、表面の凹凸の度合いに応じて生じる照射位置（反射位置）のズレを観測する方法である。例えば、特許文献 2 には、この技術を用いた光切断顕微鏡が記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2010 - 96570 号公報

【特許文献 2】実開平 5 - 92620 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、特許文献 1 に記載の表面形状測定装置やレーザー変位計は、評価（測定）する箇所が点であるため、表面のより広い範囲の凹凸を評価するためには、その範囲全体を走査する必要があるなど時間がかかるという問題があった。特許文献 2 に記載されるような光切断法であっても、評価・測定する箇所が線であり、やはり、表面のより広い範囲の凹凸を評価するためには、その範囲全体を走査する必要がある。また、表面に広がる凹凸の状態を視認できるようにするためには、走査して得られた情報を蓄積し、面情報

10

20

30

40

50

に置き換えて表示するなどの処理手段や処理時間が必要であった。

【課題を解決するための手段】

【0005】

本発明は、上述の課題の少なくとも一部を解決するためになされたものであり、以下の適用例または形態として実現することが可能である。

【0006】

[適用例1] 本適用例に係る表面凹凸状態の可視化方法は、被対象物の観測表面の法線方向よりずれた方向から前記観測表面に観測光を照射し、前記観測表面からの前記観測光の正反射光が受光できる観測位置で、前記観測光の反射光によって前記観測表面を撮像し観測像を得ることを特徴とする。

10

【0007】

本適用例による表面凹凸状態の可視化方法によれば、被対象物の観測表面の法線方向よりずれた方向から観測表面に観測光を照射し、観測表面からの観測光の正反射光が受光できる観測位置で、観測光の反射光によって観測表面を撮像し観測像を得る。被対象物の観測表面に凹凸がある場合には、観測表面の法線方向よりずれた方向から照射される観測光の反射光により観測表面を撮像することにより、その凹凸が反映した観測像を得ることができる。具体的には、観測像には、観測表面の凹凸の有無や凹凸の度合い、凹凸がある場合の位置などの評価ができる情報が記録される（つまり可視化される）。この可視化された情報によって、被対象物の観測表面の凹凸状態を簡便に評価することができる。

【0008】

20

[適用例2] 上記適用例に係る表面凹凸状態の可視化方法において、前記観測光の拡散反射光を含む反射光により前記観測像を得ることを特徴とする。

【0009】

本適用例による表面凹凸状態の可視化方法によれば、被対象物の観測表面の法線方向よりずれた方向から観測表面に観測光を照射し、観測表面からの観測光の正反射光が受光できる観測位置で、観測光の拡散反射光を含む反射光により観測表面を撮像し観測像を得る。例えば、観測表面が凹凸の無い鏡面の場合には、観測光は観測表面に吸収されるかあるいは正反射光として反射される。従って、観測像は、正反射光によってのみ構成される。これに対して、観測表面に凹凸があり、その凹凸が観測光の波長と同程度、あるいはそれより大きい場合には反射光は拡散反射光として凹凸に応じ色々な方向に広がる。その結果、観測位置に到達する反射光は、正反射光以外にも拡散反射光も含まれることになる。つまり、観測表面に凹凸が有る場合には、その凹凸部分からの拡散反射光も含まれた観測像が得られる。換言すると、観測像から正反射光による部分を除いて得られる観測像は、表面凹凸状態が反映された観測像であると言える。従って、本適用例のように、観測光の拡散反射光を含む反射光により観測像を得ることで、表面凹凸状態を簡便に可視化することができる。

30

【0010】

[適用例3] 上記適用例に係る表面凹凸状態の可視化方法において、前記観測像を基に前記観測表面に正対した時に得られる画像に変換することが好ましい。

【0011】

40

本適用例のように、観測表面の観測像を基に観測表面に正対した時に得られる画像に変換することで、観測表面の表面凹凸状態をより実際に即した状態として可視化することができる。具体的には、観測表面の凹凸の有無や凹凸の度合い、凹凸がある場合の位置などの情報が、実際の（被対象物の）観測表面に正対視したときと同じ位置関係で可視化できるため、表面凹凸状態の評価においてその利便性が高い。

【0012】

[適用例4] 上記適用例に係る表面凹凸状態の可視化方法において、前記被対象物を配置する配置部または前記観測表面に目盛りを設け、前記観測位置で撮像された前記配置部または前記観測表面の観測像に含まれる前記目盛りの画像情報に基づいて前記観測表面の観測像を前記観測表面に正対した時に得られる画像に変換することが好ましい。

50

【 0 0 1 3 】

本適用例によれば、被対象物を配置する配置部または観測表面に目盛りを設け、観測位置で撮像された配置部または観測表面の観測像に含まれる目盛りの画像情報に基づいて観測表面の観測像を観測表面に正対した時に得られる画像に変換する。予めその寸法情報が既知の目盛りを設けることにより、撮像された観測像に含まれる目盛りの画像情報から得られる寸法情報を対比させることで簡便に観測表面に正対した時に得られる画像への変換係数（変換関数）が算出される。従って、観測像から観測表面に正対した時に得られる画像への変換を簡便にまた正確に行うことができる。

【 0 0 1 4 】

[適用例 5] 上記適用例に係る表面凹凸状態の可視化方法において、前記被対象物を配置する配置部または前記観測表面に目盛りを設け、前記観測位置で撮像された前記配置部または前記観測表面の観測像に含まれる前記目盛りの画像情報に基づいて前記観測表面と前記観測位置との相対位置情報を算出することを特徴とする。

