(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12月17日(17.12.2020)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2020/250583 A1

(51) 国際特許分類:
*G01N 29/06* (2006.01) *G01N 29/30* (2006.01)
*G01N 29/11* (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2020/017835

(22) 国際出願日： 2020年4月24日(24.04.2020)

(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 2019-108543 2019年6月11日(11.06.2019) JP

(71) 出願人: 株式会社ＩＨＩ (**IHI CORPORATION**) [JP/JP]; 〒1358710 東京都江東区豊洲三丁目１番１号 Tokyo (JP).

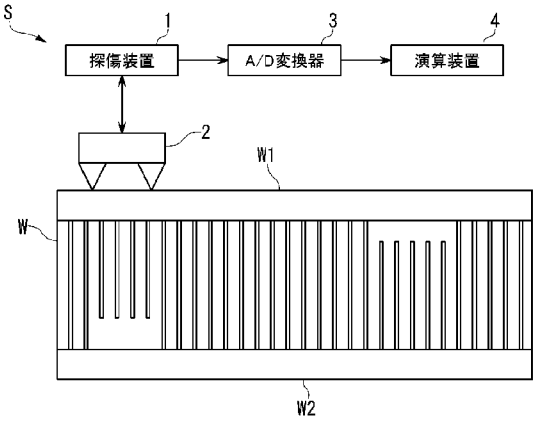
(72) 発明者: 橋本 周平 (**HASHIMOTO Shuhei**); 〒1358710 東京都江東区豊洲三丁目１番１号 株式会社ＩＨＩ内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 西澤 和純，外 (**NISHIZAWA Kazuyoshi** 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, JP, 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,

(54) **Title:** INSPECTION SYSTEM

(54) 発明の名称： 検査システム




1 Flaw detection device
3 A/D converter
4 Arithmetic operation device

(57) **Abstract:** This inspection system (S) comprises: a flaw detection device (1) that detects a flaw on a surface of a honeycomb structure; and an arithmetic operation device (4) that performs arithmetic operation on the basis of a signal from the flaw detection device. The arithmetic operation device determines presence/absence of a defect on the basis a defect discrimination threshold value for discriminating presence/absence of the defect in the honeycomb structure.

WO 2020/250583 A1

［続葉有］

QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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, 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:この検査システム(S)は、ハニカム構造体の表面を探傷する探傷装置(1)と、探傷装置の信号に基づいて演算する演算装置(4)と、を有し、演算装置は、ハニカム構造体における欠陥の有無を判別する欠陥判別閾値に基づいて、欠陥の有無を判定する。

# 明　細　書

## 発明の名称 ： 検査システム

## 技術分野

[0001] 本開示は、検査システムに関するものである。

本願は、２０１９年６月１１日に日本に出願された特願２０１９－１０８５４３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] 一般的な構造物においては、表面の欠陥を超音波探傷等におより検査することが可能である（例えば、特許文献１）。しかしながら、構造が複雑であるハニカム構造の構造物においては、剥離等の欠陥の有無を検査するために、コインタッピングが実施されている。コインタッピングは、検査員が対象物をコインで叩き、その反射音から欠陥の有無を判別する手法である。

## 先行技術文献

## 特許文献

[0003] 特許文献1：日本国特開２０１７－１２９４４４号公報

## 発明の概要

## 発明が解決しようとする課題

[0004] コインタッピングは検査員が反射音を聞くことで欠陥の有無を判別しており、検査精度が検査員の技量に大きく依存することとなる。したがって、検査員により検査の精度にムラが発生する。

[0005] 本開示は、上述する問題点に鑑みてなされたもので、ハニカム構造体に対して、一律な基準により非破壊検査を実施することを目的とするものである。

## 課題を解決するための手段

[0006] 本開示の一態様の検査システムは、ハニカム構造体の表面を探傷する探傷装置と、前記探傷装置の信号に基づいて演算する演算装置とを有し、前記演算装置は、前記ハニカム構造体における欠陥の有無を判別する欠陥判別閾値

に基づいて、欠陥の有無を判定する。

[0007] 上記一態様の検査システムにおいて、前記演算装置は、前記信号を予め記憶している二次元マップ上にプロットし、前記欠陥判別閾値は、前記二次元マップ上において線状または二次元形状として表されてもよい。

