

(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
2014年6月26日(26.06.2014)



(10) 国際公開番号

WO 2014/097704 A1

- (51) 国際特許分類:
G01N 29/04 (2006.01) G01N 29/30 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2013/076211
- (22) 国際出願日: 2013年9月27日(27.09.2013)
- (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 2012-278563 2012年12月20日(20.12.2012) JP
- (71) 出願人: 新日鐵住金株式会社(NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008071 東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 池田 佳士郎(IKEDA Keishiro); 〒1008071 東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 新日鐵住金株式会社内 Tokyo (JP). 田坂 隆弘(TASAKA Takahiro); 〒1008071 東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 新日鐵住金株式会社内 Tokyo (JP). 飯星 允規(IHOSHI Masanori); 〒1008071 東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 新日鐵住金株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 志賀 正武, 外(SHIGA Masatake 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, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, 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, 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).

[続葉有]

(54) Title: DEFECT INSPECTION METHOD AND DEFECT INSPECTION DEVICE

(54) 発明の名称: 欠陥検査方法及び欠陥検査装置

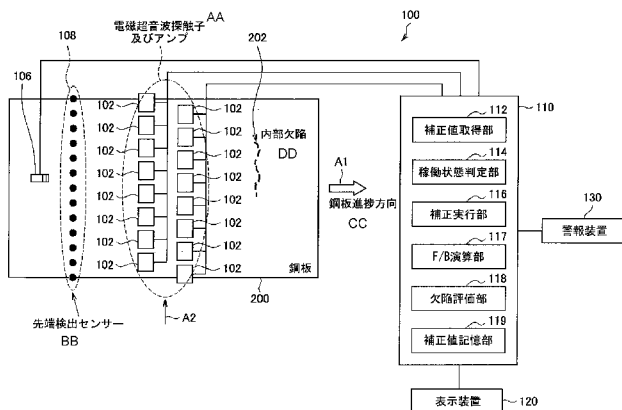


FIG. 1:
AA Electromagnetic ultrasonic probe and amplifier
BB Tip detecting sensor
CC Direction of steel plate progress
DD Internal defect
112 Correction value acquiring unit
114 Operational status determining unit
116 Correcting unit
117 Flaw/Bottom calculating unit
118 Defect evaluating unit
119 Correction value storing unit
120 Display device
130 Warning device
200 Steel plate

(57) Abstract: A defect inspection method has: a first step of generating an ultrasonic vibration in a test object by applying a high frequency signal to a plurality of coils that are arranged to be mutually adjacent in a partially overlapping manner in an electromagnetic ultrasonic probe; a second step of receiving bottom echoes of the electromagnetic ultrasonic probe with each of the plurality of coils; a third step of receiving flaw echoes of the electromagnetic ultrasonic probe with each of the plurality of coils; a fourth step of correcting the signal strength of the bottom echoes received with each of the plurality of coils on the basis of the operational status of the plurality of coils; and a fifth step of calculating the ratio of the flaw echo signal strength to the corrected bottom echo signal strength for each of the plurality of coils, and evaluating internal defects of the test object on basis of those calculation results.

(57) 要約: 欠陥検査方法は、電磁超音波探触子において互いに隣接して一部が重なり合うように配列された複数のコイルに対して高周波信号を与えて、検査対象物に超音波振動を発生させる第1工程と；前記超音波振動のBエコーを前記複数のコイルのそれぞれで受信する第2工程と；前記超音波振動のFエコーを前記複数のコイルのそれぞれで受信する第3工程と；前記複数のコイルのそれぞれで受信された前記Bエコーの信号強度を、前記複数のコイルの稼働状態に基づいて補正する第4工程と；前記Fエコーの信号強度と補正後の前記Bエコーの信号強度との比率を、前記複数のコイルのそれぞれについて計算し、その計算結果に基づいて前記検査対象物の内部欠陥を評価する第5工程と；を有する。

イルのそれぞれについて計算し、その計算結果に基づいて前記検査対象物の内部欠陥を評価する第5工程と；を有する。



添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称：欠陥検査方法及び欠陥検査装置

技術分野

[0001] 本発明は、欠陥検査方法及び欠陥検査装置に関する。

本願は、2012年12月20日に、日本に出願された特願2012-278563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] 従来から、非破壊検査法の一つとして、鉄鋼材料等の検査対象物の内部欠陥（介在物、内部割れ、水素系欠陥等）を、電磁超音波を利用して、非接触で検査する電磁超音波探傷法が知られている。例えば、下記特許文献1及び2には、上記の電磁超音波探傷法によって検査対象物の内部欠陥を検査するために用いられる電磁超音波探触子（EMAT）が開示されている。

[0003] 下記特許文献1に開示された電磁超音波探触子は、永久磁石と、探傷パルスの形成及び反射パルスの受信に適合したインダクタンスコイルとを備える。また、下記特許文献2に開示された電磁超音波探触子は、被検材にバイアス磁場を与えるための磁化器と、超音波を被検材に送信し、被検材で反射した超音波を受信するための複数のセンサコイルとを備える。

[0004] 一般的に、電磁超音波探傷法では、日本工業規格（JIS G 0801）に従って、Fエコー（欠陥エコー）の高さ（信号強度）に基づいて内部欠陥を評価（等級分類）する。しかしながら、Fエコーは、検査対象物の表面とコイルとのギャップに依存して変動する。

[0005] 例えば、検査対象物の表面とコイルとのギャップが0.5mmから0mmに変化すると、Fエコーの信号強度は約3dB増大する。また、例えば、検査対象物の表面とコイルとのギャップが0.5mmから1.0mmに変化すると、Fエコーの信号強度は約3dB低下する。従って、検査対象物とコイルとのギャップを所定の値に保持できない場合、Fエコーに基づいて内部欠陥の評価を正確に行うことが困難となる。

[0006] 従来では、上記のようなFエコーのギャップ依存性に起因する内部欠陥の誤評価を防止するために、Fエコーの信号強度とBエコー（底面エコー）の信号強度との比率（F／B比率）に基づいて内部欠陥を評価する方法が採用される。検査対象物の表面とコイルとのギャップが変化すると、Fエコー及びBエコーの信号強度が変化するが、F／B比率を計算することによって、両エコーに含まれるギャップ起因の変化量が相殺される。その結果、ギャップ変化に関係なく、正確な内部欠陥の評価を行うことができる。

先行技術文献

特許文献

[0007] 特許文献1：日本国特許4842922号公報

特許文献2：日本国特開2005-214686号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0008] しかしながら、従来の電磁超音波探触子において、電磁超音波を送受信するコイルが複数配列されるような構成が採用される場合（特に、互いに隣接して一部が重なり合うように複数のコイルが配列される場合）、任意のコイルが、これに隣接するコイルが本来受信すべき電磁超音波の反射波（Fエコー及びBエコー）を受信する可能性がある。

[0009] 本願発明者による研究の結果、任意のコイルが受信する隣接Fエコー（隣接するコイルが本来受信すべきFエコー）の信号強度は、無視できるほどに小さいが、任意のコイルが受信する隣接Bエコー（隣接するコイルが本来受信すべきBエコー）の信号強度は、無視できないほど大きいことが判明した。

[0010] つまり、任意のコイルで受信されたBエコーの信号強度には隣接するコイルが本来受信すべきBエコー（隣接Bエコー）の信号強度が加わっている。ここで、仮に、全てのコイルについてBエコーの信号強度が同じように増大するのならば、F／B比率も全てのコイルについて同じように変化するので、F／B比率に基づく内部欠陥評価に支障はない（F／B比率と比較すべき

評価基準値を変更すれば良いだけである)。

[0011] しかしながら、Bエコーの信号強度の増大量は、各コイルの稼働状態に応じて変化する。具体的には、例えば、任意のコイルの両側に隣接する2つのコイルが正常に稼働している場合、上記任意のコイルで受信されたBエコーの信号強度には、その両側に隣接する2つのコイルが本来受信すべきBエコーの信号強度が加わる。

[0012] また、例えば、任意のコイルの両側に隣接する2つのコイルのうち、片方のコイルが故障等の原因で稼働していない場合、上記任意のコイルで受信されたBエコーの信号強度には、その両側に隣接する2つのコイルのうち、片方のコイルが本来受信すべきBエコーの信号強度のみが加わる。さらに、例えば、任意のコイルの両側に隣接する2つのコイルの両方が稼働していない場合、上記任意のコイルで受信されたBエコーの信号強度は増大しない（つまり、任意のコイルが本来受信すべきBエコーの信号強度のみが得られる）。

[0013] なお、例えば、複数配列されたコイルのうち、端部に位置するコイルについては、隣接するコイルが1つのみである。端部以外のコイルは、2つの隣接するコイルが本来受信すべきBエコーを受信するが、端部に位置するコイルは、1つの隣接するコイルが本来受信すべきBエコーのみを受信する。従って、端部に配置されたコイルと、端部以外に配置されたコイルとでは、Bエコーの信号強度の増大量が必然的に異なる。これは、端部に位置するコイルで受信されるBエコーの信号強度は、そのコイルに隣接する1つのコイルの稼働状態にのみ依存することを意味する。

[0014] このように、各コイルの稼働状態に応じてBエコーの信号強度の増大量がコイル毎に異なる場合、安全のために、Bエコーの信号強度が最も低いコイルを基準にして内部欠陥の評価を行う方法も考えられる。しかしながら、この方法を採用すると、Bエコーの信号強度が高い他のコイルに関しては、内部欠陥を過大評価することになる。その結果、余分な検査が行われることによって検査工程の効率が低下するという問題が発生する可能性がある。

