

(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
2011 年 4 月 21 日(21.04.2011)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2011/046148 A1

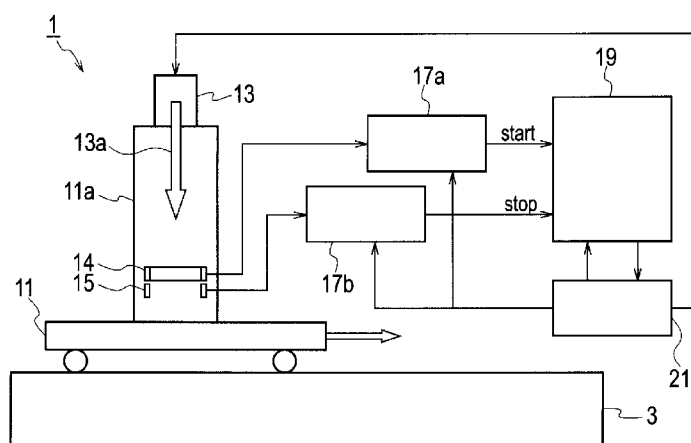
- (51) 国際特許分類:
G01N 23/22 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2010/067973
- (22) 国際出願日: 2010 年 10 月 13 日(13.10.2010)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2009-238317 2009 年 10 月 15 日(15.10.2009) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社 I H I (IHI Corporation) [JP/JP]; 〒1358710 東京都江東区豊洲三丁目 1 番 1 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 野瀬 裕之 (NOSE, Hiroyuki) [JP/JP]; 〒1358710 東京都江東区豊洲三丁目 1 番 1 号 株式会社 I H I 内 Tokyo (JP). 桑原 一 (KUWABARA, Hajime) [JP/JP]; 〒1358710 東京都江東区豊洲三丁目 1 番 1 号 株式会社 I H I 内 Tokyo (JP). 小林 徹也 (KOBAYASHI, Tetsuya) [JP/JP]; 〒1358710 東京都江東区豊洲三丁目 1 番 1 号 株式会社 I H I 内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 三好 秀和, 外 (MIYOSHI, Hidekazu et al.); 〒1050001 東京都港区虎ノ門一丁目 2 番 8 号 虎ノ門琴平タワー 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, 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, KE, KG, KM, 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, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, 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, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, 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, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- 添付公開書類:
— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

[続葉有]

(54) Title: NON-DESTRUCTIVE EXAMINATION METHOD AND DEVICE

(54) 発明の名称: 非破壊検査方法及びその装置

[図1]



(57) Abstract: A non-destructive method of examining a subject to be examined, which includes one or more elements, includes the steps of firing a beam of neutrons upon the subject through a first measurement point and a second measurement point, measuring the elapsed time between a first time point when resonant neutrons included in the beam of neutrons and that are characteristic of the elements in the subject pass through the first time point, and a second time point when prompt gamma rays emitted from the subject by the resonant neutrons that reach the subject are detected at the second measurement point, and detecting the locations of the elements upon the subject, in accordance with relative locations between the first measurement point, the second measurement point, and the surface of the subject, and the elapsed time.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2011/046148 A1



-
- 補正された請求の範囲及び説明書（条約第 19 条(1)）

一の元素を含む対象物を非破壊に検査する方法は、前記対象物に第 1 の測定点および第 2 の測定点を通して中性子線を照射し、前記中性子線に含まれた前記元素に固有の共鳴中性子が前記第 1 の測定点を通過する第 1 の時点から、前記対象物に到達した前記共鳴中性子により前記対象物から放射される即発 γ 線が前記第 2 の測定点において検出される第 2 の時点までの経過時間を測定し、前記第 1 の測定点と、前記第 2 の測定点と、前記対象物の表面との間の相対位置と、前記経過時間とに基づいて、前記対象物における前記元素の位置を検出することとなる。

明 細 書

発明の名称：非破壊検査方法及びその装置

技術分野

[0001] 本発明は、対象物を破壊せずにその状態を検査する非破壊検査方法とその装置に関するものである。

背景技術

[0002] 躯体や部品等の状態（腐食、亀裂、空洞化等）検査として、旧来から目視検査や打音検査、超音波検査（エコー検査）等が行われている。しかし、目視検査や打音検査は、検査者の熟練度によって検査結果に差が生じ易く、また検査精度に自ずから限界がある。またこれらの検査は、作業員が目視又は打突できる形状の箇所ではしか実施できない。超音波検査は先に挙げた人的検査に起因する問題を生じないが、位置の特定に難点がある。

[0003] 放射線を利用する幾つかの精度の良い検査方法が提案されている。下記の非特許文献1は、即発 γ 線を利用する分析法を開示している。即発 γ 線とは、概して核反応によって非常に短い時間に放出される γ 線のことであるが、ここでは特に、熱外中性子が共鳴吸収された直後に放出される γ 線の意味である。

先行技術文献

非特許文献

[0004] 非特許文献1：中性子共鳴吸収を利用した即発 γ 線分析法（放射線利用技術データベース、放射線技術、047 論文、<http://www.rada.or.jp/database/home4/normal/ht-docs/member/synopsis/040275.html>）

発明の概要

[0005] 上述した即発 γ 線を利用する分析法によれば、対象物が小型のものである場合には非破壊で検査ができる。しかし、対象物が大型のものである場合は、対象物から試験片を切り出さねばならず、即発 γ 線を利用する分析法は非破壊検査として実施し難い。

[0006] 本発明は前記事情に鑑みて為されたもので、本発明の目的は、精度の良い対象物の状態検査を、対象物の形状や場所に制約されない非破壊検査方法と、この方法に好適な非破壊検査装置とを提供することにある。

[0007] 本発明の第 1 の局面によれば、一の元素を含む対象物を非破壊に検査する方法は、前記対象物に第 1 の測定点および第 2 の測定点を通して中性子線を照射し、前記中性子線に含まれた前記元素に固有の共鳴中性子が前記第 1 の測定点を通過する第 1 の時点から、前記対象物に到達した前記共鳴中性子により前記対象物から放射される即発 γ 線が前記第 2 の測定点において検出される第 2 の時点までの経過時間を測定し、前記第 1 の測定点と、前記第 2 の測定点と、前記対象物の表面との間の相対位置と、前記経過時間とに基づいて、前記対象物における前記元素の位置を検出する、各ステップを含む。

[0008] 本発明の第 2 の局面によれば、一の元素を含む対象物を非破壊に検査する装置は、第 1 の測定点および第 2 の測定点を有し、前記対象物に前記第 1 の測定点および前記第 2 の測定点を通して中性子線を照射するべく位置した中性子線源と、前記第 1 の測定点に位置し、前記中性子線に含まれた前記元素に固有の共鳴中性子が前記第 1 の測定点を通過する第 1 の時点を検出する共鳴中性子検出部と、前記第 2 の測定点に位置し、前記対象物に到達した前記共鳴中性子により前記対象物から放射される即発 γ 線を検出する γ 線検出部と、前記共鳴中性子検出部および前記 γ 線検出部と電氣的に接続され、前記第 1 の時点から前記即発 γ 線が検出される第 2 の時点までの経過時間を測定するべく構成された測定装置と、前記測定装置と電氣的に接続され、前記第 1 の測定点と、前記第 2 の測定点と、前記対象物の表面との間の相対位置と、前記経過時間とに基づいて、前記対象物における前記元素の位置を算出する制御装置と、を備える。