[0008] 上記一態様の検査システムにおいて、前記演算装置は、予め試験片を探傷することにより取得した複数のデータを機械学習することにより前記二次元マップを作成してもよい。

[0009] 上記一態様の検査システムにおいて、前記二次元マップは、前記信号の位相と振幅とに基づいて作成されてもよい。

[0010] 上記一態様の検査システムにおいて、前記探傷装置は、１～５０ｋＨｚの周波数の振動を発生させてもよい。

[0011] 上記一態様の検査システムにおいて、前記演算装置は、前記ハニカム構造体における欠陥位置を判別する位置判別閾値に基づいて、欠陥位置を判別してもよい。

## 発明の効果

[0012] 本開示によれば、探傷装置によりハニカム構造体を探傷し、さらに探傷装置の信号を欠陥判別閾値に基づいて演算装置が判別する。これにより、一律的な基準により、ハニカム構造体に対して均質な非破壊検査を行うことが可能である。

## 図面の簡単な説明

[0013] [図1]本開示の一実施形態に係る検査システムの模式図である。

[図2]本開示の一実施形態における二次元マップの一例を示す図である。

[図3]本開示の一実施形態に係る検査システムの検査方法を説明するフローチャートである。

## 発明を実施するための形態

[0014] 以下、本開示の一実施形態に係る検査システム及び検査方法を、図面を用いて説明する。

[0015] 本開示の一実施形態に係る検査システムＳは、対象物Ｗの非破壊検査を行

う。対象物Wは、ハニカム構造体であり、正六角形のセルが複数形成される。対象物Wは、一方の面（外表面Ｗ２）に炭素繊維強化プラスチックの板材が貼り付けられ、他方の面（内表面Ｗ１）にガラス繊維強化プラスチックの板材が貼り付けられた略板状の部材とされる。また、対象物Wは、外表面Ｗ２が他の構造物と近接または接合されており、内表面Ｗ１のみにおいて探傷可能とされている。

[0016] 図１に示すように、検査システムＳは、探傷装置１、探傷プローブ２、Ａ／Ｄ変換器３及び演算装置４を備えている。検査システムＳは、探傷装置１及び探傷プローブ２を用いて対象物Wの内部の欠陥を検知する。

[0017] 探傷装置１は、探傷プローブ２から発信する超音波の周波数等を制御する制御装置である。探傷装置１は、例えば、探傷プローブ２から発生させる超音波の周波数を１～５０ｋＨｚに設定する。

[0018] 探傷プローブ２は、発振器と受信器とを一体に備えるピッチキャッチプローブとされる。探傷プローブ２は、超音波を一方向に向けて発生させ、さらに反射した超音波を受信する。

[0019] Ａ／Ｄ変換器３は、探傷装置１から発信されるアナログ信号をデジタル信号へと変換し、演算装置４へと送信する。

[0020] 演算装置４は、探傷装置１からＡ／Ｄ変換器３を介して取得した信号に基づいて演算処理を行う。演算装置４は、例えばＣＰＵ、メモリ、ハードディスク等を備えるコンピュータとされる。演算装置４は、探傷装置１から取得した信号の振幅及び位相を平均化し、予め記憶している二次元マップに記録する。この二次元マップは、欠陥の有無が予め判明している試験片を探傷することにより取得した信号の振幅及び位相の各々の平均値を記録したものである。演算装置４は、欠陥のある部位において取得した信号の振幅及び位相の平均値をニューラルネットワーク等により機械学習することにより、欠陥判別閾値を決定している。なお、図２に示すように、二次元マップ上において、欠陥が内表面Ｗ１と外表面Ｗ２とのいずれの位置に発生しているかにより、取得した信号の振幅の平均値が異なっている。具体的には、外表面に欠

陥がある場合には振幅が小さく、内表面に欠陥がある場合には振幅が大きくなる傾向がある。これに基づいて、演算装置４は、欠陥位置を判別する位置判別閾値を決定する。すなわち、演算装置４は、二次元マップ上において、機械学習により、欠陥の有無を判別する直線状の欠陥判別閾値（一次式）と、外表面Ｗ２にある欠陥と内表面Ｗ１にある欠陥とを判別する直線状の位置判別閾値（一次式）とを予め記憶している。