以上のように、従来の電磁超音波探触子において、互いに隣接して一部が重

なり合うように複数のコイルが配列されるような構成が採用される場合、検査対象物の内部欠陥を正確に評価することは困難であった。

[0015] 本発明は、上述した事情に鑑みてなされたものであり、電磁超音波探触子において、互いに隣接して一部が重なり合うように複数のコイルが配列されるような構成が採用される場合であっても、検査対象物の内部欠陥を正確に評価可能な欠陥検査方法及び欠陥検査装置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

[0016] 本発明は、上記課題を解決して係る目的を達成するために、以下のような手段を採用する。すなわち、

(1) 本発明の一態様に係る欠陥検査方法は、電磁超音波探触子において互いに隣接して一部が重なり合うように配列された複数のコイルに対して高周波信号を与えて、検査対象物に超音波振動を発生させる第1工程と；前記超音波振動のBエコーを前記複数のコイルのそれぞれで受信する第2工程と；前記超音波振動のFエコーを前記複数のコイルのそれぞれで受信する第3工程と；前記複数のコイルのそれぞれで受信された前記Bエコーの信号強度を、前記複数のコイルの稼働状態に基づいて補正する第4工程と；前記Fエコーの信号強度と補正後の前記Bエコーの信号強度との比率を、前記複数のコイルのそれぞれについて計算し、その計算結果に基づいて前記検査対象物の内部欠陥を評価する第5工程と；を有する。

[0017] (2) 上記(1)に記載の欠陥検査方法において、前記第4工程では、任意のコイルに隣接する1つのコイルのみが稼働している場合は、前記任意のコイルで受信された前記Bエコーの信号強度を第1の補正值で補正しても良い。また、前記任意のコイルに隣接する2つのコイルが稼働していない場合は、前記任意のコイルで受信された前記Bエコーの信号強度を第2の補正值で補正しても良い。さらに、前記任意のコイルに隣接する2つのコイルが稼働している場合は、前記任意のコイルで受信された前記Bエコーの信号強度を第3の補正值で補正しても良い。

[0018] (3) 上記(2)に記載の欠陥検査方法において、前記第1の補正值は前記

第2の補正值よりも小さくても良い。また、前記任意のコイルに隣接する2つのコイルが稼働している場合は、前記第3の補正值をゼロに設定して、前記任意のコイルで受信された前記Bエコーの信号強度を補正しなくとも良い。

[0019] (4) 上記(3)に記載の欠陥検査方法が、前記第1工程の前に、前記任意のコイルに隣接する2つのコイルが稼働している状態で前記任意のコイルで受信された前記Bエコーの信号強度と、前記任意のコイルに隣接する1つのコイルのみが稼働している状態で前記任意のコイルで受信された前記Bエコーの信号強度との差分に基づいて、前記第1の補正值を取得する工程と；前記任意のコイルに隣接する2つのコイルが稼働している状態で前記任意のコイルで受信された前記Bエコーの信号強度と、前記任意のコイルに隣接する2つのコイルが稼働していない状態で前記任意のコイルで受信された前記Bエコーの信号強度との差分に基づいて、前記第2の補正值を取得する工程と；を更に有していても良い。

[0020] (5) 本発明の一態様に係る欠陥検査装置は、互いに隣接して一部が重なり合うように配列された複数のコイルを含む電磁超音波探触子と；前記複数のコイルのそれぞれに、検査対象物に超音波振動を発生させるための高周波信号を供給すると共に、前記複数のコイルのそれぞれの出力信号に基づいて、前記複数のコイルのそれぞれで受信された、前記超音波振動のFエコー及びBエコーの信号強度を算出し、その算出結果に基づいて前記検査対象物の内部欠陥を評価する演算装置と；を備える。前記演算装置は、前記複数のコイルの稼働状態を判定する稼働状態判定部と、前記複数のコイルの稼働状態に基づいて、前記複数のコイルのそれぞれで受信された前記Bエコーの信号強度を補正する補正実行部と、前記Fエコーの信号強度と補正後の前記Bエコーの信号強度との比率を、前記複数のコイルのそれぞれについて計算する比率演算部と、前記比率演算部による前記比率の計算結果に基づいて前記検査対象物の内部欠陥を評価する欠陥評価部と、を備える。

[0021] (6) 上記(5)に記載の欠陥検査装置において、前記補正実行部は、前記

稼働状態判定部が、任意のコイルに隣接する１つのコイルのみが稼働していると判定した場合は、前記任意のコイルで受信された前記Ｂエコーの信号強度を第１の補正值で補正しても良い。また、前記補正実行部は、前記稼働状態判定部が、前記任意のコイルに隣接する２つのコイルが稼働していないと判定した場合は、前記任意のコイルで受信された前記Ｂエコーの信号強度を第２の補正值で補正しても良い。さらに、前記補正実行部は、前記稼働状態判定部が、前記任意のコイルに隣接する２つのコイルが稼働していると判定した場合は、前記任意のコイルで受信された前記Ｂエコーの信号強度を第３の補正值で補正しても良い。

[0022] （７）上記（６）に記載の欠陥検査装置において、前記第１の補正值は前記第２の補正值よりも小さくても良い。また、前記補正実行部は、前記稼働状態判定部が、前記任意のコイルに隣接する２つのコイルが稼働していると判定した場合は、前記第３の補正值をゼロに設定して、前記任意のコイルで受信された前記Ｂエコーの信号強度を補正しなくても良い。

[0023] （８）上記（７）に記載の欠陥検査装置において、前記演算装置が、前記任意のコイルに隣接する２つのコイルが稼働している状態で前記任意のコイルで受信された前記Ｂエコーの信号強度と、前記任意のコイルに隣接する１つのコイルのみが稼働している状態で前記任意のコイルで受信された前記Ｂエコーの信号強度との差分に基づいて、前記第１の補正值を取得し、前記任意のコイルに隣接する２つのコイルが稼働している状態で前記任意のコイルで受信された前記Ｂエコーの信号強度と、前記任意のコイルに隣接する２つのコイルが稼働していない状態で前記任意のコイルで受信された前記Ｂエコーの信号強度との差分に基づいて、前記第２の補正值を取得する補正值取得部を更に備えていても良い。

[0024] （９）上記（８）に記載の欠陥検査装置において、前記演算装置は、前記補正值取得部が取得した前記第１の補正值及び前記第２の補正值を記憶する補正值記憶部をさらに備えていても良い。

発明の効果

[0025] 上記態様によれば、電磁超音波探触子において、互いに隣接して一部が重なり合うように複数のコイルが配列されるような構成が採用される場合であっても、検査対象物の内部欠陥を正確に評価することが可能となる。

図面の簡単な説明

[0026] [図1]本発明の一実施形態に係る欠陥検査装置100の構成を示す模式図である。

[図2]図1の矢印A2方向から見た状態を示す模式図である。

[図3A]鋼板200の探傷位置と、電磁超音波探触子102に設けられたコイルで受信されたFエコー及びBエコーの信号強度との関係を示す図である。

[図3B]鋼板200の探傷位置とF/B比率との関係を示す図である。

[図4]鋼板200の欠陥マップを示す模式図である。

[図5]電磁超音波探触子102によって鋼板200に発生した超音波振動が鋼板200の内部を伝播する様子を示す模式図である。

[図6]電磁超音波探触子102に設けられたコイル1～3を図5の矢印A3方向から見た平面図である。

[図7]電磁超音波探触子102に設けられた8個のコイルをch1～ch8として示し、各chにおける超音波の送信をオンまたはオフさせた場合の14通りの例（水準1～14）を示す模式図である。

[図8]図7に示す水準1～14のそれぞれについて、データ採取対象chであるコイルch4のBエコーの信号強度を実測した値（dB）を示す特性図である。

[図9]Bエコーの信号強度の補正処理を示すフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0027] 以下に添付図面を参照しながら、本発明の好適な実施の形態について詳細に説明する。なお、本明細書及び図面において、実質的に同一の機能構成を有する構成要素については、同一の符号を付することにより重複説明を省略する。

[0028] [1. 電磁超音波装置の構成例]

まず、図 1 及び図 2 を参照して、本発明の一実施形態に係る欠陥検査装置（電磁超音波装置：EMAT）100の構成について説明する。図 1 は、欠陥検査装置 100 の構成を示す模式図である。欠陥検査装置 100 は、互いに隣接して一部が重なり合うように配列された複数（例えば 8 個）のコイルを含む電磁超音波探触子 102 と、アンプ 104（図 1 において図示省略）と、メジャーリングロール 106 と、先端検出センサー 108 と、演算装置 110 と、表示装置 120 と、警報装置 130 とを備えている。

[0029] 検査対象物である鋼板 200 は、通板テーブル上に載置されて、通板テーブルのローラの駆動によって図 1 中の矢印 A1 方向に搬送される。電磁超音波探触子 102 は、上記 8 個のコイルによる電磁超音波の送受信によって、鋼板 200 の内部欠陥 202 を検出するものであり、鋼板 200 の幅方向に複数個が配置されている。

図 1 に示すように、例えば、電磁超音波探触子 102 は、鋼板 200 の搬送方向に 2 列に配置されており、搬送方向の上流側と下流側の列にそれぞれ 8 個の電磁超音波探触子 102 が配置されている。また、図 1 に示すように、上流側と下流側の列の 8 個の電磁超音波探触子 102 は、鋼板 200 の幅方向の位置がそれぞれ異なるように配置されており、上流側の隣接する電磁超音波探触子 102 の中間に下流側の電磁超音波探触子 102 が位置している。

このように複数の電磁超音波探触子 102 を千鳥状に配置することで、上流側の電磁超音波探触子 102 では検出できない電磁超音波探触子 102 間に位置する内部欠陥 202 を、下流側の電磁超音波探触子 102 で確実に検出することができる。

[0030] 図 2 は、図 1 の矢印 A2 方向から見た状態を示す模式図である。図 2 に示すように、電磁超音波探触子 102 は、鋼板 200 の上部に近接して配置される。電磁超音波探触子 102 の底面からは鋼板 200 に向けて空気が供給されており、この空気によって電磁超音波探触子 102 の底面と鋼板 200 との間のギャップが 0.5 mm 程度となるように調整されている。また、ア