図面の簡単な説明

[0009] [図1] 本発明の一実施形態に係る非破壊検査装置のブロックダイアグラムである。

[図2] 図 1 の中性子線源における中性子線の発生原理を示す説明図である。

[図3] 塩素 35 に関する中性子エネルギーと捕獲断面積との関係を示すグラフである。

[図4] 塩素 37 に関する中性子エネルギーと捕獲断面積との関係を示すグラフである。

[図5] 図 1 の非破壊検査装置による塩素の位置解析原理を示す説明図である。

[図6] 図 5 の共鳴中性子モニタによる共鳴中性子の通過検出原理を示す説明図である。

[図7] 塩化カルシウムから放射される γ 線のエネルギースペクトルを示すグラフである。

[図8] 図 1 の非破壊検査装置による鉄筋コンクリート中の塩素又は塩化物イオンの分布検査の際に発生する γ 線の時間スペクトルを示すグラフである。

[図9] 鉄筋コンクリート中の塩素からの即発 γ 線のエネルギースペクトルを鉄筋コンクリートの深さ別にシミュレートした結果を示すグラフである。

[図10] 本発明の他の実施形態に係る非破壊検査装置を示す概略構成図である。

発明を実施するための形態

[0010] 以下、本発明の実施形態について図面を参照しながら説明する。

[0011] 図 1 は本発明の一実施形態に係る非破壊検査装置の概略を示している。

[0012] 非破壊検査装置 1 は、中性子を捕獲した原子核が即発 γ 線を放射することを利用し、中性子線を照射した対象物からの即発 γ 線を検出することで対象物の状態を検査する。以下では、橋梁等を構成する鉄筋コンクリート 3 が対象物であって、塩害による腐食の状態を知る目的で検査する場合について説明する。鉄筋コンクリート 3 における鉄筋の分布と、塩害の原因となる塩素（塩化物イオン）の分布とが測定の対象である。

[0013] 本実施形態の非破壊検査装置 1 は、鉄筋コンクリート 3 上で移動可能な移動台 11、中性子線を出力する中性子線源 13、中性子線中の特定元素に対応する共鳴中性子を検出する共鳴中性子検出部 14、及び、鉄筋コンクリート 3 からの即発 γ 線を検出する γ 線検出部 15 を有している。中性子線源 1

3、共鳴中性子検出部14、及び、 γ 線検出部15は、移動台11上に設置されている。

[0014] 本実施形態の非破壊検査装置1は、共鳴中性子検出部14と接続された波高分析器17aと、 γ 線検出部15と接続された波高分析器17bと、両波高分析器17a、17bと接続されてその信号の時間差を測定する経過時間測定装置19と、これらを制御する制御装置21とを備える。波高分析器17aは、共鳴中性子検出部14の出力に応じて即発 γ 線を計数する。波高分析器17bは、 γ 線検出部15の出力に応じて即発 γ 線を計数する。測定装置19は波高分析器17a、17bの各出力に対して閾値を設定することができ、閾値を越える信号が入力された時点間の経過時間を測定する。

[0015] 移動台11には、鉄筋コンクリート3上を移動可能な台車が適用できる。あるいは駆動源を有する自走式の台車を適用しても良く、駆動源を持たない従動式の台車を適用しても良い。なお、鉄筋コンクリート3上における移動台11の位置（中性子線源13による中性子線の鉄筋コンクリート3上における照射位置）は、移動台11が自動式か従動式かを問わず、制御装置21において常に把握されることが好ましい。例えば移動台11の車軸の一が回転計を備え、回転計の出力を制御装置21が積分することにより位置を把握する。あるいは回転計に代えて、移動台11が距離計、加速度計あるいは位置センサを備えていてもよい。

[0016] 中性子線源13には公知のものを適用することができる。例えば、図2に示す中性子線源13は、イオンIの照射を受けるターゲットTと、高速中性子Nを減速する減速材Mと、高速中性子Nおよび減速材Mを外部に対して遮蔽するための防護壁Sとを備える。ターゲットTは、外部のイオン発生器から照射されたH、 ^2H 、 ^4He 等のイオンIから効率よく中性子を生じるべく、Beや ^2H 等の素材を含む。減速材Mは、ターゲットTから発生した高速中性子Nを減速する適宜の素材、例えばポリエチレン、重水、軽水等よりなる。かかる減速材Mにより高速中性子Nは、熱中性子（0.5 eV以下）および熱外中性子（0.5～ 10^3 eV）を含む連続スペクトルを有する中性子線

13aに転換される。適宜の減速材防護壁Sは、減速材Mを封止するとともに、高速中性子Nの漏出を防止している。また防護壁Sの一端（通常はターゲットと反対側）は開口しており、中性子線13aをそこから外部へ放出する。中性子線源13は、移動台11上に設置されたチャンバ状の防護体11aの上部に設置されている。中性子線源13から出力された中性子線13a（図1参照）は、防護体11aの内部と移動台11とを通過して、鉄筋コンクリート3にその表面の法線方向から照射される。

[0017] 熱外中性子を含む中性子線13aが原子核に照射されると、その原子核に特有のエネルギーを持つ中性子の共鳴吸収が生じる。原子核に共鳴吸収される中性子は共鳴中性子と呼ばれる。図3及び図4のグラフは、塩素35及び塩素37のそれぞれにおける、照射された中性子のエネルギーと中性子の捕獲断面積との関係を示すものである。図3（塩素35）を図4（塩素37）と比較することにより理解されるように、熱外中性子に相当する $10^2 \sim 10^3$ eVの領域の特別な中性子エネルギーにおいて、周辺のエネルギー領域に比べて、中性子の捕獲断面積が急激に大きくなるピークが認められる。すなわち、塩素35に固有に共鳴吸収される中性子（塩素37のものとは区別される）が存在し、これを以下では共鳴中性子と呼ぶ。共鳴中性子を利用すれば、これを吸収するか否かにより、塩素35を塩素37から判別することができる。本明細書および添付の請求の範囲を通じて、共鳴中性子を、「連続スペクトルを有する中性子線に含まれる中性子のうち、元素に固有の共鳴準位に対応するエネルギーを持つことによりかかる元素に共鳴吸収される中性子」と定義して使用する。

[0018] 共鳴吸収により共鳴中性子を捕獲した原子核は、即発 γ 線を放射する。この即発 γ 線のエネルギーは、原子核が捕獲した共鳴中性子の中性子エネルギーに応じて異なる。したがって、原子核が放射する即発 γ 線のエネルギーは、その原子核に固有のものとなる。この原理を利用して、本実施形態の非破壊検査装置1では、鉄筋コンクリート3の含有元素（そのうち、特に鉄＝鉄筋と塩素＝塩化物イオン）の分布を解析する。そのために、非破壊検査装置

1では、図1に示すように、中性子線源13からの熱外中性子による中性子線13aを鉄筋コンクリート3に照射し、この鉄筋コンクリート3（の特定の含有元素）から放射される即発 γ 線を γ 線検出部15で検出する。また、中性子線源13からの中性子線13aに含まれる特定の含有元素の共鳴中性子の通過を共鳴中性子検出部14で検出する。