10

【 0 0 1 5 】

本適用例によれば、被対象物を配置する配置部または観測表面に目盛りを設け、観測位置で撮像された配置部または観測表面の観測像に含まれる目盛りの画像情報に基づいて観測表面と観測位置との相対位置情報を算出する。予めその寸法情報が既知の目盛りを設けることにより、撮像された観測像に含まれる目盛りの画像情報から得られる寸法情報を対比させることで簡便に観測表面と観測位置との相対位置情報が算出される。相対位置情報とは、具体的には、観測表面と観測位置との距離、観測表面と観測位置との相対角度などである。これらの相対位置情報は、観測表面の表面凹凸状態を可視化している条件情報であり、この情報を用いることにより、例えば、表面凹凸状態の評価において、その指標や方法の統一、評価の比較・再現などが簡便に行えるようになる。

20

【 0 0 1 6 】

[適用例 6] 上記適用例に係る表面凹凸状態の可視化方法において、過去に算出された前記相対位置情報を基に、前記観測位置を再現することを特徴とする。

【 0 0 1 7 】

本適用例のように、過去に算出された相対位置情報を基に、観測位置を再現することで、例えば、表面凹凸状態の評価において、その指標や方法の統一、評価の比較・再現などが簡便に行えるようになる。

30

【 0 0 1 8 】

[適用例 7] 上記適用例に係る表面凹凸状態の可視化方法において、前記観測位置で撮像された前記観測表面の RGB 画像を基に色変換し、前記観測表面の $L^*a^*b^*$ 画像を形成することが好ましい。

【 0 0 1 9 】

本適用例によれば、観測位置で撮像された観測表面の RGB 画像を基に色変換し、観測表面の $L^*a^*b^*$ 画像を形成する。 $L^*a^*b^*$ 色空間は、RGB 色空間と異なり、人間の視覚が有する心理物理学的な色の距離に基づいて（近似させて）変換された色空間であるため、可視化された観測像を視認して得られる観測表面の表面凹凸状態の情報は、実際の観測表面の表面凹凸状態により近いものとして得られる。つまり、表面凹凸状態の評価においてその利便性が高い観測像を得ることができる。

40

【 0 0 2 0 】

[適用例 8] 本適用例に係る表面凹凸状態の可視化装置は、被対象物を配置する配置部と、前記配置部に配置される前記被対象物の観測表面の法線方向よりずれた方向から前記観測表面に観測光を照射する光源と、前記観測表面からの前記観測光の正反射光が受光できる観測位置で、前記観測光の反射光によって前記観測表面を撮像し観測像を得る観測部と、を備えることを特徴とする。

【 0 0 2 1 】

本適用例による表面凹凸状態の可視化装置によれば、被対象物を配置する配置部と、配置部に配置される被対象物の観測表面の法線方向よりずれた方向から観測表面に観測光を

50

照射する光源と、観測表面からの観測光の正反射光が受光できる観測位置で、観測光の反射光によって観測表面を撮像し観測像を得る観測部とを備えている。被対象物の観測表面に凹凸がある場合には、観測表面の法線方向よりずれた方向から照射される観測光の反射光により観測表面を撮像することにより、その凹凸が反映した観測像を得ることができる。具体的には、観測像には、観測表面の凹凸の有無や凹凸の度合い、凹凸がある場合の位置などの評価ができる情報が記録される（つまり可視化される）。

従って、本適用例による表面凹凸状態の可視化装置によれば、観測表面の凹凸の有無や凹凸の度合い、凹凸がある場合の位置などを簡便に可視化することができる。また、この可視化された情報によって、被対象物の観測表面の凹凸状態を簡便に評価することができる。

10

【 0 0 2 2 】

[適用例 9] 上記適用例に係る表面凹凸状態の可視化装置において、前記観測部がエリアセンサーであることを特徴とする。

【 0 0 2 3 】

本適用例によれば、観測部がエリアセンサーであるため、被対象物の観測表面を走査することなく、瞬時に表面の情報として捉えることができる。その結果、観測表面に広がる凹凸の状態をより効率的に短時間で視認することができる。

【 0 0 2 4 】

[適用例 1 0] 上記適用例に係る表面凹凸状態の可視化装置において、前記観測部は、前記観測光の拡散反射光を含む反射光により前記観測像を得ることを特徴とする。

20

【 0 0 2 5 】

本適用例による表面凹凸状態の可視化装置によれば、光源は、被対象物の観測表面の法線方向よりずれた方向から観測表面に観測光を照射し、観測部は、観測表面からの観測光の正反射光が受光できる観測位置で、観測光の拡散反射光を含む反射光により観測表面を撮像し観測像を得る。例えば、観測表面が凹凸の無い鏡面の場合には、観測光は観測表面に吸収されるかあるいは正反射光として反射される。従って、観測像は、正反射光によってのみ構成される。これに対して、観測表面に凹凸があり、その凹凸が観測光の波長と同程度、あるいはそれより大きい場合には反射光は拡散反射光として凹凸に応じ色々な方向に広がる。その結果、観測位置に到達する反射光は、正反射光以外にも拡散反射光も含まれることになる。つまり、観測表面に凹凸が有る場合には、その凹凸部分からの拡散反射光を含む反射光により観測像が得られる。換言すると、観測像から正反射光による部分を除いて得られる観測像は、表面凹凸状態が反映された観測像であると言える。従って、本適用例のように、観測光の拡散反射光を含む反射光により観測像を得ることで、表面凹凸状態を簡便に可視化することができる。

30

【 0 0 2 6 】

[適用例 1 1] 上記適用例に係る表面凹凸状態の可視化装置において、前記観測像を前記観測表面に正対した時に得られる画像に変換する射影変換部を備えることを特徴とする。

