

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2020年9月3日(03.09.2020)



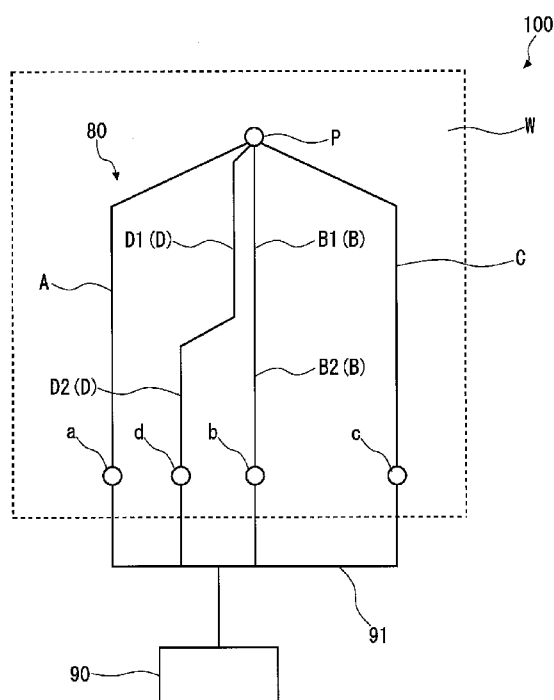
(10) 国際公開番号

WO 2020/174760 A1

- (51) 国際特許分類:
G01N 27/20 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2019/043592
- (22) 国際出願日: 2019年11月7日(07.11.2019)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2019-034786 2019年2月27日(27.02.2019) JP
- (71) 出願人: 三菱重工業株式会社 (MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.)
[JP/JP]; 〒1008332 東京都千代田区丸の内三丁目2番3号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 吉野 良(YOSHINO Ryo); 〒1008332 東京都千代田区丸の内三丁目2番3号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 松沼 泰史, 外(MATSUNUMA Yasushi et al.); 〒1006620 東京都千代田区丸の内一丁目9番2号 Tokyo (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): 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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, 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, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ,

(54) Title: CRACK SENSOR SYSTEM

(54) 発明の名称: クラックセンサシステム



(57) Abstract: The present invention comprises: crack detection wiring (80) having a plurality of main element lines (A, B, C) in each of which one end is formed as a terminal (a, b, c) and in which the other ends are connected to each other, and an auxiliary element line (D) having a nearby element line portion (D1) that is provided in correspondence with at least one main element line B from among the plurality of main element lines (A, B, C) and that runs along the one main element line (B), and a distant element line portion (D2) that is connected to the nearby element line portion (D1) and that is more distant from the one main element line (B) than the nearby element line portion (D1); and a computation device (90) that performs a logic computation on the basis of the conduction state between a pair of terminals of the plurality of main element lines (A, B, C) and the conduction state of the auxiliary element line (D), thereby specifying the location of a disconnection in the main element lines (A, B, C).

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), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM,
GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類：

一 国際調査報告（条約第21条(3)）

(57) 要約：それぞれの一端が端子（a, b, c）とされて他端が互いに接続された複数の主素線（A, B, C）、及び複数の主素線（A, B, C）のうち少なくとも一の主素線Bに対応して設けられて、当該一の主素線（B）に沿う近接素線部（D1）、及び近接素線部（D1）に接続されて当該一の主素線（B）から近接素線部（D1）よりも離間した離間素線部（D2）を有する副素線（D）、を有するき裂検出配線（80）と、複数の主素線（A, B, C）の一对の端子間の導通状態、及び副素線（D）の導通状態に基づいて論理演算をすることで、主素線（A, B, C）の断線箇所を特定する演算装置（90）と、を備える。

明 細 書

発明の名称：クラックセンサシステム

技術分野

[0001] 本発明は、クラックセンサシステムに関する。

本願は、2019年2月27日に、日本に出願された特願2019-034786号に基づき優先権を主張し、その内容をここに援用する。

背景技術

[0002] 金属やコンクリートで形成された部材・装置では、経年使用や、想定外の熱・力の作用による材料の疲労に伴ってクラック（ひび割れ）が発生することが知られている。このようなクラックが成長すると、部材の破壊に至る虞がある。そこで、このようなクラックの発生を直ちに検知することが可能な技術がこれまでに種々提唱されている。

[0003] 例えば下記特許文献1に記載されたクラックセンサ、及びクラック監視装置は、共通ラインと、この共通ラインに交差する方向の両側に向かって延びる複数のゲージリード線と、を備えている。これら共通ラインと、ゲージリード線とは、監視対象となる部材の表面に貼付されている。一のゲージリード線が通っている領域で部材にクラックが生じると、当該一のゲージリード線が断線する。この断線を検知することで、少なくとも当該一のゲージリード線が通る部分で部材にクラックが生じたことを認知できるとされている。

[0004] また、下記特許文献2に記載されたクラックセンサは、上述の複数のゲージリード線（分岐ライン）にまたがってクラックが成長する際に、断線が生じたゲージリード線の順を追うことで、当該クラックの成長方向、及び成長速度を検出することが可能とされている。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特許第6189344号公報

特許文献2：特許第5971797号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] しかしながら、上記の特許文献1、及び特許文献2に記載されたクラックセンサでは、断線したゲージリード線上でクラックが発生したことは検知できるものの、当該ゲージリード線上におけるクラックの正確な位置を特定することが難しい。ゲージリード線の数を増やすことも考えられるが、配線の複雑化を招くことから現実的とは言えない。このため、配線を過度に増やすことなく、より高い精度でクラックの発生箇所を特定することが可能な技術に対する要請が高まっている。

[0007] 本発明は上記課題を解決するためになされたものであって、より高い精度でクラックの発生箇所を特定できるとともに、クラックの伸長の程度を評価することが可能なクラックセンサシステム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

[0008] 本発明の一態様に係るクラックセンサシステムは、それぞれ壁面に沿って延びるように設けられており、それぞれの一端が端子とされて他端が互いに接続された複数の主素線、及び、前記複数の主素線のうち少なくとも一の前記主素線に対応して設けられて、当該一の主素線に沿う近接素線部、及び、該近接素線部に接続されて当該一の主素線から前記近接素線部よりも離間した離間素線部を有する副素線、を有するき裂検出配線と、前記複数の主素線の一对の端子間の導通状態、及び、前記副素線の導通状態に基づいて論理演算をすることで、前記主素線の断線箇所を特定する演算装置と、を備える。

[0009] 上記構成によれば、複数の主素線における一对の端子間の導通状態の組み合わせに基づいて演算装置が論理演算を行うことで、いずれの主素線が断線しているかを特定することができる。即ち、当該断線した主素線を特定することで、壁面におけるクラックの発生箇所を特定することができる。

さらに、上記の構成では、一の主素線に対応して副素線が設けられている。副素線は、当該一の主素線に沿う近接素線部と、近接素線部よりも一の主素線から離間した離間素線部とを有している。演算装置は、複数の主素線に

加えて、この副素線の導通状態も加味して論理演算を行う。例えば、壁面における近接素線部が通る部分でクラックが発生した場合、近接素線部と、一の主素線における当該近接素線部が沿う部分とが同時に断線する。したがって、近接素線部で断線が生じている場合には、主素線における当該近接素線部に沿う部分でクラックが生じていると判断することができる。