[0019] 共鳴中性子検出部14は、図1に示すように、移動台11上の防護体11a内に收容されている。そして、共鳴中性子検出部14は、図5に示すように、中性子線源13からの中性子線13aの照射軸線上の基準点13bに配置されている。この基準点13bは、鉄筋コンクリート3の表面から距離Lだけ離れた箇所に設定されている。

[0020] 共鳴中性子検出部14は、中性子モニタ14aとその周囲に配置された環状の γ 線モニタ14bとを有している。

[0021] 中性子モニタ14aは、基準点13bを通過する中性子線13aをモニタするためのものであって、鉄筋コンクリート3の特定の含有元素（又はその化合物）を含む材料よりなる薄板のターゲットである。例えば鉄筋コンクリート3中の塩化物の分布を測定する場合には、前記特定の含有元素は塩素であって、中性子モニタ14aは塩化カルシウム（ CaCl_2 ）の薄板や、四塩化炭素（ CCl_4 ）で充填された容器であることが好ましい。また鉄筋コンクリート3中の鉄筋の分布を測定する場合には、前記特定の含有元素は鉄であって、中性子モニタ14aは鉄又はその化合物を含む薄板であることが好ましい。図6は、中性子モニタ14aと鉄筋コンクリート3との位置関係を示す。

[0022] γ 線モニタ14bには、公知の γ 線センサを適用することができる。例えば、 γ 線を受けて蛍光を発するシンチレータと、かかる蛍光の強度を測定する光電子増倍管またはフォトダイオードとを備えたシンチレーション検出器が利用できる。また公知の半導体検出器が利用できる。

[0023] このように構成された共鳴中性子検出部14では、図5に示すように、中性子線源13が出力した中性子線13aが中性子モニタ14aを通過すると

、中性子モニタ 14 a に含まれる特定の含有元素が中性子線 13 a の共鳴中性子を捕獲して即発 γ 線を出力する。そして、この即発 γ 線が γ 線モニタ 14 b によって検出される。したがって、 γ 線モニタ 14 b が中性子モニタ 14 a からの即発 γ 線を検出した時点が、中性子線 13 a の共鳴中性子が共鳴中性子検出部 14 を通過した時点、つまり、共鳴中性子を含む中性子線 13 a が中性子線源 13 から出力された時点ということになる。

[0024] 共鳴中性子検出部 14 と γ 線検出部 15 との間には、 γ 線遮蔽物 14 c が配置されている。この γ 線遮蔽物 14 c によって、中性子モニタ 14 a から γ 線検出部 15 への即発 γ 線の通過が遮蔽される。 γ 線遮蔽物 14 c としては、鉄、鉛、ビスマス、タングステンのごとき重金属ないしかかる金属化合物の板材、あるいはかかる板材をガラス等により挟持したものが例示できる。中性子の通過を許容するため、 γ 線遮蔽物 14 c は照射軸線上に開口を有してもよい。

[0025] γ 線検出部 15 は、図 1 に示すように、共鳴中性子検出部 14 と共に防護体 11 a 内に收容されている。 γ 線検出部 15 は、図 5 に示すように、基準点 13 b よりも僅かに鉄筋コンクリート 3 寄りの測定点 13 c に配置されている。 γ 線検出部 15 は、 γ 線モニタ 14 b と同じく環状であって、シンチレーション検出器や半導体検出器のごとき公知の γ 線センサを適用することができる。

[0026] このように構成された γ 線検出部 15 では、中性子線 13 a が照射された鉄筋コンクリート 3 中の特定の含有元素が共鳴中性子を捕獲して放射する即発 γ 線が検出される。図 6 に示すように、鉄筋コンクリート 3 は、その内部に 4 重量%の塩素を含む層 CL を有している。図 5 は、鉄筋コンクリート 3 中の特定箇所 P に塩化物が存在する場合に、これを非破壊検査装置 1 により検出する例を示している。

[0027] 共鳴中性子検出部 14 と γ 線検出部 15 とは上述のような位置関係を有するので、共鳴中性子検出部 14 が検出する中性子線源 13 からの中性子線 13 a の出力時点と、 γ 線検出部 15 が検出する鉄筋コンクリート 3 の特定の

含有元素からの即発 γ 線の検出時点との時間差（経過時間）を、測定装置 19 で計測することができる。また、計測した経過時間から、即発 γ 線を放射した鉄筋コンクリート 3 中の特定箇所 P の位置を、制御装置 21 が後述の T O F 法により特定することができる。

[0028] なお、中性子の移動速度 v に比べて γ 線の移動速度は極めて速い。したがって、中性子線 13 a が共鳴中性子検出部 14 を通過した時点 t_0 から、特定箇所 P に中性子線 13 a が到達する時点 t_1 までの経過時間に比べると、この時点 t_1 から、鉄筋コンクリート 3 中の特定の含有元素から放射された即発 γ 線が測定点 13 c の γ 線検出部 15 で検出される時点 t_2 までの経過時間は、極めて短い。したがって、上述した時間差（経過時間 $t_2 - t_0$ ）は、上記の時点 t_0 から時点 t_1 までの経過時間（ $t_1 - t_0$ ）と等しいと見做することができる。

[0029] そのため、T O F 法によれば、鉄筋コンクリート 3 中において特定の含有元素を含む特定箇所 P の深さは、以下のようにして特定することができる。すなわち、経過時間（ $t_2 - t_0$ ）は経過時間（ $t_1 - t_0$ ）と等しく、その間に中性子線 13 a の中性子が移動する距離は（ $L + d$ ）であるから、 $t_2 - t_0 = (L + d) / v$ である。これを書き換えると、 $d = (t_2 - t_0) v - L$ で表すことができる。ここで、 t_0 は特定の含有元素に対応する共鳴中性子を含む中性子線 13 a が共鳴中性子検出部 14 を通過する時点、 t_2 は鉄筋コンクリート 3 の特定の含有元素からの即発 γ 線が γ 線検出部 15 で検出される時点、 v は共鳴中性子を含む中性子線 13 a の移動速度、 d は特定の含有元素を含む特定箇所 P が位置する鉄筋コンクリート 3 の表面からの深さである。

[0030] 各波高分析器 17 a, 17 b は、中性子線源 13 からの中性子線 13 a の出力に同期して制御装置 21 によりトリガされると、対応する γ 線モニタ 14 b 及び γ 線検出部 15 がそれぞれ検出した γ 線の強度をエネルギー領域別に弁別する。そして、特定の含有元素において強度が高くなる固有のエネルギー領域における γ 線の強度を確認することで、 γ 線モニタ 14 b や γ 線検出部 15 が検出した γ 線が、中性子モニタ 14 a や鉄筋コンクリート 3 の特

定の含有元素からの即発 γ 線であるか否かを制御装置 21 は判定する。即発 γ 線であると判定した場合に、波高分析器 17 a はスタート信号を、波高分析器 17 b はストップ信号をそれぞれ出力する。

