

(19) 日本国特許庁(JP)

再公表特許(A1)

(11) 国際公開番号

W02016/129051

発行日 平成29年4月27日 (2017. 4. 27)

(43) 国際公開日 平成28年8月18日 (2016. 8. 18)

(51) Int. Cl. F I テーマコード (参考)  
**GO 1 B 11/16 (2006.01)** GO 1 B 11/16 Z 2 F O 6 5

審査請求 有 予備審査請求 未請求 (全 25 頁)

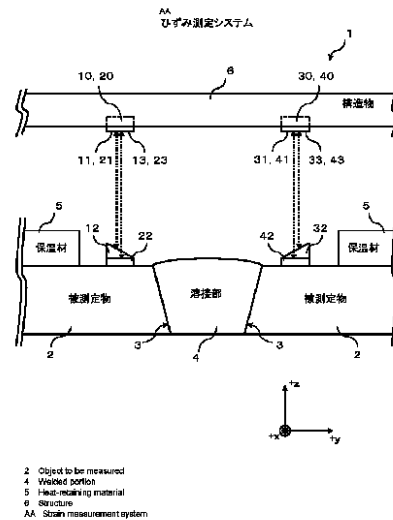
<p>出願番号 特願2016-538123 (P2016-538123)                  (21) 国際出願番号 PCT/JP2015/053616                  (22) 国際出願日 平成27年2月10日 (2015. 2. 10)                  (81) 指定国 AP (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), EP (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OA (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US</p>	<p>(71) 出願人 000211307                  中国電力株式会社                  広島県広島市中区小町4番33号                  (74) 代理人 110000176                  一色国際特許業務法人                  (72) 発明者 石丸 秀雄                  広島県広島市中区小町4番33号 中国電力株式会社内                  (72) 発明者 田中 誠                  広島県広島市中区小町4番33号 中国電力株式会社内                  (72) 発明者 今田 栄                  広島県広島市中区小町4番33号 中国電力株式会社内</p>
---	---

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ひずみ測定方法、及びひずみ測定システム

(57) 【要約】

被測定物2の表面に生じたひずみを簡素な構成にて精度よく測定する。被測定物2の表面から所定距離離れた構造物6に第1乃至第4レーザ変位計10~40を設け、また第1反射体12及び第2反射体22の組と第3反射体32及び第4反射体42の組とを、測定対象部位を夫々の間に挟むように配置する。第1反射体12及び第3反射体32の反射面は、被測定物2の表面に生じたひずみに因る夫々の変位量に応じて第1レーザ変位計10又は第3レーザ変位計30との間の距離が変化する形状を呈し、第2反射体22及び第4反射体42の反射面は、被測定物2の表面に生じたひずみに因り第3反射体32又は第4反射体42が変位しても第3レーザ変位計30又は第4レーザ変位計40との間の距離が変化しない形状を呈する。第1乃至第4レーザ変位計10~40により測定される変化量に基づき、測定対象部位に生じるひずみを求める。



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

被測定物の表面に生じるひずみの測定方法であって、

被測定物の表面から所定距離離れた構造物に第 1 レーザ変位計と第 2 レーザ変位計とを設け、

被測定物の表面の測定対象部位の近傍に、第 1 反射体と第 2 反射体とを、いずれもその反射面を前記構造物の方向に向けて隣接して配置し、

前記第 1 反射体の反射面は、前記被測定物の表面に生じたひずみに因る前記第 1 反射体の変位量に応じて前記第 1 レーザ変位計との間の距離が変化する形状を呈し、

前記第 2 反射体の反射面は、前記被測定物の表面に生じたひずみに因り前記第 1 反射体  
10  
が変位しても前記第 2 レーザ変位計との間の距離が変化しない形状を呈し、

前記第 1 レーザ変位計の発光部から前記第 1 反射体に向けて出射した第 1 レーザ光を前記第 1 反射体の反射面で反射させて前記第 1 レーザ変位計の受光部に入射させた場合における前記第 1 レーザ光の行路である第 1 行路の変化量を前記第 1 レーザ変位計により測定し、

前記第 2 レーザ変位計の発光部から前記第 2 反射体に向けて出射した第 2 レーザ光を前記第 2 反射体の反射面で反射させて前記第 2 レーザ変位計の受光部に入射させた場合における前記第 2 レーザ光の行路である第 2 行路の変化量を前記第 2 レーザ変位計により測定し、

前記第 1 行路の変化量及び前記第 2 行路の変化量との差に基づき、前記測定対象部位に  
20  
生じるひずみを求める

ひずみ測定方法。

**【請求項 2】**

請求項 1 に記載のひずみ測定方法であって、

前記被測定物の表面から所定距離離れた構造物に第 3 レーザ変位計と第 4 レーザ変位計とを設け、

前記被測定物の表面の測定対象部位の近傍に、第 3 反射体と第 4 反射体とを、いずれもその反射面を前記構造物の方向に向けて隣接して配置し、

前記第 1 反射体及び第 2 反射体の組と前記第 3 反射体及び第 4 反射体の組とを、前記測定対象部位を夫々の間に挟むように配置し、  
30

前記第 3 反射体の反射面は、前記被測定物の表面に生じたひずみに因る前記第 3 反射体の変位量に応じて前記第 3 レーザ変位計との間の距離が変化する形状を呈し、

前記第 4 反射体の反射面は、前記被測定物の表面に生じたひずみに因り前記第 4 反射体  
40  
が変位しても前記第 4 レーザ変位計との間の距離が変化しない形状を呈し、

前記第 3 レーザ変位計の発光部から前記第 3 反射体に向けて出射した第 3 レーザ光を前記第 3 反射体の反射面で反射させて前記第 3 レーザ変位計の受光部に入射させた場合における前記第 3 レーザ光の行路である第 3 行路の変化量を前記第 3 レーザ変位計により測定し、

前記第 4 レーザ変位計の発光部から前記第 4 反射体に向けて出射した第 4 レーザ光を前記第 4 反射体の反射面で反射させて前記第 4 レーザ変位計の受光部に入射させた場合における前記第 4 レーザ光の行路である第 4 行路の変化量を前記第 4 レーザ変位計により測定し、  
40

前記第 1 行路の変化量から前記第 2 行路の変化量を差し引いた値と、前記第 3 行路の変化量から前記第 4 行路の変化量を差し引いた値との和を求めることにより、前記測定対象部位に生じるひずみを求める

ひずみ測定方法。

**【請求項 3】**

請求項 2 に記載のひずみ測定方法であって、

前記第 1 反射体の反射面は、前記ひずみが生じる方向に沿って前記第 2 レーザ変位計との間の距離が直線的に変化するよう傾斜する斜面形状であり、  
50

前記第 2 反射体の反射面は、前記ひずみが生じる方向に平行な平面形状であり、  
 前記第 3 反射体の反射面は、前記ひずみが生じる方向に沿って前記第 3 レーザ変位計との間の距離が直線的に変化する斜面形状であり、  
 前記第 4 反射体の反射面は、前記ひずみが生じる方向に平行な平面形状であるひずみ測定方法。

【請求項 4】

被測定物の表面に生じるひずみの測定システムであって、  
 被測定物の表面から所定距離離れた構造物に設けられる、第 1 レーザ変位計及び第 2 レーザ変位計と、  
 被測定物の表面の測定対象部位の近傍に、いずれもその反射面を前記構造物の方向に向けて隣接して配置される、第 1 反射体と第 2 反射体と、  
 を備え、

前記第 1 反射体の反射面は、前記被測定物の表面に生じたひずみに因る前記第 1 反射体の変位量に応じて前記第 1 レーザ変位計との間の距離が変化する形状を呈し、

前記第 2 反射体の反射面は、前記被測定物の表面に生じたひずみに因り前記第 1 反射体の変位しても前記第 2 レーザ変位計との間の距離が変化しない形状を呈し、

前記第 1 レーザ変位計は、前記第 1 レーザ変位計の発光部から前記第 1 反射体に向けて出射した第 1 レーザ光を前記第 1 反射体の反射面で反射させて前記第 1 レーザ変位計の受光部に入射させた場合における前記第 1 レーザ光の行路である第 1 行路の変化量を測定し、

前記第 2 レーザ変位計は、前記第 2 レーザ変位計の発光部から前記第 2 反射体に向けて出射した第 2 レーザ光を前記第 2 反射体の反射面で反射させて前記第 2 レーザ変位計の受光部に入射させた場合における前記第 2 レーザ光の行路である第 2 行路の変化量を測定する