一方で、近接素線部で断線が生じていない場合には、主素線における近接素線部に沿う部分とは異なる部分でクラックが生じていると判断することができる。

このように、上記の構成によれば、主素線に加えて副素線を設け、当該副素線の一部が主素線に沿うように設けられていることにより、主素線上における断線の位置、即ち壁面におけるクラックの発生箇所を容易に特定することができる。

[0010] 本発明の一態様に係るクラックセンサシステムは、それぞれ壁面に沿って延びるように設けられており、それぞれの一端が端子とされて他端が互いに接続された複数の主素線、及び、前記複数の主素線のうち少なくとも一の主素線に対応して設けられて、当該一の主素線に沿って延びるとともに、当該一の主素線と断線強度の異なる副素線を有するき裂検出配線と、前記複数の主素線の一对の端子間の導通状態、及び、前記副素線の導通状態に基づいて論理演算をすることで、前記主素線の断線箇所を特定する演算装置と、を備える。

[0011] 上記構成によれば、副素線の断線強度と主素線の断線強度とが異なっている。したがって、主素線と副素線とが通る部分で一つのクラックが生じる際には、主素線、及び副素線のいずれか一方に先に断線が生じる。

例えば、副素線の断線強度を主素線の断線強度よりも高くした場合には、主素線が副素線に先立って断線する。これを検知することによって、クラックの発生を、発生直後の規模が小さい段階で早期に認知することができる。

[0012] 上記クラックセンサシステムでは、前記主素線は、前記壁面にクラックが発生した際に同時に断線する程度の断線強度を有し、前記副素線は、前記一

の主素線よりも高い断線強度を有してもよい。

- [0013] 上記構成によれば、主素線がクラックの発生と同時に断線する程度の断線強度を有していることから、主素線と副素線とが通る部分で一つのクラックが生じる際には、その発生と同時に主素線のみが直ちに断線する。

このように、主素線のみが断線し、副素線が断線していない状態を検知することで、発生と同時に即座にクラックを検知することができる。

さらに、主素線が断線した後で、副素線が断線したことを検知することにより、すでに発生していたクラックがさらに伸長したことを検知することができる。

- [0014] 上記クラックセンサシステムでは、前記主素線は、前記壁面にクラックが発生した際に同時に断線する程度の断線強度を有し、前記副素線は、前記主素線よりも低い断線強度を有するとともに、前記壁面にせん断力が生じた場合に、クラックの発生に先立って前記せん断力によって断線する程度の断線強度を有してもよい。

- [0015] 上記構成によれば、副素線がクラックの発生に先立って断線する程度の断線強度を有していることから、主素線と副素線とが通る部分で一つのクラックが生じる際には、その発生に先立って、せん断力によって副素線のみが先に断線する。

このように、副素線のみが断線し、主素線が断線していない状態を検知することで、発生に先立ってクラックの予兆を認知することができる。

さらに、副素線が断線した後で、主素線が断線したことを検知することにより、予兆のあった部分で実際にクラックが発生したことを検知することができる。

- [0016] 上記クラックセンサシステムでは、前記副素線は、前記複数の主素線のうち少なくとも一の主素線に沿う近接素線部、及び、該近接素線部に接続されて当該一の主素線から前記近接素線部よりも離間した離間素線部を有してもよい。

- [0017] 上記構成によれば、壁面における近接素線部が通る部分でクラックが発生

した場合、近接素線部と、一の主素線における当該近接素線部が沿う部分とが同時に断線する。

したがって、近接素線部で断線が生じている場合には、主素線における当該近接素線部に沿う部分でクラックが生じているか、又は生じる予兆があると判断することができる。

一方で、近接素線部で断線が生じていない場合には、主素線における近接素線部に沿う部分とは異なる部分でクラックが生じているか、又は生じる予兆があると判断することができる。

このように、上記の構成によれば、主素線に加えて副素線を設け、当該副素線の一部が主素線に沿うように設けられていることにより、主素線上における断線の位置、即ち壁面におけるクラックの発生箇所を容易に特定することができる。

発明の効果

[0018] 本発明によれば、より高い精度でクラックの発生箇所を特定することが可能なクラックセンサシステムを提供することができる。

図面の簡単な説明

[0019] [図1]本発明の第一実施形態に係るクラックセンサシステムの構成を示す配線図である。

[図2]本発明の第一実施形態に係るクラックセンサシステムにおける端子間の導通状態の一例を示す表である。

[図3]図2の表に対応する壁面の状態を示す説明図である。

[図4]本発明の第一実施形態に係るクラックセンサシステムにおける端子間の導通状態の他の例を示す表である。

[図5]図4の表に対応する壁面の状態を示す説明図である。

[図6]本発明の第一実施形態に係るクラックセンサシステムの第一変形例を示す配線図である。

[図7]本発明の第一実施形態に係るクラックセンサシステムの第二変形例を示す配線図である。

[図8]本発明の第一実施形態に係るクラックセンサシステムの第三変形例を示す配線図である。

[図9]本発明の第二実施形態に係るクラックセンサシステムの構成を示す配線図である。

[図10]本発明の第三実施形態に係るクラックセンサシステムの構成を示す配線図である。

[図11]本発明の第一実施形態に係るクラックセンサシステムのさらなる変形例を示す配線図である。

[図12]本発明の第一実施形態に係るクラックセンサシステムにおける端子間の導通状態の時間変化を示す表の一例である。

[図13]本発明の第一実施形態に係るクラックセンサシステムにおける端子間の導通状態の時間変化を示す表の他の例である。

発明を実施するための形態

[0020] [第一実施形態]

本発明の第一実施形態について、図1から図5を参照して説明する。本実施形態に係るクラックセンサシステムは、例えば金属やコンクリート等で形成された対象部材におけるクラック（ひび割れ）の発生を検知するための装置である。

図1に示すように、クラックセンサシステム100は、き裂検出配線80と、演算装置90と、を備えている。き裂検出配線80は、対象部材の壁面Wに配置されている。演算装置90は、このき裂検出配線80に電氣的に接続されており、当該き裂検出配線80の導通状態に基づいてクラックの有無、及びその位置を特定する。

[0021] き裂検出配線80は、複数（3つ）の主素線A、B、Cと、副素線Dと、を有している。主素線A、B、Cは、壁面Wに沿って互いに間隔をあけて敷設されている。

主素線A、B、Cは、例えば銅やアルミを含む電気伝導性を有する金属材料によって形成されている。壁面Wが平面であっても曲面であっても、主素

線 A, B, C は、当該壁面 W の形状に追従した状態で敷設される。

また、壁面 W にクラックが生じた場合、主素線 A, B, C における当該クラックと交差する部分に直ちに断線を生じる。言い換えると、主素線 A, B, C は、クラックの発生に伴って直ちに断線する程度の引っ張り強度（断線強度）を有している。