【 0 0 2 7 】

本適用例のように、観測位置で撮像された観測表面の観測像を観測表面に正対した時に得られる画像に変換することで、観測表面の表面凹凸状態がより実際に即した状態として可視化される。具体的には、観測表面の凹凸の有無や凹凸の度合い、凹凸がある場合の位置などの情報が、実際の（被対象物の）観測表面に正対視したときと同じ位置関係で可視化できるため、表面凹凸状態の評価においてその利便性が高い。

40

【 0 0 2 8 】

[適用例 1 2] 上記適用例に係る表面凹凸状態の可視化装置において、前記配置部には目盛りが設けられ、前記射影変換部は、前記観測位置で撮像された前記配置部の観測像に含まれる前記目盛りの画像情報に基づいて前記観測表面の観測像を前記観測表面に正対した時に得られる画像に変換することが好ましい。

【 0 0 2 9 】

50

本適用例によれば、配置部には目盛りが設けられ、射影変換部は、観測位置で撮像された配置部の観測像に含まれる目盛りの画像情報に基づいて観測表面の観測像を観測表面に正対した時に得られる画像に変換する。予めその寸法情報が既知の目盛りが設けられることにより、撮像された観測像に含まれる目盛りの画像情報から得られる寸法情報を対比させることで簡便に観測表面に正対した時に得られる画像への変換係数（変換関数）が算出される。従って、本適用例によれば、観測像から観測表面に正対した時に得られる画像への変換が簡便にまた正確に行われる。

【 0 0 3 0 】

[適用例 1 3] 上記適用例に係る表面凹凸状態の可視化装置において、前記配置部には目盛りが設けられ、前記観測位置で撮像された前記配置部の観測像に含まれる前記目盛りの画像情報に基づいて前記観測表面と前記観測位置との相対位置情報を算出する位置演算部を備えることを特徴とする。

10

【 0 0 3 1 】

本適用例による表面凹凸状態の可視化装置によれば、配置部には目盛りが設けられ、観測位置で撮像された配置部の観測像に含まれる目盛りの画像情報に基づいて観測表面と観測位置との相対位置情報を算出する位置演算部を備えている。予めその寸法情報が既知の目盛りが設けられることにより、撮像された観測像に含まれる目盛りの画像情報から得られる寸法情報を対比させることで簡便に観測表面と観測位置との相対位置情報が算出される。相対位置情報とは、具体的には、観測表面と観測位置との距離、観測表面と観測位置との相対角度などである。これらの相対位置情報は、観測表面の表面凹凸状態を可視化している条件情報であり、この情報を用いることにより、例えば、表面凹凸状態の評価において、その指標や方法の統一、評価の比較・再現などが簡便に行えるようになる。

20

【 0 0 3 2 】

[適用例 1 4] 上記適用例に係る表面凹凸状態の可視化装置において、前記光源の位置を移動させる光源移動機構と、前記観測部の前記観測位置を移動させる観測部移動機構とを備え、前記光源移動機構および前記観測部移動機構は、過去に算出された前記相対位置情報を基に、前記光源および前記観測部の位置を再現することを特徴とする。

【 0 0 3 3 】

本適用例による表面凹凸状態の可視化装置によれば、光源の位置を移動させる光源移動機構と、観測部の観測位置を移動させる観測部移動機構とを備え、光源移動機構および観測部移動機構は、過去に算出された相対位置情報を基に、光源および観測部の位置を再現する。過去に算出された相対位置情報を基に、観測位置を再現することで、例えば、表面凹凸状態の評価において、その指標や方法の統一、評価の比較・再現などが簡便に行えるようになる。

30

【 0 0 3 4 】

[適用例 1 5] 上記適用例に係る表面凹凸状態の可視化装置において、前記配置部が、前記被対象物を吸着する静電吸着板を備えていることが好ましい。

【 0 0 3 5 】

本適用例のように、配置部が、被対象物を吸着する静電吸着板を備えることで、より正確に被対象物の観測表面の凹凸状態の可視化を行うことができる。具体的には、例えば、被対象物が薄いシートなどの場合において、このシートを静電吸着板に吸着させることで、シートの撓みなどを軽減することができるため、シート表面の凹凸状態がよりの確に正確に可視化される。

40

【 0 0 3 6 】

[適用例 1 6] 上記適用例に係る表面凹凸状態の可視化装置において、前記観測位置で撮像された前記観測表面の RGB 画像を前記観測表面の $L^*a^*b^*$ 画像に変換する色変換部を備えることを特徴とする。

【 0 0 3 7 】

本適用例によれば、観測位置で撮像された観測表面の RGB 画像を観測表面の $L^*a^*b^*$ 画像に変換する色変換部を備える。 $L^*a^*b^*$ 色空間は、RGB 色空間と異なり、人間の

50

視覚が有する心理物理学的な色の距離に基づいて（近似させて）変換された色空間であるため、可視化された観測像を視認して得られる観測表面の表面凹凸状態の情報は、実際の観測表面の表面凹凸状態により近いものとして得られる。つまり、表面凹凸状態の評価においてその利便性が高い観測像を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【0038】

【図1】実施形態1に係る表面凹凸状態の可視化装置としての撮像装置の構成図

【図2】(a)配置部に設けられた目盛りの例を示す平面図、(b)観測部が捉えた目盛りの観測像の例

【図3】撮像装置の機能を示すブロック図

10

【図4】観測表面上の座標(u, v)と観測部が備えるエリアセンサー上の座標(x, y)との関係を示す側面図

【図5】(a)正面画像に変換された観測像の例、(b)被対象物表面の凹凸の例を示す断面図、(c)拡散反射光による観測像の説明図

【図6】(a)観測表面の凹凸状態を数値化するエリアを示す平面図、(b)観測表面の凹凸状態の例を示すグラフ

【発明を実施するための形態】

【0039】

以下に本発明を具体化した実施形態について、図面を参照して説明する。以下は、本発明の一実施形態であって、本発明を限定するものではない。なお、以下の各図においては、説明を分かりやすくするため、実際とは異なる尺度で記載している場合がある。