[0031] 特定の含有元素の存在により γ 線の強度が高くなる固有のエネルギー領域を、例えば塩化カルシウムから放射される γ 線のエネルギースペクトルについて見ると、図 7 のグラフに示すように、517 keV、1164 keV、1601 keV の付近に、塩素 35 の即発 γ 線によるエネルギーのピークが見られる。したがって、これらのピーク（のいずれか）を含むエネルギー領域において、 γ 線モニタ 14 b や γ 線検出部 15 が検出した γ 線にエネルギーのピークが存在するかどうかを、波高分析器 17 a、17 b で弁別された対応するエネルギー領域における γ 線の強度から確認することで、特定の含有元素からの即発 γ 線であるかどうかを判定することができる。前述のごとく、予め閾値を設定しておき、強度が閾値を越えるか否かにより判定を実行することができる。

[0032] なお、非破壊検査装置 1 が設置される空間では、図 8 のグラフに示すように、中性子線源 13 からの中性子線 13 a の出力直後の時点で、中性子線 13 a 中の共鳴中性子が共鳴中性子検出部 14 の中性子モニタ 14 a を通過することで、即発 γ 線が、図中に γ_i で示されるごとく短時間発生する。その後、中性子線 13 a が鉄筋コンクリート 3 に照射されるまでの時間が過ぎると、中性子線 13 a 中の共鳴中性子を捕獲した鉄筋コンクリート 3 の含有元素から、即発 γ 線が、図中に γ_s で示されるごとく放射される。

[0033] 鉄筋コンクリート 3 からの即発 γ 線は、例えば図 8 のグラフの横軸に示す 4000 ns 付近以降の部分 γ_s に示すように、しばらくの間継続する。これは、鉄筋コンクリート 3 中の特定の含有元素が共鳴中性子を捕獲し即発 γ 線を放射した後にも、中性子線 13 a に含まれる熱外中性子が鉄筋コンクリート 3 内で継続的に減速されており、継続的に生み出されている熱中性子が鉄筋コンクリート 3 の含有元素に捕獲されて、即発 γ 線を生ずるからである。

[0034] したがって、 γ 線検出部 15 によって鉄筋コンクリート 3 の特定の含有元

素からの即発 γ 線を検出する際には、 γ 線検出部15が検出する図8のグラフの400ns付近以降の γ 線エネルギースペクトル中の、特定の含有元素が放射した即発 γ 線のエネルギースペクトル部分を見分けることが必要となる。そこで、 γ 線検出部15に対応する波高分析器17bは、 γ 線検出部15が検出した γ 線のエネルギースペクトルから、特定の含有元素を含まないターゲットに中性子線13aを照射した場合に γ 線検出部15が検出した γ 線のエネルギースペクトルを差し引く処理を行う。これにより、特定の含有元素から放射された即発 γ 線に特有のエネルギースペクトルのみを、 γ 線検出部15の検出信号から抽出することができる。そして抽出されたエネルギースペクトルにおいて時刻に対して立ち上がり箇所が特定される。この立ち上がり箇所の検出時点で波高分析器17bは、ストップ信号を出力する。

[0035] 図9は、上述したようにして波高分析器17bが、 γ 線検出部15の検出信号から抽出する鉄筋コンクリート3中の塩素からの即発 γ 線のエネルギースペクトルを、鉄筋コンクリート3の深さd別にシミュレートした結果を示すグラフである。図9に線種を変えて示すように、特定の含有元素の鉄筋コンクリート3における深さdを0, 1, 4 (cm)とした場合のシミュレート結果は、いずれも、即発 γ 線のエネルギースペクトルの立ち上がり箇所を特定できることを示している。

[0036] 図1に示すように、測定装置19は、中性子線源13からの中性子線13aの出力に同期して制御装置21によりトリガされると、波高分析器17aからのスタート信号の入力から、波高分析器17bからのストップ信号の入力までの経過時間を測定する。

[0037] 制御装置21は、測定装置19が計測した経過時間に基づいて、中性子線源13からの中性子線13aを照射した鉄筋コンクリート3における、特定の含有元素の位置（鉄筋コンクリート3の表面からの深さd）を、先に説明した式を用いて算出する。

[0038] 以上の説明からも明らかなように、本実施形態の非破壊検査装置1では、共鳴中性子検出部14と波高分析器17aとで共鳴中性子検出手段が構成さ

れている。また、本実施形態の非破壊検査装置 1 では、 γ 線検出部 1 5 と波高分析器 1 7 b とで即発 γ 線検出手段が構成されている。

[0039] 以上の構成による本実施形態の非破壊検査装置 1 を用いた鉄筋コンクリート 3 の検査では、1 サイクルの検査において、鉄筋コンクリート 3 上における移動台 1 1 の位置、言い換えると、鉄筋コンクリート 3 上における中性子線 1 3 a の照射位置を、鉄筋コンクリート 3 の表面全体に亘って例えばマトリクス状に順次変える。

[0040] そして、中性子線 1 3 a の各照射位置において、以下の (1) 乃至 (5) の各ステップを実行する。即ち、非破壊検査方法は、

(1) 中性子線源 1 3 から鉄筋コンクリート 3 に向けて中性子線 1 3 a を照射して、中性子線 1 3 a の中性子を捕獲した鉄筋コンクリート 3 の含有元素の原子核から即発 γ 線を放射させ、

(2) 中性子線 1 3 a の照射軸線上の基準点 1 3 b に配置した共鳴中性子検出部 1 4 と波高分析器 1 7 a とによって、共鳴中性子を含む中性子線 1 3 a が中性子線源 1 3 から出力されて鉄筋コンクリート 3 に向けて照射される時点を検出し、

(3) 基準点 1 3 b の直近の測定点 1 3 c に配置した γ 線検出部 1 5 によって、鉄筋コンクリート 3 の特定の含有元素が共鳴中性子を捕獲して放射した即発 γ 線が測定点 1 3 c で検出された時点を、波高分析器 1 7 b によって検出し、

(4) 共鳴中性子を含む中性子線 1 3 a が中性子線源 1 3 から出力されて鉄筋コンクリート 3 に向けて照射される時点から、鉄筋コンクリート 3 の特定の含有元素が共鳴中性子を捕獲して放射した即発 γ 線が測定点 1 3 c で検出された時点までの経過時間を測定し、

(5) 測定した経過時間と、鉄筋コンクリート 3 に対する中性子線 1 3 a 上の基準点 1 3 b や測定点 1 3 c の相対位置とに基づいて、鉄筋コンクリート 3 中における特定の含有元素の位置、つまり、中性子線 1 3 a を照射した鉄筋コンクリート 3 箇所の表面からの深さ d を検出する。