[0022] 主素線 A, B, C の一端にはそれぞれ端子 a, b, c が設けられている。これら端子 a, b, c には後述する演算装置 90 から延びる接続線 91 が接続されている。主素線 A, B, C の他端は互いに接続されることで、節点 P を形成している。これら端子 a, b, c、及び節点 P も壁面 W 上に配置されている。

端子 a, b, c、及び節点 P は、壁面 W 上で互いに間隔をあけて配置されている。ここで、端子 a, b, c、は壁面 W 上におけるクラックが発生しにくい領域に配置され、節点 P は、壁面 W 上でクラックが特に発生しやすいと想定される領域に設けられることが望ましい。また、端子 a, b, c は、互いに間隔をあけて配置されることが望ましい。

[0023] 副素線 D は、上記の 3 つの主素線 A, B, C のうち、主素線 B に沿って延びている。副素線 D の一端は端子 d とされ、他端は上述の節点 P に接続されている。

副素線 D は、節点 P から延びるとともに、主素線 B に相対的に近接して配置された近接素線部 D1 と、近接素線部 D1 に接続されるとともに、当該近接素線部 D1 に比べて主素線 B から相対的に離間して配置された離間素線部 D2 と、を有している。

近接素線部 D1 は、主素線 B と同一の方向に延びている。離間素線部 D2 は、近接素線部 D1 の一端側に接続され、主素線 B から離間した位置で近接素線部 D1 と同一の方向に延びている。

主素線 B における近接素線部 D1 に沿う部分は第一部分 B1 とされ、この第一部分 B1 を除く部分（即ち、離間素線部 D2 に対応する部分）は第二部分 B2 とされている。第一部分 B1 でクラックが生じた場合、当該クラック

によって近接素線部D 1も第一部分B 1と同時に断線する。

言い換えると、同一のクラックによって同時に断線が生じる程度に、近接素線部D 1は第一部分B 1（主素線B）に近接している。なお、離間素線部D 2と主素線Bとをまたぐ単一のクラックが生じない程度に、これら離間素線部D 2と主素線部Bとが十分に離間している。

[0024] 主素線A, B, Cと同様に、副素線Dも銅やアルミを含む電気伝導性を有する金属材料によって形成されている。壁面Wが平面であっても曲面であっても、副素線Dは、当該壁面Wの形状に追従した状態で敷設される。また、壁面Wにクラックが生じた場合、副素線Dにおける当該クラックと交差する部分に直ちに断線を生じる。言い換えると、主素線A, B, Cと同様に、副素線Dは、クラックの発生に伴って直ちに断線する程度の引っ張り強度（断線強度）を有している。

[0025] なお、主素線A, B, C、及び副素線Dを壁面W上に敷設するに当たっては、例えば金属材料を壁面W上に溶射する方法を用いてもよいし、予め壁面W上に積層された金属膜をレーザー照射によって部分的に除去することで所望の配線パターンを得る方法を用いてもよい。また、これら主素線A, B, C、及び副素線Dを、ごく細い線材によって実体配線として形成することも可能である。

さらに、アディティブ・マニファクチャリング技術・AM技術のような3Dプリンタを用いた方法を用いることも可能である。

[0026] 演算装置90は、接続線91によって、上述の端子a, b, c, dに電氣的に接続されている。演算装置90は、上記のき裂検出配線80を流れる電流の状態（導通状態）に基づいて論理演算を行う。

例えば、図2に示す状態では、端子cと端子aとの間、及び端子dと端子aとの間が導通している。即ち、主素線Aと主素線Cとの間、及び主素線Aと副素線Dとの間が導通している。

一方で、端子aと端子bとの間、及び端子bと端子cとの間が導通していない。即ち、主素線Aと主素線Bとの間、及び主素線Bと主素線Cとの間が

導通していない。

[0027] 上記の状態では、「端子 a と端子 c との間が導通しており、端子 a と端子 b との間が導通しておらず、かつ端子 b と端子 c との間が導通していない」との入力から、演算装置 90 は論理演算を行い、「主素線 B 上で断線が生じている」と判定する。

さらに、「端子 d と端子 a との間が導通している」ことから、「副素線 D 上には断線が生じていない」と判定する。これにより、演算装置 90 は、断線が生じている箇所は、「主素線 B 上であって、かつ副素線 D に断線を生じない位置」と判定する。即ち、断線が生じている箇所は、図 3 に示すように、「主素線 B における第二部分 B 2 である」と特定される。

[0028] さらに、図 4 に示す状態では、端子 c と端子 a との間が導通している。即ち、主素線 A と主素線 C との間が導通している。一方で、端子 a と端子 b との間、端子 b と端子 c との間、及び端子 d と端子 a との間は導通していない。

即ち、主素線 A と主素線 B との間、主素線 B と主素線 C との間、及び副素線 D と主素線 A との間が導通していない。

この状態では、「端子 a と端子 c との間が導通しており、端子 a と端子 b との間が導通しておらず、かつ端子 b と端子 c との間が導通していない」との入力から、演算装置 90 は論理演算を行い、「主素線 B 上で断線が生じている」と判定する。さらに、「端子 d と端子 a との間が導通していない」ことから、「副素線 D と主素線 B に同時に断線が生じている」と判定する。

これにより、演算装置 90 は、断線が生じている箇所は、「主素線 B 上であって、かつ副素線 D にも断線を生じる位置」と判定する。上述のように、副素線 D における近接素線部 D 1 は、主素線 B における第一部分 B 1 に近接している。したがって、断線が生じている箇所は、図 5 に示すように、「主素線 B における第一部分 B 1 である」と特定される。

[0029] 上記の構成によれば、複数（3つ）の主素線 A, B, C における一对の端子間の導通状態の組み合わせに基づいて演算装置 90 が論理演算を行うこと

で、主素線 A, B, C のいずれが断線しているかを特定することができる。

即ち、当該断線した主素線を特定することで、壁面 W におけるクラックの発生箇所を特定することができる。さらに、上記の構成では、一の主素線 B に対応して副素線 D が設けられている。

副素線 D は、当該主素線 B に沿う近接素線部 D 1 と、近接素線部 D 1 よりも主素線 B から離間した離間素線部 D 2 とを有している。

演算装置 90 は、主素線 A, B, C に加えて、この副素線 D の導通状態も加味して論理演算を行う。例えば、壁面 W における近接素線部 D 1 が通る部分でクラックが発生した場合、近接素線部 D 1 と、主素線 B における当該近接素線部 D 1 が沿う部分（第一部分 B 1）とが同時に断線する。

したがって、近接素線部 D 1 で断線が生じている場合には、主素線 B における第一部分 B 1 でクラックが生じていると判断することができる。

一方で、近接素線部 D 1 で断線が生じていない場合には、主素線 B における近接素線部 D 1 に沿う部分とは異なる部分（第二部分 B 2）でクラックが生じていると判断することができる。

このように、上記の構成によれば、主素線 A, B, C に加えて副素線 D を設け、当該副素線 D の一部が主素線の一つに沿うように設けられていることにより、主素線上における断線の位置、即ち壁面 W におけるクラックの発生箇所を容易かつ高い精度で特定することができる。