20

【0040】

(実施形態1)

図1は、実施形態1に係る「表面凹凸状態の可視化装置」としての撮像装置100の構成図である。

撮像装置100は、被対象物の表面の凹凸状態を可視化する撮像装置であり、配置部10、光源20、観測部30、光源移動機構80、観測部移動機構81、制御部90(図3参照)などを備えている。

撮像装置100は、被対象物として、例えば、平板やシート、紙などを対象としているが、これに限定するものではなく、これらで構成される製品や、ブロック体、球体などであっても良い。なお、以下では、被対象物としてシート1を例に説明する。

30

【0041】

配置部10は、平板からなる基部2の中央領域に設けられ、シート1を吸着し配置する静電吸着板11を備えている。静電吸着板11は、内部に備える電極(図示省略)に印加される電圧によって発生するクーロン力でシート1を吸着する。また、静電吸着板11の表面には、後述する目盛り12が設けられている。

なお、シート1を吸着する方法は、静電吸着に限定するものではなく、例えば、バキュームなどで吸着する方法であっても良い。また、シート1が撓んだり僅かな力でずれ動いたりするおそれが無い場合には、必ずしもこのような吸着機構を設ける必要はない。

【0042】

40

光源20は、シート1の観測表面1aの法線方向よりずれた方向から観測表面1aに観測光を照射する光源であり、基部2に設置された光源移動機構80によって移動可能に支えられている。光源移動機構80は、光源20の位置を移動させることにより、観測表面1aに照射する観測光の照射角(入射角)を調整することができる。

光源20には、好適例として蛍光管を用いているがこれに限定するものではなく、被対象物やその観測表面の観測したい表面凹凸状態に合わせて様々なものが利用できる。例えば、蛍光管のような管状体ではなく、電球のような点光源であっても良い。

【0043】

観測部30は、撮像用のエリアセンサー32を備えたカメラであり、観測表面1aからの観測光の正反射光が受光できる観測位置(以下、観測位置Xという)で、観測光の反射

50

光によって観測表面 1 a を撮像し観測像を得る。観測部 3 0 は、基部 2 に設置された観測部移動機構 8 1 によって移動可能に支えられている。観測部移動機構 8 1 は、観測部 3 0 の位置を移動させたり、角度（向き）を変えたりすることにより、観測表面 1 a に照射される観測光の正反射光が受光できるように調整することができる。

【 0 0 4 4 】

このような構成において、光源 2 0 から照射され、シート 1 の法線方向に対して入射角で照射される観測光の正反射光が観測部 3 0 によって受光されるように、光源 2 0 および観測部 3 0 が配置される。また、観測部 3 0 が備える光学系 3 1 は、エリアセンサー 3 2 の視野内に配置部 1 0 の全領域が納まるように設定されている。

【 0 0 4 5 】

図 2 (a) は、配置部 1 0 に設けられた目盛りの例を示す平面図である。

配置部 1 0 (具体的には静電吸着板 1 1 の表面) には、図 2 (a) に示すような目盛り 1 2 が設けられている。目盛り 1 2 は、例えば、同心に描かれた複数の正方形、直交する中心線、最外周の正方形の辺上に描かれた微細目盛りなどから構成されている。図 2 (a) に示す目盛り 1 2 の例では、最内側の正方形の辺の長さの 2 分の 1 を a としたときに、同心に描かれた正方形の辺の長さの 2 分の 1 がそれぞれ $2a$ 、 $3a$ 、 $4a$ 、微細目盛りが $0.1a$ となっている。

【 0 0 4 6 】

図 2 (b) は、観測部 3 0 が捉えた目盛り 1 2 の観測像の例である。

観測部 3 0 では、配置部 1 0 を傾きの角度で捉えるため、図 2 (b) に示すように、目盛り 1 2 が台形状に歪んだ画像として観測される。

【 0 0 4 7 】

図 3 は、撮像装置 1 0 0 の機能を示すブロック図である。

制御部 9 0 は、例えばパーソナルコンピュータで構成され、観測部 3 0 が捉えた観測像の画像処理や、光源移動機構 8 0、観測部移動機構 8 1 の制御などを行う。

制御部 9 0 は、その機能として射影変換部 9 1、色変換部 9 2、位置演算部 9 3 などを備えている。また、観測像や、それぞれの機能による変換結果、演算結果などを記憶する記憶部 9 4、それらを表示する表示部 9 5 などを備えている。

【 0 0 4 8 】

射影変換部 9 1 は、観測位置 X で撮像された観測表面 1 a の観測像 (図 2 (b) に示すように台形状に歪んだ画像) を観測表面 1 a の正面画像に変換する機能を有する。射影変換部 9 1 は、観測位置 X で撮像された配置部 1 0 の観測像に含まれる目盛り 1 2 の画像情報に基づいて観測表面 1 a の観測像を観測表面 1 a の正面画像に変換する。ここで正面画像とは、観測表面 1 a の法線方向から観測した画像、すなわち、観測表面 1 a に正対した時に得られる画像を指す。

