

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7332044号
(P7332044)

(45)発行日 令和5年8月23日(2023.8.23)

(24)登録日 令和5年8月15日(2023.8.15)

(51)国際特許分類		F I			
G 0 1 L	1/00 (2006.01)	G 0 1 L	1/00	E	
G 0 1 N	3/06 (2006.01)	G 0 1 N	3/06		

請求項の数 13 (全21頁)

(21)出願番号	特願2022-522547(P2022-522547)	(73)特許権者	000001993 株式会社島津製作所 京都府京都市中京区西ノ京桑原町1番地
(86)(22)出願日	令和3年3月26日(2021.3.26)	(74)代理人	110001195 弁理士法人深見特許事務所
(86)国際出願番号	PCT/JP2021/012814	(72)発明者	横井 祐介 京都府京都市中京区西ノ京桑原町1番地 株式会社島津製作所内
(87)国際公開番号	WO2021/229929	審査官	公文代 康祐
(87)国際公開日	令和3年11月18日(2021.11.18)		
審査請求日	令和4年9月9日(2022.9.9)		
(31)優先権主張番号	特願2020-85770(P2020-85770)		
(32)優先日	令和2年5月15日(2020.5.15)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 ひずみ計測装置およびひずみ計測方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

サンプルのひずみを計測するひずみ計測装置であって、
前記サンプルの表面の少なくとも所定領域には応力発光体が配置されており、
前記サンプルを支持するホルダと、
前記ホルダを動作させることにより、前記サンプルに荷重を印加する荷重印加機構と、
前記ホルダの表面に配置された、蓄光性を有するマーカと、
前記応力発光体および前記マーカに励起光を照射するように構成された光源と、
前記荷重が印加されたときの前記応力発光体の発光、および前記マーカの発光を撮像するように構成されたカメラとを備える、ひずみ計測装置。

10

【請求項2】

前記マーカは、蓄光体で構成されており、
前記蓄光体は、発光の波長が前記励起光の波長とは異なるように構成される、請求項1に記載のひずみ計測装置。

【請求項3】

前記励起光は、紫外線または青色光であり、
前記マーカは、赤色の発光を示す前記蓄光体から構成される、請求項2に記載のひずみ計測装置。

【請求項4】

前記蓄光体はさらに、発光の波長が前記応力発光体の発光の波長とは異なるように構成

20

される、請求項 2 または 3 に記載のひずみ計測装置。

【請求項 5】

前記ホルダは、固定部および可動部を含み、前記固定部に対して前記可動部が相対移動することによって前記サンプルに荷重を印加するように構成され、

前記マーカは、前記ホルダの前記可動部に配置される、請求項 1 から 4 のいずれか 1 項に記載のひずみ計測装置。

【請求項 6】

前記マーカは、前記ホルダの表面において前記サンプルの外周部分に配置される、請求項 1 から 4 のいずれか 1 項に記載のひずみ計測装置。

【請求項 7】

前記マーカは、前記サンプルの大きさを計測するための目盛りを含む、請求項 1 から 4 のいずれか 1 項に記載のひずみ計測装置。

【請求項 8】

サンプルのひずみを計測するひずみ計測方法であって、
前記サンプルの表面の少なくとも所定領域に応力発光体を配置するステップと、
前記サンプルを支持するホルダの表面に蓄光性を有するマーカを配置するステップと、
前記応力発光体および前記マーカに励起光を照射するステップと、
前記ホルダを動作させることにより、前記サンプルに荷重を印加するステップと、
前記荷重が印加されたときの前記応力発光体の発光、および前記マーカの発光を撮像するステップとを備える、ひずみ計測方法。

【請求項 9】

前記撮像するステップにて取得された撮像画像における前記マーカの発光に基づいて、前記サンプルの変形状態を測定するステップをさらに備える、請求項 8 に記載のひずみ計測方法。

【請求項 10】

前記ホルダは、固定部および可動部を含み、
前記荷重を印加するステップは、前記固定部に対して前記可動部を相対移動させること
によって前記サンプルに荷重を印加するステップを含み、
前記マーカを配置するステップは、前記ホルダの前記可動部に前記マーカを配置するス
テップを含む、請求項 8 または 9 に記載のひずみ計測方法。

【請求項 11】

前記マーカを配置するステップは、前記ホルダの表面において前記サンプルの外周部分
に前記マーカを配置するステップを含む、請求項 8 または 9 に記載のひずみ計測方法。

【請求項 12】

前記マーカを配置するステップは、前記サンプルの大きさを計測するための目盛りを配
置するステップを含む、請求項 8 または 9 に記載のひずみ計測方法。

【請求項 13】

前記励起光を照射するステップは、共通の光源を用いて前記応力発光体および前記マー
カに同時に励起光を照射するステップを含む、請求項 8 から 12 のいずれか 1 項に記載の
ひずみ計測方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、ひずみ計測装置およびひずみ計測方法に関する。

【背景技術】

【0002】

フレキシブルデバイスの開発現場においては、一般的に、変形試験器を用いてサンプル
に繰り返し荷重を印加することにより、サンプルの耐久性および性能を検証することが行
なわれている。上記試験においては、サンプルに欠陥が生じていると、欠陥の周辺にひず
みが発生し、サンプルが破断に至る可能性がある。

10

20

30

40

50

【 0 0 0 3 】

近年、このような欠陥を検出する技術としては、応力発光体を利用する技術が提案されている。例えば、特開 2 0 1 5 - 7 5 4 7 7 号公報（特許文献 1）には、応力発光体の発光強度を計測して評価する応力発光評価装置が開示される。特許文献 1 では、応力発光体をサンプルの表面に配置し、サンプルとともに応力発光体に外力を印加することにより応力発光体を発光させる。撮像装置を用いて応力発光体の発光を撮像することにより、サンプルに生じる応力（ひずみ）を計測することができる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【 0 0 0 4 】

【文献】特開 2 0 1 5 - 7 5 4 7 7 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 5 】

上述した応力発光体を利用したひずみの計測は、遮光した状態で応力発光体の発光を撮像するように構成されるため、外力によるサンプルの変形状態を取得することができない。そのため、サンプルがどのような変形状態のときにサンプルにひずみが発生したのかを検証することが難しいという問題がある。

【 0 0 0 6 】

本発明はこのような課題を解決するためになされたものであって、その目的は、応力発光体の発光現象を利用してサンプルに発生するひずみを計測するとともに、サンプルの変形状態を取得することができるひずみ計測装置およびひずみ計測方法を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 7 】

本発明の第 1 の態様に係るひずみ計測装置は、サンプルのひずみを計測する。サンプルの表面の少なくとも所定領域には応力発光体が配置されている。ひずみ計測装置は、サンプルを支持するホルダと、ホルダを動作させることにより、サンプルに荷重を印加する荷重印加機構と、ホルダの表面に配置された、蓄光性を有するマーカと、応力発光体およびマーカに励起光を照射するように構成された光源と、荷重が印加されたときの応力発光体の発光、およびマーカの発光を撮像するように構成されたカメラとを備える。

【 0 0 0 8 】

本発明の第 2 の態様に係るひずみ計測方法は、サンプルのひずみを計測するひずみ計測方法であって、サンプルの表面の少なくとも所定領域に応力発光体を配置するステップと、サンプルを支持するホルダの表面に蓄光性を有するマーカを配置するステップと、応力発光体およびマーカに励起光を照射するステップと、ホルダを動作させることにより、サンプルに荷重を印加するステップと、荷重が印加されたときの応力発光体の発光、およびマーカの発光を撮像するステップとを備える。

【発明の効果】

【 0 0 0 9 】

この発明によれば、応力発光体の発光現象を利用してサンプルに発生するひずみを計測するとともに、サンプルの変形状態を取得することができるひずみ計測装置およびひずみ計測方法を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 0 】

【図 1】実施の形態 1 に係るひずみ計測装置の全体構成を示すブロック図である。

【図 2】コントローラの機能構成を説明するためのブロック図である。

【図 3】実施の形態 1 に係るひずみ計測装置を用いたサンプルのひずみ計測の処理手順を説明するフローチャートである。

【図 4】図 3 のステップ S 1 0 のサンプル準備処理を説明するための図である。

10

20

30

40

50

【図5】図3のステップS30, S40, S50の処理を説明するための図である。

【図6】図3のステップS50により取得される撮像画像を模式的に示す図である。

【図7】図3のステップS50により取得される撮像画像の変化を模式的に示す図である。

【図8】サンプルの曲げ角度と撮像画像に現れるマーカのY方向の長さとの関係を示す図である。

【図9】図3のステップS20のマーカを配置する処理を説明するための図である。

【図10】図3のステップS50により取得される撮像画像の変化を模式的に示す図である。

【図11】実施の形態3に係るひずみ計測装置の全体構成を示すブロック図である。

【図12】図3のステップS50により取得される撮像画像の変化を模式的に示す図である。

10

【発明を実施するための形態】

【0011】

以下、本発明の実施の形態について、図面を参照しながら詳細に説明する。なお、図中の同一または相当部分には同一符号を付してその説明は繰返さない。

【0012】

[実施の形態1]