[0030] 以上、本発明の第一実施形態について説明した。なお、本発明の要旨を逸脱しない限りにおいて、上記の構成に種々の変更や改修を施すことが可能である。例えば、上記第一実施形態では、副素線 D における近接素線部 D 1 が節点 P から延びている例について説明した。

しかしながら、副素線 D の態様は上記に限定されず、図 6 のような構成（第一変形例）を採ることも可能である。同図の例では、副素線 D a の近接素線部 D 1 a が、節点 P から端子 d にかけての中途位置に設けられている。近接素線部 D 1 a の両端側には一对の離間素線部 D 2 a がそれぞれ接続されている。このような構成によっても、上記と同様に、主素線 B 上における断線

箇所を特定することができる。

[0031] また、他の例（第二変形例）として、図7に示すような構成を採ることも可能である。

同図の例では、副素線部D bの両端に端子d 1と端子d 2とが設けられている。副素線D bは、主素線Bと主素線Aとの間で、端子d 1から端子d 2にかけてU字状に延びている。

副素線D bのうち、主素線Bに近接する部分が近接素線部D 1 bとされている。また、端子d 1、及び端子d 2は上述の演算装置90にそれぞれ接続されている。このような構成によっても、上記と同様に、主素線B上における断線箇所を特定することができる。

[0032] さらに他の例（第三変形例）として、図8に示すような構成を採ることも可能である。

同図の例では、第二変形例と同様に、副素線部D cの両端に端子d 1と端子d 2とが設けられている。副素線D cは、主素線Bと主素線Aとの間で、端子d 1から端子d 2にかけて環状に延びている。副素線D cのうち、主素線Bに近接する部分が近接素線部D 1 cとされている。

特に、本変形例では、第二変形例に比べて、近接素線部D 1 cの位置が節点P側に偏っている。近接素線部D 1 cの一端は端子d 1に直接接続されている。また、端子d 1、及び端子d 2は上述の演算装置90にそれぞれ接続されている。このような構成によっても、上記と同様に、主素線B上における断線箇所を特定することができる。

[0033] また、上記第一実施形態、及び第一変形例、第二変形例、並びに第三変形例に共通する変更点として、副素線Dを主素線Bではなく、主素線A、又はCに対応させて設けることも可能である。さらに、上記のき裂検出配線80を複数組み合わせることも可能である。これにより、さらに広い範囲でのき裂検出を実現することができる。

[0034] [第二実施形態]

続いて、本発明の第二実施形態について、図9を参照して説明する。なお

、上記の第一実施形態と同様の構成については同一の符号を付し、詳細な説明を省略する。

本実施形態では、き裂検出配線 280 は、上述の主素線 A, B, C と、副素線 E と、を有している。

副素線 E は、主素線 A, B, C のうち、主素線 B に沿って延びている。より具体的には、副素線 E は、主素線 B に近接した位置で同一の方向に延びている。さらに言い換えると、副素線 E は、壁面 W における主素線 B が通る領域で単一のクラックが生じた場合に、当該クラックの発生により引っ張り応力を受ける程度に、主素線 B に近接した位置に設けられている。

[0035] 副素線 E の一端は端子 e とされ、他端は上述の節点 P に接続されている。副素線 E は、主素線 A, B, C を形成する材料とは異なる断線強度を有する材料によって形成されている。

具体的には、副素線 E は、主素線 A, B, C を形成する材料に比べて高い引っ張り強度を有する金属材料によって形成されている。一方で、主素線 A, B, C は、壁面 W にクラックが発生した際に、その発生と同時に断線する程度の引っ張り強度（断線強度）を有している。

[0036] 上記の構成によれば、副素線 E の断線強度と主素線 A, B, C の断線強度とが異なっている。したがって、主素線 B と副素線 E とが通る部分で一つのクラックが生じる際には、主素線 B、及び副素線 E のいずれか一方に先に断線が生じる。

例えば、副素線 E の断線強度を主素線 B の断線強度よりも高くした場合には、主素線 B が副素線 E に先立って断線する。これを検知することによって、クラックの発生を、発生直後の規模が小さい段階で早期に認知することができる。

[0037] さらに、上記の構成によれば、主素線 B がクラックの発生と同時に断線する程度の断線強度を有していることから、主素線 B と副素線 E とが通る部分で一つのクラックが生じる際には、その発生と同時に主素線 B のみが直ちに断線する。

このように、主素線Bのみが断線し、副素線Eが断線していない状態を検知することで、発生と同時に即座にクラックを検知することができる。さらに、主素線Bが断線した後で、副素線Eが断線したことを検知することにより、すでに発生していたクラックがさらに伸長したことを検知することができる。

[0038] 以上、本発明の第二実施形態について説明した。なお、本発明の要旨を逸脱しない限りにおいて、上記の構成に種々の変更や改修を施すことが可能である。例えば、上記第二実施形態では、主素線A、B、Cと副素線Eの材料を違えることで、断線強度の差を確保する構成について説明した。

しかしながら、断線強度を違える上では、これら主素線A、B、Cと副素線Eを同一の材料で形成しつつ、副素線Eの径を主素線A、B、Cの径よりも大きくする構成を採ることも可能である。

また、副素線Eを主素線Bではなく、主素線A、又はCに対応させて設けることも可能である。さらに、上記のき裂検出配線280を複数組み合わせることも可能である。これにより、さらに広い範囲でのき裂検出を実現することができる。

また、副素線Eが、上述の第一実施形態で説明した近接素線部と、離間素線部とを有する構成を採ることも可能である。

[0039] [第三実施形態]

次に、本発明の第三実施形態について、図10を参照して説明する。なお、上記の各実施形態と同様の構成については同一の符号を付し、詳細な説明を省略する。

同図に示すように、本実施形態では、き裂検出配線380は、上述の主素線A、B、Cと、副素線Fと、を有している。副素線Fは、主素線A、B、Cのうち、主素線Bに沿って延びている。

より具体的には、副素線Fは、主素線Bに近接した位置で同一の方向に延びている。さらに言い換えると、副素線Fは、壁面Wにおける主素線Bが通る領域で単一のクラックが生じつつある場合に、当該クラックの発生に先立

って、せん断力（引っ張り応力）を受ける程度に、主素線Bに近接した位置に設けられている。

[0040] 副素線Fの一端は端子fとされ、他端は上述の節点Pに接続されている。副素線Fは、主素線A、B、Cを形成する材料とは異なる断線強度を有する材料によって形成されている。具体的には、副素線Fは、主素線A、B、Cを形成する材料に比べて低い引っ張り強度（断線強度）を有する金属材料によって形成されている。

さらに詳細には、副素線Fは、壁面Wでクラックの原因となるせん断力が生じた際に、クラックの発生に先立って当該せん断力によって断線する程度の断線強度を有している。一方で、主素線A、B、Cは、壁面Wにクラックが発生した際に、その発生と同時に断線する程度の断線強度を有している。

[0041] 上記の構成によれば、副素線Fがクラックの発生に先立って断線する程度の断線強度を有していることから、主素線Bと副素線Fとが通る部分で一つのクラックが生じる際には、その発生に先立って副素線Fのみが先に断線する。このように、副素線Fのみが断線し、主素線Bが断線していない状態を検知することで、発生に先立ってクラックの予兆を認知することができる。