ひずみ測定システム。

【請求項 5】

請求項 4 に記載のひずみ測定システムであって、

前記被測定物の表面から所定距離離れた構造物に設けられる、第 3 レーザ変位計と第 4 レーザ変位計と、

前記被測定物の表面の測定対象部位の近傍に、いずれもその反射面を前記構造物の方向に向けて隣接して配置される、第 3 反射体と第 4 反射体と、

を更に備え、

前記第 1 反射体及び第 2 反射体の組と前記第 3 反射体及び第 4 反射体の組とは、前記測定対象部位を夫々の間に挟むように配置され、

前記第 3 反射体の反射面は、前記被測定物の表面に生じたひずみに因る前記第 3 反射体の変位量に応じて前記第 3 レーザ変位計との間の距離が変化する形状を呈し、

前記第 4 反射体の反射面は、前記被測定物の表面に生じたひずみに因り前記第 4 反射体の変位しても前記第 4 レーザ変位計との間の距離が変化しない形状を呈し、

前記第 3 レーザ変位計は、前記第 3 レーザ変位計の発光部から前記第 3 反射体に向けて出射した第 3 レーザ光を前記第 3 反射体の反射面で反射させて前記第 3 レーザ変位計の受光部に入射させた場合における前記第 3 レーザ光の行路である第 3 行路の変化量を測定し、

前記第 4 レーザ変位計は、前記第 4 レーザ変位計の発光部から前記第 4 反射体に向けて出射した第 4 レーザ光を前記第 4 反射体の反射面で反射させて前記第 4 レーザ変位計の受光部に入射させた場合における前記第 4 レーザ光の行路である第 4 行路の変化量を測定し、

ひずみ測定システム。

【請求項 6】

請求項 5 に記載のひずみ測定システムであって、

前記第 1 反射体の反射面は、前記ひずみが生じる方向に沿って前記第 2 レーザ変位計と

の間の距離が直線的に変化するように傾斜する斜面形状であり、

前記第 2 反射体の反射面は、前記ひずみが生じる方向に平行な平面形状であり、

前記第 3 反射体の反射面は、前記ひずみが生じる方向に沿って前記第 3 レーザ変位計との間の距離が直線的に変化する斜面形状であり、

前記第 4 反射体の反射面は、前記ひずみが生じる方向に平行な平面形状であるひずみ測定システム。

【請求項 7】

請求項 4 に記載のひずみ測定システムであって、

前記第 1 反射体の反射面及び前記第 2 反射体の反射面は、金属板又はセラミックス板で構成されている、

ひずみ測定システム。

10

【請求項 8】

請求項 4 に記載のひずみ測定システムであって、

前記第 1 反射体の反射面及び前記第 2 反射体の反射面は、鏡面加工が施された金属膜の表面にファイアガラスをコーティングした構造を有する、

ひずみ測定システム。

【請求項 9】

請求項 5 に記載のひずみ測定システムであって、

前記第 1 反射体乃至前記第 4 反射体の反射面は、金属板又はセラミックス板で構成されている、

ひずみ測定システム。

20

【請求項 10】

請求項 5 に記載のひずみ測定システムであって、

前記第 1 反射体乃至前記第 4 反射体の反射面は、鏡面加工が施された金属膜の表面にファイアガラスをコーティングした構造を有する、

ひずみ測定システム。

【請求項 11】

請求項 4 乃至 10 のいずれか一項に記載のひずみ測定システムであって、

前記被測定物は、火力発電プラントの高温配管であり、前記構造物は、前記火力発電プラントが収容されている建屋の一部である

ひずみ測定システム。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、ひずみ測定方法、及びひずみ測定システムに関する。

【背景技術】

【0002】

特許文献 1 には、火力発電プラント用高温配管の長手溶接部の亀裂を検出する方法として、長手溶接部近傍および当該個所と同一円周上の管母材に管内圧力にともない変化するひずみ変動量をひずみゲージで測定し、これら 2 箇所ひずみ変動量の差を求め、検査すべき高温配管と同じ形状のサンプル管を複数個用意し、これらサンプル管毎に長手溶接部近傍に深さの異なる亀裂を形成し、検査すべき高温配管と同様に長手溶接部近傍および当該個所と同一円周上の管母材における各ひずみ変動量の差を測定し、数値解析により亀裂の有無と亀裂の深さを算出し、高温配管におけるひずみ変動量を数値解析によって求めた亀裂の深さとひずみ変動量の差との関係と比較することにより高温配管の長手溶接部の亀裂の有無と深さを測定することが記載されている。

40

【0003】

特許文献 2 には、測定対象物に取り付けられ、光を反射可能であり且つ測定対象物のひずみ変形に伴って角度が変化する複数の反射面を備える光学ひずみゲージと、複数の反射面に光を照射し、複数の反射面から反射された反射光を検出し、測定対象物のひずみ変

50

形前後において複数の反射面から反射された反射光を比較することにより、複数の反射面の角度変化を測定する角度測定部と、角度測定部により測定された角度変化から、測定対象物のひずみを算出するひずみ算出部とを備えた光学的ひずみ測定装置が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2002-286444号公報

【特許文献2】特開2011-163896号公報

【発明の概要】

10

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

特許文献1に開示されているように、火力発電プラント用配管の亀裂の測定は、金属や半導体のひずみ量に応じた電気抵抗値の変化を利用したひずみゲージを用いて行われている。しかし火力発電プラントにおけるボイラ配管等の配管は600以上の高温となるため、とくに実機運転中はひずみゲージの出力が安定せず、十分な測定精度が得られないという課題があった。

【0006】

本発明は上記課題に鑑みてなされたもので、被測定物の表面に生じたひずみを簡素な構成にて精度よく測定することが可能な、ひずみ測定方法、及びひずみ測定システムを提供することを目的としている。

20

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記目的を達成するための本発明の一つは、被測定物の表面に生じるひずみの測定方法であって、被測定物の表面から所定距離離れた構造物に第1レーザ変位計と第2レーザ変位計とを設け、被測定物の表面の測定対象部位の近傍に、第1反射体と第2反射体とを、いずれもその反射面を前記構造物の方向に向けて隣接して配置し、前記第1反射体の反射面は、前記被測定物の表面に生じたひずみに因る前記第1反射体の変位量に応じて前記第1レーザ変位計との間の距離が変化する形状を呈し、前記第2反射体の反射面は、前記被測定物の表面に生じたひずみに因り前記第1反射体の変位しても前記第2レーザ変位計との間の距離が変化しない形状を呈し、前記第1レーザ変位計の発光部から前記第1反射体に向けて出射した第1レーザ光を前記第1反射体の反射面で反射させて前記第1レーザ変位計の受光部に入射させた場合における前記第1レーザ光の行路である第1行路の変化量を前記第1レーザ変位計により測定し、前記第2レーザ変位計の発光部から前記第2反射体に向けて出射した第2レーザ光を前記第2反射体の反射面で反射させて前記第2レーザ変位計の受光部に入射させた場合における前記第2レーザ光の行路である第2行路の変化量を前記第2レーザ変位計により測定し、前記第1行路の変化量及び前記第2行路の変化量との差に基づき、前記測定対象部位に生じるひずみを求めることとする。

30

【0008】

本発明によれば、レーザ変位計と反射体とを用いた簡素な構成により、被測定物の表面に生じるひずみを精度よく測定することができる。またレーザ変位計（発光部及び受光部を含む）は被測定物から離れた場所に設けているので、被測定物が高温になる場合でも熱の影響を受けることがなく、常温下でレーザ変位計により精度よくひずみを測定することができる。また斜面形状の反射面を有する反射体で反射させたレーザ光に基づき測定した変位量と平面形状の反射面を有する反射体で反射させたレーザ光に基づき測定した変位量とを用いて、構造物と被測定物との間の距離が変化することに因り生じる誤差を補正するので、精度よくひずみを測定することができる。またレーザ変位計（発光部及び受光部を含む）は建屋内の任意の構造物に設置することができるので、設置場所の自由度が高く、本発明は様々な環境に適用することができる。

40

【0009】

50

本発明の他の一つは、上記測定方法であって、前記被測定物の表面から所定距離離れた構造物に第3レーザ変位計と第4レーザ変位計とを設け、前記被測定物の表面の測定対象部位の近傍に、第3反射体と第4反射体とを、いずれもその反射面を前記構造物の方向に向けて隣接して配置し、前記第1反射体及び第2反射体の組と前記第3反射体及び第4反射体の組とを、前記測定対象部位を夫々の間に挟むように配置し、前記第3反射体の反射面は、前記被測定物の表面に生じたひずみに因る前記第3反射体の変位量に応じて前記第3レーザ変位計との間の距離が変化する形状を呈し、前記第4反射体の反射面は、前記被測定物の表面に生じたひずみに因り前記第4反射体の変位しても前記第4レーザ変位計との間の距離が変化しない形状を呈し、前記第3レーザ変位計の発光部から前記第3反射体に向けて出射した第3レーザ光を前記第3反射体の反射面で反射させて前記第3レーザ変位計の受光部に入射させた場合における前記第3レーザ光の行路である第3行路の変化量を前記第3レーザ変位計により測定し、前記第4レーザ変位計の発光部から前記第4反射体に向けて出射した第4レーザ光を前記第4反射体の反射面で反射させて前記第4レーザ変位計の受光部に入射させた場合における前記第4レーザ光の行路である第4行路の変化量を前記第4レーザ変位計により測定し、前記第1行路の変化量から前記第2行路の変化量を差し引いた値と、前記第3行路の変化量から前記第4行路の変化量を差し引いた値との和を求めることにより、前記測定対象部位に生じるひずみを求めることとする。