ンプ１０４は電磁超音波探触子１０２の上部に配置され、電磁超音波探触子１０２から出力される検出信号（正確には、電磁超音波探触子１０２に設けられた各コイルの出力信号）を増幅する。

[0031] 電磁超音波探触子１０２は、各コイルによって鋼板２００の表面に超音波振動を発生させ、鋼板２００の底面で反射した超音波が静磁場下で振動することにより発生した渦電流を各コイルで検知する。これにより、底面で反射した超音波振動のエコーレベル（Ｂエコー）が検出される。また、鋼板２００に図１に示す内部欠陥２０２が生じている場合は、内部欠陥２０２において超音波振動が反射し、内部欠陥２０２で反射した超音波振動が電磁超音波探触子１０２によって検知される。内部欠陥２０２が生じている場合は、反射した超音波振動のエコーレベル（Ｆエコー）が変化するため、Ｂエコーの信号強度に対するＦエコーの信号強度の比率（ F/B 比率）に基づいて内部欠陥２０２を評価（等級分類）することができる。

[0032] 演算装置１１０は、各電磁超音波探触子１０２に対して高周波電流（高周波信号）を供給する機能を有する。つまり、演算装置１１０は、各電磁超音波探触子１０２に設けられた８個のコイルのそれぞれに、鋼板２００に超音波振動を発生させるための高周波電流を供給する。

また、この演算装置１１０は、各電磁超音波探触子１０２の出力信号（つまり、各電磁超音波探触子１０２に設けられた各コイルの出力信号）に基づいて、各コイルのそれぞれで受信された超音波振動のＦエコー及びＢエコーの信号強度を算出し、その算出結果に基づいて鋼板２００の内部欠陥２０２を評価する。

[0033] より具体的には、この演算装置１１０は、補正值取得部１１２と、稼働状態判定部１１４と、補正実行部１１６と、 F/B 演算部（比率演算部）１１７と、欠陥評価部１１８と、補正值記憶部１１９とを備えている。

[0034] 稼働状態判定部１１４は、各電磁超音波探触子１０２ごとに、８個のコイル全ての稼働状態を判定する。具体的には、この稼働状態判定部１１４は、Ｆエコー及びＢエコーを検出できなかったコイルを故障（つまり、非稼働状態

）と判定する自己診断機能を有している。

補正実行部 116 は、稼働状態判定部 114 による各コイルの稼働状態の判定結果に基づいて、各コイルのそれぞれで受信された B エコーの信号強度を補正する。

詳細は後述するが、この補正実行部 116 は、稼働状態判定部 114 が、8 個のコイルのうち、任意のコイルに隣接する 1 つのコイルのみが稼働していると判定した場合は、上記任意のコイルで受信された B エコーの信号強度を第 1 の補正值で補正する。

また、補正実行部 116 は、稼働状態判定部 114 が、上記任意のコイルに隣接する 2 つのコイルが稼働していないと判定した場合は、上記任意のコイルで受信された B エコーの信号強度を第 2 の補正值で補正する。

さらに、補正実行部 116 は、稼働状態判定部 114 が、上記任意のコイルに隣接する 2 つのコイルが稼働していると判定した場合は、上記任意のコイルで受信された B エコーの信号強度を第 3 の補正值で補正する。

なお、上記の各補正は、各電磁超音波探触子 102 の全てについて行われる。

[0035] F/B 演算部 117 は、F エコーの信号強度と補正後の B エコーの信号強度との F/B 比率を、各コイルのそれぞれについて計算する。なお、この F/B 比率の計算は、各電磁超音波探触子 102 の全てについて行われる。欠陥評価部 118 は、F/B 演算部 117 による F/B 比率の計算結果に基づいて鋼板 200 の内部欠陥 202 を評価する。

[0036] 補正值取得部 112 は、8 個のコイルのうち、任意のコイルに隣接する 2 つのコイルが稼働している状態で上記任意のコイルで受信された B エコーの信号強度と、上記任意のコイルに隣接する 1 つのコイルのみが稼働している状態で上記任意のコイルで受信された B エコーの信号強度との差分に基づいて、上記第 1 の補正值を取得する。

また、この補正值取得部 112 は、上記任意のコイルに隣接する 2 つのコイルが稼働している状態で上記任意のコイルで受信された B エコーの信号強度

と、上記任意のコイルに隣接する２つのコイルが稼働していない状態で上記任意のコイルで受信されたＢエコーの信号強度との差分に基づいて、上記第２の補正値を取得する。

補正値記憶部１１９は、補正値取得部１１２が取得した上記の第１の補正値及び第２の補正値を記憶する。

なお、上記の第１の補正値及び第２の補正値の取得は、実際の欠陥検査に先立って、予め、１つの電磁超音波探触子１０２と検査対象物である鋼板２００のサンプルとを用いて実験的に行われる。第１の補正値及び第２の補正値の取得方法の詳細については後述する。

[0037] 表示装置１２０は、演算装置１１０による内部欠陥２０２の評価結果に基づいて、内部欠陥２０２の評価結果（等級分類）を表示する。また、警報装置１３０は、内部欠陥２０２のＦ／Ｂ比率が基準値を超えた場合に警報を発する。基準値を超える内部欠陥２０２が検出された鋼板２００は、通常の搬送経路を離れて、更なる詳細な検査が行われる。

[0038] 図３Ａは、鋼板２００の搬送方向の探傷位置とＦエコー及びＢエコーの信号強度との関係を示している。また、図３Ｂは、探傷位置とＦ／Ｂ比率との関係を示している。図３Ａに示すように、鋼板２００に内部欠陥２０２が発生している場合、内部欠陥２０２の大きさに応じてＦエコーの信号強度が上昇し、Ｂエコーの信号強度が低下する。

[0039] その結果、図３Ｂに示すように、内部欠陥２０２が発生している探傷位置では、内部欠陥２０２が発生していない探傷位置に比べてＦ／Ｂ比率が増加する。そして、内部欠陥２０２が大きい程、Ｆ／Ｂ比率が増加する。従って、Ｆ／Ｂ比率に基づいて、内部欠陥２０２が発生しているか否かを検知することができ、更に、その内部欠陥２０２の大きさ及び位置を評価することができる。

[0040] また、電磁超音波探触子１０２と鋼板２００表面とのギャップが変化すると、Ｂエコー及びＦエコーの信号強度は変化するが、Ｆ／Ｂ比率を計算することによってギャップの変化によるＢエコー及びＦエコーの信号強度の変化量

を相殺することができる。更に、 F/B 比率に基づいて内部欠陥202を評価することで、 F エコー及び B エコーにノイズが含まれていた場合であっても、ノイズ分を相殺することができ、内部欠陥202を高精度に評価することができる。

[0041] 鋼板200の幅方向に複数配置された電磁超音波探触子102から出力される検出信号は、演算装置110に伝送される。また、鋼板200の先端からの位置を計測するメジャーリングロール106から出力される位置信号も演算装置110に伝送される。

先端検出センサー108は、鋼板200の先端位置を検出し、その先端位置はメジャーリングロール106が鋼板200の位置を検出する際の基準となる。演算装置110は、 F/B 比率の信号と位置信号との同期をとり、図4に示すような、鋼板200における内部欠陥202の発生位置を示す欠陥マップを作成する。

[0042] 1つの電磁超音波探触子102の鋼板幅方向の幅は100mm程度であり、隣合う電磁超音波探触子102間の距離をゼロにすることはできない。このため、未検出領域を無くすために、上述のように電磁超音波探触子102は鋼板200の搬送方向に2列に配置され、鋼板200の幅方向の位置が2列で互いに異なるように、いわゆる千鳥配置で配置されている。

[0043] 演算装置110は、このように配置された複数の電磁超音波探触子102から出力される検出信号と、加減速を有して鋼板200を搬送する通板テーブル上を移動する鋼板200の位置とを同期させることで、正確な欠陥位置を認識し、図4に示すような欠陥マップを作成する。これにより、鋼板200の搬送方向のどの位置にどの程度の大きさの内部欠陥202が発生しているかを瞬時に把握することができる。

[0044] [2. 隣接するコイルが検出値に与える影響]

図5は、電磁超音波探触子102によって鋼板200に発生した超音波振動が鋼板200の内部を伝播する様子を示す模式図である。上記のように、各電磁超音波探触子102ごとに、例えば8個のコイルが、互いに隣接して

一部が重なるように配列されている。図5では、8個のコイルのうち、3つのコイル1～3のみを代表的に図示している。各コイル1～3は、同期をとって超音波の送受信を同時に行っている。

[0045] 図6は、3つのコイル1～3を図5の矢印A3方向から見た平面図である。

図5では、図示の便宜上から、3つのコイル1～3が一定間隔で重なり合うことなく配置されているように図示されているが、実際には図6に示すように、3つのコイル1～3は、互いに隣接して一部が重なり合うように配置されている。また、3つのコイル1～3を含む8個のコイルは、不図示のプリント基板（FPC）上に一列に配置されている。

[0046] 図5に示すように、電磁超音波探触子102には、コイル1～3に対応して永久磁石102aが設けられている。例えばコイル2に着目すると、コイル2に高周波電流が供給されることにより、鋼板200の表面に高周波で変動する磁場M1が発生する。そして、鋼板200の表面には、この磁場M1を打ち消す方向に誘導電流 I_1 が発生する。そして、永久磁石102aによる静磁場M2内の導体（鋼板200）に電流 I_1 が流れることによりローレンツ力Fが発生する。このローレンツ力Fは、コイル2に流れる高周波電流に同期して変動するので、ローレンツ力Fにより鋼板200の表面が振動して超音波振動が発生する。