<ひずみ計測装置の構成>

図1は、実施の形態1に係るひずみ計測装置の全体構成を示すブロック図である。実施の形態1に係るひずみ計測装置100は、応力発光体の発光現象を利用して、試験対象1（以下、単に「サンプル」とも称する）に発生する応力（ひずみ）を計測する装置である。ひずみ計測装置100は、サンプルに発生する応力に対する耐久性を試験するためにも用いることができる。

20

【0013】

サンプル1は、フレキシブル性を有しており、例えばフレキシブルシートまたはフレキシブルファイバである。フレキシブルシートは、例えば、スマートフォンまたはタブレット等の通信端末のフレキシブルディスプレイまたはウェアラブルデバイスの一部分を構成することができる。フレキシブルファイバは、例えば光ファイバケーブルの一部分を構成することができる。

【0014】

図1の例では、サンプル1は、矩形状のフレキシブルシートである。サンプル1の表面には、応力発光体2が配置されている。応力発光体2は、例えば応力発光材料を含有する応力発光シートであり、少なくともサンプル1の所定領域の表面上に配置されている。この所定領域は、フレキシブルシートの折り曲げ時に応力が生じる領域（すなわち、フレキシブルシートの変形領域）を含むように設定されている。応力発光体2は、サンプル1と一体的に折り曲げられて変形（ひずみ）が生じることになる。

30

【0015】

応力発光体2は、外部からの機械的な刺激によって発光する部材であり、従来公知のものを用いることができる。応力発光体2は、外部から印加されるひずみエネルギーによって発光するという性質を有しており、その発光強度はひずみエネルギーに応じて変化する。応力発光体2は、結晶の骨格中に発光中心となる元素を固溶したものであり、無機母体材料および発光中心の元素を選択することで、紫外～可視～赤外の様々な波長で発光させることができる。組成として代表的なものに、発光中心としてユーロピウムを添加した欠陥制御型アルミン酸ストロンチウム（ $\text{SrAl}_2\text{O}_4:\text{Eu}$ 、緑色に発光）、マンガンを発光中心として添加し構造制御された硫化亜鉛（ $\text{ZnS}:\text{Mn}$ 、黄橙色に発光）、プラセオジウムを発光中心として添加した構造制御チタン酸バリウム・カルシウム（ $(\text{Ba}, \text{Ca})\text{TiO}_3:\text{Pr}$ 、赤色に発光）が挙げられる。

40

【0016】

ひずみ計測装置100は、サンプル1に対して荷重を印加するための荷重印加機構を備える。図1の例では、荷重印加機構は、スマートフォンに対する折り畳み操作時にフレキ

50

シブルディスプレイに印加される荷重を再現可能に構成されている。

【0017】

具体的には、荷重印加機構は、ホルダ10と、第1ドライバ20とを有する。ホルダ10は、サンプル1の表面が上側(図1の紙面上側)に位置するようにサンプル1を支持する。第1ドライバ20は、ホルダ10を第1の姿勢と第2の姿勢との間で遷移させることにより、サンプル1を折り曲げ可能に構成される。このような荷重印加機構には、例えば、特開2019-39743号公報に開示される変形試験器を適用することができる。

【0018】

図1の例では、ホルダ10は、第1取付板11、第2取付板12および駆動軸13を有する。第1取付板11は、長形状の主面11aを有する。第2取付板12は、長形状の主面12aを有する。主面11aおよび主面12aには、サンプル1が、その裏面が接着されることにより取り付けられる。第1取付板11および第2取付板12は「可動部」の一実施例に対応し、駆動軸13は「固定部」の一実施例に対応する。

10

【0019】

第1ドライバ20は、駆動軸13の基部に取り付けられる。駆動軸13は、その中心軸がX軸に平行な状態で回動自在に支持される。第1ドライバ20は、内部にモータ、変速機および制御部(図示せず)を含んでおり、所定の回動角度および回動速度により駆動軸13をその中心軸の周りに正逆に回動させる。なお、駆動軸13の回動角度および回動速度は可変であり、これにより、後述するサンプル1の折り曲げ試験における折り曲げ角度および折り曲げ速度を適宜変更することができる。

20

【0020】

第2取付板12は、駆動軸13に回動不可能に取り付けられる。駆動軸13の回動に伴って第2取付板12が回動する。第2取付板12が回動すると、第1取付板11も回動する。

【0021】

ひずみ計測装置100は、光源31と、筐体15と、カメラ40と、第2ドライバ42と、第3ドライバ32と、コントローラ50と、をさらに備える。

【0022】

光源31は、サンプル1の上方に配置されており、応力発光体2に対して励起光を照射するように構成される。励起光を受けて、応力発光体2が発光状態に遷移する。励起光は、紫外線～青色光の波長域を有する光であることが好ましい。なお、励起光としては、10～600nmの波長域に含まれる光(紫外線から可視光領域を含む)を用いることができる。光源31には、紫外線ランプ、LED(Light Emitting Diode)などを用いることができる。

30

【0023】

図1の例では、応力発光体2に対して2方向から励起光を照射する構成としたが、光源31は1方向または3方向以上から応力発光体2に対して励起光を照射する構成としてもよい。

【0024】

ホルダ10および光源31は、筐体15内に収容されている。光源31が停止している状態において、筐体15を暗室とすることができる。

40

【0025】

第3ドライバ32は、光源31を駆動するための電力を供給する。第3ドライバ32は、コントローラ50から受ける指令に応じて光源31に供給する電力を制御することにより、光源31から照射される励起光の光量および励起光の照射時間などを制御することができる。

【0026】

カメラ40は、サンプル1の上方に、サンプル1の所定領域上に位置する応力発光体2を撮像視野に含むように配置される。図1の例では、カメラ40は、筐体15の天井面に取り付けられている。具体的には、カメラ40は、フォーカス位置がサンプル1の所定領

50

域内の少なくとも1点に位置するように配置される。所定領域内の少なくとも1点は、サンプル1の曲げの中心部分に位置することが好ましい。

【0027】

カメラ40は、レンズなどの光学系および撮像素子を含む。撮像素子は、たとえばCCD (Charge Coupled Device) センサ、CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) センサなどにより実現される。撮像素子は、光学系を介して応力発光体2から入射される光を電気信号に変換することによって撮像画像を生成する。

【0028】

カメラ40は、サンプル1に対する荷重印加時において、所定領域上に位置する応力発光体2の発光を撮像するように構成される。カメラ40の撮像により生成された画像データはコントローラ50へ送信される。

10

【0029】

第2ドライバ42は、コントローラ50から受ける指令に応じて、カメラ40のフォーカス位置を変更可能に構成される。具体的には、第2ドライバ42は、カメラ40を図1に示すZ軸方向およびY軸方向に沿って移動させることにより、カメラ40のフォーカス位置を調整することができる。例えば、第2ドライバ42は、カメラ40をZ軸方向およびY軸方向に移動させる送りねじを回転させるモータと、モータを駆動するモータドライバとを有する。送りねじがモータによって回転駆動されることにより、カメラ40は、Z軸およびY軸の各方向の所定範囲内の指定された位置に位置決めされる。また、第2ドライバ42は、カメラ40の位置を示す位置情報をコントローラ50へ送信する。

20

【0030】

コントローラ50は、ひずみ計測装置100全体を制御する。コントローラ50は、主な構成要素として、プロセッサ501と、メモリ502と、入出力インターフェイス(I/F)503と、通信I/F504とを有する。これらの各部は、図示しないバスを介して互いに通信可能に接続される。

【0031】

プロセッサ501は、典型的には、CPU (Central Processing Unit) またはMPU (Micro Processing Unit) などの演算処理装置である。プロセッサ501は、メモリ502に記憶されたプログラムを読み出して実行することで、ひずみ計測装置100の各部の動作を制御する。具体的には、プロセッサ501は、当該プログラムを実行することによって、後述するひずみ計測装置100の処理の各々を実現する。なお、図1の例では、プロセッサが単数である構成を例示しているが、コントローラ50は複数のプロセッサを有する構成としてもよい。