10

20

30

40

50

**【0010】**

本発明によれば、測定対象部位を間に挟んで配置した、第1反射体及び第2反射体の組により測定した変位量と、第3反射体及び第4反射体の組により測定した変位量とに基づき、被測定物の表面に生じたひずみの絶対量を精度よく求めることができる。

**【0011】**

本発明の他の一つは、上記測定方法であって、前記第1反射体の反射面は、前記ひずみが生じる方向に沿って前記第2レーザ変位計との間の距離が直線的に変化するように傾斜する斜面形状であり、前記第2反射体の反射面は、前記ひずみが生じる方向に平行な平面形状であり、前記第3反射体の反射面は、前記ひずみが生じる方向に沿って前記第3レーザ変位計との間の距離が直線的に変化する斜面形状であり、前記第4反射体の反射面は、前記ひずみが生じる方向に平行な平面形状であることとする。

**【0012】**

尚、前記第1反射体の反射面及び前記第2反射体の反射面は、例えば、金属板又はセラミックス板で構成されている。

**【0013】**

また前記第1反射体の反射面及び前記第2反射体の反射面は、例えば、鏡面加工が施された金属膜の表面にサファイアガラスをコーティングした構造を有する。

**【0014】**

また前記第1反射体乃至前記第4反射体の反射面は、例えば、金属板又はセラミックス板で構成されている。

**【0015】**

また前記第1反射体乃至前記第4反射体の反射面は、鏡面加工が施された金属膜の表面にサファイアガラスをコーティングした構造を有する。

**【0016】**

また前記被測定物は、例えば、火力発電プラントの高温配管であり、前記構造物は、前記火力発電プラントが収容されている建屋の一部である。

**【0017】**

その他、本願が開示する課題、及びその解決方法は、発明を実施するための形態の欄、及び図面により明らかにされる。

**【発明の効果】****【0018】**

本発明によれば、被測定物の表面に生じたひずみを簡素な構成にて精度よく測定することができる。

## 【図面の簡単な説明】

【0019】

【図1】ひずみ測定システム1の概略的な構成を示す図である。

【図2】第1反射体12及び第2反射体22を拡大して描いた斜視図である。

【図3】第3反射体32及び第4反射体42を拡大して描いた斜視図である。

【図4】第1レーザ変位計10、第2レーザ変位計20、及び第3レーザ変位計30の一例として示すレーザ変位計100の構成図である。

【図5】レーザ変位計の測定原理を説明する図である。

【図6】ひずみの測定方法を説明する図である。

## 【発明を実施するための形態】

【0020】

以下、本発明の一実施形態について図面とともに説明する。

【0021】

図1に一実施形態として説明するひずみ測定システム1の概略的な構成を示している。ひずみ測定システム1は、火力発電プラントの鋼製ボイラ再燃蒸気管等（以下、高温配管とも称する。）の、測定時に高温となる被測定物2の表面に生じるひずみを測定する。尚、火力発電プラントにおいては、発電設備の寿命延伸等を目的として、クリーブ損傷等に起因して配管表面に生じるひずみの測定が発電設備の運転中に随時行われる。

【0022】

同図に示すように、被測定物2は、過去に生じた亀裂3並びに当該亀裂3の補修時に形成された溶接部4を有する。被測定物2の表面は保温材5によって被覆されているが、ひずみの測定対象部位である溶接部4の近傍の一部領域においては保温材5を除去して被測定物2の表面を露出させている。

【0023】

溶接部4の近傍の被測定物2の表面には、溶接部4を挟むように、溶接部4の一方の側に第1反射体12及び第2反射体22の組（以下、第1反射体組とも称する。）が、溶接部4の他方の側に第3反射体32及び第4反射体42の組（以下、第2反射体組とも称する。）が、夫々配置されている。第1反射体12乃至第4反射体42は、いずれも、例えば、火力発電プラントが収容されている建屋の構造物6（屋根、梁、壁等）の方向を向く反射面を有している。

【0024】

被測定物2の表面の、第1反射体組から+z方向に所定距離だけ離れた位置には、第1レーザ変位計10の発光部11及び受光部13、並びに第2レーザ変位計20の発光部21及び受光部23を設けている。また被測定物2の表面の、第2反射体組から+z方向に所定距離だけ離れた位置には、第3レーザ変位計30の発光部31及び受光部33、並びに第4レーザ変位計40の発光部41及び受光部43を設けている。第1乃至第4レーザ変位計10、20、30、40は、いずれも構造物6の所定位置に固定されている。

【0025】

第1反射体12の反射面12aは、被測定物2の表面に生じたひずみに因る第1反射体12の変位量に応じて第1レーザ変位計10との間の距離が変化する形状を呈し、一方、第2反射体22の反射面22aは、被測定物2の表面に生じたひずみに因り第2反射体22が変位しても第2レーザ変位計20との間の距離が変化しない形状を呈している。

【0026】

図2は、被測定部2の表面に設けられる第1反射体12及び第2反射体22を、夫々の配置の状態を維持しつつ拡大して描いた斜視図である。同図に示すように、第1反射体12の上面（反射面12a）は、被測定物2の表面のひずみが生じる方向（y軸に沿った方向）に沿って所定の角度で直線的に傾斜する斜面形状であり、第2反射体22の上面（反射面22a）は、被測定物2の表面のひずみが生じる方向に平行な平面形状である。同図に示すように、この例では、第1反射体12は三角柱状であり、第2反射体22は直方体状である。また本例では、第1反射体12の上面（反射面12a）と第2反射体22の上

10

20

30

40

50

面（反射面 2 2 a）とがなす角は であるものとする。

【 0 0 2 7 】

尚、この例では、第 1 反射体 1 2 を被測定物 2 とは別体のブロックとして構成しているが、被測定物 2 の表面を斜面形状として反射面を形成することにより、第 1 反射体 1 2 を被測定物 2 の一部として構成してもよい。同様に、この例では、第 2 反射体 2 2 を被測定物 2 とは別体のブロックとして構成しているが、被測定物 2 の表面を反射面とすることにより、第 2 反射体 2 2 を被測定物 2 の一部として構成してもよい。

【 0 0 2 8 】

第 3 反射体 3 2 の反射面 3 2 a は、被測定物 2 の表面に生じたひずみに因る第 3 反射体 3 2 の変位量に応じて第 3 レーザ変位計 3 0 との間の距離が変化する形状を呈し、一方、第 4 反射体 4 2 の反射面 4 2 a は、被測定物 2 の表面に生じたひずみに因り第 4 反射体 4 2 が変位しても第 4 レーザ変位計 4 0 との間の距離が変化しない形状を呈している。

10

【 0 0 2 9 】

図 3 は、被測定部 2 の表面に設けられる第 3 反射体 3 2 及び第 4 反射体 4 2 を、夫々の配置の状態を維持しつつ拡大して描いた斜視図である。同図に示すように、第 3 反射体 3 2 の上面（反射面 3 2 a）は、被測定物 2 の表面のひずみが生じる方向（y 軸に沿った方向）に沿って所定の角度で直線的に傾斜する斜面形状であり、第 4 反射体 4 2 の上面（反射面 4 2 a）は、被測定物 2 の表面のひずみが生じる方向に平行な平面形状である。同図に示すように、この例では、第 3 反射体 3 2 は三角柱状であり、第 4 反射体 4 2 は直方体状である。また本例では、第 3 反射体 3 2 の上面（反射面 3 2 a）と第 4 反射体 4 2 の上面（反射面 4 2 a）とがなす角は であるものとする。

20

【 0 0 3 0 】

尚、この例では、第 3 反射体 3 2 を被測定物 2 とは別体のブロックとして構成しているが、被測定物 2 の表面を斜面形状として反射面を形成することにより、第 3 反射体 3 2 を被測定物 2 の一部として構成してもよい。同様に、この例では、第 4 反射体 4 2 を被測定物 2 とは別体のブロックとして構成しているが、被測定物 2 の表面を反射面とすることにより、第 4 反射体 4 2 を被測定物 2 の一部として構成してもよい。

【 0 0 3 1 】

第 1 レーザ変位計 1 0 及び第 1 反射体 1 2 は、第 1 測定系を構成している。第 1 測定系において、第 1 レーザ変位計 1 0 は、当該第 1 レーザ変位計 1 0 の発光部 1 1 から第 1 反射体 1 2 に向けて出射したレーザ光（以下、第 1 レーザ光と称する。）を第 1 反射体 1 2 の上面（反射面 1 2 a）で反射させて第 1 レーザ変位計 1 0 の受光部 1 3 に入射させた場合における第 1 レーザ光の行路（以下、第 1 行路と称する。）の変化量を測定する。尚、第 1 レーザ変位計 1 0 は、第 1 レーザ光が第 1 反射体 1 2 の上面（反射面 1 2 a）で反射されることにより生じる拡散反射成分を利用して第 1 行路の変化量を測定する。