さらに、副素線Fが断線した後で、主素線Bが断線したことを検知することにより、予兆のあった部分で実際にクラックが発生したことを検知することができる。

[0042] 以上、本発明の第三実施形態について説明した。

なお、本発明の要旨を逸脱しない限りにおいて、上記の構成に種々の変更や改修を施すことが可能である。例えば、上記第三実施形態では、主素線A、B、Cと副素線Fの材料を違えることで、断線強度の差を確保する構成について説明した。

しかしながら、断線強度を違える上では、これら主素線A、B、Cと副素線Fを同一の材料で形成しつつ、副素線Fの径を主素線A、B、Cの径よりも小さくする構成を採ることも可能である。

また、副素線Fを主素線Bではなく、主素線A、又はCに対応させて設け

ることも可能である。さらに、上記のき裂検出配線 380 を複数組み合わせることも可能である。これにより、さらに広い範囲でのき裂検出を実現することができる。

また、副素線 F が、上述の第一実施形態で説明した近接素線部 D 1 と、離間素線部 D 2 とを有する構成を採ることも可能である。

[0043] さらに、上述の第一実施形態において、離間素線部 D 2 に沿ってさらに他の離間素線部 D 3 を設ける構成を採ることも可能である（図 11 参照）。この場合、離間素線部 D 2 及び D 3 に断線が生じていないことに基づいて、主素線部 B の第一部分 B 1 に断線が生じている、との判断をすることができる。

つまり、この構成によれば、主素線部 B 上における断線位置をより正確に特定することができる。

[0044] 加えて、上記第一実施形態で説明した図 2、及び図 4 の導通状態の判定に、時間変化を加味する構成を採ることも可能である。

例えば、図 12 に示すように、主素線 B と副素線 D の断線のタイミングに時間的なずれがある場合、時刻 t_3 に主素線 B の第二部分 B 2 が断線し、時刻 t_x に副素線 D が断線したと判別することができる。

図 12 の場合、近接素線部 D 1 と離間素線部 D 2 のいずれが断線したかを特定することはできないが、図 13 に示すような導通状態を示した場合には、主素線 B と副素線 D とにおける断線のタイミングが同じであることから、時刻 t_3 に主素線 B の第一部分 B 1、及び近接素線部 D 1 に断線が生じたと判定することができる。

[0045] 以上、本発明の好ましい実施形態について詳述したが、本発明はかかる特定の実施形態に限定されるものではなく、特許請求の範囲内に記載された本発明の要旨の範囲内において、種々の変形・変更が可能である。

産業上の利用可能性

[0046] 本発明は、クラックセンサシステムに適用可能である。

符号の説明

[0047] 100 クラックセンサシステム
80, 280, 380 き裂検出配線
90 演算装置
91 接続線
A, B, C 主素線
B1 第一部分
B2 第二部分
D, Da, Db, Dc, E, F 副素線
D1, D1a, D1b, D1c 近接素線部
D2, D2a, D2b, D2c, D3 離間素線部
P 節点
a, b, c, d, e, f, d1, d2, d3 端子

請求の範囲

[請求項1] それぞれ壁面に沿って延びるように設けられており、それぞれの一端が端子とされて他端が互いに接続された複数の主素線、及び、前記複数の主素線のうち少なくとも一の前記主素線に対応して設けられて、当該一の主素線に沿う近接素線部、及び、該近接素線部に接続されて当該一の主素線から前記近接素線部よりも離間した離間素線部を有する副素線、を有するき裂検出配線と、

前記複数の主素線の一对の端子間の導通状態、及び、前記副素線の導通状態に基づいて論理演算をすることで、前記主素線の断線箇所を特定する演算装置と、

を備えるクラックセンサシステム。

[請求項2] それぞれ壁面に沿って延びるように設けられており、それぞれの一端が端子とされて他端が互いに接続された複数の主素線、及び、前記複数の主素線のうち少なくとも一の主素線に対応して設けられて、当該一の主素線に沿って延びるとともに、当該一の主素線と断線強度の異なる副素線を有するき裂検出配線と、

前記複数の主素線の一对の端子間の導通状態、及び、前記副素線の導通状態に基づいて論理演算をすることで、前記主素線の断線箇所を特定する演算装置と、

を備えるクラックセンサシステム。

[請求項3] 前記主素線は、前記壁面にクラックが発生した際に同時に断線する程度の断線強度を有し、

前記副素線は、前記一の主素線よりも高い断線強度を有する請求項2に記載のクラックセンサシステム。

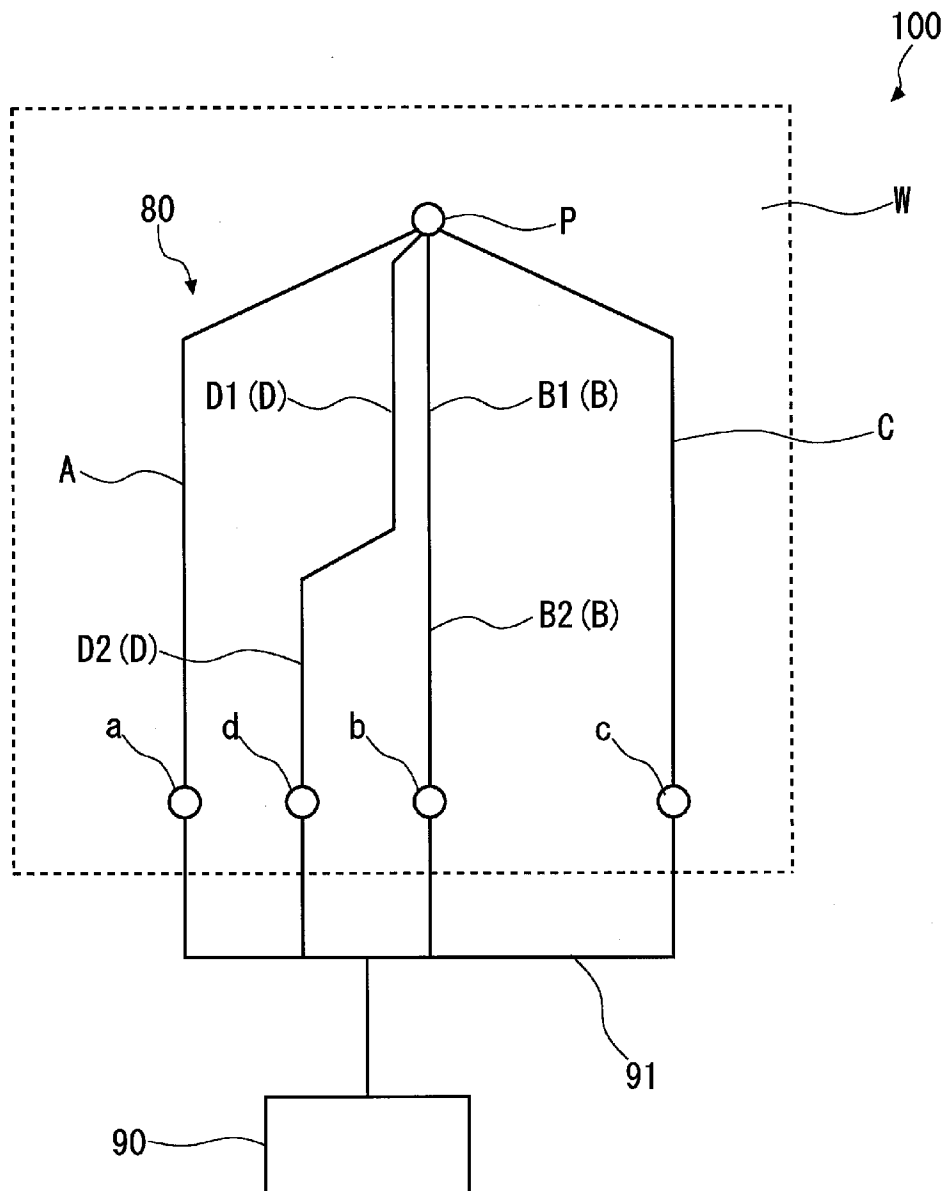
[請求項4] 前記主素線は、前記壁面にクラックが発生した際に同時に断線する程度の断線強度を有し、