[0021] このような本実施形態に係る検査システムＳにおける動作を、図３を参照して説明する。

検査システムＳは、まず、探傷装置１及び探傷プローブ２により、対象物Ｗの内表面Ｗ１に対して超音波探傷を行う（ステップＳ１）。このとき、探傷プローブ２は、１～５０ｋＨｚの超音波を発生させ、対象物Ｗにおいて反射された超音波を受信する。

[0022] 次に、検査システムＳは、演算装置４により、Ａ／Ｄ変換器３を介して探傷装置１の信号を取得する（ステップＳ２）。そして、検査システムＳは、演算装置４により、取得した全信号の振幅及び位相の平均値を算出する（ステップＳ３）。

[0023] そして、検査システムＳは、演算装置４により、取得した信号の平均値を二次元マップ上にプロットする（ステップＳ４）。続いて、検査システムＳは、演算装置４により、図２に示す二次元マップ上においてどの位置に上記信号の平均値がプロットされたかに基づいて欠陥を判別する（ステップＳ５）。すなわち、上記信号の平均値が欠陥判別閾値及び位置判別閾値により分けられる３つのエリアのうちどの位置にプロットされたかを判別することで、欠陥の有無、さらに欠陥がある場合には内表面Ｗ１と外表面Ｗ２とのいずれに存在しているかを判別する。

[0024] 本実施形態によれば、演算装置４は、欠陥判別閾値に基づいて、探傷装置１の信号からハニカム構造体の対象物Ｗの欠陥を判別することが可能である。したがって、一律的な基準により、対象物Ｗに対して均質な非破壊検査を行うことが可能である。

[0025] また、本実施形態によれば、演算装置４は、機械学習により欠陥判別閾値及び位置判別閾値を決定し、記憶する。したがって、探傷装置１の特性や、対象物Ｗの形状、特性ごとに欠陥判別閾値及び位置判別閾値を容易に設定することが可能である。

[0026] また、本実施形態によれば、演算装置４は、探傷装置１から取得した信号を、振幅及び位相を軸とする二次元二次元マップ上にプロットする。これにより、振幅データ及び位相データの双方を判別の基準とすることが可能である。

[0027] また、本実施形態によれば、演算装置４は、位置判別閾値に基づいて、探傷装置１の信号からハニカム構造体の欠陥位置を判別することが可能である。したがって、対象物Ｗの内表面Ｗ１から探傷を行う場合であっても、内表面Ｗ１及び外表面Ｗ２の双方における欠陥を判別することが可能である。

[0028] なお、本開示は上記実施形態に限定されるものではなく、例えば以下のような変形例が考えられる。

（１）上記実施形態においては、探傷プローブ２として、ピッチキャッチプローブを用いるものとしたが、本開示はこれに限定されない。探傷プローブ２は、対象物Ｗの形状に合わせて様々な構造のものを用いることが可能である。

[0029] （２）上記実施形態においては、探傷プローブ２における周波数帯域を１～５０ｋＨｚとしたが、本開示はこれに限定されない。対象物Ｗの形状や材質により、周波数帯域を適切に変更することも可能である。