[0047] 図5に示すように、コイル2が発生させた超音波振動は鋼板200の底面で反射する。底面で反射したコイル2の超音波のエコーレベル（Bエコー）は、超音波振動を発生したコイル2で受信されるとともに、コイル2に隣接するコイル1，3でも受信される。これは、超音波が広がりをもって遠方に伝播すること、及び、図6に示すように隣接するコイル同士が一部重なっていることに起因する。

[0048] また、内部欠陥202で反射した超音波振動のエコーレベル（Fエコー）もコイル2によって受信される。コイル2は、反射した超音波が永久磁石102の静磁場下で振動することにより発生した渦電流を検出することで、反射波（Fエコー及びBエコー）を受信する。

[0049] コイル 1, 3 はコイル 2 と同期して超音波の送受信を行うので、コイル 2 は、自身が発生させた超音波振動の B エコーに加えて、隣接する 2 つのコイル 1, 3 の双方が発生させた超音波振動の B エコーも受信する。

[0050] 一方、例えば、コイル 1 が、8 つのコイルの端部に位置している場合、コイル 1 に隣接するコイルはコイル 2 のみである。従って、コイル 1 は、自身が発生させた超音波振動の B エコーに加えて、隣接する 1 つのコイル 2 が発生させた超音波振動の B エコーを受信する。その結果、コイル 2 で受信された B エコーの信号強度よりも、コイル 1 で受信された B エコーの信号強度のほうが小さくなる。

[0051] 鋼板 200 に内部欠陥 202 が生じている場合は、内部欠陥 202 において超音波振動が反射して、F エコーが各コイルで受信される。内部欠陥 202 が超音波振動を受ける面積は、鋼板 200 の底面が超音波振動を受ける面積よりも小さいので、F エコーについては隣接するコイルの超音波の影響は小さくなる。また、コイルが受信するまでの F エコーの伝播距離は B エコーよりも短いので、F エコーに対する隣接するコイルの影響は小さくなる。従って、コイル 1 ~ 3 のそれぞれで受信される F エコーの信号強度は、ほぼ同レベルである。

このように、任意のコイルが受信する隣接 F エコー（隣接するコイルが本来受信すべき F エコー）の信号強度は、無視できるほどに小さいが、任意のコイルが受信する隣接 B エコー（隣接するコイルが本来受信すべき B エコー）の信号強度は、無視できないほど大きい。

[0052] 従って、F / B 比率に基づいて内部欠陥 202 を評価した場合、コイル 1 で受信された B エコーの信号強度が、コイル 2, 3 で受信された B エコーの信号強度よりも小さくなるので、コイル 1 の方がコイル 2, 3 よりも F / B 比率が過大となる。

[0053] このように、電磁超音波探触子 102 において、複数のコイルが互いに隣接して一部が重なり合うように配置されているので、任意のコイルは、自身が本来受信すべき B エコーに加えて、これに隣接する他のコイルが本体受信

すべきBエコーをも受信する。また、他のコイルから発生した電場の影響を受けるため、各コイルの超音波発生タイミングをずらすことができない。従って、任意のコイルは、これに隣接するコイルが本来受信すべきBエコーを必ず受信してしまう。

[0054] 内部欠陥202の過小評価は、内部欠陥202を検出することができず、不良のある鋼板200の流出に繋がる。このため、内部欠陥202として認識する基準のサイズを設定し、内部欠陥202の基準のサイズを最も低いF/B比率の値として検出したコイルのF/B比率を判定しきい値として使用する。

これにより、他のコイルで基準のサイズを検出したときのF/B比率は判定しきい値以上となり、内部欠陥202が過小評価により検出されない事態を確実に防ぐことができる。図5に示す例では、コイル2のF/B比率がコイル1のF/B比率よりも低いので、コイル2が基準のサイズを検出したときのF/B比率が判定しきい値となる。この場合、少なくともコイル1のF/B比率は、コイル2のF/B比率よりも大きくなるので、コイル1のF/B比率に基づく評価を行うと、内部欠陥202を過大評価することになる。従って、端部に位置するコイル1のF/B比率に基づいて内部欠陥202を正常に評価することが困難となる。

[0055] [3. 本実施形態の具体的構成例]

本実施形態では、任意コイルに対する隣接コイルの影響を抑えるため、各コイルの稼働状態に応じて、各コイルで受信されたBエコーの信号強度に補正を加える。図7は、8個のコイルをch1～ch8として示し、各chにおける超音波の送信をオン（ON：稼働状態）またはオフ（OFF：非稼働状態）させた場合の14通りの例（水準1～14）を示している。コイルch4は、Bエコーを検出するデータ採取対象のコイルであり、常にオンである。図8は、図7に示す水準1～14のそれぞれについて、データ採取対象chであるコイルch4のBエコーの信号強度を実測した値（dB）を示す特性図である。

[0056] 図7の水準1では、8つのコイル(c h 1～8)の超音波送信を全てオンとした場合を示している。水準2は、左端のコイルc h 1のみオフとし、他のコイルをオンとした場合を示している。水準3は、両端のコイルc h 1及びc h 8をオフとし、他のコイルをオンとした場合を示している。水準4以降の水準8までは、コイルc h 4からより離れたコイルから順次にオフにしている。また、水準9では、コイルc h 4以外を全てオフにした場合を示している。更に、水準9以降は、c h 3、c h 5よりも外側のコイルの1つを順次にオンとした場合を示している。

[0057] 本実施形態においては、図8に示すように、c h 4に隣接する2つのc h 3、5がオンである場合(水準1～6)と比較すると、c h 4に隣接するc h 3、5の1つがオンの場合(水準7、8)はBエコーの信号強度に2 d Bの低下が生じることが判明した。また、c h 4に隣接するc h が2つともオフの場合(水準9～14)は、Bエコーの信号強度に4 d Bの低下が生じることが判明した。

[0058] また、図7ではデータ採取対象のコイルをc h 4としているが、両端に位置するc h 1またはc h 8で検出した場合、c h 1またはc h 8は隣接するコイルが1個のみであるので、隣接するコイルの1つが常にオフ(非稼働状態)である場合と等価である。従って、コイルc h 1においては、隣接するコイルc h 2がオンであってもBエコーの信号強度に2 d Bの低下が生じる。

また、コイルc h 1については、隣接するコイルc h 2がオフの場合はBエコーの信号強度に4 d Bの低下が生じる。同様に、コイルc h 8については、隣接するコイルc h 7がオンであってもBエコーの信号強度に2 d Bの低下が生じ、隣接するコイルc h 7がオフの場合は4 d Bの低下が生じる。このように、端部に位置するコイルについては、隣接するコイルが正常であってもBエコーの信号強度に低下が生じることが判る。

[0059] 内部欠陥202を評価する際に、Bエコーの信号強度の4 d Bの差は、軽度の欠陥と中程度の欠陥と違い程度に相当する。J I S G 0801相当

の基準で内部欠陥 202 の評価を行う場合には、この差は実運用上無視することができないレベルである。従って、Bエコーの信号強度の差が内部欠陥 202 の評価レベルに影響を与えるため、信号強度の過大評価を確実に抑えることが必要である。

[0060] 以上の結果から、本実施形態では、各コイルの稼働状態に応じて、各コイルで受信されたBエコーの信号強度を補正する。これにより、各コイルで受信されたBエコーの信号強度が均一化され、F/B比率に基づいて評価した場合の内部欠陥 202 の検出レベルの誤差を解消して、内部欠陥 202 の評価を安定化させることが可能である。

[0061] 具体的には、図 8 に示す例では、任意のコイルに隣接するコイルの 1 つのみが稼働状態（オン）の場合は、上記任意のコイルで受信されたBエコーの信号強度に 2 dB を加算し、上記任意のコイルに隣接するコイルの 2 つが非稼働状態（オフ）の場合は、上記任意のコイルで受信されたBエコーの信号強度に 4 dB を加算する。

[0062] 上述したように、各電磁超音波探触子 102 の両端に位置するコイル ch1, ch8 については、隣接するコイルが 1 つのみであるので、隣接する 1 つのコイルが常にオフ（非稼働状態）である場合と等価である。従って、コイル ch1 に隣接するコイル ch2 がオンの場合、コイル ch1 で受信されたBエコーの信号強度に 2 dB を加算し、コイル ch1 に隣接するコイル ch2 がオフの場合は、コイル ch1 で受信されたBエコーの信号強度に 4 dB を加算する。コイル ch8 で受信されたBエコーの信号強度についても同様の補正を行う。

[0063] コイルがオフになる要因としては、例えば、電磁超音波探触子 102 を鋼板 200 上に配置する際に、電磁超音波探触子 102 と鋼板 200 が接触した際の衝撃でコイルが断線する場合ことが考えられる。このような要因で任意のコイルがオフとなった場合であっても、Bエコーの信号強度に上述した補正を行うことで、欠陥検査を継続的に行うことが可能である。

[0064] なお、上述した基準レベルの内部欠陥 202 を人工的に形成したプレート

(検査対象物のサンプル)を探傷することで、コイルの断線を検知することができる。この際、断線したコイルではFエコーが受信されないので、Fエコーが受信されないコイルに断線が生じたと診断することができる。

[0065] 以上のように、本実施形態によれば、各コイルで受信されたBエコーの信号強度が正常な値(均一な値)となるので、正常でない信号強度(均一でない信号強度)によって内部欠陥202の過大評価が行われてしまうことを確実に抑止することが可能となる。

[0066] なお、上記実施形態では、任意のコイルに隣接するコイルの1つがオフの場合は、上記任意のコイルで受信されたBエコーの信号強度に2 dBを加算し、上記任意のコイルに隣接するコイルの2つがオフの場合は、上記任意のコイルで受信されたBエコーの信号強度に4 dBを加算するという補正を行ったが、これらの補正量は装置に適合させて適宜設定することができる。具体的には、予め水準1～14について図8の特性を取得し、任意のコイルに隣接するコイルの1つがオフの場合と、任意のコイルに隣接するコイルの2つがオフの場合とのそれぞれにおいて、任意のコイルで受信されたBエコーの信号強度の低下量を測定しておき、低下量に合わせた補正量を設定する。