以下に具体的に説明する。

【 0 0 4 9 】

図 4 は、観測表面 1 a 上の座標 (u, v) と観測部 3 0 が備えるエリアセンサー 3 2 上の座標 (x, y) との関係を示す側面図である。

観測部 3 0 が捉えて得た観測像と観測表面 1 a との関係は、図 4 に示す平面 L 上の画像と平面 L' 上の画像との関係のように、投影中心 O による射影投影の関係にある。つまり、観測表面 1 a (平面 L') 上の点 P' (u, v) は、投影中心 O から光学系 3 1 の焦点距離 e だけ離れた観測像 (平面 L) の点 P (x, y) に投影される関係にある。すなわち、観測像を正面画像に変換するとは、平面 L 上の点 P (x, y) を平面 L' 上の点 P' (u, v) として射影変換することである。一般に、この射影変換は、以下に示す式 1 で示される。

なお、実際のエリアセンサー 3 2 は、平面 L の位置ではなく、投影中心 O を挟んで反対側に焦点距離 e の長さ離れた平面 L_1 の位置 (観測位置 X) に受光面が置かれている。

【 0 0 5 0 】

10

20

30

40

【数 1】

$$\begin{bmatrix} Hu \\ Hv \\ H \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} s1 & s2 & s3 \\ s4 & s5 & s6 \\ s7 & s8 & s9 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix} \quad \text{式1}$$

$s1 \sim s9$: マトリクス係数
 H : スケールファクター

10

【0051】

観測像（平面L上の画像）に含まれる目盛り12の画像情報（例えば長さdや、目盛り12の位置関係）は、観測表面1a（平面L'）上の実際の座標情報として既知（例えば長さDや、実際の目盛り12の位置関係）であるため、式1における各係数が求まる。射影変換部91は、式1によって観測像を観測表面1aの正面画像に変換する。

【0052】

20

色変換部92は、観測位置Xで撮像された観測表面1aのRGB画像を観測表面1aのL*a*b*画像に変換する機能を有する。具体的には、制御部90は、予め、RGB画像をL*a*b*画像に変換する変換テーブルを備えており、エリアセンサー32が捉えた観測像（RGB情報によって構成された画像）をL*a*b*情報によって構成された画像に変換する。

【0053】

位置演算部93は、観測位置Xで撮像された配置部10の観測像に含まれる目盛り12の画像情報に基づいて観測表面1aと観測位置Xとの相対位置情報を算出する機能を有する。相対位置情報とは、具体的には、入射角（正反射角）と、それに対応した観測部30（エリアセンサー32）が設置された観測位置Xの座標などである。観測位置Xの座標は、例えば、配置部10の中心座標を原点とした3次元座標であり、図4に示すように、光学系31の焦点距離e、観測像上の長さd、目盛り12の長さDなどから投影中心Oまでの距離E、観測部30までの距離などを算出して得ることができる。

30

【0054】

例えば、

$$= \tan^{-1}(d/e)$$

$$D = f(\quad)$$

$$= E \times \tan(\quad) \times \{ \sin(\quad) \times \tan(\quad + \quad) + \cos(\quad) \}$$

であり、正反射角に対して、Dが既知であるため、下式のg()が最小となる最適値を探索することで得られる（最適化法）。

40

$$g(\quad) = \{ D - f(\quad) \}^2$$

【0055】

光源移動機構80および観測部移動機構81は、例えば、多軸ロボットアームなどで構成され、過去に算出されたこれらの相対位置情報を基に、制御部90によって、光源20および観測部30の位置を再現することができる。

【0056】

図5(a)は、正面画像に変換されたシート1の観測像の画像例1zを示している。図5(b)は、被対象物（シート1）の表面の凹凸の例を示す断面図である。

図5(a)は、例えば、シート1に、図5(b)に示すような周期性の凹凸が有り、またその表面が鏡面ではない場合に観測される観測像である。図5(a)において、画像例

50

1 z の中央には、光源 2 0 (蛍光管) の正反射光が写っており、その上下領域には、観測表面 1 a から反射する拡散光によって、観測表面 1 a の凹凸が反映された像が写っている。

【 0 0 5 7 】

図 5 (c) は、説明のため、図 5 (a) の正反射領域の画像を削除し、また、観測像で視認される凹凸が反映された画像を誇張して表現した画像である。

例えば、シート 1 の観測表面 1 a が凹凸の無い鏡面の場合には、観測光は観測表面 1 a に吸収されるかあるいは正反射光として反射される。従って、観測像は、正反射光によって構成される。これに対して、観測表面 1 a が鏡面ではなく、また凹凸があり、その凹凸が観測光の波長と同程度、あるいはそれより大きい場合には反射光は凹凸に応じ様々な方向に拡散反射光として広がる。その結果、観測位置 X のエリアセンサー 3 2 に到達する反射光は、正反射光以外にも拡散反射光も含まれることになる。つまり、観測表面 1 a に凹凸が有る場合には、その凹凸部分からの拡散反射光を含む反射光により観測像が得られる。

【 0 0 5 8 】

以上述べたように、本実施形態による表面凹凸状態の可視化方法および表面凹凸状態の可視化装置によれば、以下の効果を得ることができる。

被対象物 (シート 1) を配置する配置部 1 0 と、配置部 1 0 に配置される被対象物の観測表面 1 a の法線方向よりずれた方向から観測表面 1 a に観測光を照射する光源 2 0 と、観測表面 1 a からの観測光の正反射光が受光できる観測位置 X で、観測光の反射光によって観測表面 1 a を撮像し観測像を得る観測部 3 0 とを備えている。被対象物の観測表面 1 a に凹凸がある場合には、観測表面 1 a の法線方向よりずれた方向から照射される観測光の反射光により観測表面 1 a を撮像することにより、その凹凸が反映した観測像を得ることができる。つまり、観測像には、観測表面 1 a の凹凸の有無や凹凸の度合い、凹凸がある場合の位置などの評価ができる情報が記録され可視化することができる。また、この可視化された情報によって、被対象物の観測表面 1 a の凹凸状態を簡便に評価することができる。