前記副素線は、前記主素線よりも低い断線強度を有するとともに、前記壁面にせん断力が生じた場合に、クラックの発生に先立って前記

せん断力によって断線する程度の断線強度を有する請求項 2 に記載のクラックセンサシステム。

[請求項5] 前記副素線は、前記複数の主素線のうち少なくとも一の主素線に沿う近接素線部、及び、該近接素線部に接続されて当該一の主素線から前記近接素線部よりも離間した離間素線部を有する請求項 2 から 4 のいずれか一項に記載のクラックセンサシステム。

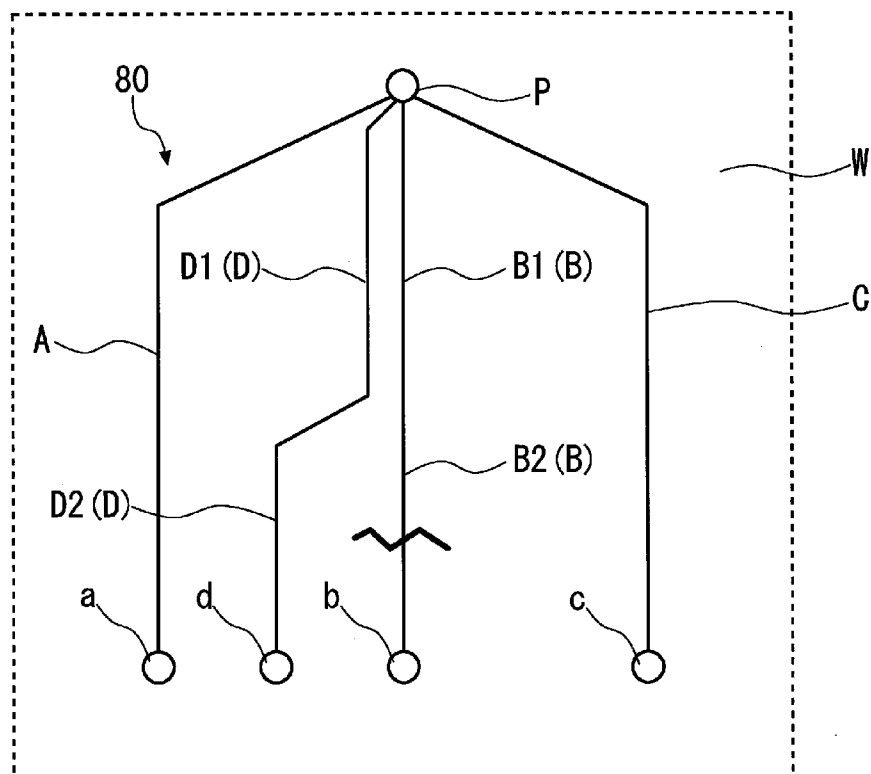
[図1]



[図2]

端子	端子	導通状態
a	b	×
b	c	×
c	a	○
d	a	○

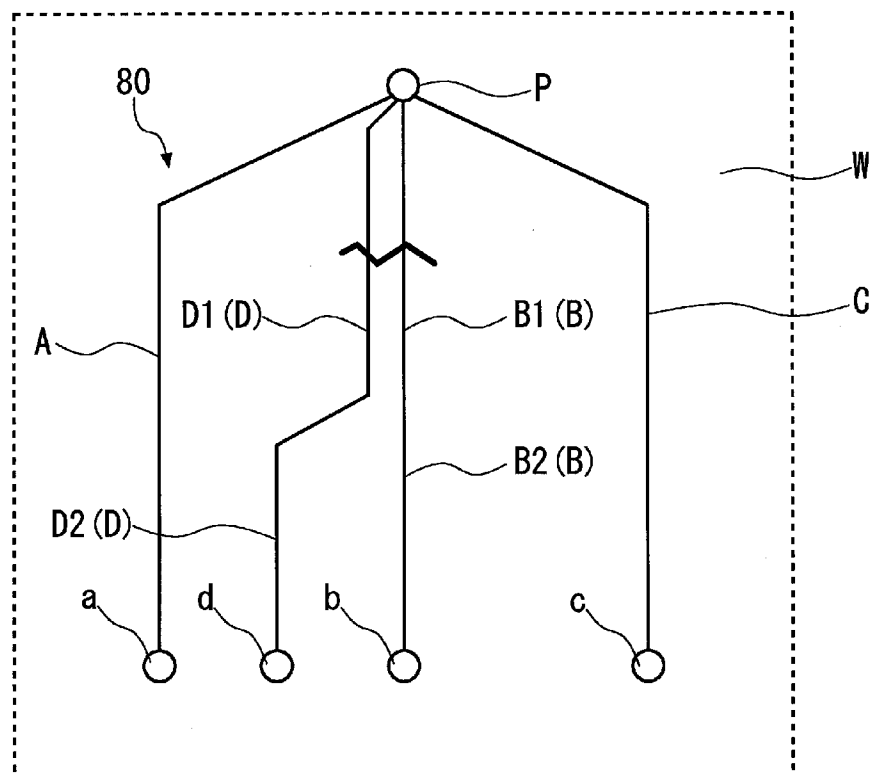
[図3]



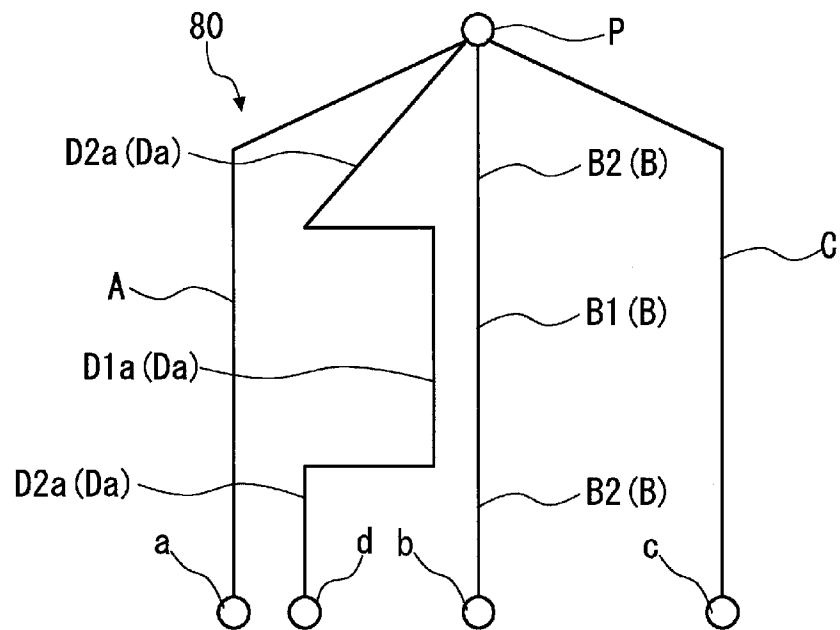
[図4]