[0067] また、上記実施形態では、各電磁超音波探触子102ごとに、8個のコイルが一行に配置されている場合を例に挙げて説明したが、コイル数は8個に限定されない。また、複数のコイルが複数の列に配置されていても良く、また、複数のコイルがマトリクス状に配置されていても良い。電磁超音波探触子102の数も2列×8個に限定されない。これらの場合においても、任意のコイルに隣接する各コイルをオン／オフして、隣接する各コイルのオン／オフ状態と、任意のコイルで受信されたBエコーの信号強度の低下量との相関を予め取得しておくことで、各コイルの稼働状態に応じて、各コイルで受信されたBエコーの信号強度を補正することができる。

[0068] また、上記実施形態では、任意のコイルに隣接するコイルの2つが稼働している場合を基準として、任意のコイルに隣接するコイルの1つが非稼働の場合は、任意のコイルで受信されたBエコーの信号強度に2 dBを加算し、

任意のコイルに隣接するコイルの２つが非稼働の場合は、任意のコイルで受信されたＢエコーの信号強度に４ｄＢを加算するという補正を行った。

[0069] これに対し、任意のコイルに隣接するコイルの２つが稼働していない場合を基準として補正を行っても良い。この場合、任意のコイルに隣接するコイルの１つが非稼働の場合は、任意のコイルで受信されたＢエコーの信号強度から２ｄＢを減算し、任意のコイルに隣接するコイルの２つが非稼働の場合は、任意のコイルで受信されたＢエコーの信号強度から４ｄＢを減算する。この場合においても、電磁超音波探触子１０２が備える各コイルで受信されたＢエコーの信号強度を均一にすることができる。しかしながら、前記した隣接するコイルの２つが稼働している場合が一般的である。よって、若干補正演算処理（計算時間等）が多くなる傾向がある。

[0070] 上記のように、演算装置１１０は、補正值取得部１１２と、稼働状態判定部１１４と、補正実行部１１６と、Ｆ／Ｂ演算部１１７と、欠陥評価部１１８と、補正值記憶部１１９とを備えている。

[0071] 補正值取得部１１２は、事前に水準１～１４について図８の特性を取得し、任意のコイルに隣接するコイルの１つがオフの状態で、任意のコイルで受信されたＢエコーの信号強度の低下量を第１の補正值として取得する。また、補正值取得部１１２は、任意のコイルに隣接するコイルの２つがオフの状態で任意のコイルで受信されたＢエコーの信号強度の低下量を第２の補正值として取得する。

補正值記憶部１１９は、補正值取得部１１２が取得した第１の補正值及び第２の補正值を記憶する。

なお、前述のように、第１の補正值及び第２の補正值の取得は、実際の欠陥検査に先立って、予め、１つの電磁超音波探触子１０２と鋼板２００のサンプルとを用いて実験的に行われる。

[0072] 稼働状態判定部１１４は、各電磁超音波探触子１０２ごとに、８つのコイルｃｈ１～ｃｈ８の稼働状態を判定する。

補正実行部１１６は、稼働状態判定部１１４による各コイルの稼働状態判定

結果に応じて補正を実行する。上述の例では、補正実行部 116 は、任意のコイルに隣接するコイルの 1 つのみが稼働している場合は、上記任意のコイルで受信された B エコーの信号強度に、第 1 の補正值として予め設定した値である 2 dB を加算する。

また、補正実行部 116 は、任意のコイルに隣接するコイルの 2 つが稼働していない場合は、上位任意のコイルで受信された B エコーの信号強度に、第 2 の補正值として予め設定した値である 4 dB を加算する。

また、補正実行部 116 は、任意のコイルに隣接するコイルが 2 つとも稼働している場合は、第 3 の補正值をゼロに設定して、上記任意のコイルで受信された B エコーの信号強度を補正しない。なお、上記の各補正は、各電磁超音波探触子 102 の全てについて行われる。

[0073] F/B 演算部 117 は、F エコーの信号強度と補正後の B エコーの信号強度との比率 (F/B 比率) を、各コイルのそれぞれについて計算する。なお、この F/B 比率の計算は、各電磁超音波探触子 102 の全てについて行われる。欠陥評価部 118 は、F/B 演算部 117 による F/B 比率の計算結果に基づいて鋼板 200 の内部欠陥 202 を評価する。

[0074] なお、図 1 に示す演算装置 110 の構成要素は、回路 (ハードウェア)、または CPU などの中央演算処理装置とこれを機能させるためのプログラム (ソフトウェア) によって構成することができる。

[0075] [4. 本実施形態に係る B エコーの信号強度の補正処理]

図 9 は、本実施形態に係る B エコーの信号強度の補正処理を示すフローチャートである。まず、ステップ S10 では、補正值取得部 112 が、実際の欠陥検査に先立って、事前に水準 1~14 について図 8 の特性を取得し、任意のコイルに隣接するコイルの 1 つがオフの状態では上記任意のコイルで受信された B エコーの受信強度の低下量を第 1 の補正值として取得し、任意のコイルに隣接するコイルの 2 つがオフの状態では上記任意のコイルで受信された B エコーの信号強度の低下量を第 2 の補正值として取得する。

[0076] 次のステップ S12~S14 では、稼働状態判定部 114 が、各電磁超音波

探触子 102 ごとに、8つのコイル $ch1 \sim ch8$ のそれぞれの稼働状態を判定する。具体的には、先ずステップ S12 では、任意のコイルに隣接する2つのコイルの双方が非稼働であるか否かを判定し、2つのコイルの双方が非稼働でない場合はステップ S14 へ進む。2つのコイルの双方が非稼働の場合は、ステップ S20 へ進み、補正実行部 116 が、第2の補正值 (4 dB) を、任意のコイルで受信された B エコーの信号強度に加算する。

[0077] ステップ S14 では、稼働状態判定部 114 が、各電磁超音波探触子 102 ごとに、任意のコイルに隣接する1つのコイルのみが非稼働であるか否かを判定し、隣接する1つのコイルのみが非稼働の場合はステップ S18 へ進む。ステップ S18 では、補正実行部 116 が、第1の補正值 (2 dB) を、上記任意のコイルで受信された B エコーの信号強度に加算する。

[0078] ステップ S14 において、隣接する1つのコイルが非稼働でない場合は、ステップ S16 へ進む。この場合、隣接する2つのコイルの双方が稼働しているため、ステップ S16 では、上記任意のコイルで受信された B エコーの信号強度の補正は行わない。換言すれば、ステップ S16 へ進んだ場合は、補正実行部 116 は第3の補正值をゼロに設定して上記任意のコイルで受信された B エコーの信号強度の補正は行わない。ステップ S16, S18, S20 の後は処理を終了する。

[0079] 以上説明したように、本実施形態によれば、隣接するコイルの影響による B エコーの信号強度の低下を補償することが可能となり、各コイルで受信された B エコーの信号強度を正常化し、均一化することが可能となる。これにより、内部欠陥 202 の過検出による不合格判定を確実に削減することができる。また、隣接するコイルが少ない末端のコイルにおいても S/N 比を向上させることができ、疑似欠陥による不合格判定を大幅に削減することが可能となる。

[0080] 以上、添付図面を参照しながら本発明の好適な実施形態について詳細に説明したが、本発明はかかる例に限定されない。本発明の属する技術の分野における通常の知識を有する者であれば、特許請求の範囲に記載された技術的

思想の範疇内において、各種の変更例または修正例に想到し得ることは明らかであり、これらについても、当然に本発明の技術的範囲に属するものと了解される。

符号の説明

[0081]	1 0 0	欠陥検査装置
	1 0 2	電磁超音波探触子
	1 0 4	アンプ
	1 0 6	メジャーリングロール
	1 0 8	先端検出センサー
	1 1 0	演算装置
	1 1 2	補正值取得部
	1 1 4	稼働状態判定部
	1 1 6	補正判定部
	1 1 7	F / B 演算部 (比率演算部)
	1 1 8	欠陥評価部
	1 1 9	補正值記憶部
	1 2 0	表示装置
	1 3 0	警報装置
	2 0 0	鋼板 (検査対象物)
	2 0 2	内部欠陥
	1 ~ 3、c h 1 ~ c h 8	コイル

請求の範囲

- [請求項1] 電磁超音波探触子において互いに隣接して一部が重なり合うように配列された複数のコイルに対して高周波信号を与えて、検査対象物に超音波振動を発生させる第1工程と；
- 前記超音波振動のBエコーを前記複数のコイルのそれぞれで受信する第2工程と；
- 前記超音波振動のFエコーを前記複数のコイルのそれぞれで受信する第3工程と；
- 前記複数のコイルのそれぞれで受信された前記Bエコーの信号強度を、前記複数のコイルの稼働状態に基づいて補正する第4工程と；
- 前記Fエコーの信号強度と補正後の前記Bエコーの信号強度との比率を、前記複数のコイルのそれぞれについて計算し、その計算結果に基づいて前記検査対象物の内部欠陥を評価する第5工程と；
- を有することを特徴とする欠陥検査方法。
- [請求項2] 前記第4工程において、
- 任意のコイルに隣接する1つのコイルのみが稼働している場合は、前記任意のコイルで受信された前記Bエコーの信号強度を第1の補正值で補正し、
- 前記任意のコイルに隣接する2つのコイルが稼働していない場合は、前記任意のコイルで受信された前記Bエコーの信号強度を第2の補正值で補正し、
- 前記任意のコイルに隣接する2つのコイルが稼働している場合は、前記任意のコイルで受信された前記Bエコーの信号強度を第3の補正值で補正する、
- ことを特徴とする請求項1に記載の欠陥検査方法。
- [請求項3] 前記第1の補正值は前記第2の補正值よりも小さく、
- 前記任意のコイルに隣接する2つのコイルが稼働している場合は、前記第3の補正值をゼロに設定して、前記任意のコイルで受信された前