30

【 0 0 3 2 】

第 2 レーザ変位計 2 0 及び第 2 反射体 2 2 は、第 2 測定系を構成している。第 2 測定系において、第 2 レーザ変位計 2 0 は、当該第 2 レーザ変位計 2 0 の発光部 2 1 から第 2 反射体 2 2 に向けて出射したレーザ光（以下、第 2 レーザ光と称する。）を第 2 反射体 2 2 の上面（反射面 2 2 a）で反射させて第 2 レーザ変位計 2 0 の受光部 2 3 に入射させた場合における第 2 レーザ光の行路（以下、第 2 行路と称する。）の変化量を測定する。尚、第 2 レーザ変位計 2 0 は、第 2 レーザ光が第 2 反射体 2 2 の上面（反射面 2 2 a）で反射されることにより生じる正反射成分又は拡散反射成分を利用して第 1 行路の変化量を測定する。

40

【 0 0 3 3 】

第 3 レーザ変位計 3 0 及び第 3 反射体 3 2 は、第 3 測定系を構成している。第 3 測定系において、第 3 レーザ変位計 3 0 は、当該第 3 レーザ変位計 3 0 の発光部 3 1 から第 3 反射体 3 2 に向けて出射したレーザ光（以下、第 3 レーザ光と称する。）を第 3 反射体 3 2 の上面（反射面 3 2 a）で反射させて第 3 レーザ変位計 3 0 の受光部 3 3 に入射させた場合における第 3 レーザ光の行路（以下、第 3 行路と称する。）の変化量を測定する。尚、

50



第3レーザ変位計30は、第3レーザ光が第3反射体32の上面(反射面32a)で反射されることにより生じる拡散反射成分を利用して第3行路の変化量を測定する。

【0034】

第4レーザ変位計40及び第4反射体42は、第4測定系を構成している。第4測定系において、第4レーザ変位計40は、当該第4レーザ変位計40の発光部41から第4反射体42に向けて出射したレーザ光(以下、第4レーザ光と称する。)を第4反射体42の上面(反射面42a)で反射させて第4レーザ変位計40の受光部43に入射させた場合における第4レーザ光の行路(以下、第4行路と称する。)の変化量を測定する。尚、第4レーザ変位計40は、第4レーザ光が第4反射体42の上面(反射面42a)で反射されることにより生じる正反射成分又は拡散反射成分を利用して第1行路の変化量を測定する。

10

【0035】

第1乃至第4反射体12, 22, 32, 42は、いずれも被測定物2に面する側が、高温下(600程度)でも性状が安定している(変形や溶融等しない)性質の素材を用いて構成されている。また、第1反射体12、第2反射体22、第3反射体32、及び第4反射体42の反射面12a, 22a, 32a, 42aは、いずれも水滴等が付着しにくい性質の素材を用いて構成されている。またこれらの反射面12a, 22a, 32a, 42aは、例えば、金属板(SUS板、白金板等)やセラミックス板等で構成されている。尚、レーザ変位計(第1乃至第4レーザ変位計10, 20, 30, 40)として、例えば、時間差方式のレーザ変位計や一部の高精度な三角測量方式のレーザ変位計を用いる場合、第1反射体12、第2反射体22、第3反射体32、及び第4反射体42の反射面12a, 22a, 32a, 42aについては、鏡面加工が施された金属膜(白金膜等)で構成され、金属膜の表面に腐食や汚れ防止のためにサファイアガラス等でコーティング処理されていてもよい。

20

【0036】

図4に、レーザ変位計(第1乃至第4レーザ変位計10, 20, 30, 40)の一例(以下、レーザ変位計100と称する。)を示している。同図に示すように、レーザ変位計100は、プロセッサ111、入力装置112、出力装置113、レーザ駆動回路114、発光素子115、受光素子116、変位検出回路117、及び光学素子118を備える。

30

【0037】

プロセッサ111は、例えば、マイクロコンピュータ、MPU(Micro Processing Unit)、CPU(Central Processing Unit)等を用いて構成され、レーザ変位計の統括的な制御や、変位検出回路117により検出される情報を入力とした各種演算処理等を行う。入力装置112は、レーザ変位計100に対する各種入力操作を受け付けるユーザインタフェース(操作ボタンやタッチパネル等)である。出力装置113は、各種測定結果を出力するユーザインタフェース(液晶パネル等)である。

【0038】

レーザ駆動回路114は、発光素子115の駆動電流を生成する回路(ACC(Automatic Current Control)回路、APC(Automatic Power Control)回路等)を備える。

40

【0039】

発光素子115は、前述した発光部11, 21, 31, 41の構成要素であり、例えば、半導体レーザ素子(レーザダイオード等)を用いて構成されている。受光素子116は、前述した受光部13, 23, 33, 43の構成要素であり、PSD(Position Sensitive Detector)やCMOS(Complementary metal Oxide Semi-conductor)等を用いて構成されている。

【0040】

変位検出回路117は、受光装置116が出力する信号の増幅回路を含み、被測定物2の変位を示す情報を入力する。光学素子118は、例えば、発光素子115から出射したレーザ光を集光する投光レンズや受光素子116に入射するレーザ光を集光する受光レン

50

ズを含む。

【 0 0 4 1 】

続いて、図 5 とともにレーザ変位計 1 0 0 の測定原理（三角測距方式）について説明する。同図において、発光素子 1 1 5 から出射したレーザ光は、投光レンズ 1 1 8 で集光されて被測定物 2 に照射される。被測定物 2 から反射されたレーザ光（正反射成分又は拡散反射成分）は、受光レンズ 1 1 8 で集光されて受光素子 1 1 6 の受光面にスポットを結ぶ。そして被測定物 2 が移動すると上記スポットも移動するので、上記スポットの位置を検出することで被測定物 2 の変位を示す情報を得ることができる。尚、以上の測定原理は一例に過ぎず、レーザ変位計 1 0 0 として他の測定原理によるものを採用してもよい。

【 0 0 4 2 】

続いて、図 6 とともに、以上の構成からなるひずみ測定システム 1 によって行われる、測定対象部位に生じるひずみの具体的な測定方法について説明する。

【 0 0 4 3 】

被測定物 2 の表面に生じるひずみの測定は、第 1 乃至第 4 測定系による測定を随時実行し、それらの測定結果に基づき以下に説明する演算を実施することにより行われる。

【 0 0 4 4 】

まず前述した第 1 行路は、第 1 レーザ変位計 1 0 の発光部 1 1 から出射して第 1 反射体 1 2 に入射し、第 1 反射体 1 2 で反射して第 1 レーザ変位計 1 0 の受光部 1 3 に入射する第 1 レーザ光の行路（= d 1 ）である。

【 0 0 4 5 】

また前述した第 2 行路は、第 2 レーザ変位計 2 0 の発光部 2 1 から出射して第 2 反射体 2 2 に入射し、第 2 反射体 2 2 で反射して第 2 レーザ変位計 2 0 の受光部 2 3 に入射する第 2 レーザ光の行路（= d 2 ）である。

【 0 0 4 6 】

また前述した第 3 行路は、第 3 レーザ変位計 3 0 の発光部 3 1 から出射して第 3 反射体 3 2 に入射し、第 3 反射体 3 2 で反射して第 3 レーザ変位計 3 0 の受光部 3 3 に入射する第 3 レーザ光の行路（= d 3 ）である。

【 0 0 4 7 】

また前述した第 4 行路は、第 4 レーザ変位計 4 0 の発光部 4 1 から出射して第 4 反射体 4 2 に入射し、第 4 反射体 4 2 で反射して第 4 レーザ変位計 4 0 の受光部 4 3 に入射する第 4 レーザ光の行路（= d 4 ）である。

【 0 0 4 8 】

ここで被測定物 2 にひずみが生じると、第 1 反射体組及び第 2 反射体組は y 軸方向に沿って変位する。この場合、第 1 反射体 1 2 の上面（反射面 1 2 a ）は、被測定物 2 の表面のひずみが生じる方向（y 軸に沿った方向）に沿って当該方向に対して所定の角度で直線的に傾斜する斜面形状であるので、第 1 反射体組が y 軸方向に変位すると第 1 レーザ光の行路（= d 1 ）が変化する。一方、第 2 反射体 2 2 の上面（反射面 2 2 a ）は、被測定物 2 の表面のひずみが生じる方向に平行な平面形状であるので、第 1 反射体組が y 軸方向に変位しても第 2 レーザ光の行路（= d 2 ）は変化しない。従って、第 1 反射体組の y 軸方向の変位量は次式から求めることができる。

【 0 0 4 9 】

$$\begin{aligned} & \text{第 1 反射体組の y 軸方向の変位量} \times \tan \\ & = ( (\text{第 1 レーザ光の行路の変位量} (= d 1)) \\ & \quad - \text{第 2 レーザ光の行路の変位量} (= d 2) ) \\ & \quad \cdot \cdot \cdot \text{式 1} \end{aligned}$$

【 0 0 5 0 】

尚、式 1 において第 1 レーザ光の行路の変位量（= d 1 ）から第 2 レーザ光の行路の変位量（= d 2 ）を差し引いているが、これにより構造物 6 と被測定物 2 の間の距離が気温の変化等の何らかの理由で変化した場合でも、精度よく第 1 反射体組の y 軸方向の変位量を求めることができる。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 5 1 】