## 産業上の利用可能性

[0030] 本開示は、検査システムに適用することができる。

## 符号の説明

[0031] １ 探傷装置

２ 探傷プローブ

３ Ａ／Ｄ変換器

４ 演算装置

S　検査システム

# 請求の範囲

[請求項1] ハニカム構造体の表面を探傷する探傷装置と、

前記探傷装置の信号に基づいて演算する演算装置と、

を有し、

前記演算装置は、前記ハニカム構造体における欠陥の有無を判別する欠陥判別閾値に基づいて、欠陥の有無を判定する検査システム。

[請求項2] 前記演算装置は、前記信号を予め記憶している二次元マップ上にプロットし、

前記欠陥判別閾値は、前記二次元マップ上において線状または二次元形状として表される

請求項１記載の検査システム。

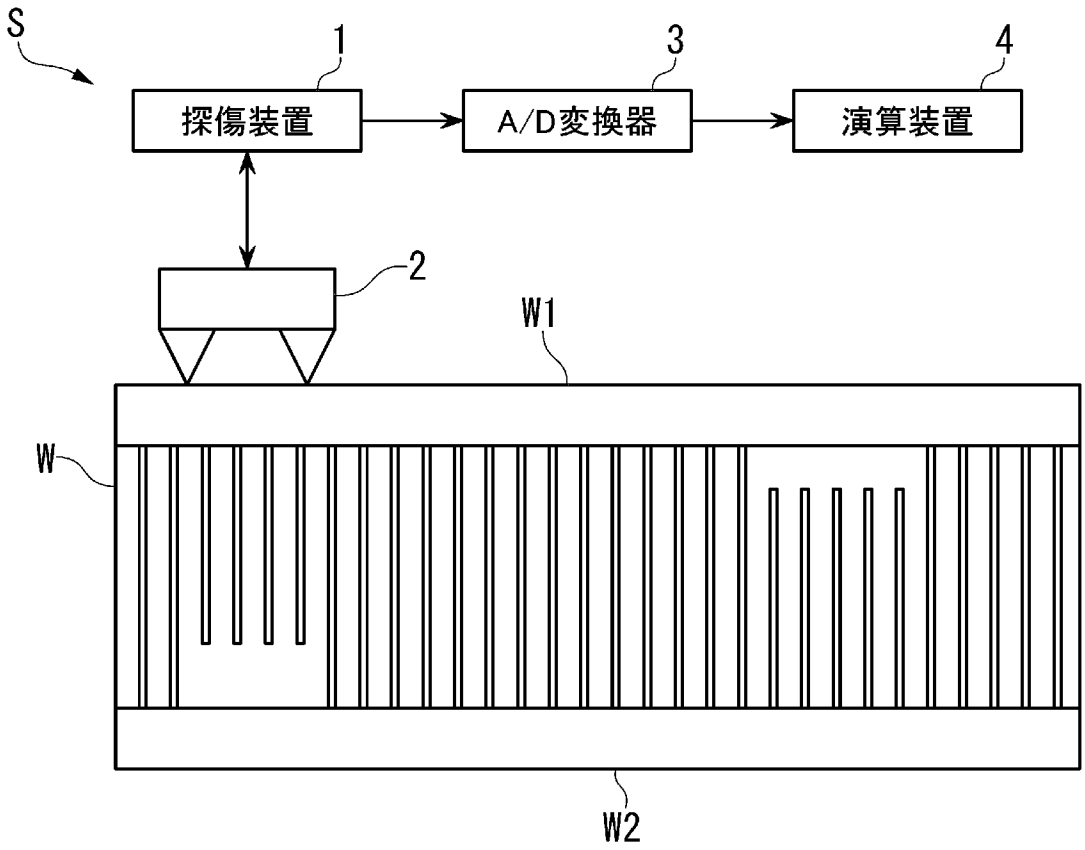
[請求項3] 前記演算装置は、予め試験片を探傷することにより取得した複数のデータを機械学習することにより前記二次元マップを作成する請求項２記載の検査システム。