記Bエコーの信号強度を補正しないことを特徴とする請求項2に記載の欠陥検査方法。

[請求項4]

前記第1工程の前に、

前記任意のコイルに隣接する2つのコイルが稼働している状態で前記任意のコイルで受信された前記Bエコーの信号強度と、前記任意のコイルに隣接する1つのコイルのみが稼働している状態で前記任意のコイルで受信された前記Bエコーの信号強度との差分に基づいて、前記第1の補正值を取得する工程と；

前記任意のコイルに隣接する2つのコイルが稼働している状態で前記任意のコイルで受信された前記Bエコーの信号強度と、前記任意のコイルに隣接する2つのコイルが稼働していない状態で前記任意のコイルで受信された前記Bエコーの信号強度との差分に基づいて、前記第2の補正值を取得する工程と；

を更に有することを特徴とする請求項3に記載の欠陥検査方法。

[請求項5]

互いに隣接して一部が重なり合うように配列された複数のコイルを含む電磁超音波探触子と；

前記複数のコイルのそれぞれに、検査対象物に超音波振動を発生させるための高周波信号を供給すると共に、前記複数のコイルのそれぞれの出力信号に基づいて、前記複数のコイルのそれぞれで受信された、前記超音波振動のFエコー及びBエコーの信号強度を算出し、その算出結果に基づいて前記検査対象物の内部欠陥を評価する演算装置と；

を備え、

前記演算装置は、

前記複数のコイルの稼働状態を判定する稼働状態判定部と、

前記複数のコイルの稼働状態に基づいて、前記複数のコイルのそれぞれで受信された前記Bエコーの信号強度を補正する補正実行部と、

前記Fエコーの信号強度と補正後の前記Bエコーの信号強度との比率

を、前記複数のコイルのそれぞれについて計算する比率演算部と、
前記比率演算部による前記比率の計算結果に基づいて前記検査対象物の内部欠陥を評価する欠陥評価部と、

を備えることを特徴とする欠陥検査装置。

[請求項6]

前記補正実行部は、

前記稼働状態判定部が、任意のコイルに隣接する1つのコイルのみが稼働していると判定した場合は、前記任意のコイルで受信された前記Bエコーの信号強度を第1の補正值で補正し、

前記稼働状態判定部が、前記任意のコイルに隣接する2つのコイルが稼働していないと判定した場合は、前記任意のコイルで受信された前記Bエコーの信号強度を第2の補正值で補正し、

前記稼働状態判定部が、前記任意のコイルに隣接する2つのコイルが稼働していると判定した場合は、前記任意のコイルで受信された前記Bエコーの信号強度を第3の補正值で補正する

ことを特徴とする請求項5に記載の欠陥検査装置。

[請求項7]

前記第1の補正值は前記第2の補正值よりも小さく、

前記補正実行部は、前記稼働状態判定部が、前記任意のコイルに隣接する2つのコイルが稼働していると判定した場合は、前記第3の補正值をゼロに設定して、前記任意のコイルで受信された前記Bエコーの信号強度を補正しないことを特徴とする請求項6に記載の欠陥検査装置。

[請求項8]

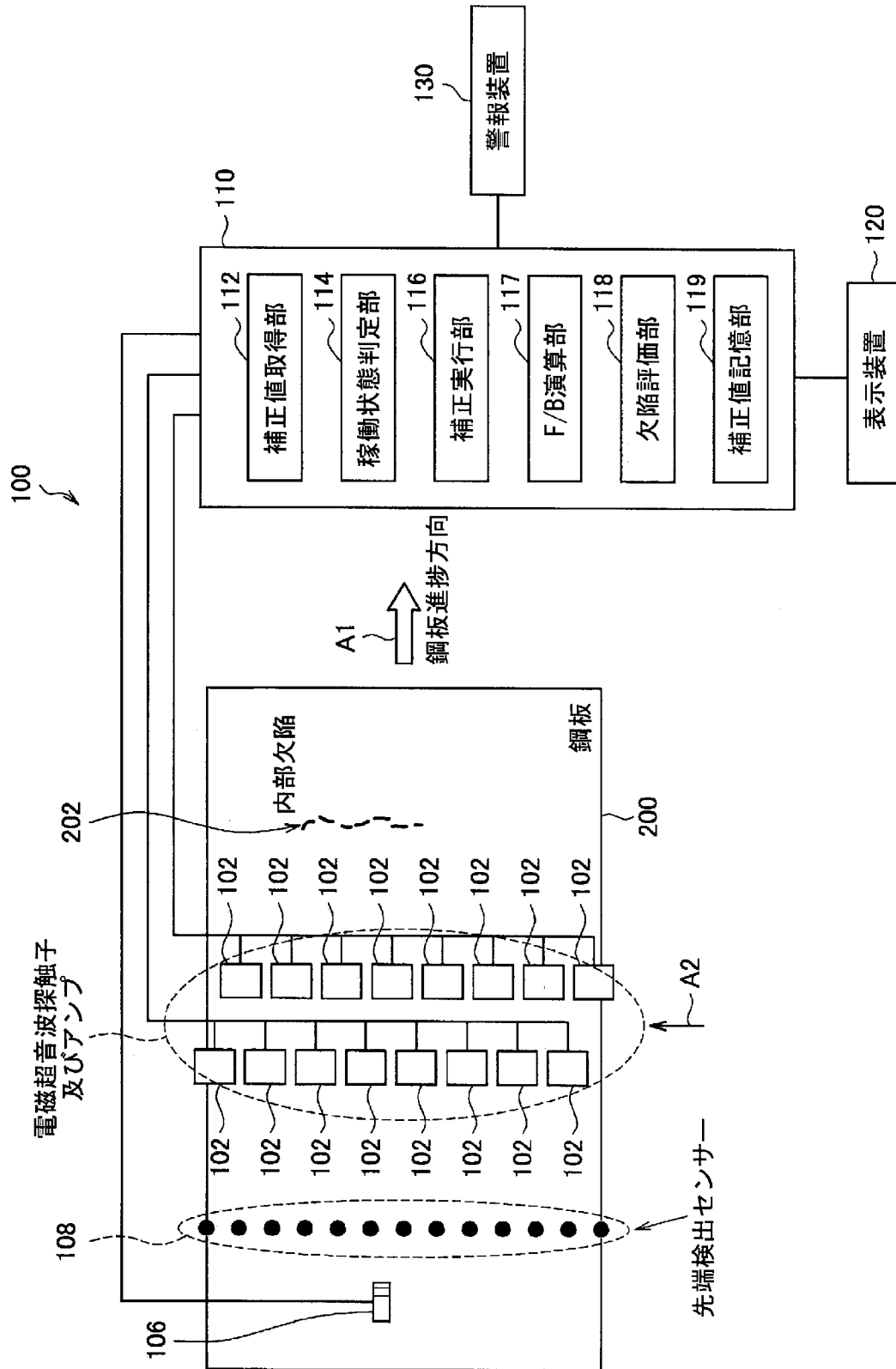
前記演算装置は、

前記任意のコイルに隣接する2つのコイルが稼働している状態で前記任意のコイルで受信された前記Bエコーの信号強度と、前記任意のコイルに隣接する1つのコイルのみが稼働している状態で前記任意のコイルで受信された前記Bエコーの信号強度との差分に基づいて、前記第1の補正值を取得し、前記任意のコイルに隣接する2つのコイルが稼働している状態で前記任意のコイルで受信された前記Bエコーの

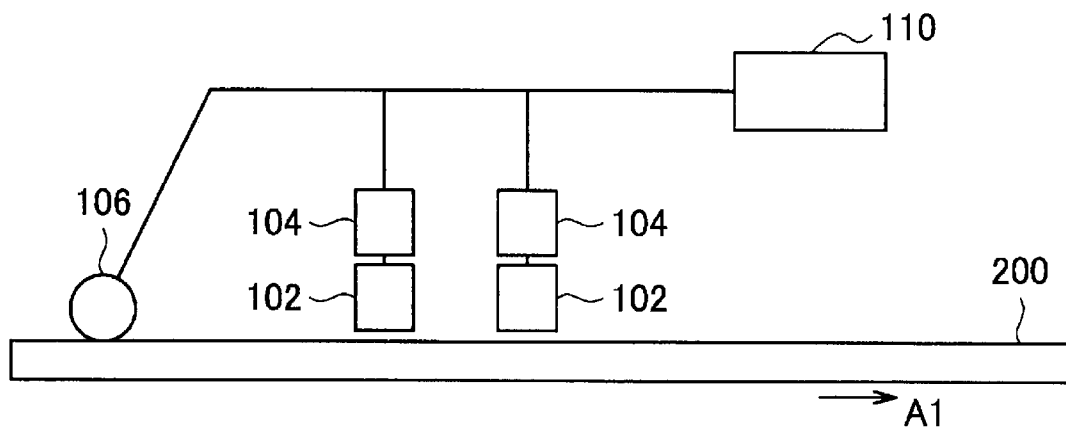
信号強度と、前記任意のコイルに隣接する２つのコイルが稼働していない状態で前記任意のコイルで受信された前記Ｂエコーの信号強度との差分に基づいて、前記第２の補正值を取得する補正值取得部を更に備えることを特徴とする請求項７に記載の欠陥検査装置。

[請求項９] 前記演算装置は、前記補正值取得部が取得した前記第１の補正值及び前記第２の補正值を記憶する補正值記憶部をさらに備えることを特徴とする請求項８に記載の欠陥検査装置。