端子	端子	導通状態
a	b	×
b	c	×
c	a	○
d	a	×

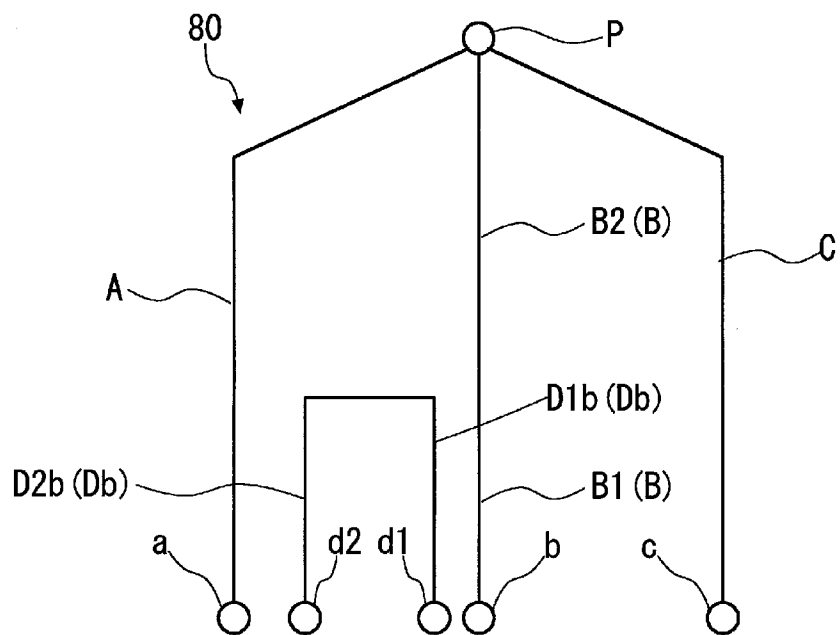
[図5]



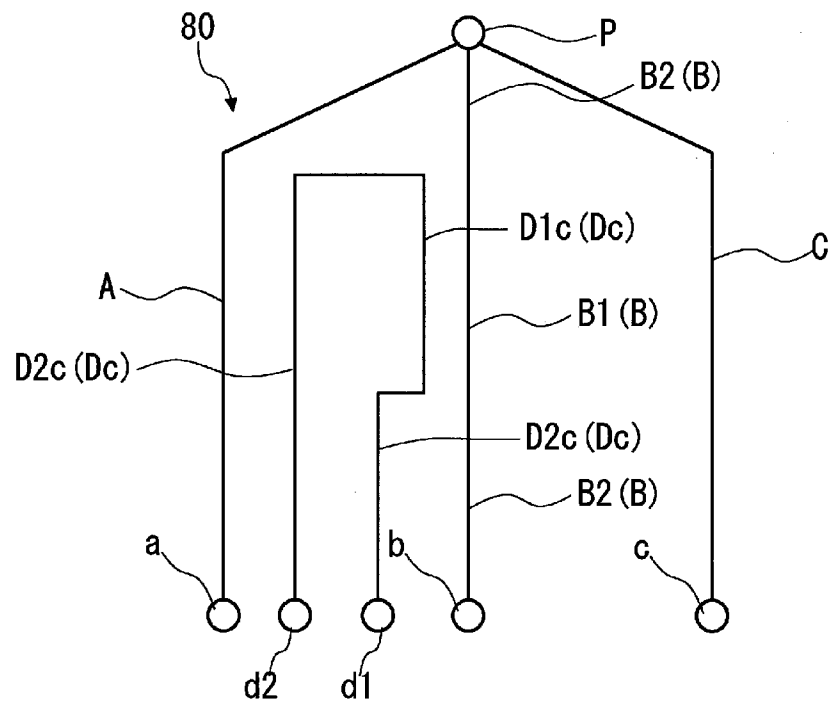
[図6]



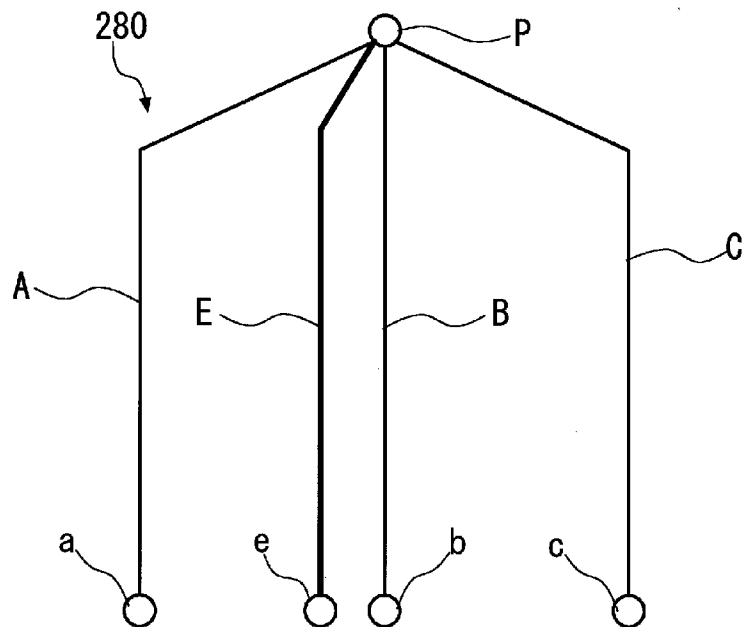
[図7]



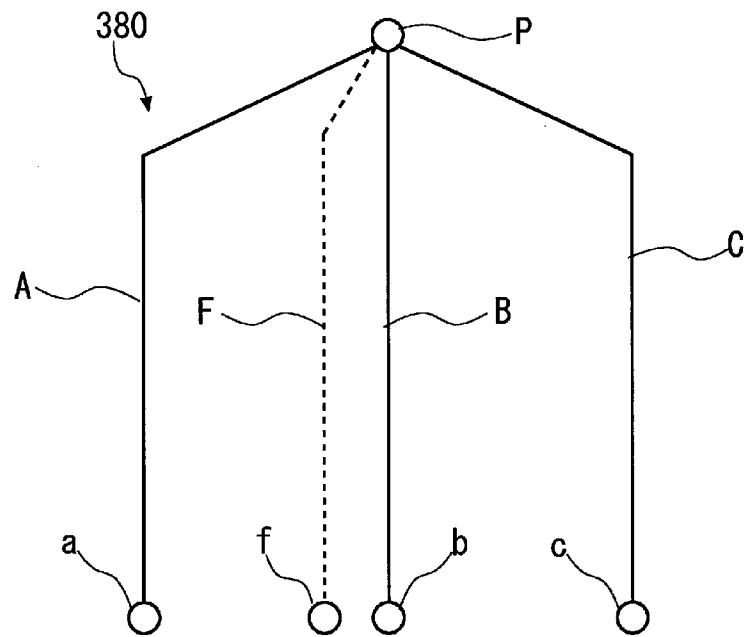
[図8]