30

【0032】

メモリ502は、RAM (Random Access Memory)、ROM (Read Only Memory) およびフラッシュメモリなどの不揮発性メモリによって実現される。メモリ502は、プロセッサ501によって実行されるプログラム、またはプロセッサ501によって用いられるデータなどを記憶する。

【0033】

入出力I/F503は、プロセッサ501と、第1ドライバ20、第3ドライバ32、カメラ40および第2ドライバ42との間で各種データをやり取りするためのインターフェイスである。

40

【0034】

通信I/F504は、ひずみ計測装置100と他の装置との間で各種データをやり取りするための通信インターフェイスであり、アダプタまたはコネクタなどによって実現される。なお、通信方式は、無線LAN (Local Area Network) などによる無線通信方式であってもよいし、USB (Universal Serial Bus) などを利用した有線通信方式であってもよい。

【0035】

コントローラ50には、ディスプレイ60および操作部70が接続される。ディスプレ

50

イ 6 0 は、画像を表示可能な液晶パネルなどで構成される。操作部 7 0 は、ひずみ計測装置 1 0 0 に対するユーザの操作入力を受け付ける。操作部 7 0 は、典型的には、タッチパネル、キーボード、マウスなどで構成される。

【 0 0 3 6 】

コントローラ 5 0 は、第 1 ドライバ 2 0、第 3 ドライバ 3 2、カメラ 4 0 および第 2 ドライバ 4 2 と通信接続されている。コントローラ 5 0 と第 1 ドライバ 2 0、第 3 ドライバ 3 2、カメラ 4 0 および第 2 ドライバ 4 2 との間の通信は、無線通信で実現されてもよいし、有線通信で実現されてもよい。

【 0 0 3 7 】

< コントローラ 5 0 の機能構成 >

図 2 は、コントローラ 5 0 の機能構成を説明するためのブロック図である。

【 0 0 3 8 】

図 2 を参照して、コントローラ 5 0 は、応力制御部 6 1、光源制御部 6 2、撮像制御部 6 3、測定制御部 6 4、データ取得部 6 5、およびデータ処理部 6 6 を有する。これらは、プロセッサ 5 0 1 がメモリ 5 0 2 に格納されたプログラムを実行することに基づいて実現される機能ブロックである。

【 0 0 3 9 】

応力制御部 6 1 は、第 1 ドライバ 2 0 の動作を制御する。具体的には、応力制御部 6 1 は、予め設定されている測定条件に従って、第 1 ドライバ 2 0 の動作速度および動作時間などを制御する。第 1 ドライバ 2 0 の動作速度および動作時間を制御することによって、ホルダ 1 0 における駆動軸 1 3 の回動角度および回動速度などを調整することができる。これにより、サンプル 1 の折り曲げ角度および折り曲げ速度などを調整することができる。

【 0 0 4 0 】

光源制御部 6 2 は、第 3 ドライバ 3 2 による光源 3 1 の駆動を制御する。具体的には、光源制御部 6 2 は、予め設定されている測定条件に基づいて、光源 3 1 に供給する電力の大きさおよび光源 3 1 への電力の供給時間などを指示するための指令を生成し、生成した指令を第 3 ドライバ 3 2 へ出力する。第 3 ドライバ 3 2 が当該指令に従って光源 3 1 に供給する電力を制御することにより、光源 3 1 から照射される励起光の光量および励起光の照射時間などを調整することができる。

【 0 0 4 1 】

撮像制御部 6 3 は、第 2 ドライバ 4 2 によるカメラ 4 0 の移動を制御する。具体的には、撮像制御部 6 3 は、予め設定されている測定条件および第 2 ドライバ 4 2 から入力されるカメラ 4 0 の位置情報に基づいて、サンプル 1 の所定領域の移動に追従してカメラ 4 0 を移動させるための指令を生成する。撮像制御部 6 3 は、生成した指令を第 2 ドライバ 4 2 へ出力する。第 2 ドライバ 4 2 が当該指令に従ってカメラ 4 0 を移動させることにより、カメラ 4 0 のフォーカス位置をサンプル 1 の所定領域の少なくとも 1 点に維持することができる。

【 0 0 4 2 】

撮像制御部 6 3 はさらに、カメラ 4 0 による撮像を制御する。具体的には、撮像制御部 6 3 は、予め設定されている測定条件に従って、少なくとも荷重印加時において、サンプル 1 を撮像するようにカメラ 4 0 を制御する。撮像に関する測定条件は、カメラ 4 0 のフレームレートを含む。

【 0 0 4 3 】

データ取得部 6 5 は、カメラ 4 0 の撮像により生成された画像データを取得し、取得した画像データをデータ処理部 6 6 へ転送する。

【 0 0 4 4 】

データ処理部 6 6 は、荷重印加時におけるカメラ 4 0 の撮像により得られた画像データに対して公知の画像処理を施すことにより、応力発光体 2 の応力発光を測定する。データ処理部 6 6 は、例えば、応力発光体 2 における応力発光強度の分布を示す画像を生成する。データ処理部 6 6 は、カメラ 4 0 による撮像画像および応力発光体 2 における応力発光

10

20

30

40

50

強度の分布を示す画像を含む測定結果をディスプレイ 60 に表示させることができる。

【0045】

測定制御部 64 は、応力制御部 61、光源制御部 62、撮像制御部 63、データ取得部 65 およびデータ処理部 66 を統括的に制御する。具体的には、測定制御部 64 は、操作部 70 に入力される測定条件およびサンプル 1 の情報などに基づいて、各部に対して制御指令を与える。

【0046】

<ひずみ計測方法>

次に、実施の形態 1 に係るひずみ計測装置 100 を用いたサンプル 1 のひずみ計測方法について説明する。

【0047】

図 3 は、実施の形態 1 に係るひずみ計測装置 100 を用いたサンプル 1 のひずみ計測の処理手順を説明するフローチャートである。

【0048】

図 3 を参照して、最初にステップ S10 により、サンプル 1 が準備される。図 4 は、図 3 のステップ S10 のサンプル準備処理を説明するための図である。図 4 には、ホルダ 10、サンプル 1 および応力発光体 2 の平面図が模式的に示される。

【0049】

サンプル 1 は、ホルダ 10 の第 1 取付板 11 の主面 11a および第 2 取付板 12 の主面 12a 上に取り付けられる。図 1 に示す荷重印加機構によってサンプル 1 を折り曲げたとき、サンプル 1 の横方向における中央部分には変形領域が形成される。この変形領域は、縦方向に延びる帯状の形状を有している。応力発光体 2 は、少なくともサンプル 1 の変形領域上に位置するように、サンプル 1 の表面に接着される。図 4 の例では、応力発光体 2 は、サンプル 1 と同程度のサイズの矩形形状を有しており、サンプル 1 の表面の全域を覆うように配置されている。

【0050】

応力発光体 2 は、例えば、応力発光材料を含有する応力発光シートをサンプル 1 の所定領域に貼り付けることによって形成することができる。応力発光体 2 は、例えば、ユーロピウムを添加した欠陥制御型アルミン酸ストロンチウム ($\text{SrAl}_2\text{O}_4:\text{Eu}$) であり、波長 520 nm を中心に緑色の発光を示す。

【0051】

次にステップ S20 により、ホルダ 10 の表面にマーカ 3 が配置される。具体的には、図 4 に示すように、第 1 取付板 11 の主面 11a および第 2 取付板 12 の主面 12a の少なくとも一方にマーカ 3 が配置される。図 4 の例では、マーカ 3 は、第 2 取付板 12 の主面 12a 上に配置されている。

【0052】

マーカ 3 は、蓄光体により形成されている。蓄光体とは、外部からのエネルギー（紫外線、紫光または青色光など）によって生成した電子またはホールなどのキャリアを一時的に結晶内欠陥にトラップし、当該トラップされたキャリアが気温の熱エネルギーによって徐々に解放し、発光中心で再結合することによって長時間持続する発光を示すものである。蓄光体は、長残光発光体とも称される。蓄光体は、視認性夜光塗料に広く用いられている。

【0053】

本明細書において、長残光とは、励起光を照射した後に励起光を停止しても長時間（例えば数分から数時間程度）発光し続けることをいう。蓄光体の発光の中心波長（発光ピーク）は、一般的に 480 ~ 700 nm 程度（緑 ~ 赤）である。