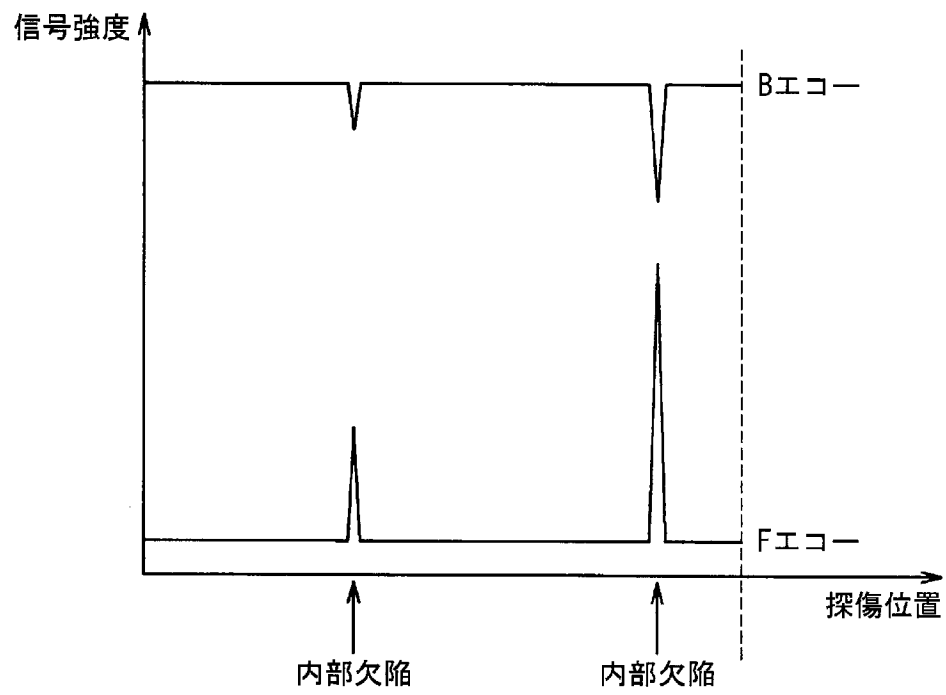
[図1]



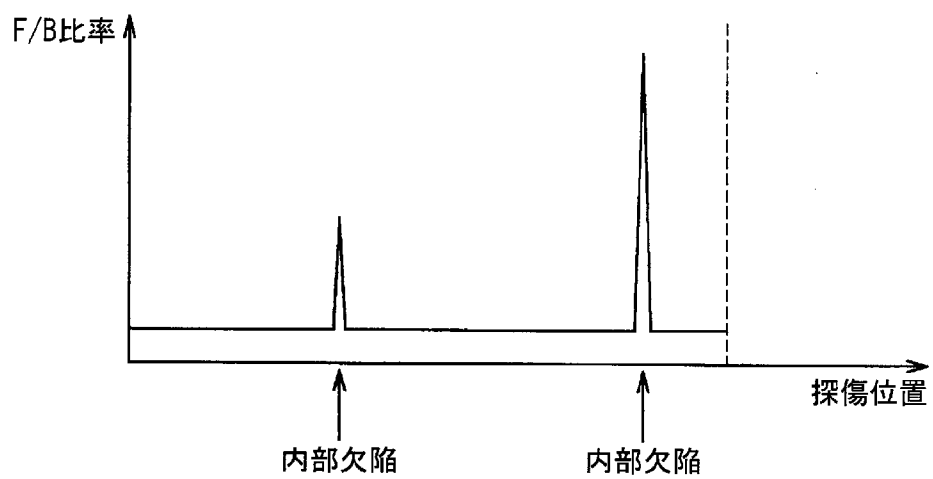
[図2]



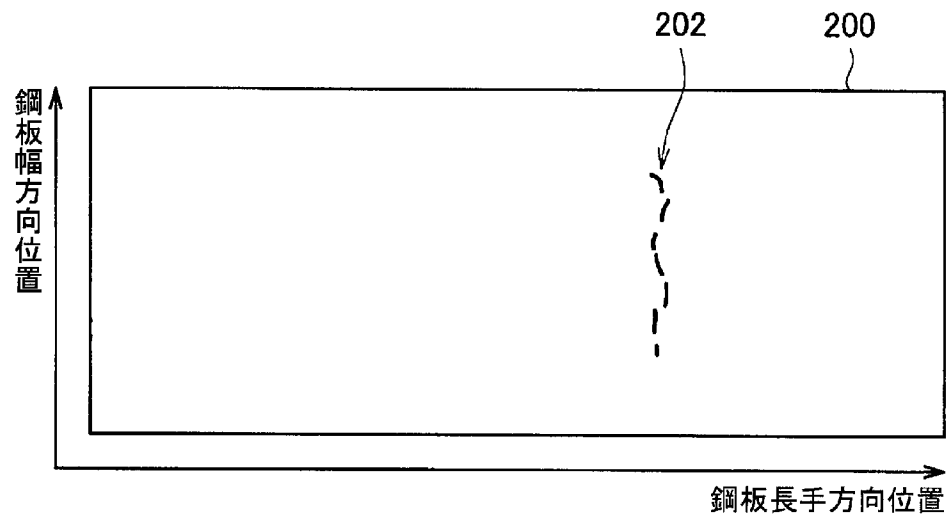
[図3A]



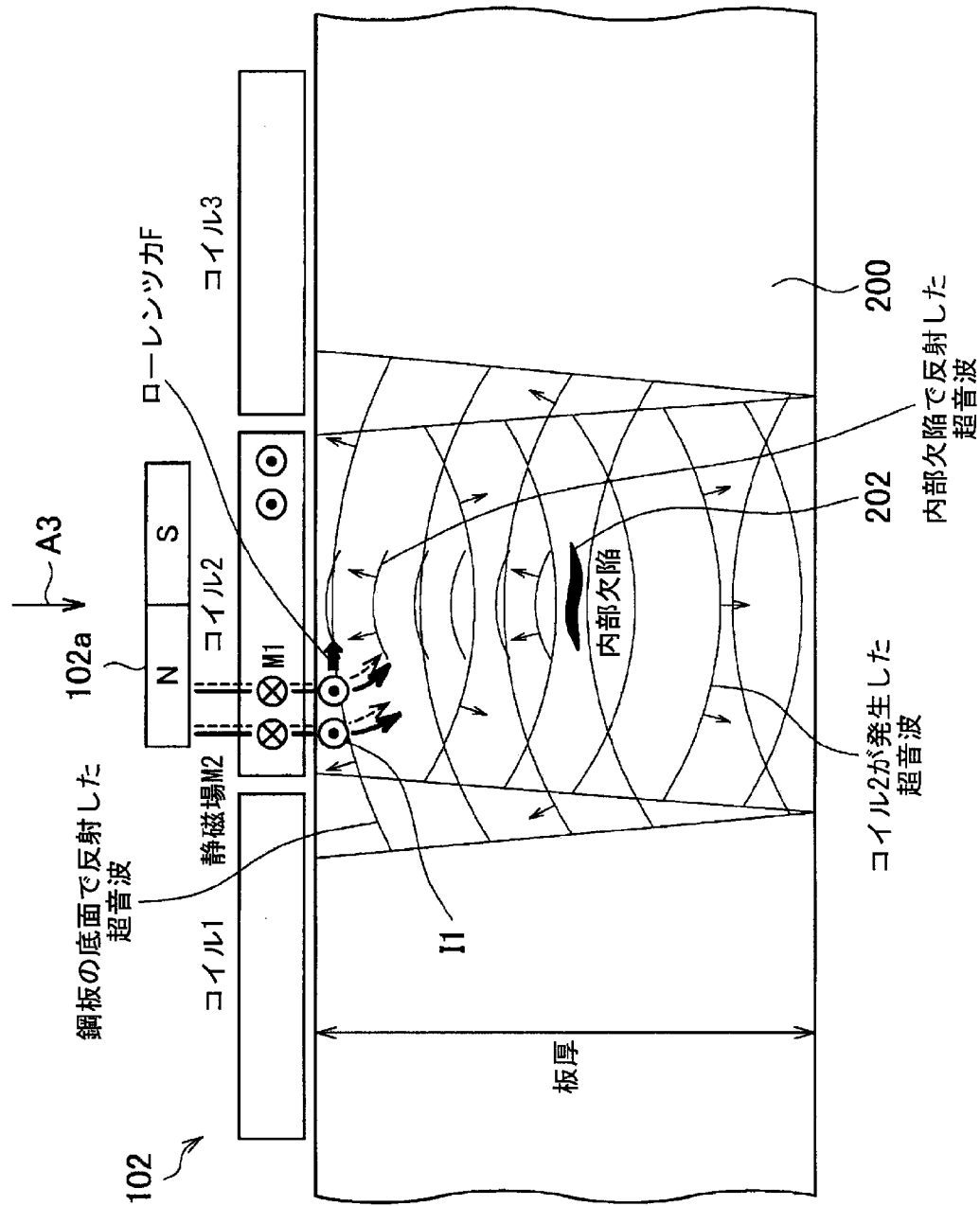
[図3B]