[請求項4] 前記二次元マップは、前記信号の位相と振幅とに基づいて作成される請求項２または３記載の検査システム。

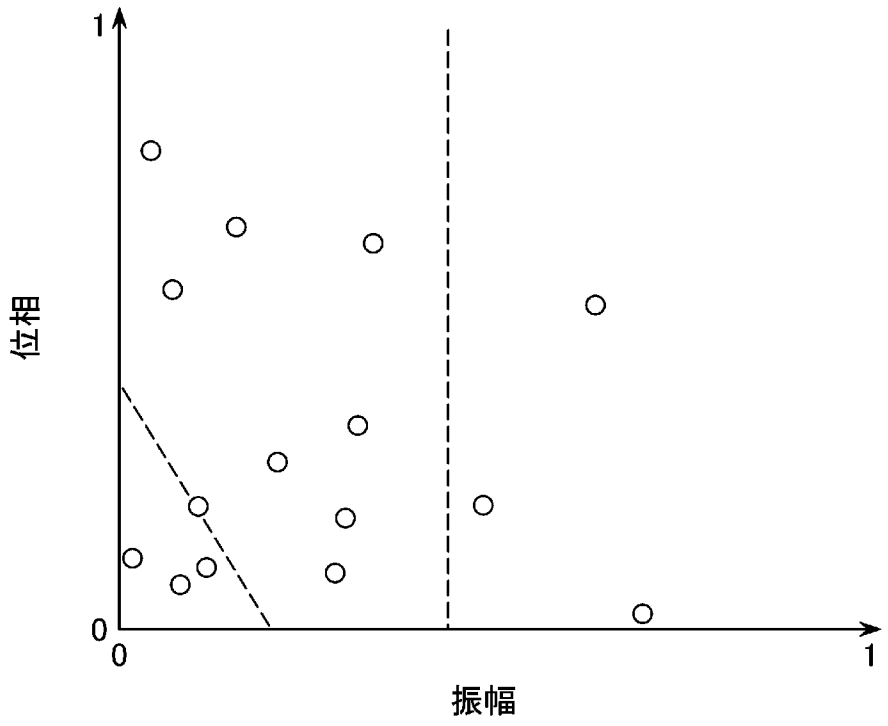
[請求項5] 前記探傷装置は、１～５０ｋＨｚの周波数の振動を発生させる請求項１～４のいずれか一項に記載の検査システム。

[請求項6] 前記演算装置は、前記ハニカム構造体における欠陥位置を判別する位置判別閾値に基づいて、欠陥位置を判別する請求項１～５のいずれか一項に記載の検査システム。

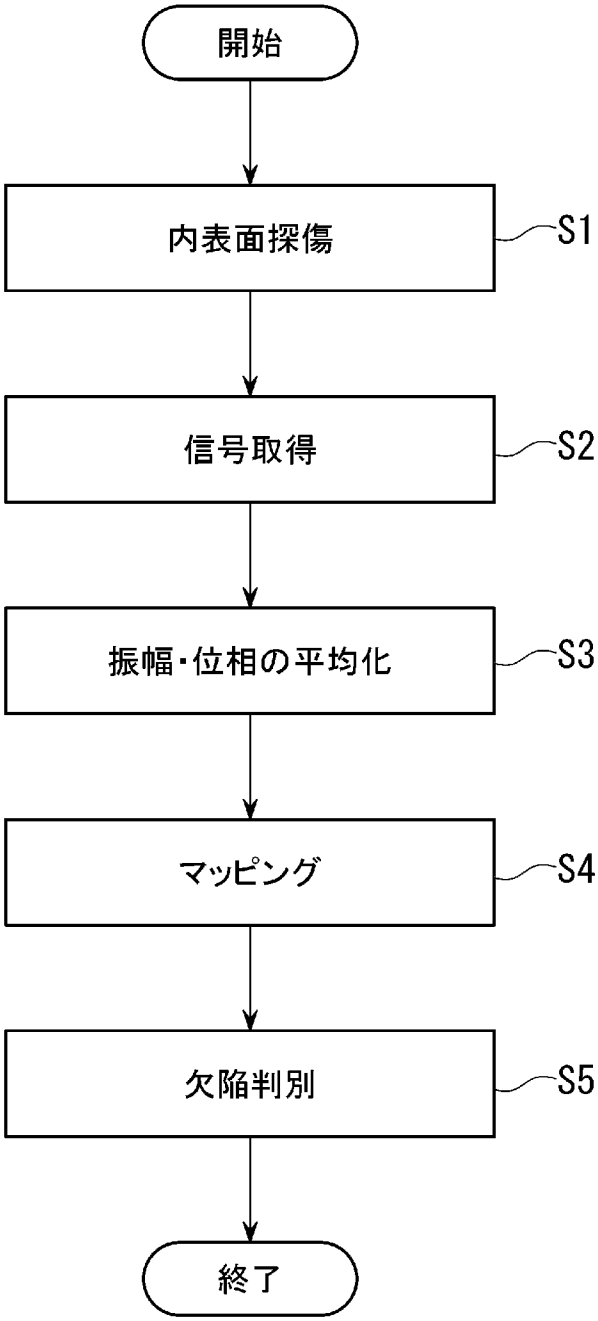
[図1]