【0054】

本実施の形態では、マーカ 3 を構成する蓄光体の発光の中心波長を、光源 31 が照射する励起光の波長域と異ならせる構成とする。例えば、励起光が紫外線または青色光（波長域が 100 ~ 500 nm）である場合には、マーカ 3 には、発光の中心波長が 600 ~ 7

10

20

30

40

50

00nmであり、赤色の発光を示す蓄光体が用いられる。赤色の発光を示す蓄光体には、例えば、 $Y_2O_2S:Ti, Mg, Gd$ などがある。

【0055】

これは、マーカ3の発光の中心波長が励起光の波長域に含まれていると、光源31から励起光の照射を停止した後においても、マーカ3の発光を受けて応力発光体2が励起され続けることになり、応力発光体2の応力発光を正確に計測することが困難となるためである。

【0056】

なお、応力発光体2がユーロピウムを添加した欠陥制御型アルミン酸ストロンチウム($SrAl_2O_4:Eu$)である場合、応力発光体2は緑色の発光を示す。一方、マーカ3が赤色の発光を示すことから、応力発光体2の発光とマーカ3の発光とを目視にて明確に識別することができる。

10

【0057】

マーカ3は、第2取付板12の主面12aの所定領域に蓄光塗料を塗布することにより形成することができる。あるいは、マーカ3は、第2取付板12の主面12aの所定領域に蓄光材料からなるシートを貼り付けることによって形成することができる。

【0058】

マーカ3は、任意の形状とすることができる。図4の例では、マーカ3は、帯状の形状を有している。また、マーカ3の個数は単数であっても複数であってもよい。

【0059】

マーカ3は、ホルダ10の可動部の表面に配置することが好ましい。荷重の印加中、サンプル1の変形とともに、可動部上に配置されたマーカ3の位置が変化する。マーカ3の位置の変化を捉えることにより、サンプル1の変形状態を取得することができる。

20

【0060】

次に、図3のステップS30により、コントローラ50は、応力発光体2およびマーカ3に対して、光源31から励起光を照射する。図5(A)には荷重印加前のサンプル1が示され、図5(B)および(C)には荷重印加中のサンプル1が示される。

【0061】

図5(A)に示すように、光源31は励起光(例えば紫外線)を照射する。応力発光体2は励起光を受けて発光状態に遷移する。このとき、マーカ3を構成する蓄光体も励起光を受けて発光状態に遷移する。これによると、共通の光源31を用いて応力発光体2およびマーカ3を同時に励起することができる。なお、励起光の照射を停止した後も、マーカ3は発光し続ける。

30

【0062】

次に、図3のステップS40に進み、コントローラ50は、第1ドライバ20を駆動させてサンプル1を折り曲げることにより、サンプル1に荷重(曲げ荷重)を印加する。図5(B)に示すように、第1ドライバ20によって駆動軸13を正方向(矢印Aの方向)に回動させることにより、サンプル1を折り曲げる。図5(B)および(C)には、駆動軸13の正方向の回動に連動して、サンプル1が折り曲げられる様子が段階的に示されている。サンプル1の曲げ角度をとすると、曲げ角度は $0^\circ \sim 90^\circ$ の範囲で変化する。

40

【0063】

図3のステップS50では、コントローラ50は、サンプル1に対する荷重印加のタイミングに合わせて、カメラ40によりサンプル1を撮像する。すなわち、カメラ40は、応力発光体2の発光を撮像する。カメラ40による撮像は暗室内にて行なわれる。コントローラ50は、取得される撮像画像をディスプレイ60に表示させることができる。

【0064】

図6は、図3のステップS50により取得される撮像画像を模式的に示す図である。図6に示すように、撮像画像P1では、応力発光体2の発光強度の強さが2次元平面上に明度で表現される。なお、撮像画像P1において、応力発光強度の強弱が、色度、彩度および明度の少なくとも1つによって表現されてもよい。図6では、応力発光強度の強弱を便

50

宜的に異なるハッチングで描いている。そのため、撮像画像 P 1 の右側に、応力発光強度の強度に応じて割り当てられるハッチングの範囲を示すバーを示す。

【 0 0 6 5 】

図 6 に示すように、撮像画像 P 1 には、応力発光パターン 2 0 0 が、応力発光体 2 の横方向（Y 軸方向）における中央部分（すなわち、曲げの中心部分）に縦方向（X 軸方向）に延びる帯状の形状となって現れる。この応力発光パターン 2 0 0 は、サンプル 1 の変形領域と対応している。したがって、撮像画像 P 1 から応力発光パターン 2 0 0 を抽出して解析することにより、サンプル 1 に生じるひずみを可視化および定量化することが可能となる。具体的には、応力発光パターン 2 0 0 のうちの応力発光強度が大きい部分はひずみが大きい部分を示し、応力発光強度が小さい部分はひずみが小さい部分を示している。よって、応力発光強度の分布に基づいて、折り曲げられた状態でのサンプル 1 のひずみ量の分布を可視化および定量化することができる。

10

【 0 0 6 6 】

撮像画像 P 1 にはさらに、マーカ 3 の発光が現れる。この発光は、マーカ 3 を構成する蓄光体が発する残光に相当する。図 5（B）および（C）に示すように、第 1 取付板 1 1 および第 2 取付板 1 2 を回動したとき、第 2 取付板 1 2 の主面 1 2 a 上に配置されるマーカ 3 の位置が変化する。そのため、第 2 取付板 1 2 の主面 1 2 a の上方に位置するカメラ 4 0 により取得される撮像画像 P 1 に現れるマーカ 3 の発光の位置および形状も変化するようになる。

【 0 0 6 7 】

図 7 は、図 3 のステップ S 5 0 により取得される撮像画像 P 1 の変化を模式的に示す図である。図 7（A）には、荷重印加前のサンプル 1 およびその撮像画像が模式的に示されている。図 7（B）および（C）には、荷重印加中のサンプル 1 およびその撮像画像が模式的に示されている。

20

【 0 0 6 8 】

図 7（A）から図 7（C）は、第 1 取付板 1 1、第 2 取付板 1 2 およびこれらに取り付けられたサンプル 1 を X 軸方向から見た様子を示している。図 7（B）および（C）は、図 7（A）の状態からサンプル 1 を折り曲げた状態を示している。なお、図 4 に示したように、サンプル 1 の表面には応力発光体 2 が配置されており、第 2 取付板 1 2 の主面 1 2 a にはマーカ 3 が配置されている。

30

【 0 0 6 9 】

図 7（A）に示すように、サンプル 1 に荷重が印加されていない状態（すなわち、曲げ角度 = 0° の状態）では、応力発光体 2 が未だ発光していない。そのため、撮像画像 P 1 には、マーカ 3 の発光のみが現れている。撮像画像 P 1 におけるマーカ 3 の Y 方向における長さを L とすると、長さ L はマーカ 3 の Y 方向における長さに基づいた長さ L 1 となる。

【 0 0 7 0 】

図 7（A）の状態から第 1 ドライバ 2 0 によって駆動軸 1 3 をその中心軸周りに正方向（時計回り方向）に回動させると、図 7（B）および（C）に示すように、主面 1 2 a および主面 1 1 a に取り付けられたサンプル 1 は、互いに平行であり、かつ距離 K が一定の端部 1 2 a c および端部 1 1 a c を中心に平面 P に面対称に回動する主面 1 2 a および主面 1 1 a の間で折り曲げられる。このため、端部 1 2 a c 近傍、端部 1 1 a c 近傍および端部 1 2 a c、1 1 a c 間、いずれの部分のサンプル 1 もほぼ同じ曲げ半径により曲げられる。

40

【 0 0 7 1 】

また、図 1 の荷重印加機構は、端部 1 2 a c および端部 1 1 a c を中心に端部 1 2 a c および端部 1 1 a c が常に平行かつ距離 K が一定に保たれた状態で主面 1 2 a および主面 1 1 a を回動させるため、端部 1 2 a c 近傍と端部 1 1 a c 近傍との間に位置するサンプル 1 の部分を変形させるものの、それ以外のサンプル 1 の残部はほぼ変形させない。

【 0 0 7 2 】

50

図7(B)に示すように、荷重印加機構によってサンプル1に曲げ荷重が印加されると、撮像画像P1には、応力発光体2の発光が現れる。曲げ荷重を受けてサンプル1の曲げ角度は 0° から 90° に向かって徐々に増加する。すなわち、撮像画像P1には、応力発光体2の発光とマーカ3の発光とが現れる。なお、応力発光体2とマーカ3を構成する蓄光体との間で発光の色を異ならせることにより、撮像画像P1において応力発光体2の発光とマーカ3の発光とを明確に識別することができる。図7(B)の例では、応力発光体2は緑色に発光し、マーカ3は赤色に発光する。