一方、第 3 反射体 3 2 の上面（反射面 3 2 a）は、被測定物 2 の表面のひずみが生じる方向（y 軸に沿った方向）に沿って当該方向に対して所定の角度で直線的に傾斜する斜面形状であるので、第 2 反射体組の y 軸方向の変位に伴い、第 3 レーザ光の行路（= d 3）は変化する。一方、第 4 反射体 4 2 の上面（反射面 4 2 a）は、被測定物 2 の表面のひずみが生じる方向に平行な平面形状であるので、第 2 反射体組が y 軸方向に変位しても第 4 レーザ光の行路（= d 4）は変化しない。従って、第 2 反射体組の y 軸方向の変位量を次式から求めることができる。

## 【 0 0 5 2 】

第 2 反射体組の y 軸方向の変位量  $\times \tan$

$$= (\text{第 3 レーザ光の行路の変位量} (= d 3) \\ - \text{第 4 レーザ光の行路の変位量} (= d 4))$$

・・・式 2

10

## 【 0 0 5 3 】

尚、式 2 において第 3 レーザ光の行路の変位量（= d 3）から第 4 レーザ光の行路の変位量（= d 4）を差し引いているが、これにより構造物 6 と被測定物 2 の間の距離が気温の変化等の何らかの理由で変化した場合でも、精度よく第 2 反射体組の y 軸方向の変位量を求めることができる。

## 【 0 0 5 4 】

そして被測定物 2 の表面に生じたひずみの絶対量は、第 1 反射体組の y 軸方向の変位量と第 2 反射体組の y 軸方向の変位量との和であり、式 1 及び式 2 を用いて次式から求めることができる。

20

## 【 0 0 5 5 】

ひずみの絶対量  $\times \tan$

$$= (\text{第 1 レーザ光の行路の変位量} (= d 1) \\ - \text{第 2 レーザ光の行路の変位量} (= d 2)) \\ + (\text{第 3 レーザ光の行路の変位量} (= d 3) \\ - \text{第 4 レーザ光の行路の変位量} (= d 4))$$

・・・式 3

## 【 0 0 5 6 】

以上に説明したように、本実施形態のひずみ測定システム 1 によれば、レーザ変位計と反射体とを用いた簡素な構成により、被測定物の表面に生じるひずみを精度よく測定することができる。またレーザ変位計（発光部及び受光部を含む）を被測定物から離れた場所に設けているので、被測定物が高温になる場合でも熱の影響を受けることがなく、常温下でレーザ変位計により精度よくひずみを測定することができる。また斜面形状の反射面を有する反射体で反射させたレーザ光に基づき測定した変位量と平面形状の反射面を有する反射体で反射させたレーザ光に基づき測定した変位量とを用いて、構造物と被測定物との間の距離が変化することに因り生じる誤差を補正するので、精度よくひずみを測定することができる。またレーザ変位計（発光部及び受光部を含む）は建屋内の任意の構造物に設置することができるので、設置場所の自由度が高く、本実施形態のひずみ測定システム 1 は、様々な環境に適用することができる。

30

40

## 【 0 0 5 7 】

ところで、以上の説明は、本発明の理解を容易にするためのものであり、本発明を限定するものではない。本発明は、その趣旨を逸脱することなく、変更、改良され得ると共に、本発明にはその等価物が含まれる。例えば、以上に説明したひずみ測定システム 1 では、行路の変化量の測定にレーザ変位計を用いているが、レーザ距離計を用いて行路の変化量を測定するようにしてもよい。

## 【 符号の説明 】

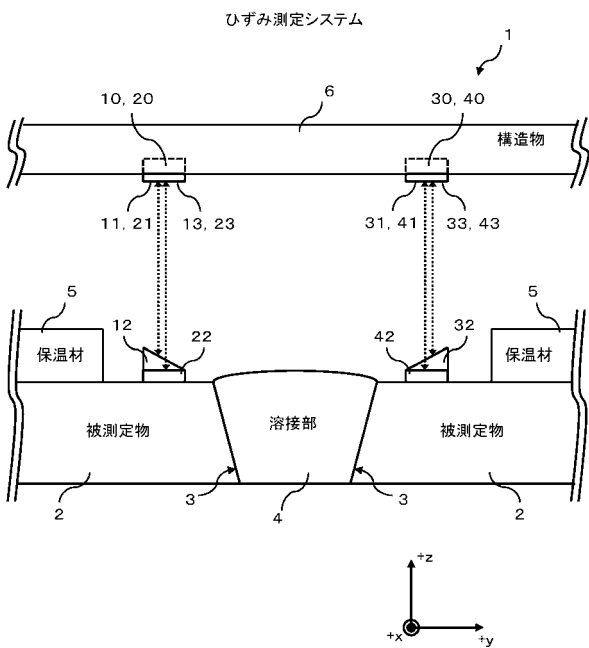
## 【 0 0 5 8 】

1 ひずみ測定システム、 2 被測定物、 3 亀裂、 4 溶接部、 5 保温材、 6 構造

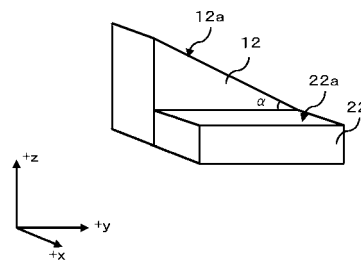
50

物、10 第1レーザ変位計、11 発光部、12 第1反射体、13 受光部、20  
第2レーザ変位計、21 発光部、22 第2反射体、23 受光部、30 第3レーザ  
変位計、31 発光部、32 第3反射体、33 受光部、40 第4レーザ変位計、4  
1 発光部、42 第4反射体、43 受光部、100 レーザ変位計

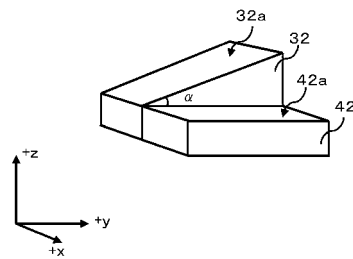
【図1】



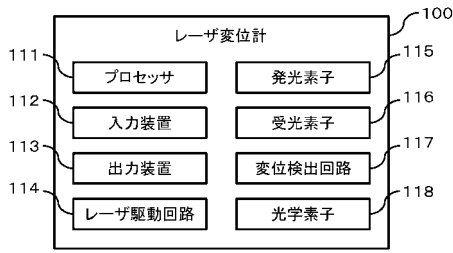
【図2】



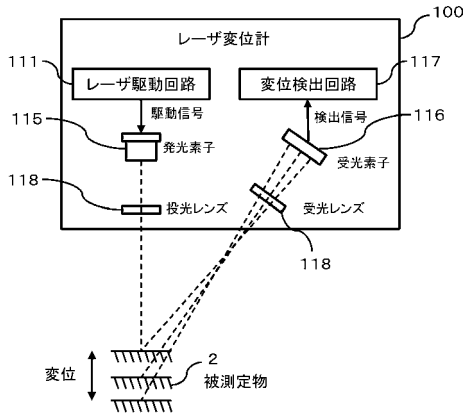
【図3】



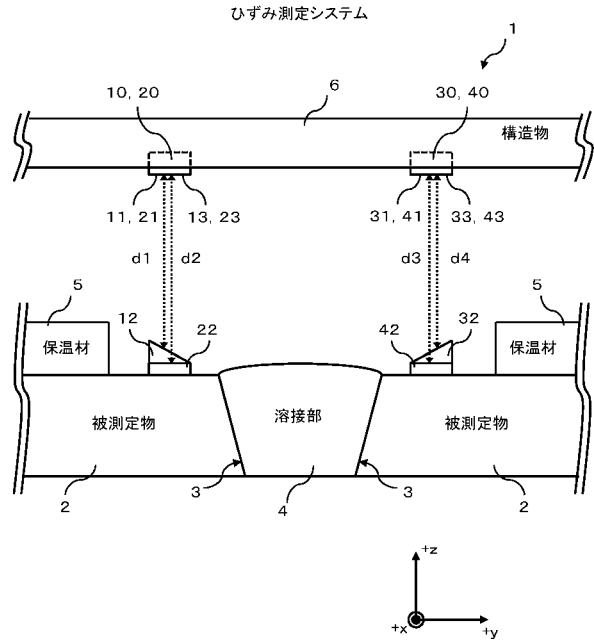
【図4】



【図5】



【図6】



【手続補正書】

【提出日】平成28年10月25日(2016.10.25)