【 0 0 5 9 】

また、観測部 3 0 がエリアセンサー 3 2 を備えるため、被対象物の観測表面 1 a を走査することなく、瞬時に表面の情報として捉えることができる。その結果、観測表面 1 a に広がる凹凸の状態をより効率的に短時間で視認することができる。

【 0 0 6 0 】

また、光源 2 0 は、被対象物の観測表面 1 a の法線方向よりずれた方向から観測表面 1 a に観測光を照射し、観測部 3 0 は、観測表面 1 a からの観測光の正反射光が受光できる観測位置 X で、観測光の拡散反射光によって観測表面 1 a を撮像し観測像を得る。例えば、観測表面 1 a に凹凸があり、その凹凸が観測光の波長と同程度、あるいはそれより大きい場合には反射光は拡散反射光として凹凸に応じ色々な方向に広がる。その結果、観測位置 X に到達する反射光は、正反射光以外にも拡散反射光も含まれることになる。つまり、観測表面 1 a に凹凸が有る場合には、その凹凸部分からの拡散反射光を含む反射光により観測像が得られる。換言すると、観測像から正反射光による部分を除いて得られる観測像は、表面凹凸状態が反映された観測像であると言える。従って、観測光の拡散反射光によって観測像を得ることで、表面凹凸状態を簡便に可視化することができる。

【 0 0 6 1 】

また、観測位置 X で撮像された観測表面 1 a の観測像を観測表面 1 a の正面画像に変換することで、観測表面 1 a の表面凹凸状態がより実際に即した状態として可視化される。具体的には、観測表面 1 a の凹凸の有無や凹凸の度合い、凹凸がある場合の位置などの情報が、実際の (被対象物の) 観測表面 1 a を正面視 (正対視) したときと同じ位置関係で可視化されるため、表面凹凸状態の評価においてその利便性が高くなる。

【 0 0 6 2 】

また、配置部 1 0 には目盛り 1 2 が設けられ、射影変換部 9 1 は、観測位置 X で撮像さ

10

20

30

40

50

れた配置部 10 の観測像に含まれる目盛り 12 の画像情報に基づいて観測表面 1 a の観測像を観測表面 1 a の正面画像に変換する。予めその寸法情報が既知の目盛り 12 が設けられることにより、撮像された観測像に含まれる目盛り 12 の画像情報から得られる寸法情報を対比させることで簡便に正面画像への変換係数（変換関数）が算出される。従って、観測像から正面画像への変換を簡便にまた正確に行うことができる。

【0063】

また、配置部 10 には目盛りが設けられ、観測位置 X で撮像された配置部 10 の観測像に含まれる目盛り 12 の画像情報に基づいて観測表面 1 a と観測位置 X との相対位置情報を算出する位置演算部 93 を備えている。予めその寸法情報が既知の目盛り 12 が設けられることにより、撮像された観測像に含まれる目盛り 12 の画像情報から得られる寸法情報を対比させることで簡便に観測表面 1 a と観測位置 X との相対位置情報が算出される。これらの相対位置情報は、観測表面 1 a の表面凹凸状態を可視化している条件情報であり、この情報を観測像と共に記録し用いることにより、例えば、表面凹凸状態の評価において、その指標や方法の統一、評価の比較・再現などが簡便に行えるようになる。

10

【0064】

また、光源 20 の位置を移動させる光源移動機構 80 と、観測部 30 の観測位置 X を移動させる観測部移動機構 81 とを備え、光源移動機構 80 および観測部移動機構 81 は、過去に算出された相対位置情報を基に、光源 20 および観測部 30 の位置を再現することができる。過去に算出された相対位置情報を基に、観測位置 X を再現することで、例えば、表面凹凸状態の評価において、その指標や方法の統一、評価の比較・再現などが簡便に行えるようになる。

20

【0065】

また、配置部 10 が、被対象物を吸着する静電吸着板 11 を備えることで、より正確に被対象物の観測表面 1 a の凹凸状態の可視化を行うことができる。具体的には、例えば、被対象物が薄いシートなどの場合において、このシートを静電吸着板 11 に吸着させることで、シートの撓みなどを軽減することができるため、シート表面の凹凸状態がよりの確に正確に可視化される。

【0066】

また、観測位置 X で撮像された観測表面 1 a の RGB 画像を観測表面の $L^*a^*b^*$ 画像に変換する色変換部 92 を備える。 $L^*a^*b^*$ 色空間は、RGB 色空間と異なり、人間の視覚が有する心理物理学的な色の距離に基づいて（近似させて）変換された色空間であるため、可視化された観測像を視認して得られる観測表面 1 a の表面凹凸状態の情報は、実際の観測表面 1 a の表面凹凸状態により近いものとして得られる。つまり、表面凹凸状態の評価においてその利便性が高い観測像を得ることができる。

30

【0067】

なお、本発明は、上述した実施形態に限定されず、上述した実施形態に種々の変更や改良などを加えることが可能である。変形例を以下に述べる。ここで、上述した実施形態と同一の構成部位については、同一の符号を使用し、重複する説明は省略している。

【0068】

（変形例 1）

実施形態 1 では、観測表面 1 a の凹凸状態を、図 5 (a) に示すような観測像として可視化すると説明したが、観測像として可視化することに限定するものではなく、例えば、数値やグラフとして可視化する方法であっても良い。