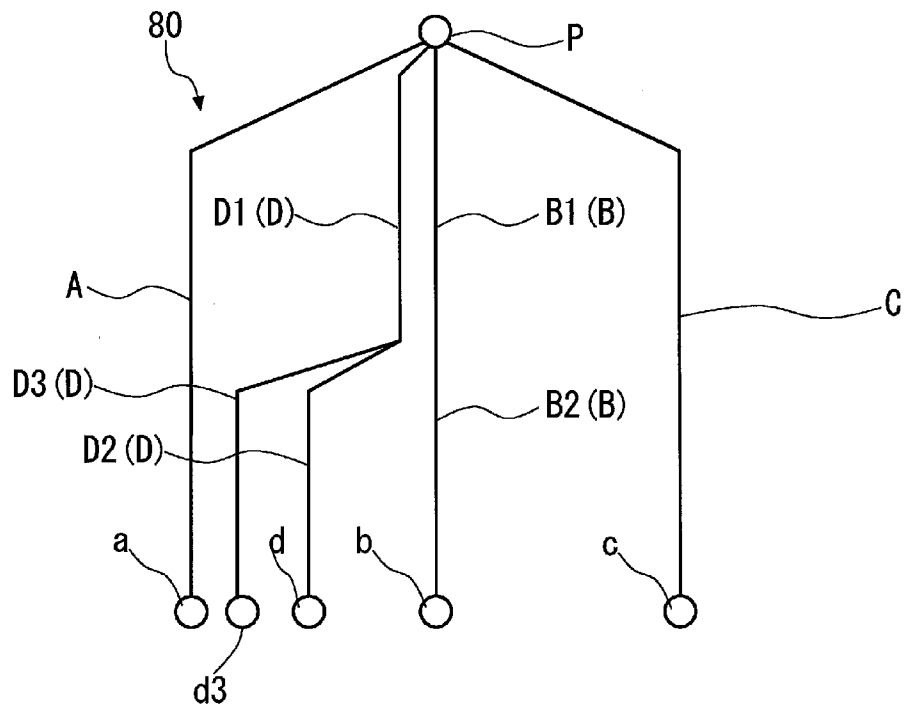
[図9]



[図10]



[図11]



[図12]

端子	端子	t1	t2	t3	t4	t5	...	t x -1	tx	t x +1	t x +2	...
a	b	○	○	×	×	×	...	×	×	×	×	...
b	c	○	○	×	×	×	...	×	×	×	×	...
c	a	○	○	○	○	○	...	○	○	○	○	...
d	a	○	○	○	○	○	...	○	×	×	×	...

[図13]

端子	端子	t1	t2	t3	t4	t5	...	t x -1	tx	t x +1	t x +2	...
a	b	○	○	x	x	x	...	x	x	x	x	...
b	c	○	○	x	x	x	...	x	x	x	x	...
c	a	○	○	○	○	○	...	○	○	○	○	...
d	a	○	○	x	x	x	...	x	x	x	x	...

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/043592

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01N 27/20 (2006.01) i

FI: G01N27/20 A

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)

G01B7/00-7/34, G01N17/00-19/10, 27/00-27/10, 27/14-27/24

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996

Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2020

Registered utility model specifications of Japan 1996-2020

Published registered utility model applications of Japan 1994-2020

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.
A	CN 102253087 A (NANJING UNIVERSITY OF AERONAUTICS AND ASTRONAUTICS) 23.11.2011 (2011-11-23)	1-5
A	JP 2005-283196 A (TOA CORPORATION) 13.10.2005 (2005-10-13)	1-5
A	JP 2007-292747 A (NIPPON STEEL CORP.) 08.11.2007 (2007-11-08)	1-5
A	JP 2014-190761 A (RAILWAY TECHNICAL RESEARCH INSTITUTE) 06.10.2014 (2014-10-06)	1-5



Further documents are listed in the continuation of Box C.



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
21 January 2020 (21.01.2020)

Date of mailing of the international search report
04 February 2020 (04.02.2020)

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
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2019/043592

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 102253087 A	23 Nov. 2011	(Family: none)	
JP 2005-283196 A	13 Oct. 2005	(Family: none)	
JP 2007-292747 A	08 Nov. 2007	(Family: none)	
JP 2014-190761 A	06 Oct. 2014	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） G01N 27/20(2006.01)i FI: G01N27/20 A														
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）） G01B7/00-7/34, G01N17/00-19/10, 27/00-27/10, 27/14-27/24 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 <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922 - 1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971 - 2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996 - 2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994 - 2020年</td> </tr> </table> 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）			日本国実用新案公報	1922 - 1996年	日本国公開実用新案公報	1971 - 2020年	日本国実用新案登録公報	1996 - 2020年	日本国登録実用新案公報	1994 - 2020年				
日本国実用新案公報	1922 - 1996年													
日本国公開実用新案公報	1971 - 2020年													
日本国実用新案登録公報	1996 - 2020年													
日本国登録実用新案公報	1994 - 2020年													
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												
A	CN 102253087 A（南京航空航天大学）23.11.2011（2011 - 11 - 23）	1-5												
A	JP 2005-283196 A（東亜建設工業株式会社）13.10.2005（2005 - 10 - 13）	1-5												
A	JP 2007-292747 A（新日本製鐵株式会社）08.11.2007（2007 - 11 - 08）	1-5												
A	JP 2014-190761 A（公益財団法人鉄道総合技術研究所）06.10.2014（2014 - 10 - 06）	1-5												
☐ 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。														
<table border="0"> <tr> <td>* 参考文献のカテゴリー</td> <td>“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抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの</td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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）</td> <td>“&” 同一パテントファミリー文献</td> </tr> <tr> <td>“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</td> <td></td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td></td> </tr> </table>			* 参考文献のカテゴリー	“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抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの	“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	“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	“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	“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	“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）	“&” 同一パテントファミリー文献	“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	
* 参考文献のカテゴリー	“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抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの													
“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	“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													
“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	“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													
“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）	“&” 同一パテントファミリー文献													
“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														
国際調査を完了した日 21.01.2020	国際調査報告の発送日 04.02.2020													
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官） 小澤 瞬 2W 6003 電話番号 03-3581-1101 内線 3258													

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2019/043592

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
CN	102253087	A	23.11.2011	(ファミリーなし)	
JP	2005-283196	A	13.10.2005	(ファミリーなし)	
JP	2007-292747	A	08.11.2007	(ファミリーなし)	
JP	2014-190761	A	06.10.2014	(ファミリーなし)	