【手続補正1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】

被測定物の表面に生じるひずみの測定方法であって、

被測定物の表面から所定距離離れた前記被測定物とは異なる構造物に第1レーザ変位計と第2レーザ変位計とを設け、

被測定物の表面の測定対象部位の近傍に、第1反射体と第2反射体とを、いずれもその反射面を前記構造物の方向に向けて隣接して配置し、

前記第1反射体の反射面は、前記被測定物の表面に生じたひずみに因る前記第1反射体の変位量に応じて前記第1レーザ変位計との間の距離が変化する形状を呈し、

前記第2反射体の反射面は、前記被測定物の表面に生じたひずみに因り前記第1反射体の変位しても前記第2レーザ変位計との間の距離が変化しない形状を呈し、

前記第1レーザ変位計の発光部から前記第1反射体に向けて出射した第1レーザ光を前記第1反射体の反射面で反射させて前記第1レーザ変位計の受光部に入射させた場合における前記第1レーザ光の行路である第1行路の変化量を前記第1レーザ変位計により測定し、

前記第2レーザ変位計の発光部から前記第2反射体に向けて出射した第2レーザ光を前記第2反射体の反射面で反射させて前記第2レーザ変位計の受光部に入射させた場合における前記第2レーザ光の行路である第2行路の変化量を前記第2レーザ変位計により測定

し、

前記第 1 行路の変化量及び前記第 2 行路の変化量との差に基づき、前記測定対象部位に生じるひずみを求める

ひずみ測定方法。

【請求項 2】

請求項 1 に記載のひずみ測定方法であって、

前記被測定物の表面から所定距離離れた前記被測定物とは異なる構造物に第 3 レーザ変位計と第 4 レーザ変位計とを設け、

前記被測定物の表面の測定対象部位の近傍に、第 3 反射体と第 4 反射体とを、いずれもその反射面を前記構造物の方向に向けて隣接して配置し、

前記第 1 反射体及び第 2 反射体の組と前記第 3 反射体及び第 4 反射体の組とを、前記測定対象部位を夫々の間に挟むように配置し、

前記第 3 反射体の反射面は、前記被測定物の表面に生じたひずみに因る前記第 3 反射体の変位量に応じて前記第 3 レーザ変位計との間の距離が変化する形状を呈し、

前記第 4 反射体の反射面は、前記被測定物の表面に生じたひずみに因り前記第 4 反射体の変位しても前記第 4 レーザ変位計との間の距離が変化しない形状を呈し、

前記第 3 レーザ変位計の発光部から前記第 3 反射体に向けて出射した第 3 レーザ光を前記第 3 反射体の反射面で反射させて前記第 3 レーザ変位計の受光部に入射させた場合における前記第 3 レーザ光の行路である第 3 行路の変化量を前記第 3 レーザ変位計により測定し、

前記第 4 レーザ変位計の発光部から前記第 4 反射体に向けて出射した第 4 レーザ光を前記第 4 反射体の反射面で反射させて前記第 4 レーザ変位計の受光部に入射させた場合における前記第 4 レーザ光の行路である第 4 行路の変化量を前記第 4 レーザ変位計により測定し、

前記第 1 行路の変化量から前記第 2 行路の変化量を差し引いた値と、前記第 3 行路の変化量から前記第 4 行路の変化量を差し引いた値との和を求めることにより、前記測定対象部位に生じるひずみを求める

ひずみ測定方法。

【請求項 3】

請求項 2 に記載のひずみ測定方法であって、

前記第 1 反射体の反射面は、前記ひずみが生じる方向に沿って前記第 2 レーザ変位計との間の距離が直線的に変化するよう傾斜する斜面形状であり、

前記第 2 反射体の反射面は、前記ひずみが生じる方向に平行な平面形状であり、

前記第 3 反射体の反射面は、前記ひずみが生じる方向に沿って前記第 3 レーザ変位計との間の距離が直線的に変化する斜面形状であり、

前記第 4 反射体の反射面は、前記ひずみが生じる方向に平行な平面形状である

ひずみ測定方法。

【請求項 4】

被測定物の表面に生じるひずみの測定システムであって、

被測定物の表面から所定距離離れた前記被測定物とは異なる構造物に設けられる、第 1 レーザ変位計及び第 2 レーザ変位計と、

被測定物の表面の測定対象部位の近傍に、いずれもその反射面を前記構造物の方向に向けて隣接して配置される、第 1 反射体と第 2 反射体と、

を備え、

前記第 1 反射体の反射面は、前記被測定物の表面に生じたひずみに因る前記第 1 反射体の変位量に応じて前記第 1 レーザ変位計との間の距離が変化する形状を呈し、

前記第 2 反射体の反射面は、前記被測定物の表面に生じたひずみに因り前記第 1 反射体の変位しても前記第 2 レーザ変位計との間の距離が変化しない形状を呈し、

前記第 1 レーザ変位計は、前記第 1 レーザ変位計の発光部から前記第 1 反射体に向けて出射した第 1 レーザ光を前記第 1 反射体の反射面で反射させて前記第 1 レーザ変位計の受

光部に入射させた場合における前記第 1 レーザ光の行路である第 1 行路の変化量を測定し、

前記第 2 レーザ変位計は、前記第 2 レーザ変位計の発光部から前記第 2 反射体に向けて出射した第 2 レーザ光を前記第 2 反射体の反射面で反射させて前記第 2 レーザ変位計の受光部に入射させた場合における前記第 2 レーザ光の行路である第 2 行路の変化量を測定する

ひずみ測定システム。

【請求項 5】

請求項 4 に記載のひずみ測定システムであって、

前記被測定物の表面から所定距離離れた前記被測定物とは異なる構造物に設けられる、第 3 レーザ変位計と第 4 レーザ変位計と、

前記被測定物の表面の測定対象部位の近傍に、いずれもその反射面を前記構造物の方向に向けて隣接して配置される、第 3 反射体と第 4 反射体と、

を更に備え、

前記第 1 反射体及び第 2 反射体の組と前記第 3 反射体及び第 4 反射体の組とは、前記測定対象部位を夫々の間に挟むように配置され、

前記第 3 反射体の反射面は、前記被測定物の表面に生じたひずみに因る前記第 3 反射体の変位量に応じて前記第 3 レーザ変位計との間の距離が変化する形状を呈し、

前記第 4 反射体の反射面は、前記被測定物の表面に生じたひずみに因り前記第 4 反射体の変位しても前記第 4 レーザ変位計との間の距離が変化しない形状を呈し、

前記第 3 レーザ変位計は、前記第 3 レーザ変位計の発光部から前記第 3 反射体に向けて出射した第 3 レーザ光を前記第 3 反射体の反射面で反射させて前記第 3 レーザ変位計の受光部に入射させた場合における前記第 3 レーザ光の行路である第 3 行路の変化量を測定し、

前記第 4 レーザ変位計は、前記第 4 レーザ変位計の発光部から前記第 4 反射体に向けて出射した第 4 レーザ光を前記第 4 反射体の反射面で反射させて前記第 4 レーザ変位計の受光部に入射させた場合における前記第 4 レーザ光の行路である第 4 行路の変化量を測定し、

ひずみ測定システム。

【請求項 6】

請求項 5 に記載のひずみ測定システムであって、

前記第 1 反射体の反射面は、前記ひずみが生じる方向に沿って前記第 2 レーザ変位計との間の距離が直線的に変化するよう傾斜する斜面形状であり、

前記第 2 反射体の反射面は、前記ひずみが生じる方向に平行な平面形状であり、

前記第 3 反射体の反射面は、前記ひずみが生じる方向に沿って前記第 3 レーザ変位計との間の距離が直線的に変化する斜面形状であり、

前記第 4 反射体の反射面は、前記ひずみが生じる方向に平行な平面形状である

ひずみ測定システム。

【請求項 7】

請求項 4 に記載のひずみ測定システムであって、

前記第 1 反射体の反射面及び前記第 2 反射体の反射面は、金属板又はセラミックス板で構成されている、

ひずみ測定システム。

【請求項 8】

請求項 4 に記載のひずみ測定システムであって、

前記第 1 反射体の反射面及び前記第 2 反射体の反射面は、鏡面加工が施された金属膜の表面にサファイアガラスをコーティングした構造を有する、

ひずみ測定システム。

【請求項 9】

請求項 5 に記載のひずみ測定システムであって、

前記第 1 反射体乃至前記第 4 反射体の反射面は、金属板又はセラミックス板で構成されている、

ひずみ測定システム。

【請求項 10】

請求項 5 に記載のひずみ測定システムであって、

前記第 1 反射体乃至前記第 4 反射体の反射面は、鏡面加工が施された金属膜の表面にサファイアガラスをコーティングした構造を有する、

ひずみ測定システム。

【請求項 11】

請求項 4 乃至 10 のいずれか一項に記載のひずみ測定システムであって、

前記被測定物は、火力発電プラントの高温配管であり、前記構造物は、前記火力発電プラントが収容されている建屋の一部である

ひずみ測定システム。

【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0007

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0007】

上記目的を達成するための本発明の一つは、被測定物の表面に生じるひずみの測定方法であって、被測定物の表面から所定距離離れた前記被測定物とは異なる構造物に第 1 レーザ変位計と第 2 レーザ変位計とを設け、被測定物の表面の測定対象部位の近傍に、第 1 反射体と第 2 反射体とを、いずれもその反射面を前記構造物の方向に向けて隣接して配置し、前記第 1 反射体の反射面は、前記被測定物の表面に生じたひずみに因る前記第 1 反射体の変位量に応じて前記第 1 レーザ変位計との間の距離が変化する形状を呈し、前記第 2 反射体の反射面は、前記被測定物の表面に生じたひずみに因り前記第 1 反射体の変位しても前記第 2 レーザ変位計との間の距離が変化しない形状を呈し、前記第 1 レーザ変位計の発光部から前記第 1 反射体に向けて出射した第 1 レーザ光を前記第 1 反射体の反射面で反射させて前記第 1 レーザ変位計の受光部に入射させた場合における前記第 1 レーザ光の行路である第 1 行路の変化量を前記第 1 レーザ変位計により測定し、前記第 2 レーザ変位計の発光部から前記第 2 反射体に向けて出射した第 2 レーザ光を前記第 2 反射体の反射面で反射させて前記第 2 レーザ変位計の受光部に入射させた場合における前記第 2 レーザ光の行路である第 2 行路の変化量を前記第 2 レーザ変位計により測定し、前記第 1 行路の変化量及び前記第 2 行路の変化量との差に基づき、前記測定対象部位に生じるひずみを求めることとする。