40

【0069】

図 6 (a) は、観測表面 1 a の凹凸状態を数値化するエリアを示す平面図、図 6 (b) は、観測表面 1 a の凹凸状態の例を示すグラフである。

図 6 (b) のグラフは、図 6 (a) の $L^*a^*b^*$ 色空間に変換された 2 次元画像から、1 次元の色彩値変動量に変換して作成されたものである。1 次元の色彩値変動量としては、例えば、図 6 (a) の J - J 線に重なる画素の色彩変動量や、エリア I における色彩変動量の幅方向の平均値などを示すものであっても良い。このグラフにおいて、色彩変動量

50

の標準偏差値を観測表面 1 a の凹凸状態の評価指標とするなどとしても良い。

【 0 0 7 0 】

(変形例 2)

実施形態 1 では、撮像装置 1 0 0 は、光源移動機構 8 0、観測部移動機構 8 1 を備え、過去に算出された相対位置情報を基に、制御部 9 0 によって、光源 2 0 および観測部 3 0 の位置を再現することができるが、必ずしも、制御部 9 0 に制御される光源移動機構 8 0、観測部移動機構 8 1 を備える必要はない。例えば、可動式のスタンドなどで光源 2 0 および観測部 3 0 を支える構成であっても良い。この場合には、相対位置情報を参照しながら、手動で光源 2 0 および観測部 3 0 の位置を再現することができ、撮像装置 (表面凹凸状態の可視化装置) をより簡易に構成することができる。

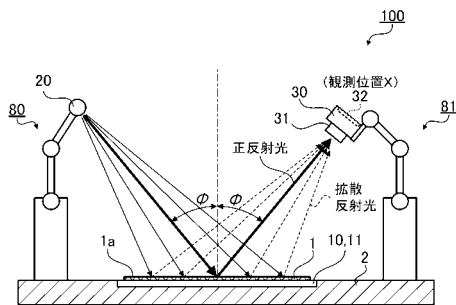
10

【 符号の説明 】

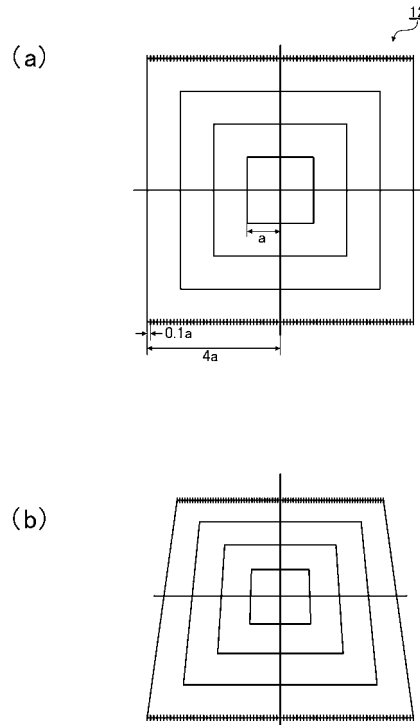
【 0 0 7 1 】

1 ... シート、 2 ... 基部、 1 0 ... 配置部、 1 1 ... 静電吸着板、 2 0 ... 光源、 3 0 ... 観測部、 3 1 ... 光学系、 3 2 ... エリアセンサー、 8 0 ... 光源移動機構、 8 1 ... 観測部移動機構、 9 0 ... 制御部、 9 1 ... 射影変換部、 9 2 ... 色変換部、 9 3 ... 位置演算部、 9 4 ... 記憶部、 9 5 ... 表示部、 1 0 0 ... 撮像装置。