- [0041] 上述の通り、かかる一連のステップは、非破壊検査装置 1 を移動させて位置を変えつつ、繰り返し実行される。
- [0042] 上述した 1 サイクルの検査では、鉄筋コンクリート 3 の表面から深さ d の層に存在する特定の含有元素の原子核から即発 γ 線が放射されると、 γ 線検出部 15 によって検出されることになる。したがって、上述した 1 サイクルの検査を行えば、鉄筋コンクリート 3 の表面方向及び深さ方向の全体に亘って、鉄筋コンクリート 3 中の特定の含有元素の解析が行われることになる。
- [0043] なお、本実施形態の非破壊検査装置 1 により、鉄筋コンクリート 3 における鉄（鉄筋）の分布を検査する場合には、共鳴中性子検出部 14 の中性子モニタ 14a として、塩素の分布を検査する場合の塩化カルシウムの薄板に代えて、鉄又は鉄の化合物を含むターゲットを用いる。あるいは他のターゲットを利用することにより、他の元素の分布を検査することもできる。
- [0044] そして、鉄筋コンクリート 3 における鉄（鉄筋）の分布と塩素（塩化物イオン）の分布とをそれぞれ検査した後、制御装置 21 は、鉄筋コンクリート 3 中における鉄（鉄筋）の分布と塩素（塩化物イオン）の分布との接近具合で、鉄筋コンクリート 3 における鉄筋の塩害による腐食の状態（腐食発生の有無、腐食発生確率、腐食発生予想時期等）を解析する。
- [0045] このように、共鳴中性子検出部 14 の中性子モニタ 14a に、分布を検査する対象の特定の含有元素又はその化合物を含む材料を用いることで、鉄筋コンクリート 3 における特定の含有元素の分布の検査を非破壊検査することができる。
- [0046] 以上に説明したように、本実施形態の非破壊検査装置 1 によれば、鉄筋コンクリート 3 に対する中性子線 13a の照射箇所を鉄筋コンクリート 3 の表面方向及び深さ方向の全体に亘って順次変えつつ、鉄筋コンクリート 3 の特定の含有元素の原子核が共鳴中性子の捕獲に伴って放射する即発 γ 線の、元素に固有のエネルギースペクトルを検出することで、鉄筋コンクリート 3 の特定の含有元素の有無を非破壊検査によって解析することができる。
- [0047] なお、本実施形態では、共鳴中性子を含む中性子線 13a が共鳴中性子検

出部 14 を通過する時点 t_0 から、鉄筋コンクリート 3 の特定の含有元素からの即発 γ 線が γ 線検出部 15 で検出される時点 t_2 までの経過時間を、両者の時間差によって測定するものとした。しかし、第 3 の時点から各時点 t_0 、 t_2 までの経過時間の差分によって、時点 t_0 から時点 t_2 までの経過時間を測定するようにしてもよい。

[0048] そのように構成したのが、図 10 に示す本発明の他の実施形態に係る非破壊検査装置である。図 10 に引用符号 1A で示す本実施形態の非破壊検査装置は、図 1 に示す実施形態の非破壊検査装置 1 において、各波高分析器 17a、17b から出力されていたスタート信号及びストップ信号が、第 1 ストップ信号及び第 2 ストップ信号にそれぞれ変更されている。また中性子線源 13 は照射検出器を備える。照射検出器は、イオン発生器とターゲット（図 2 参照）との間に介在したイオンモニタ 13d よりなり、測定装置 19 と電気的に接続されている。イオンモニタ 13d はイオンの通過を検出して電気信号として出力するものであって、イオンモニタ 13d としては、一對の電極とその間に満たされたガスとを備えた公知の電離箱を例示することができる。電離箱に代えて、比例計数管、シンチレーション検出器等を利用することもできる。あるいはイオンモニタによらずに、中性子線源 13 が中性子線 13a を照射する時点を検出できる何れかの検出手段であってもよい。

[0049] 本実施形態の非破壊検査装置 1A では、波高分析器 17a に代わって中性子線源 13 が、中性子線 13a を鉄筋コンクリート 3 に向けて照射する時点 t_0 でスタート信号を測定装置 19 に出力する。その他の点は、図 1 に示す実施形態の非破壊検査装置 1 と同様に構成されている。

[0050] なお、中性子線源 13 が中性子線 13a を鉄筋コンクリート 3 に照射する時点 t_0 は、例えば、不図示のイオン発生器がターゲット（図 2 参照）に照射するイオンをイオンモニタ 13d で検出した時点とすることができる。

[0051] そして、本実施形態の測定装置 19 は、中性子線源 13 からの中性子線 13a の出力に同期して制御装置 21 によりトリガされると、中性子線源 13 からのスタート信号の入力から、波高分析器 17a からの第 1 ストップ信号

の入力までの経過時間 ($t_0 - t_a$) と、波高分析器 17b からの第 2 ストップ信号の入力までの経過時間 ($t_2 - t_a$) とを測定する。また、測定装置 19 は、測定した各経過時間の時間差によって、共鳴中性子を含む中性子線 13a が共鳴中性子検出部 14 を通過する時点 t_0 から、鉄筋コンクリート 3 の特定の含有元素からの即発 γ 線が γ 線検出部 15 で検出される時点 t_2 までの経過時間 ($t_2 - t_0$) を算出する。

[0052] したがって、本実施形態の非破壊検査装置 1A によっても、図 1 に示す実施形態の非破壊検査装置 1 と同様の効果を得ることができる。また、本実施形態の非破壊検査装置 1A によれば、共鳴中性子を含む中性子線 13a が共鳴中性子検出部 14 を通過する時点 t_0 を、図 1 に示す実施形態の非破壊検査装置 1 に比べてより正確に検出することができる。このため、制御装置 21 が TOF 法により特定する、鉄筋コンクリート 3 中の特定の含有元素の位置を、より正確なものとすることができる。その理由は以下のとおりである。

[0053] 即ち、特定の含有元素に対応する共鳴中性子を含む中性子線 13a が共鳴中性子検出部 14 を通過する時点 t_0 は、共鳴中性子の中性子エネルギーの分布に応じて一定の時間幅を有する。そこで、この共鳴中性子の中性子エネルギーの立ち上がりの時点を、特定の含有元素に対応する共鳴中性子が共鳴中性子検出部 14 を通過する時点 t_0 として認識するのが通常である。

[0054] しかし、共鳴中性子が共鳴中性子検出部 14 を通過する時点 t_0 の時間幅が大きいと、共鳴中性子の中性子エネルギーの立ち上がりの時点が、時点 t_0 として理想的な、共鳴中性子検出部 14 を通過する共鳴中性子の中性子エネルギーがピーク値を迎える時点から、時間的に大きくずれてしまう。このずれが大きくなると、図 1 に示す実施形態の非破壊検査装置 1 の測定装置 19 が経過時間 ($t_2 - t_0$) の測定を開始する、波高分析器 17a からのスタート信号の入力タイミング (時点 t_0) に、誤差が生じてしまう可能性がある。この誤差は、経過時間 ($t_2 - t_0$) の測定値に誤差を生じさせ、ひいては、経過時間 ($t_2 - t_0$) を元に検出される鉄筋コンクリート 3 中の特定の含有元素の位置 (深さ d) に誤差を生じさせることになる。