【0073】

ここで、図7(B)に示すように、サンプル1の曲げ角度が 0° から増加させると、第2取付板12の主面12aが傾斜するため、主面12aの上方に位置するカメラ40から見たマーカ3の長さが短くなる。その結果、図7(A)と比較して、撮像画像P1におけるマーカ3の長さLも短くなる。さらに、図7(C)に示すように、サンプル1の曲げ角度が 90° に達したとき、撮像画像P1におけるマーカ3の長さLが最も短くなる。

10

【0074】

図8は、サンプル1の曲げ角度と、撮像画像P1に現れるマーカ3のY方向の長さLとの関係を示す図である。図8を参照して、サンプル1の曲げ角度 $=0^{\circ}$ (初期状態)のときの撮像画像P1におけるマーカ3の長さ $L=L_1$ とし、サンプル1の曲げ角度 $=90^{\circ}$ のときの撮像画像P1におけるマーカ3の長さ $L=L_2$ とすると、サンプル1の曲げ角度が徐々に大きくなるに従って、マーカ3の長さLは L_1 から L_2 に向かって徐々に短くなる。

20

【0075】

図8に示す関係によると、荷重印加中に取得される撮像画像P1からマーカ3を抽出してその長さLを検出することにより、検出された長さLに基づいてサンプル1の変形状態(サンプル1の曲げ角度)を知ることができる。図8に示す関係に係数式またはテーブルとして予め用意しておくことにより、図3のステップS60に示す画像処理において、データ処理部66は、撮像画像P1におけるマーカ3の長さLに基づいて、サンプル1の曲げ角度を求めることができる。

【0076】

さらにステップS60では、曲げ角度ごとに撮像画像P1に現れる応力発光パターン200を抽出することにより、応力発光パターン200が示す応力発光強度の分布と、サンプル1の変形状態とを紐付けることができる。これによると、サンプル1がどのような変形状態(曲げ角度)であるときに、サンプル1にひずみが生じたのかを検証することができる。また、応力発光強度の分布の時系列変化とサンプル1の変形状態の時系列変化との相関関係を評価することが可能となる。

30

【0077】

以上説明したように、実施の形態1に係るひずみ計測装置およびひずみ計測方法によれば、サンプル1の表面に応力発光体2を配置するとともに、サンプル1を支持するホルダ10の表面に蓄光性を有するマーカ3を配置することにより、暗所での応力発光の測定時において、マーカ3の発光に基づいてサンプル1の変形状態を取得することができる。

【0078】

[実施の形態2]

実施の形態2では、マーカ3の他の構成例について説明する。実施の形態2に係るひずみ計測装置100の構成は、マーカ3の構成を除いて図1に示したひずみ計測装置100の構成が同じであるため、その説明を省略する。また、実施の形態2に係るひずみ計測装置100を用いたサンプル1のひずみ計測の処理手順は、マーカを配置する処理(S20)を除いて図3に示したフローチャートと基本的に同じであるため、その説明を省略する。

40

【0079】

図9は、図3のステップS20のマーカを配置する処理を説明するための図である。図9には、ホルダ10、サンプル1、応力発光体2およびマーカ3の平面図が模式的に示される。図9は、図4と比較してマーカ3の構成のみが異なる。

50

【 0 0 8 0 】

図 9 を参照して、ホルダ 1 0 の第 1 取付板 1 1 の主面 1 1 a および第 2 取付板 1 2 の主面 1 2 a 上には複数のマーカ 3 が配置されている。複数のマーカ 3 は、サンプル 1 の外周部分に配置されている。図 9 の例では、矩形形状のサンプル 1 の四隅に 4 個のマーカ 3 がそれぞれ配置されている。

【 0 0 8 1 】

4 個のマーカ 3 は、蓄光体により形成されている。実施の形態 1 で述べたように、各マーカ 3 を構成する蓄光体の発光の中心波長は、光源 3 1 が照射する励起光の波長域と異なっている。また、応力発光体 2 とマーカ 3 とは発光の色が異なっている。

【 0 0 8 2 】

4 個のマーカ 3 は、第 1 取付板 1 1 の主面 1 1 a および第 2 取付板 1 2 の主面 1 2 a の所定領域に蓄光塗料を塗布することにより形成することができる。あるいは、4 個のマーカ 3 は、第 1 取付板 1 1 の主面 1 1 a および第 2 取付板 1 2 の主面 1 2 a の所定領域に蓄光材料からなるシートを貼り付けることによって形成することができる。

【 0 0 8 3 】

マーカ 3 は、任意の形状とすることができる。図 9 の例では、マーカ 3 は L 字形状を有している。マーカ 3 が配置される領域は、サンプル 1 を支持するホルダ 1 0 の表面であって、サンプル 1 の外周部分であればよい。マーカ 3 の個数は 4 個に限定されるものではない。

【 0 0 8 4 】

次に、図 3 のステップ S 3 0 により、コントローラ 5 0 は、応力発光体 2 および 4 個のマーカ 3 に対して、光源 3 1 から励起光を照射する。応力発光体 2 および 4 個のマーカ 3 はともに、励起光を受けて発光状態に遷移する。

【 0 0 8 5 】

次に、図 3 のステップ S 4 0 に進み、コントローラ 5 0 は、第 1 ドライバ 2 0 を駆動させてサンプル 1 を折り曲げることにより、サンプル 1 に曲げ荷重を印加する。図 3 のステップ S 5 0 では、コントローラ 5 0 は、サンプル 1 に対する荷重印加のタイミングに合わせて、カメラ 4 0 によりサンプル 1 を撮像する。コントローラ 5 0 は、取得される撮像画像をディスプレイ 6 0 に表示させることができる。

【 0 0 8 6 】

図 1 0 には、図 3 のステップ S 5 0 により取得される撮像画像の変化を模式的に示される。図 1 0 (A) には荷重印加前のサンプル 1 およびその撮像画像が示される。図 1 0 (B) および (C) には荷重印加中のサンプル 1 およびその撮像画像が示される。

【 0 0 8 7 】

図 1 0 (A) に示すように、サンプル 1 に荷重が印加されていない状態 (曲げ角度 = 0 ° の状態) では、応力発光体 2 が未だ発光していない。そのため、撮像画像 P 1 には、4 個のマーカ 3 の発光 (残光) のみが現れている。撮像画像 P 1 における 4 個のマーカ 3 の発光の位置は、矩形形状のサンプル 1 の四隅の位置に対応している。

【 0 0 8 8 】

次に、サンプル 1 に曲げ荷重が印加されると、撮像画像 P 1 には、応力発光体 2 の発光が現れる。したがって、図 1 0 (B) に示すように、撮像画像 P 1 には、応力発光体 2 の発光と 4 個のマーカ 3 の発光とが現れる。ただし、応力発光体 2 の発光と 4 個のマーカ 3 の発光とは波長 (発光色) が異なるため、撮像画像 P 1 において応力発光体 2 の発光と 4 個のマーカ 3 の発光とを明確に識別することができる。

【 0 0 8 9 】

サンプル 1 の曲げ角度 が大きくなるに従って、サンプル 1 の上方に配置されたカメラ 4 0 (図示せず) から見た 4 個のマーカ 3 の位置が変化する。具体的には、図 1 0 (B) に示すように、Y 方向に並べて配置される 2 個のマーカ 3 の距離が短くなる。図 1 0 (C) に示すように、サンプル 1 の曲げ角度 = 9 0 ° に達したとき、撮像画像 P 1 における 2 個のマーカ 3 の距離が最も短くなる。

10

20

30

40

50

【 0 0 9 0 】

撮像画像 P 1 において 4 個のマーカ 3 の位置は、サンプル 1 の四隅の位置をそれぞれ表わしている。したがって、撮像画像 P 1 における 4 個のマーカ 3 の位置に基づいて、サンプル 1 の形状を推測できるため、サンプル 1 の変形状態を取得することができる。その結果、実施の形態 1 と同様に、撮像画像 P 1 に現れる応力発光パターン 2 0 0 を抽出することにより、応力発光パターン 2 0 0 が示す応力発光強度の分布と、サンプル 1 の変形状態とを紐付けることができる。

【 0 0 9 1 】

〔 実施の形態 3 〕

図 1 1 は、実施の形態 3 に係るひずみ計測装置の全体構成を示すブロック図である。実施の形態 3 に係るひずみ計測装置 1 0 0 は、図 1 に示すひずみ計測装置 1 0 0 と比較して、荷重印加機構の構成が異なる。図 1 に示すひずみ計測装置 1 0 0 と共通する部分についての説明は繰返さない。