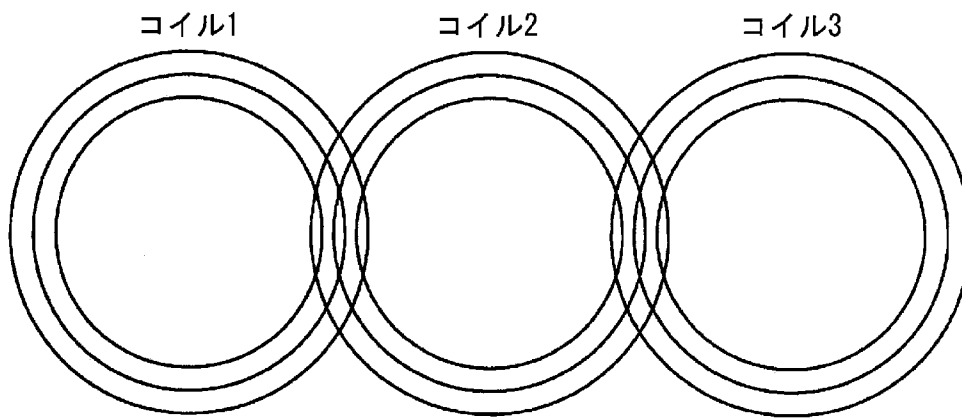
[図4]



[図5]



[図6]

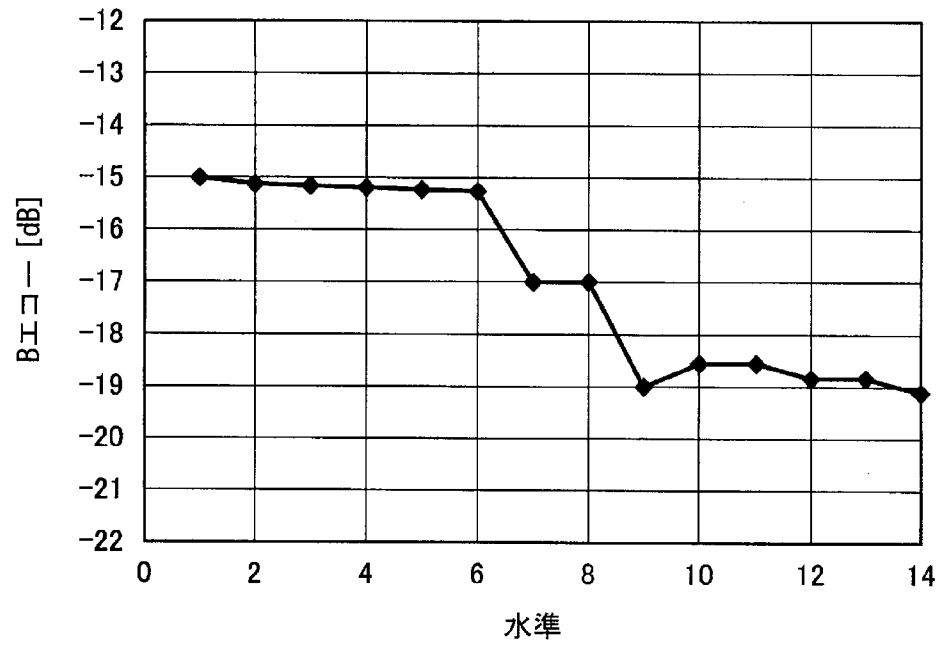


[図7]

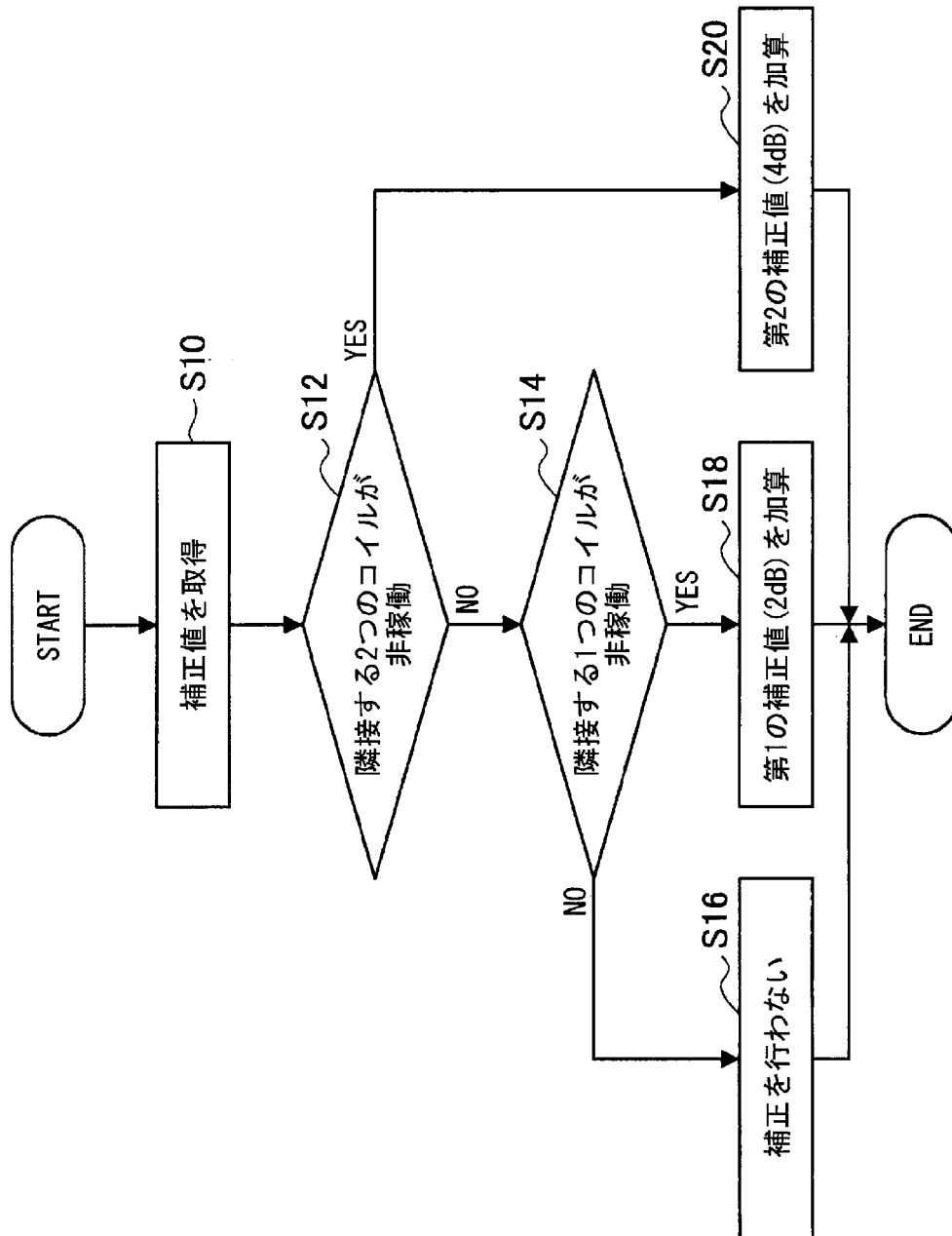


水準1	ON	ON	ON	データ採取 対象ch (ON)				ON	ON	ON
水準2	OFF	ON	ON					ON	ON	ON
水準3	OFF	ON	ON					ON	ON	OFF
水準4	OFF	OFF	ON					ON	ON	OFF
水準5	OFF	OFF	ON					ON	OFF	OFF
水準6	OFF	OFF	ON					ON	OFF	OFF
水準7	OFF	OFF	OFF					ON	OFF	OFF
水準8	OFF	OFF	ON					OFF	OFF	OFF
水準9	OFF	OFF	OFF					OFF	OFF	OFF
水準10	OFF	ON	OFF					OFF	OFF	OFF
水準11	OFF	ON	OFF					OFF	ON	OFF
水準12	ON	OFF	OFF					OFF	OFF	OFF
水準13	ON	OFF	OFF					OFF	ON	OFF
水準14	OFF	OFF	OFF					OFF	OFF	ON

[図8]



[図9]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/076211

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01N29/04(2006.01) i, G01N29/30(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)

G01N29/00-29/52

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	1996-2013
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2013	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2013

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	JP 2008-139325 A (Toshiba Corp.), 19 June 2008 (19.06.2008), entire text; all drawings (Family: none)	1-9
A	JP 2010-258357 A (Kobe Steel, Ltd.), 11 November 2010 (11.11.2010), entire text; all drawings (Family: none)	1-9
A	JP 2002-090349 A (The Kansai Electric Power Co., Inc.), 27 March 2002 (27.03.2002), entire text; all drawings (Family: none)	1-9

☒ 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
04 December, 2013 (04.12.13)

Date of mailing of the international search report
17 December, 2013 (17.12.13)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/076211

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 10-506183 A (Sonic Force, L.L.C.), 16 June 1998 (16.06.1998), entire text; all drawings & US 5503020 A & EP 776474 A & WO 1996/001424 A1 & AU 2912595 A & FI 965294 A & CA 2193383 A & AU 689279 B	1-9
A	JP 2005-214686 A (Sumitomo Metal Industries, Ltd.), 11 August 2005 (11.08.2005), entire text; all drawings (Family: none)	1-9

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G01N29/04(2006.01)i, G01N29/30(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（I P C））

Int.Cl. 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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 3 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 3 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 3 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
A	JP 2008-139325 A（株式会社東芝）2008.06.19, 全文, 全図 （ファミリーなし）	1 - 9
A	JP 2010-258357 A（株式会社神戸製鋼所）2010.11.11, 全文, 全図 （ファミリーなし）	1 - 9
A	JP 2002-090349 A（関西電力株式会社）2002.03.27, 全文, 全図 （ファミリーなし）	1 - 9

☒ 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

0 4 . 1 2 . 2 0 1 3

国際調査報告の発送日

1 7 . 1 2 . 2 0 1 3

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）
郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5
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）

高橋 亨

2 W

4 0 7 6

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 9 2

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
A	JP 10-506183 A (ソニック フォース リミテッド ライアビリティ カンパニー) 1998.06.16, 全文, 全図 & US 5503020 A & EP 776474 A & WO 1996/001424 A1 & AU 2912595 A & FI 965294 A & CA 2193383 A & AU 689279 B	1 - 9
A	JP 2005-214686 A (住友金属工業株式会社) 2005.08.11, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1 - 9