【手続補正 3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0009

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0009】

本発明の他の一つは、上記測定方法であって、前記被測定物の表面から所定距離離れた前記被測定物とは異なる構造物に第 3 レーザ変位計と第 4 レーザ変位計とを設け、前記被測定物の表面の測定対象部位の近傍に、第 3 反射体と第 4 反射体とを、いずれもその反射面を前記構造物の方向に向けて隣接して配置し、前記第 1 反射体及び第 2 反射体の組と前記第 3 反射体及び第 4 反射体の組とを、前記測定対象部位を夫々の間に挟むように配置し、前記第 3 反射体の反射面は、前記被測定物の表面に生じたひずみに因る前記第 3 反射体の変位量に応じて前記第 3 レーザ変位計との間の距離が変化する形状を呈し、前記第 4 反射体の反射面は、前記被測定物の表面に生じたひずみに因り前記第 4 反射体の変位しても前記第 4 レーザ変位計との間の距離が変化しない形状を呈し、前記第 3 レーザ変位計の発



光部から前記第3反射体に向けて出射した第3レーザ光を前記第3反射体の反射面で反射させて前記第3レーザ変位計の受光部に入射させた場合における前記第3レーザ光の行路である第3行路の変化量を前記第3レーザ変位計により測定し、前記第4レーザ変位計の発光部から前記第4反射体に向けて出射した第4レーザ光を前記第4反射体の反射面で反射させて前記第4レーザ変位計の受光部に入射させた場合における前記第4レーザ光の行路である第4行路の変化量を前記第4レーザ変位計により測定し、前記第1行路の変化量から前記第2行路の変化量を差し引いた値と、前記第3行路の変化量から前記第4行路の変化量を差し引いた値との和を求めることにより、前記測定対象部位に生じるひずみを求めることとする。

【手続補正書】

【提出日】平成29年2月15日(2017.2.15)

【手続補正1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】

被測定物の表面に生じるひずみの測定方法であって、

被測定物の表面から所定距離離れた前記被測定物とは異なる構造物に第1レーザ変位計と第2レーザ変位計とを固定し、

被測定物の表面の測定対象部位の近傍に、第1反射体と第2反射体とを、いずれもその反射面を前記構造物の方向に向けて隣接して配置し、

前記第1反射体の反射面は、前記被測定物の表面に生じたひずみに因る前記第1反射体の変位量に応じて前記第1レーザ変位計との間の距離が変化する形状を呈し、

前記第2反射体の反射面は、前記被測定物の表面に生じたひずみに因り前記第1反射体の変位しても前記第2レーザ変位計との間の距離が変化しない形状を呈し、

前記第1レーザ変位計の発光部から前記第1反射体に向けて出射した第1レーザ光を前記第1反射体の反射面で反射させて前記第1レーザ変位計の受光部に入射させた場合における前記第1レーザ光の行路である第1行路の変化量を前記第1レーザ変位計により測定し、

前記第2レーザ変位計の発光部から前記第2反射体に向けて出射した第2レーザ光を前記第2反射体の反射面で反射させて前記第2レーザ変位計の受光部に入射させた場合における前記第2レーザ光の行路である第2行路の変化量を前記第2レーザ変位計により測定し、

前記第1行路の変化量及び前記第2行路の変化量との差に基づき、前記測定対象部位に生じるひずみを求める

ひずみ測定方法。

【請求項2】

請求項1に記載のひずみ測定方法であって、

前記被測定物の表面から所定距離離れた前記被測定物とは異なる構造物に第3レーザ変位計と第4レーザ変位計とを固定し、

前記被測定物の表面の測定対象部位の近傍に、第3反射体と第4反射体とを、いずれもその反射面を前記構造物の方向に向けて隣接して配置し、

前記第1反射体及び第2反射体の組と前記第3反射体及び第4反射体の組とを、前記測定対象部位を夫々の間に挟むように配置し、

前記第3反射体の反射面は、前記被測定物の表面に生じたひずみに因る前記第3反射体の変位量に応じて前記第3レーザ変位計との間の距離が変化する形状を呈し、

前記第4反射体の反射面は、前記被測定物の表面に生じたひずみに因り前記第4反射体

が変位しても前記第4レーザ変位計との間の距離が変化しない形状を呈し、

前記第3レーザ変位計の発光部から前記第3反射体に向けて出射した第3レーザ光を前記第3反射体の反射面で反射させて前記第3レーザ変位計の受光部に入射させた場合における前記第3レーザ光の行路である第3行路の変化量を前記第3レーザ変位計により測定し、

前記第4レーザ変位計の発光部から前記第4反射体に向けて出射した第4レーザ光を前記第4反射体の反射面で反射させて前記第4レーザ変位計の受光部に入射させた場合における前記第4レーザ光の行路である第4行路の変化量を前記第4レーザ変位計により測定し、

前記第1行路の変化量から前記第2行路の変化量を差し引いた値と、前記第3行路の変化量から前記第4行路の変化量を差し引いた値との和を求めることにより、前記測定対象部位に生じるひずみを求める

ひずみ測定方法。

【請求項3】

請求項2に記載のひずみ測定方法であって、

前記第1反射体の反射面は、前記ひずみが生じる方向に沿って前記第2レーザ変位計との間の距離が直線的に変化するように傾斜する斜面形状であり、

前記第2反射体の反射面は、前記ひずみが生じる方向に平行な平面形状であり、

前記第3反射体の反射面は、前記ひずみが生じる方向に沿って前記第3レーザ変位計との間の距離が直線的に変化する斜面形状であり、

前記第4反射体の反射面は、前記ひずみが生じる方向に平行な平面形状である

ひずみ測定方法。

【請求項4】

被測定物の表面に生じるひずみの測定システムであって、

被測定物の表面から所定距離離れた前記被測定物とは異なる構造物に固定される、第1レーザ変位計及び第2レーザ変位計と、

被測定物の表面の測定対象部位の近傍に、いずれもその反射面を前記構造物の方向に向けて隣接して配置される、第1反射体と第2反射体と、

を備え、

前記第1反射体の反射面は、前記被測定物の表面に生じたひずみに因る前記第1反射体の変位量に応じて前記第1レーザ変位計との間の距離が変化する形状を呈し、

前記第2反射体の反射面は、前記被測定物の表面に生じたひずみに因り前記第1反射体の変位しても前記第2レーザ変位計との間の距離が変化しない形状を呈し、

前記第1レーザ変位計は、前記第1レーザ変位計の発光部から前記第1反射体に向けて出射した第1レーザ光を前記第1反射体の反射面で反射させて前記第1レーザ変位計の受光部に入射させた場合における前記第1レーザ光の行路である第1行路の変化量を測定し、

前記第2レーザ変位計は、前記第2レーザ変位計の発光部から前記第2反射体に向けて出射した第2レーザ光を前記第2反射体の反射面で反射させて前記第2レーザ変位計の受光部に入射させた場合における前記第2レーザ光の行路である第2行路の変化量を測定する

ひずみ測定システム。

【請求項5】

請求項4に記載のひずみ測定システムであって、

前記被測定物の表面から所定距離離れた前記被測定物とは異なる構造物に固定される、第3レーザ変位計と第4レーザ変位計と、

前記被測定物の表面の測定対象部位の近傍に、いずれもその反射面を前記構造物の方向に向けて隣接して配置される、第3反射体と第4反射体と、

を更に備え、

前記第1反射体及び第2反射体の組と前記第3反射体及び第4反射体の組とは、前記測

定対象部位を夫々の間に挟むように配置され、

前記第3反射体の反射面は、前記被測定物の表面に生じたひずみに因る前記第3反射体の変位量に応じて前記第3レーザ変位計との間の距離が変化する形状を呈し、

前記第4反射体の反射面は、前記被測定物の表面に生じたひずみに因り前記第4反射体の変位しても前記第4レーザ変位計との間の距離が変化しない形状を呈し、

前記第3レーザ変位計は、前記第3レーザ変位計の発光部から前記第3反射体に向けて出射した第3レーザ光を前記第3反射体の反射面で反射させて前記第3レーザ変位計の受光部に入射させた場合における前記第3レーザ光の行路である第3行路の変化量を測定し、