10

【 0 0 9 2 】

図 1 1 を参照して、荷重印加機構は、サンプル 1 に圧縮荷重を印加するように構成される。具体的には、荷重印加機構は、ホルダ 1 0 と、第 1 ドライバ 2 0 とを有する。

【 0 0 9 3 】

図 1 1 の例では、サンプル 1 は、円形の形状を有する平板部材である。サンプル 1 の表面には、応力発光体 2 が配置されている。応力発光体 2 は、少なくともサンプル 1 の所定領域の表面上に配置されている。この所定領域は、サンプル 1 に圧縮荷重を印加したときに応力が生じる領域（すなわち、サンプル 1 の変形領域）を含むように設定されている。よって、応力発光体 2 は、サンプル 1 と一体的に圧縮されて変形（ひずみ）が生じることになる。

20

【 0 0 9 4 】

ホルダ 1 0 は、ホルダ 1 0 は、第 1 支持部材 1 6、第 2 支持部材 1 7 および駆動軸 1 8 を有する。第 1 支持部材 1 6 および第 2 支持部材 1 7 は、柱状の形状を有しており、長手方向における端部同士が Y 方向に沿って対向するように配置されている。

【 0 0 9 5 】

第 1 支持部材 1 6 には駆動軸 1 8 が接続されている。第 1 ドライバ 2 0 は、駆動軸 1 8 の基部が取り付けられる。第 1 ドライバ 2 0 は、駆動軸 1 8 を Y 方向にスライドさせることにより、第 1 支持部材 1 6 を Y 方向にスライド可能に構成されている。第 2 支持部材 1 7 は固定されている。第 1 支持部材 1 6 は「可動部」の一実施例に対応し、第 2 支持部材 1 7 は「固定部」の一実施例に対応する。

30

【 0 0 9 6 】

サンプル 1 は、Y 方向における両端部が第 1 支持部材 1 6 および第 2 支持部材 1 7 によって支持されている。この状態で第 1 支持部材 1 6 を第 2 支持部材 1 7 に向かって Y 方向にスライドさせると、サンプル 1 に対して圧縮荷重が印加される。

【 0 0 9 7 】

カメラ 4 0 は、サンプル 1 の所定領域上に位置する応力発光体 2 およびマーカ 3 を撮像視野に含むように配置される。

40

【 0 0 9 8 】

< ひずみ計測方法 >

次に、実施の形態 3 に係るひずみ計測装置 1 0 0 を用いたサンプル 1 のひずみ計測方法について説明する。実施の形態 3 に係るひずみ計測装置 1 0 0 を用いたサンプル 1 のひずみ計測の処理手順は、マーカを配置する処理（S 2 0）を除いて図 3 に示したフローチャートと基本的に同じである。

【 0 0 9 9 】

最初に図 3 のステップ S 1 0 により、サンプル 1 が準備される。サンプル 1 は、ホルダ 1 0 の第 1 支持部材 1 6 および第 2 支持部材 1 7 の間に取り付けられる。応力発光体 2 は、サンプル 1 の表面に接着される。図 1 1 の例では、応力発光体 2 は、サンプル 1 と同程

50

度のサイズの円形の形状を有しており、サンプル 1 の表面の全域を覆うように配置されている。

【 0 1 0 0 】

次に図 3 のステップ S 2 0 により、ホルダ 1 0 にマーカ 3 が配置される。具体的には、第 1 支持部材 1 6 および第 2 支持部材 1 7 の少なくとも一方の表面にマーカ 3 が配置される。図 1 1 の例では、マーカ 3 は、第 1 支持部材 1 6 の表面に配置されている。マーカ 3 は、第 1 支持部材 1 6 の表面の所定領域に蓄光塗料を塗布することにより形成することができる。あるいは、マーカ 3 は、第 1 支持部材 1 6 の表面の所定領域に蓄光材料からなるシートを貼り付けることによって形成することができる。

【 0 1 0 1 】

マーカ 3 は、蓄光体により形成されており、目盛りを構成する。この目盛りは、サンプル 1 の Z 方向における大きさを計測するための指標として用いることができる。指標としての機能を果たすために、マーカ 3 は、荷重印加時に撮像画像 P 1 における形状が変化しない領域に配置される。マーカ 3 は、第 2 支持部材 1 7 の表面に配置されていてもよい。

【 0 1 0 2 】

図 3 のステップ S 3 0 では、コントローラ 5 0 は、応力発光体 2 およびマーカ 3 に対して、光源 3 1 から励起光を照射する。応力発光体 2 およびマーカ 3 はともに励起光を受けて発光状態に遷移する。なお、励起光の照射を停止した後も、マーカ 3 は発光し続ける。

【 0 1 0 3 】

次に、図 3 のステップ S 4 0 に進み、コントローラ 5 0 は、第 1 ドライバ 2 0 を駆動させてサンプル 1 に対して荷重を印加する。第 1 ドライバ 2 0 によって第 1 支持部材 1 6 を Y 方向にスライドさせることにより、サンプル 1 に圧縮荷重が印加される。

【 0 1 0 4 】

図 3 のステップ S 5 0 では、コントローラ 5 0 は、サンプル 1 に対する荷重印加のタイミングに合わせて、カメラ 4 0 によりサンプル 1 を撮像する。カメラ 4 0 は、応力発光体 2 の発光およびマーカ 3 の発光を撮像する。コントローラ 5 0 は、カメラ 4 0 による撮像画像をディスプレイ 6 0 に表示させることができる。

【 0 1 0 5 】

図 1 2 は、図 3 のステップ S 5 0 により取得される撮像画像 P 1 の変化を模式的に示す図である。図 1 2 (A) には、荷重印加前のサンプル 1 およびその撮像画像が模式的に示される。図 1 2 (B) には、荷重印加中のサンプル 1 およびその撮像画像が模式的に示される。

【 0 1 0 6 】

図 1 2 (A) および図 1 2 (B) は、第 1 支持部材 1 6 、第 2 支持部材 1 7 およびこれらに取り付けられたサンプル 1 を X 軸方向から見た様子を示している。図 1 2 (B) は、図 1 2 (A) の状態からサンプル 1 に圧縮荷重を印加した状態を示している。なお、図 1 1 に示したように、サンプル 1 の表面には応力発光体 2 が配置されており、第 1 支持部材 1 6 の表面にはマーカ 3 (目盛り) が配置されている。

【 0 1 0 7 】

図 1 2 (A) に示すように、サンプル 1 に圧縮荷重が印加されていない状態では、応力発光体 2 が未だ発光していない。そのため、撮像画像 P 1 には、マーカ 3 の発光のみが現れている。

【 0 1 0 8 】

図 1 2 (A) の状態から第 1 ドライバ 2 0 によって第 1 支持部材 1 6 を Y 方向にスライドさせると、図 1 2 (B) に示すように、サンプル 1 は Y 方向に圧縮されて変形する。そのため、撮像画像 P 1 には、応力発光体 2 の発光とマーカ 3 の発光とが現れる。

【 0 1 0 9 】

このとき、図 1 2 (B) に示すように、サンプル 1 の Y 方向における長さは、初期値である Y 1 から Y 2 に減少する。一方、サンプル 1 の Z 方向における長さは、初期値である Z 1 から Z 2 に増加する。

10

20

30

40

50

【 0 1 1 0 】

圧縮荷重によるサンプル 1 の Y 方向における変形量は、第 1 支持部材 1 6 の Y 方向における変位量から求めることができる。これに対して、サンプル 1 の Z 方向における変形量は、撮像画像 P 1 内でマーカ 3 が示す目盛りを用いて求めることができる。これによると、圧縮荷重によるサンプル 1 の変形状態を取得することができる。さらに、実施の形態 1 および 2 と同様に、撮像画像 P 1 に現れる応力発光パターン 2 0 0 を抽出することにより、応力発光パターン 2 0 0 が示す応力発光強度の分布と、サンプル 1 の変形状態とを紐付けることができる。

【 0 1 1 1 】

[態 様]

上述した複数の例示的な実施形態は、以下の態様の具体例であることが当業者により理解される。

【 0 1 1 2 】

(第 1 項) 一態様に係るひずみ計測装置は、サンプルのひずみを計測する。サンプルの表面の少なくとも所定領域には応力発光体が配置されている。ひずみ計測装置は、サンプルを支持するホルダと、ホルダを動作させることにより、サンプルに荷重を印加する荷重印加機構と、ホルダの表面に配置された、蓄光性を有するマーカと、応力発光体およびマーカに励起光を照射するように構成された光源と、荷重が印加されたときの応力発光体の発光、およびマーカの発光を撮像するように構成されたカメラとを備える。