- [0055] そこで、本実施形態の非破壊検査装置 1 A では、測定装置 1 9 による経過時間の測定開始時点を、中性子線源 1 3 が中性子線 1 3 a を鉄筋コンクリート 3 に向けて照射した時点 t_a に変えた。また、時点 t_o で波高分析器 1 7 a が出力する信号を、スタート信号ではなく、時点 t_2 で波高分析器 1 7 b が出力するストップ信号（本実施形態では第 2 ストップ信号）と同じく、第 1 ストップ信号として利用して、時点 t_o を測定装置 1 9 による経過時間の測定終了時点とするようにした。
- [0056] これにより、波高分析器 1 7 a は、共鳴中性子検出部 1 4 を通過する共鳴中性子の中性子エネルギーが立ち上がる時点から、中性子エネルギーがピーク値に至るまで、あるいは、所定の閾値を上回っている間中、周期的に第 1 ストップ信号を出力し続けることになる。したがって、測定装置 1 9 は、共鳴中性子を含む中性子線 1 3 a を中性子線源 1 3 が鉄筋コンクリート 3 に向けて照射する時点 t_a から、その中性子線 1 3 a が共鳴中性子検出部 1 4 を通過する時点 t_o までの経過時間を、波高分析器 1 7 a が出力する第 1 ストップ信号と同じ数だけ測定することになる。このため、測定した各経過時間（ $t_o - t_a$ ）を統計的に解析して、共鳴中性子検出部 1 4 を通過する共鳴中性子の中性子エネルギーがピーク値となる時点を時点 t_o とした理想的な経過時間（ $t_o - t_a$ ）を、測定した経過時間（ $t_o - t_a$ ）の中から選択することができる。
- [0057] これにより、経過時間（ $t_o - t_a$ ）と共に測定装置 1 9 が測定する、中性子線源 1 3 が中性子線 1 3 a を鉄筋コンクリート 3 に向けて照射した時点 t_a から、鉄筋コンクリート 3 の特定の含有元素からの即発 γ 線が γ 線検出部 1 5 で検出される時点 t_2 までの経過時間（ $t_2 - t_a$ ）と、経過時間（ $t_o - t_a$ ）との差分により、図 1 に示す実施形態の非破壊検査装置 1 の測定装置 1 9 よりも正確に、経過時間（ $t_2 - t_o$ ）を測定することができる。よって、制御装置 2 1 が T O F 法により特定する鉄筋コンクリート 3 中の特定の含有元素の位置を、より正確に求めることができる。
- [0058] なお、上述した各本実施形態では、非破壊検査装置 1, 1 A が対象物であ

る鉄筋コンクリート 3 上を移動可能な移動台 11 を有している場合について説明したが、移動台 11 は省略しても良い。

- [0059] また、以上のようにして解析した鉄筋コンクリート 3 における特定の含有元素の位置を可視化して表示する表示手段を、非破壊検査装置 1, 1A に設けるように構成してもよい。この場合、表示手段による表示形態としては、例えば、鉄筋コンクリート 3 の表面からの深さ方向と移動台 11 の移動方向とにおける塩素の分布の解析結果を示すデータを、塩素の濃度の高低に応じた等高線によって表示する形式や、表示の粗密による濃度表示等の形式によって表示する形式が考えられる。このように、解析した結果をその場で可視化する構成とすることで、鉄筋コンクリート 3 の非破壊検査を行う現場において、解析結果の迅速な把握に役立てることができる。

産業上の利用可能性

- [0060] 対象物の形状や場所に制約されない非破壊検査方法と、この方法に好適な非破壊検査装置とが提供される。

請求の範囲

- [請求項1] 一の元素を含む対象物を非破壊に検査する方法であって、
前記対象物に第1の測定点および第2の測定点を通して中性子線を照射し、
前記中性子線に含まれた前記元素に固有の共鳴中性子が前記第1の測定点を通過する第1の時点から、前記対象物に到達した前記共鳴中性子により前記対象物から放射される即発 γ 線が前記第2の測定点において検出される第2の時点までの経過時間を測定し、
前記第1の測定点と、前記第2の測定点と、前記対象物の表面との間の相対位置と、前記経過時間とに基づいて、前記対象物における前記元素の位置を検出する、
各ステップを含む、方法。
- [請求項2] 前記元素を含むターゲットを前記第1の測定点に位置せしめて放射された γ 線を検出することにより、前記第1の時点を検出するステップを、さらに含む、請求項1の方法。
- [請求項3] 前記第2の測定点に γ 線検出部を位置せしめて前記 γ 線検出部により前記第2の時点を検出するステップを、さらに含む、請求項1の方法。
- [請求項4] 前記対象物において前記中性子線が照射される位置を、前記対象物の前記表面に沿って順次変えつつ、前記各ステップを実行する、請求項1の方法。
- [請求項5] 一の元素を含む対象物を非破壊に検査する装置であって、
第1の測定点および第2の測定点を有し、前記対象物に前記第1の測定点および前記第2の測定点を通して中性子線を照射するべく位置した中性子線源と、
前記第1の測定点に位置し、前記中性子線に含まれた前記元素に固有の共鳴中性子が前記第1の測定点を通過する第1の時点を検出する共鳴中性子検出部と、

前記第 2 の測定点に位置し、前記対象物に到達した前記共鳴中性子により前記対象物から放射される即発 γ 線を検出する γ 線検出部と、

前記共鳴中性子検出部および前記 γ 線検出部と電氣的に接続され、前記第 1 の時点から前記即発 γ 線が検出される第 2 の時点までの経過時間を測定するべく構成された測定装置と、

前記測定装置と電氣的に接続され、前記第 1 の測定点と、前記第 2 の測定点と、前記対象物の表面との間の相対位置と、前記経過時間とに基づいて、前記対象物における前記元素の位置を算出する制御装置と、

を備えた装置。

[請求項6] 前記対象物に対する前記中性子線の照射を検出するべく構成された照射検出器をさらに備え、

前記測定装置は、前記照射を前記照射検出器が検出した時点から前記第 1 の時点までの第 1 の経過時間から、前記照射を前記照射検出器が検出した時点から前記第 2 の時点までの第 2 の経過時間との差分を計算することにより、前記経過時間を測定するべく構成されている、請求項 3 の装置。

[請求項7] 前記第 1 の測定点に位置した前記元素を含むターゲットと、前記ターゲットが放射する γ 線を検出するべく構成された γ 線モニタとをさらに備えた、請求項 5 の装置。

[請求項8] 前記第 2 の測定点に位置した γ 線検出部をさらに備えた請求項 5 の装置。

[請求項9] 前記対象物上を移動可能に構成され、前記中性子線源と前記各 γ 線モニタとを支持する移動台をさらに備えていることを特徴とする請求項 5 の装置。

補正された請求の範囲
[2011年2月15日(15.02.2011)国際事務局受理]