[図2]



[図3]



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2020/017835

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int. Cl. G01N29/06(2006.01)i, G01N29/11(2006.01)i, G01N29/30(2006.01)i
FI: G01N29/06, G01N29/11, G01N29/30
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)
Int. Cl. G01N29/00-29/52

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. |
|---|---|---|
| X<br>Y | US 2017/0248549 A1 (SMITH) 31 August 2017, paragraphs [0001], [0021]-[0044], fig. 1-3, 6-8 | 1-2, 5<br>3-4, 6 |
| X<br>Y | JP 2013-88239 A (IHI CORP.) 13 May 2013, paragraphs [0001], [0012], [0018]-[0035], fig. 1-4 | 1-2, 5<br>3-4, 6 |
| Y | JP 2017-129444 A (HITACHI POWER SOLUTIONS CO., LTD.) 27 July 2017, paragraph [0070] | 3 |
| Y | JP 2018-91685 A (AIST) 14 June 2018, paragraphs [0040]-[0045] | 3 |
| Y | JP 2003-43016 A (CENTRAL RESEARCH INSTITUTE OF ELECTRIC POWER INDUSTRY) 13 February 2003, paragraph [0022], fig. 10 | 4, 6 |

☐ 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 | Date of mailing of the international search report |
|---|---|
| 17.07.2020 | 28.07.2020 |
| Name and mailing address of the ISA/<br>Japan Patent Office<br>3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,<br>Tokyo 100-8915, Japan | Authorized officer<br><br>Telephone No. |

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2020/017835

| Patent Documents referred to in the Report | Publication Date | Patent Family | Publication Date |
|---|---|---|---|
| US 2017/0248549 A1 | 31.08.2017 | (Family: none) | |
| JP 2013-88239 A | 13.05.2013 | (Family: none) | |
| JP 2017-129444 A | 27.07.2017 | (Family: none) | |
| JP 2018-91685 A | 14.06.2018 | (Family: none) | |
| JP 2003-43016 A | 13.02.2003 | (Family: none) | |

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2020/017835

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

G01N 29/06(2006.01)i; G01N 29/11(2006.01)i; G01N 29/30(2006.01)i
FI: G01N29/06; G01N29/11; G01N29/30

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））

G01N29/00-29/52

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 | １９７１－２０２０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 |

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 |
|---|---|---|
| X | US 2017/0248549 A1 (SMITH) 31.08.2017 (2017-08-31)<br>段落［０００１］、［００２１］－［００４４］、図１－３、６－８ | 1-2, 5 |
| Y | | 3-4, 6 |
| X | JP 2013-88239 A (株式会社ＩＨＩ) 13.05.2013 (2013-05-13)<br>段落［０００１］、［００１２］、［００１８］－［００３５］、図１－４ | 1-2, 5 |
| Y | | 3-4, 6 |
| Y | JP 2017-129444 A (株式会社日立パワーソリューションズ) 27.07.2017 (2017-07-27)<br>段落［００７０］ | 3 |
| Y | JP 2018-91685 A (国立研究開発法人産業技術総合研修所) 14.06.2018 (2018-06-14)<br>段落［００４０］－［００４５］ | 3 |
| Y | JP 2003-43016 A (財団法人電力中央研究所) 13.02.2003 (2003-02-13)<br>段落［００２２］、図１０ | 4, 6 |

☐ 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
"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 | 国際調査報告の発送日 |
|---|---|
| 17.07.2020 | 28.07.2020 |

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/JP2020/017835

| 引用文献 | 公表日 | パテントファミリー文献 | 公表日 |
|---|---|---|---|
| US 2017/0248549 A1 | 31.08.2017 | （ファミリーなし） | |
| JP 2013-88239 A | 13.05.2013 | （ファミリーなし） | |
| JP 2017-129444 A | 27.07.2017 | （ファミリーなし） | |
| JP 2018-91685 A | 14.06.2018 | （ファミリーなし） | |
| JP 2003-43016 A | 13.02.2003 | （ファミリーなし） | |