【 0 1 1 3 】

第 1 項に記載のひずみ計測装置によれば、サンプルの表面に応力発光体を配置するとともに、サンプルを支持するホルダの表面に蓄光性を有するマーカを配置することにより、暗所での応力発光の測定時において、マーカの発光に基づいてサンプルの変形状態を取得することができる。

【 0 1 1 4 】

(第 2 項) 第 1 項に記載のひずみ計測装置において、マーカは、蓄光体で構成されている。蓄光体は、発光の波長が励起光の波長とは異なるように構成される。

【 0 1 1 5 】

これによると、光源から励起光の照射を停止した後において、マーカの発光を受けて応力発光体が励起され続けることを抑制することができる。よって、応力発光体の応力発光を正確に計測することが可能となる。

【 0 1 1 6 】

(第 3 項) 第 2 項に記載のひずみ計測装置において、励起光は、紫外線または青色光である。マーカは、赤色の発光を示す蓄光体から構成される。

【 0 1 1 7 】

これによると、光源から励起光の照射を停止した後において、マーカの発光を受けて応力発光体が励起され続けることを抑制することができる。

【 0 1 1 8 】

(第 4 項) 第 2 項または第 3 項に記載のひずみ計測装置において、蓄光体はさらに、発光の波長が応力発光体の発光の波長とは異なるように構成される。

【 0 1 1 9 】

これによると、カメラによる撮像画像において応力発光体の発光とマーカの発光とを明確に識別することができる。

【 0 1 2 0 】

(第 5 項) 第 1 項から第 4 項に記載のひずみ計測装置において、ホルダは、固定部および可動部を含み、固定部に対して可動部が相対移動することによってサンプルに荷重を印加するように構成される。マーカは、ホルダの可動部に配置される。

【 0 1 2 1 】

これによると、撮像画像に現れるマーカの位置および / または形状が可動部の動きに応じて変化する。このマーカの位置および / または形状の変化とサンプルの変形状態との関

10

20

30

40

50

係を予め取得しておくことにより、マーカの変化に基づいてサンプルの変形状態を取得することができる。

【0122】

(第6項)第1項から第4項に記載のひずみ計測装置において、マーカは、ホルダの表面においてサンプルの外周部分に配置される。

【0123】

これによると、撮像画像に現れるマーカの位置に基づいてサンプルの形状を推測することができるため、サンプルの変形状態を取得することができる。

【0124】

(第7項)第1項から第4項に記載のひずみ計測装置において、マーカは、サンプルの大きさを計測するための目盛りを含む。

10

【0125】

これによると、撮像画像内でマーカが示す目盛りを用いて、サンプルの変形量を測定することができる。

【0126】

(第8項)一態様に係るひずみ計測方法は、サンプルのひずみを計測するひずみ計測方法であって、サンプルの表面の少なくとも所定領域に応力発光体を配置するステップと、サンプルを支持するホルダの表面に蓄光性を有するマーカを配置するステップと、応力発光体およびマーカに励起光を照射するステップと、ホルダを動作させることにより、サンプルに荷重を印加するステップと、荷重が印加されたときの応力発光体の発光、およびマーカの発光を撮像するステップとを備える。

20

【0127】

第8項に記載のひずみ計測方法によれば、サンプルの表面に応力発光体を配置するとともに、サンプルを支持するホルダの表面に蓄光性を有するマーカを配置することにより、暗所での応力発光の測定時において、マーカの発光に基づいてサンプルの変形状態を取得することができる。

【0128】

(第9項)第8項に記載のひずみ計測方法は、撮像するステップにて取得された撮像画像におけるマーカの発光に基づいて、サンプルの変形状態を測定するステップをさらに備える。

30

【0129】

これによると、測定されたサンプルの変形状態と、応力発光強度の分布とを紐付けることができる。よって、サンプルがどのような変形状態であるときに、サンプル1にひずみが生じたのかを検証することができる。また、応力発光強度の分布の時系列変化とサンプルの変形状態の時系列変化との相関関係を評価することが可能となる。

【0130】

(第10項)第8項または第9項に記載のひずみ計測方法において、ホルダは、固定部および可動部を含む。荷重を印加するステップは、固定部に対して可動部を相対移動させることによってサンプルに荷重を印加するステップを含む。マーカを配置するステップは、ホルダの可動部にマーカを配置するステップを含む。

40

【0131】

これによると、撮像画像に現れるマーカの位置および/または形状が可動部の動きに応じて変化する。このマーカの位置および/または形状の変化とサンプルの変形状態との関係を予め取得しておくことにより、マーカの変化に基づいてサンプルの変形状態を取得することができる。

【0132】

(第11項)第8項または第9項に記載のひずみ計測方法において、マーカを配置するステップは、ホルダの表面においてサンプルの外周部分にマーカを配置するステップを含む。

【0133】

50

これによると、撮像画像に現れるマーカの位置に基づいてサンプルの形状を推測することができるため、サンプルの変形状態を取得することができる。

【0134】

(第12項)第8項または第9項に記載のひずみ計測方法において、マーカを配置するステップは、サンプルの大きさを計測するための目盛りを配置するステップを含む。

【0135】

これによると、撮像画像内でマーカが示す目盛りを用いて、サンプルの変形量を測定することができる。

【0136】

(第13項)第8項から第12項に記載のひずみ計測方法において、励起光を照射するステップは、共通の光源を用いて応力発光体およびマーカに同時に励起光を照射するステップを含む。

10

【0137】

これによると、ひずみ計測装置の構成を簡素にできるとともに、ひずみ計測処理を簡素化することができる。

【0138】

今回開示された実施の形態はすべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は上記した実施の形態の説明ではなくて請求の範囲によって示され、請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

20

【符号の説明】

【0139】

1 サンプル、2 応力発光体、3 マーカ、10 ホルダ、11 第1取付板、12 第2取付板、13, 18 駆動軸、15 筐体、16 第1支持部材、17 第2支持部材、20 第1ドライバ、31 光源、32 第3ドライバ、40 カメラ、42 第2ドライバ、50 コントローラ、60 ディスプレイ、61 応力制御部、62 光源制御部、63 撮像制御部、64 測定制御部、65 データ取得部、66 データ処理部、70 操作部、100 ひずみ計測装置、200 応力発光パターン、501 プロセッサ、502 メモリ、503 入出力I/F、504 通信I/F、P1 撮像画像。