- [請求項 1] (補正後) 一の元素を含む対象物を非破壊に検査する方法であって、
前記対象物に第 1 の測定点を通して中性子線を照射し、
前記中性子線に含まれた前記元素に固有の共鳴中性子が前記第 1 の測定点を通る第 1 の時点から、前記対象物に到達した前記共鳴中性子により前記対象物から放射される即発 γ 線が前記第 1 の測定点と異なる第 2 の測定点において検出される第 2 の時点までの経過時間を測定し、
前記第 1 の測定点と、前記第 2 の測定点と、前記対象物の表面との間の相対位置と、前記経過時間とに基づいて、前記対象物における前記元素の位置を検出する、
各ステップを含む、方法。
- [請求項 2] 前記元素を含むターゲットを前記第 1 の測定点に位置せしめて放射された γ 線を検出することにより、前記第 1 の時点を検出するステップを、さらに含む、請求項 1 の方法。
- [請求項 3] 前記第 2 の測定点に γ 線検出部を位置せしめて前記 γ 線検出部により前記第 2 の時点を検出するステップを、さらに含む、請求項 1 の方法。
- [請求項 4] 前記対象物において前記中性子線が照射される位置を、前記対象物の前記表面に沿って順次変えつつ、前記各ステップを実行する、請求項 1 の方法。
- [請求項 5] (補正後) 一の元素を含む対象物を非破壊に検査する装置であって、
第 1 の測定点および第 2 の測定点を有し、前記対象物に前記第 1 の測定点を通して中性子線を照射するべく位置した中性子線源と、
前記第 1 の測定点に位置し、前記中性子線に含まれた前記元素に固有の共鳴中性子が前記第 1 の測定点を通る第 1 の時点を検出する共鳴中性子検出部と、
前記第 2 の測定点に位置し、前記対象物に到達した前記共鳴中性子

により前記対象物から放射される即発 γ 線を検出する γ 線検出部と、

前記共鳴中性子検出部および前記 γ 線検出部と電氣的に接続され、
前記第1の時点から前記即発 γ 線が検出される第2の時点までの経過
時間を測定するべく構成された測定装置と、

前記測定装置と電氣的に接続され、前記第1の測定点と、前記第2
の測定点と、前記対象物の表面との間の相対位置と、前記経過時間と
に基づいて、前記対象物における前記元素の位置を算出する制御装置
と、

を備えた装置。

[請求項 6] (補正後) 前記対象物に対する前記中性子線の照射を検出するべく構成さ
れた照射検出器をさらに備え、

前記測定装置は、前記照射を前記照射検出器が検出した時点から前
記第1の時点までの第1の経過時間から、前記照射を前記照射検出器
が検出した時点から前記第2の時点までの第2の経過時間との差分を
計算することにより、前記経過時間を測定するべく構成されている、

請求項5の装置。

[請求項 7] 前記第1の測定点に位置した前記元素を含むターゲットと、

前記ターゲットが放射する γ 線を検出するべく構成された γ 線モニ
タとをさらに備えた、請求項5の装置。

[請求項 8] 前記第2の測定点に位置した γ 線検出部をさらに備えた請求項5の
装置。

[請求項 9] 前記対象物上を移動可能に構成され、前記中性子線源と前記各 γ 線
モニタとを支持する移動台をさらに備えていることを特徴とする請求
項5の装置。

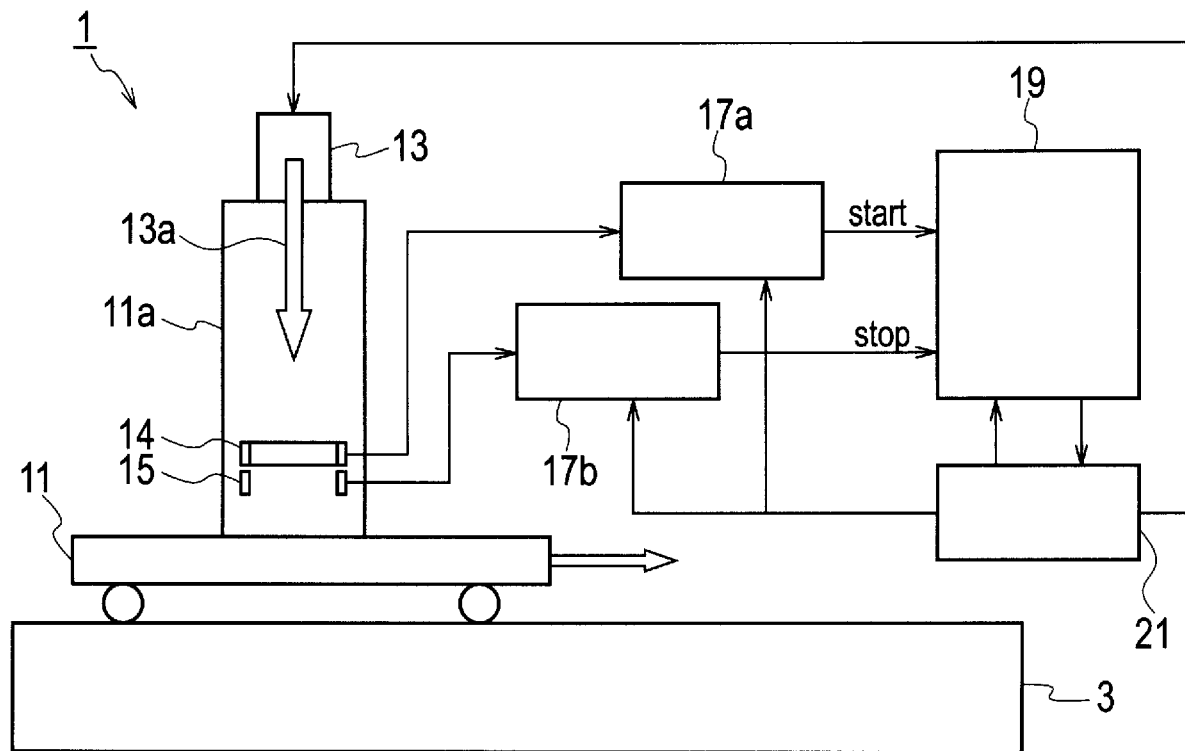
条約第 19 条（1）に基づく説明書

請求の範囲第 1 項は、中性子線の通過点として「および第 2 の測定点」なる表現がその第 2 段落に当初記載されていたものを削除し、代わりに、即発 γ 線の測定点として「前記第 2 の測定点」なる表現がその第 3 段落に記載されていたところ、これを「前記第 1 の測定点と異なる第 2 の測定点」と補正することにより、第 2 の測定点が中性子線を通過させる点ではなく、第 1 の測定点と異なる位置において即発 γ 線を測定する点であって、当初明細書の 0025 段落に記載された「 γ 線検出部」により裏付けられるものであることを明確にした。