前記第4レーザ変位計は、前記第4レーザ変位計の発光部から前記第4反射体に向けて出射した第4レーザ光を前記第4反射体の反射面で反射させて前記第4レーザ変位計の受光部に入射させた場合における前記第4レーザ光の行路である第4行路の変化量を測定し、

ひずみ測定システム。

【請求項6】

請求項5に記載のひずみ測定システムであって、

前記第1反射体の反射面は、前記ひずみが生じる方向に沿って前記第2レーザ変位計との間の距離が直線的に変化するよう傾斜する斜面形状であり、

前記第2反射体の反射面は、前記ひずみが生じる方向に平行な平面形状であり、

前記第3反射体の反射面は、前記ひずみが生じる方向に沿って前記第3レーザ変位計との間の距離が直線的に変化する斜面形状であり、

前記第4反射体の反射面は、前記ひずみが生じる方向に平行な平面形状である

ひずみ測定システム。

【請求項7】

請求項4に記載のひずみ測定システムであって、

前記第1反射体の反射面及び前記第2反射体の反射面は、金属板又はセラミックス板で構成されている、

ひずみ測定システム。

【請求項8】

請求項4に記載のひずみ測定システムであって、

前記第1反射体の反射面及び前記第2反射体の反射面は、鏡面加工が施された金属膜の表面にサファイアガラスをコーティングした構造を有する、

ひずみ測定システム。

【請求項9】

請求項5に記載のひずみ測定システムであって、

前記第1反射体乃至前記第4反射体の反射面は、金属板又はセラミックス板で構成されている、

ひずみ測定システム。

【請求項10】

請求項5に記載のひずみ測定システムであって、

前記第1反射体乃至前記第4反射体の反射面は、鏡面加工が施された金属膜の表面にサファイアガラスをコーティングした構造を有する、

ひずみ測定システム。

【請求項11】

請求項4乃至10のいずれか一項に記載のひずみ測定システムであって、

前記被測定物は、火力発電プラントの高温配管であり、前記構造物は、前記火力発電プラントが収容されている建屋の一部である

ひずみ測定システム。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】 0 0 0 7

【補正方法】 変更

【補正の内容】

【 0 0 0 7 】

上記目的を達成するための本発明の一つは、被測定物の表面に生じるひずみの測定方法であって、被測定物の表面から所定距離離れた前記被測定物とは異なる構造物に第1レーザ変位計と第2レーザ変位計とを固定し、被測定物の表面の測定対象部位の近傍に、第1反射体と第2反射体とを、いずれもその反射面を前記構造物の方向に向けて隣接して配置し、前記第1反射体の反射面は、前記被測定物の表面に生じたひずみに因る前記第1反射体の変位量に応じて前記第1レーザ変位計との間の距離が変化する形状を呈し、前記第2反射体の反射面は、前記被測定物の表面に生じたひずみに因り前記第1反射体の変位しても前記第2レーザ変位計との間の距離が変化しない形状を呈し、前記第1レーザ変位計の発光部から前記第1反射体に向けて出射した第1レーザ光を前記第1反射体の反射面で反射させて前記第1レーザ変位計の受光部に入射させた場合における前記第1レーザ光の行路である第1行路の変化量を前記第1レーザ変位計により測定し、前記第2レーザ変位計の発光部から前記第2反射体に向けて出射した第2レーザ光を前記第2反射体の反射面で反射させて前記第2レーザ変位計の受光部に入射させた場合における前記第2レーザ光の行路である第2行路の変化量を前記第2レーザ変位計により測定し、前記第1行路の変化量及び前記第2行路の変化量との差に基づき、前記測定対象部位に生じるひずみを求めることとする。

【手続補正3】

【補正対象書類名】 明細書

【補正対象項目名】 0 0 0 9

【補正方法】 変更

【補正の内容】

【 0 0 0 9 】

本発明の他の一つは、上記測定方法であって、前記被測定物の表面から所定距離離れた前記被測定物とは異なる構造物に第3レーザ変位計と第4レーザ変位計とを固定し、前記被測定物の表面の測定対象部位の近傍に、第3反射体と第4反射体とを、いずれもその反射面を前記構造物の方向に向けて隣接して配置し、前記第1反射体及び第2反射体の組と前記第3反射体及び第4反射体の組とを、前記測定対象部位を夫々の間に挟むように配置し、前記第3反射体の反射面は、前記被測定物の表面に生じたひずみに因る前記第3反射体の変位量に応じて前記第3レーザ変位計との間の距離が変化する形状を呈し、前記第4反射体の反射面は、前記被測定物の表面に生じたひずみに因り前記第4反射体の変位しても前記第4レーザ変位計との間の距離が変化しない形状を呈し、前記第3レーザ変位計の発光部から前記第3反射体に向けて出射した第3レーザ光を前記第3反射体の反射面で反射させて前記第3レーザ変位計の受光部に入射させた場合における前記第3レーザ光の行路である第3行路の変化量を前記第3レーザ変位計により測定し、前記第4レーザ変位計の発光部から前記第4反射体に向けて出射した第4レーザ光を前記第4反射体の反射面で反射させて前記第4レーザ変位計の受光部に入射させた場合における前記第4レーザ光の行路である第4行路の変化量を前記第4レーザ変位計により測定し、前記第1行路の変化量から前記第2行路の変化量を差し引いた値と、前記第3行路の変化量から前記第4行路の変化量を差し引いた値との和を求めることにより、前記測定対象部位に生じるひずみを求めることとする。

## 【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/JP2015/053616
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER G01B11/14(2006.01)i		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) G01B11/14		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2015 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2015 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2015		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 5563169 B1 (The Chugoku Electric Power Co., Inc.), 30 July 2014 (30.07.2014), paragraphs [0001] to [0022]; fig. 1 to 5 (Family: none)	1-11
Y	JP 2005-129155 A (Hitachi, Ltd.), 19 May 2005 (19.05.2005), paragraphs [0022] to [0023]; fig. 3 to 5 (Family: none)	1-11
Y	JP 2002-162252 A (Mitsubishi Electric Corp.), 07 June 2002 (07.06.2002), paragraphs [0024] to [0033], [0040] to [0044]; fig. 1 to 6, 14 to 15 (Family: none)	1-11
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 26 March 2015 (26.03.15)		Date of mailing of the international search report 07 April 2015 (07.04.15)
Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan		Authorized officer  Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2015/053616

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 11-344395 A (System Seiko Co., Ltd.), 14 December 1999 (14.12.1999), paragraphs [0026] to [0031]; fig. 2 (Family: none)	2-3, 5-6, 9-11
Y	JP 2013-217851 A (Toshiba Corp.), 24 October 2013 (24.10.2013), paragraph [0014]; fig. 1 (Family: none)	8, 10-11

国際調査報告		国際出願番号 PCT/J P 2 0 1 5 / 0 5 3 6 1 6	
A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. G01B11/14(2006.01)i			
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. G01B11/14			
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2015年 日本国実用新案登録公報 1996-2015年 日本国登録実用新案公報 1994-2015年			
国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)			
C. 関連すると認められる文献			
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号	
Y	JP 5563169 B1 (中国電力株式会社) 2014.07.30, 段落 [0001] - [0022], 図1-5 (ファミリーなし)	1-11	
Y	JP 2005-129155 A (株式会社日立製作所) 2005.05.19, 段落 [0022] - [0023], 図3-5 (ファミリーなし)	1-11	
Y	JP 2002-162252 A (三菱電機株式会社) 2002.06.07, 段落 [0024] - [0033], [0040] - [0044], 図1 -6, 14-15 (ファミリーなし)	1-11	
C欄の続きにも文献が列挙されている。		パテントファミリーに関する別紙を参照。	
* 引用文献のカテゴリー 「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す) 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願		の日の後に公表された文献 「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」同一パテントファミリー文献	
国際調査を完了した日 26.03.2015		国際調査報告の発送日 07.04.2015	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/J P) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		特許庁審査官 (権限のある職員) 眞岩 久恵	2 S 4 0 6 7
		電話番号 03-3581-1101 内線 3258	

国際調査報告		国際出願番号 PCT/JP2015/053616
C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 11-344395 A (システム精工株式会社) 1999. 12. 14, 段落 [0026] - [0031], 図2 (ファミリーなし)	2-3, 5-6, 9-11
Y	JP 2013-217851 A (株式会社東芝) 2013. 10. 24, 段落 [0014], 図1 (ファミリーなし)	8, 10-11



---

フロントページの続き

Fターム(参考) 2F065 AA09 AA15 AA22 AA65 BB08 CC15 FF09 GG04 HH04 JJ02  
QQ25 QQ28

(注)この公表は、国際事務局(WIPO)により国際公開された公報を基に作成したものである。なおこの公表に係る日本語特許出願(日本語実用新案登録出願)の国際公開の効果は、特許法第184条の10第1項(実用新案法第48条の13第2項)により生ずるものであり、本掲載とは関係ありません。