30

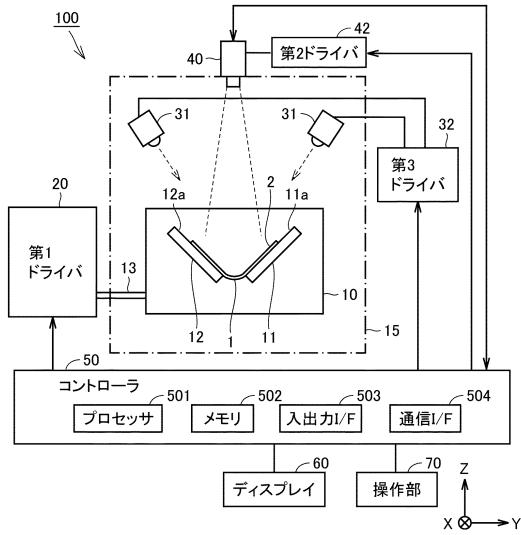
40

50

【図面】

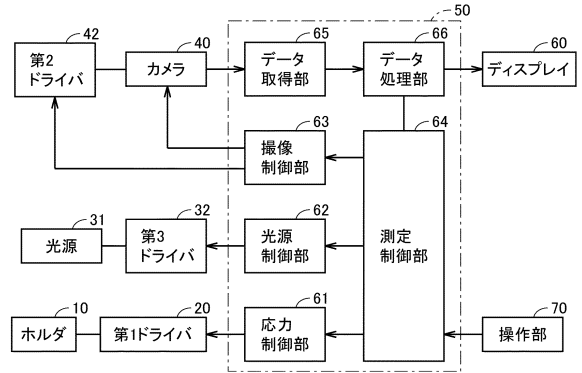
【図 1】

FIG.1



【図 2】

FIG.2

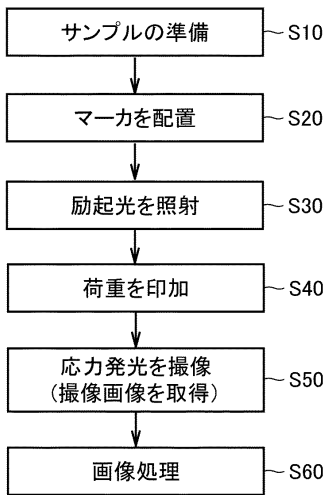


10

20

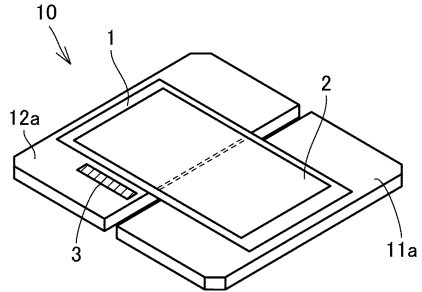
【図 3】

FIG.3



【図 4】

FIG.4



30

40

50

【図5】

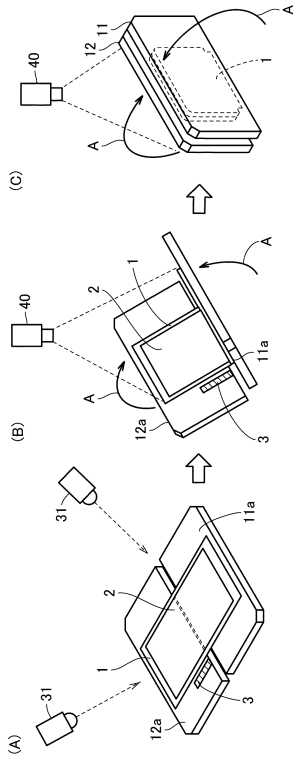


FIG.5

【図7】

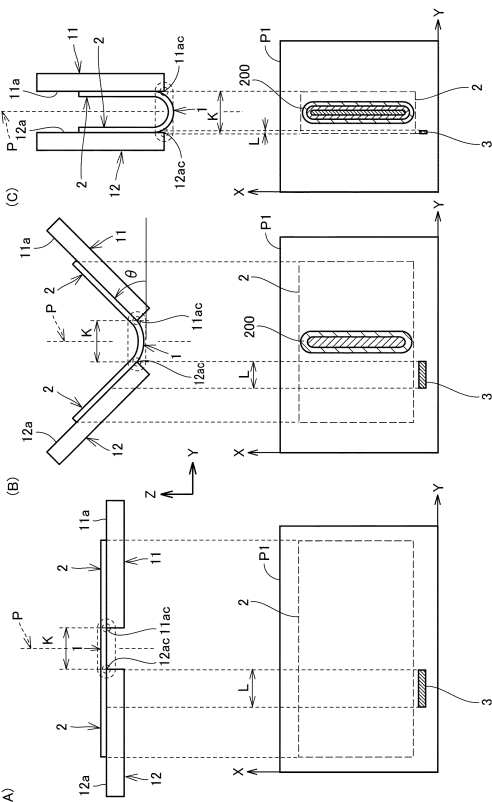
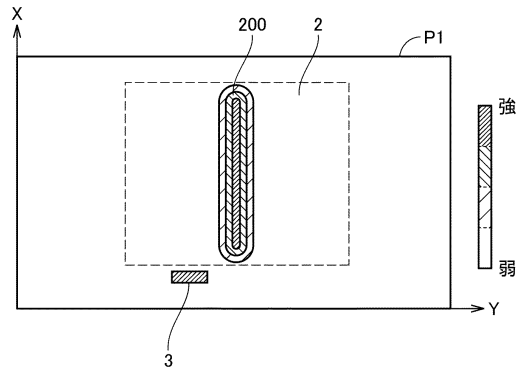


FIG.7

【図6】

FIG.6

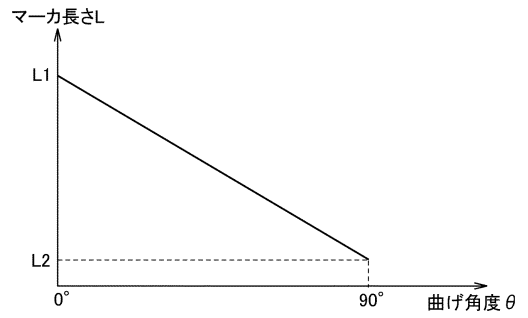


10

20

【図8】

FIG.8



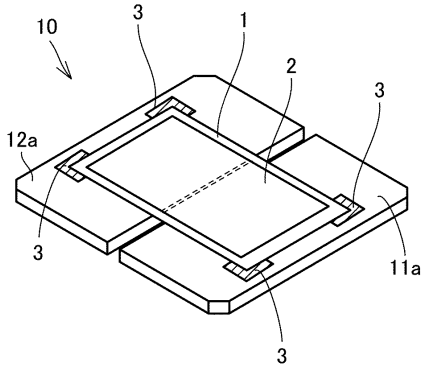
30

40

50

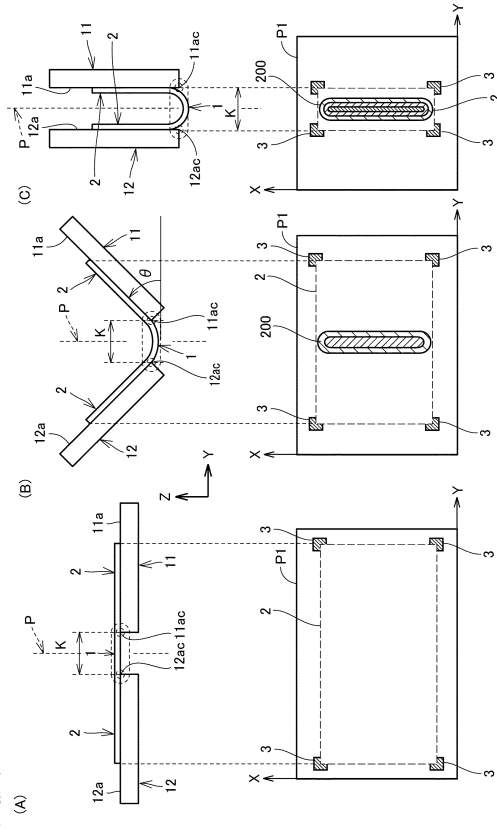
【図9】

FIG.9



【図10】

FIG.10

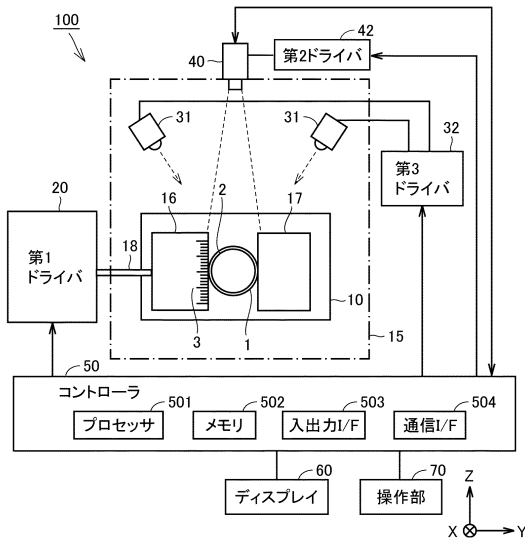


10

20

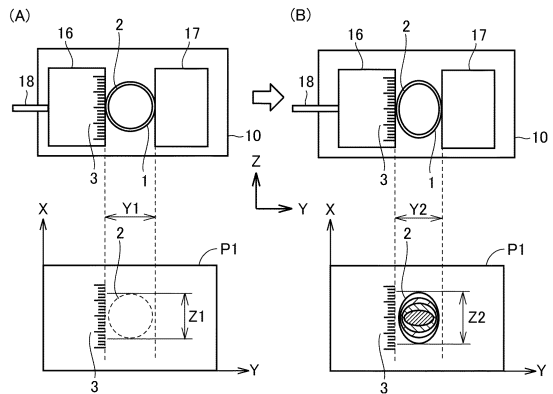
【図11】

FIG.11



【図12】

FIG.12



30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開 2020 - 034466 (JP, A)
特開 2018 - 163083 (JP, A)
特開 2017 - 129530 (JP, A)
実開昭 59 - 023649 (JP, U)
米国特許出願公開第 2015 / 0103333 (US, A1)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
- | | |
|---------|---------|
| G 0 1 L | 1 / 0 0 |
| G 0 1 L | 1 / 2 4 |
| G 0 1 L | 5 / 0 0 |
| G 0 1 N | 3 / 0 6 |