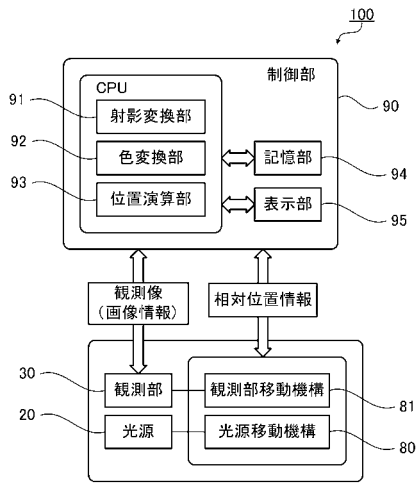
【 図 1 】



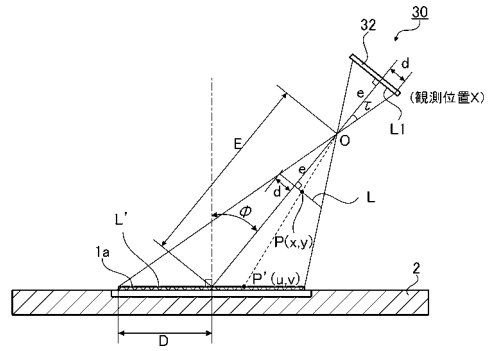
【 図 2 】



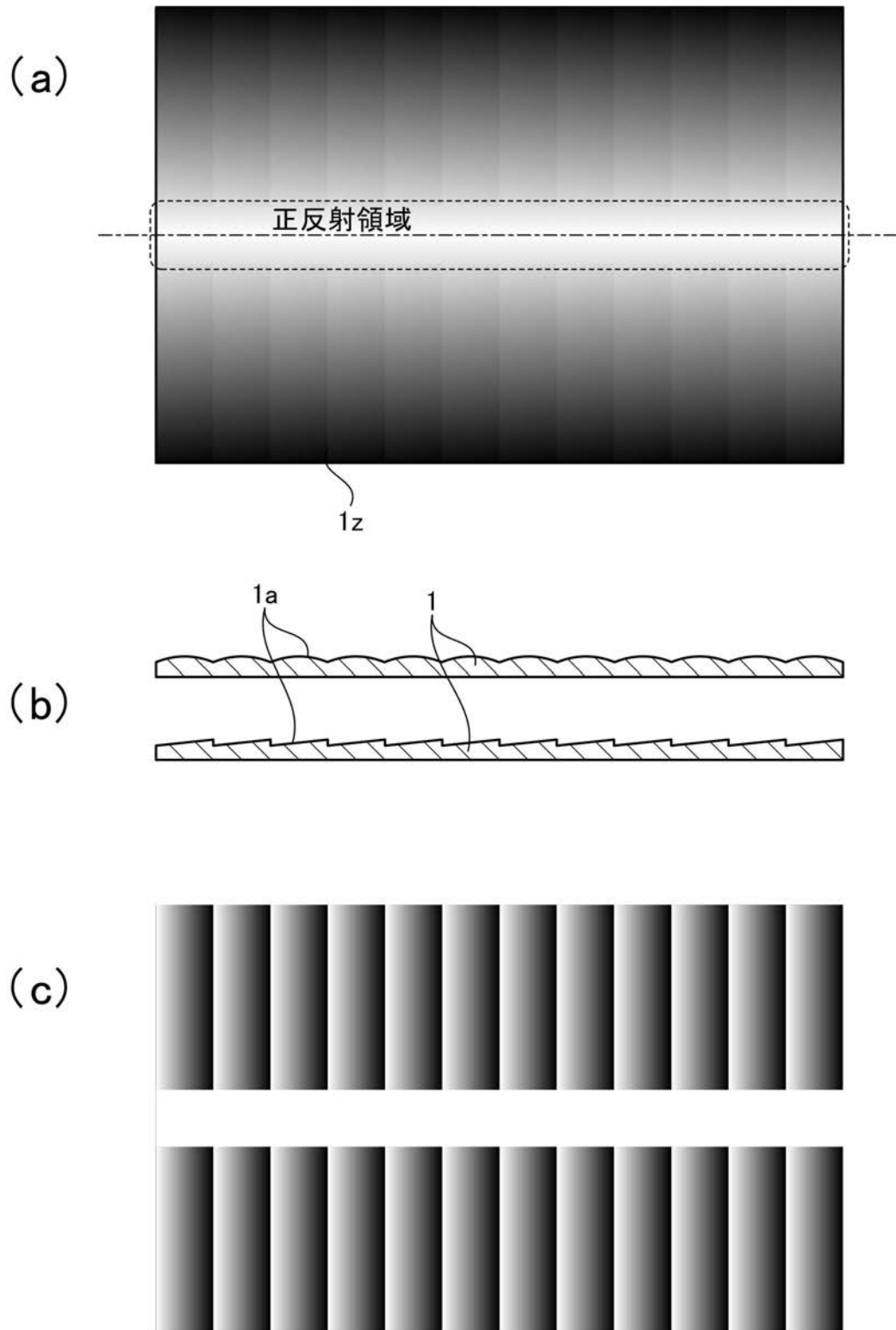
【 図 3 】



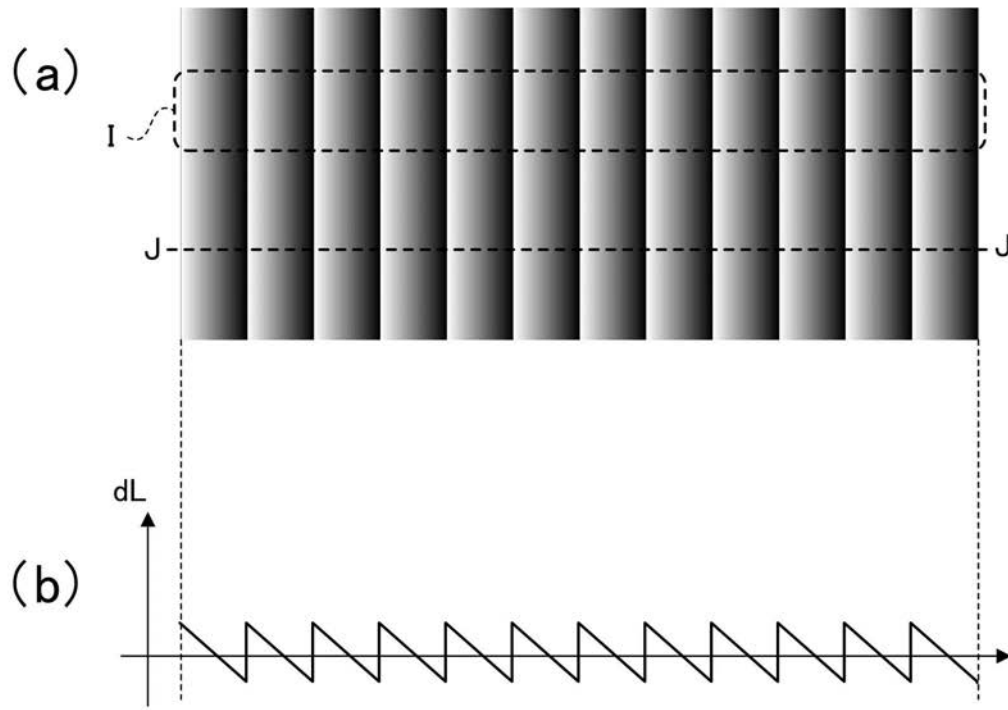
【 図 4 】



【 図 5 】



【 図 6 】



フロントページの続き

Fターム(参考) 2G051 AA32 AA34 AA41 AB07 BA20 BC04 CA03 CA04 CB01 CB05
EA12 EA17 EC03 GD01 GD02