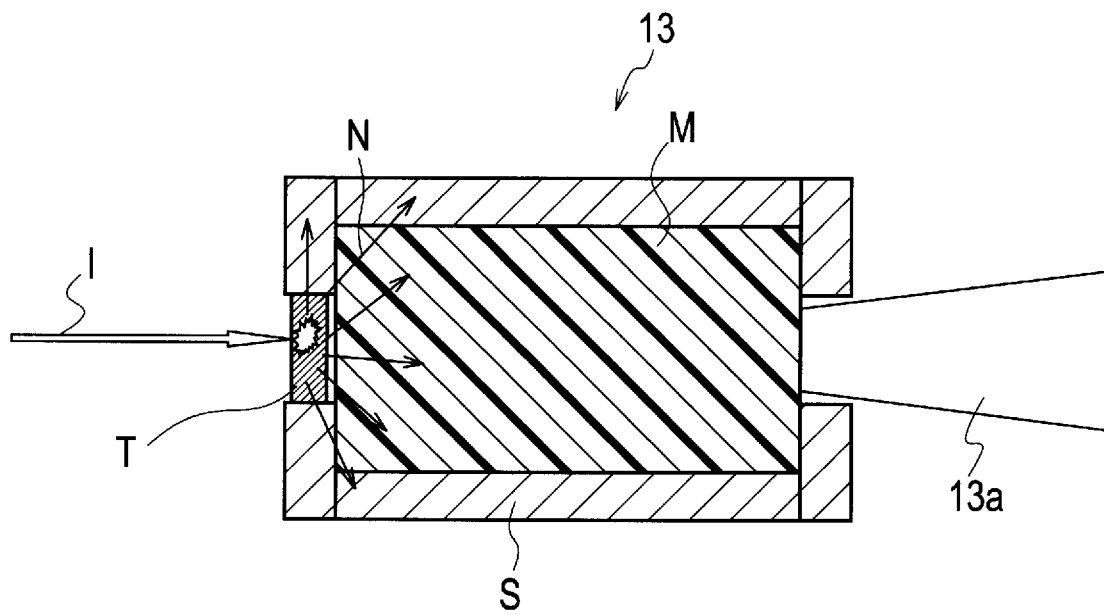
請求の範囲第 5 項は、中性子線の通過点として「および第 2 の測定点」なる表現がその第 2 段落に当初記載されていたものを削除することにより、第 2 の測定点が中性子線を通過させる点ではなく、第 1 の測定点と異なる位置において即発 γ 線を測定する点であって、当初明細書の 0025 段落に記載された「 γ 線検出部」により裏付けられるものであることを明確にした。

請求の範囲第 6 項は、引用する項が誤って第 3 項と記載されていたものを、正しく第 5 項に変更した。

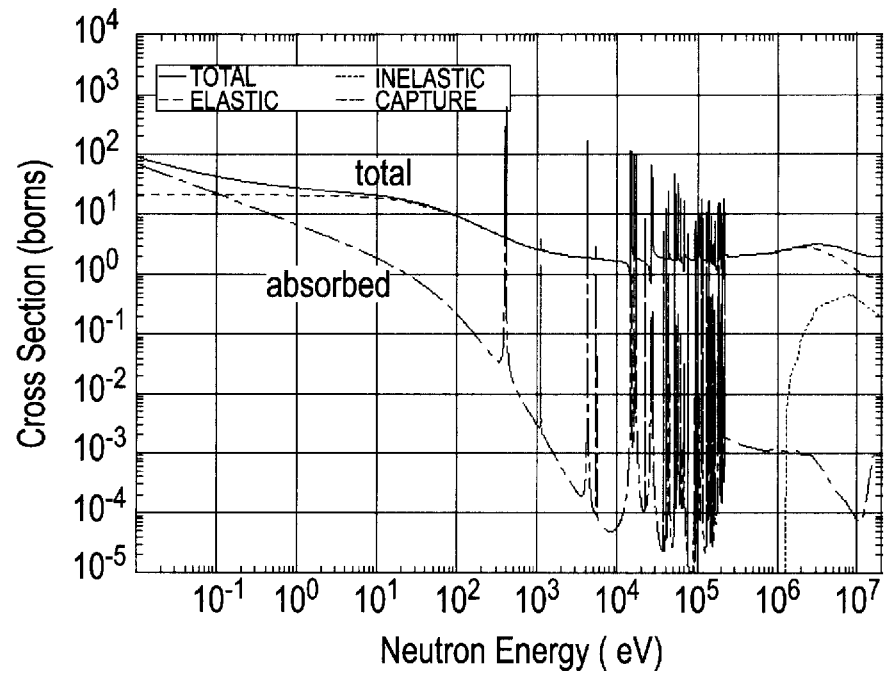
[図1]



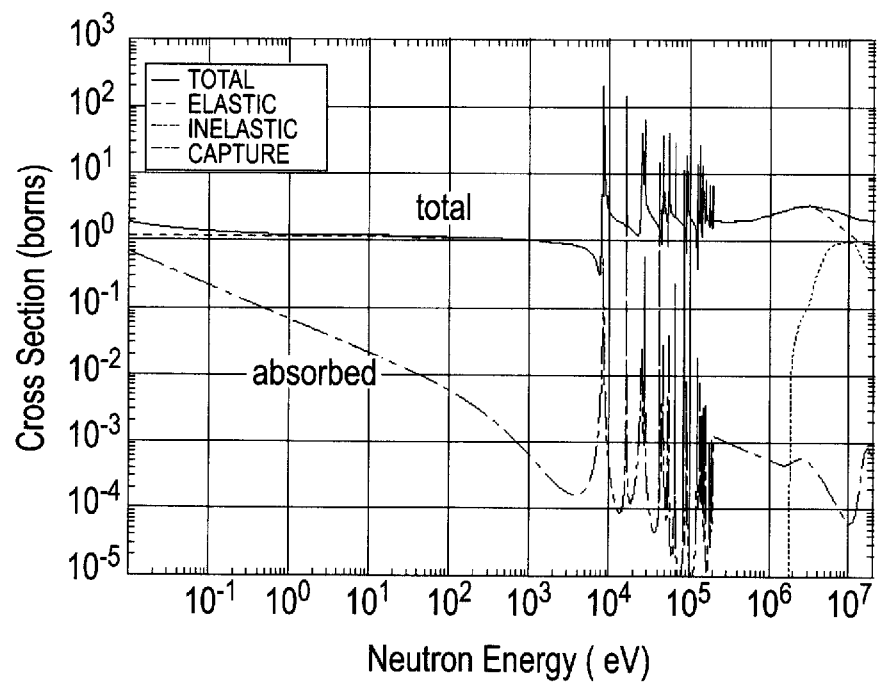
[図2]



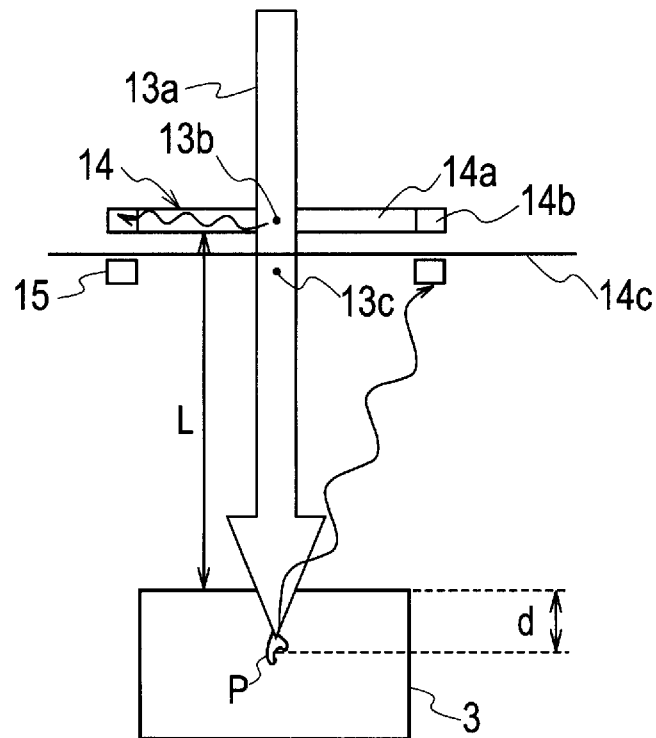
[図3]



[図4]

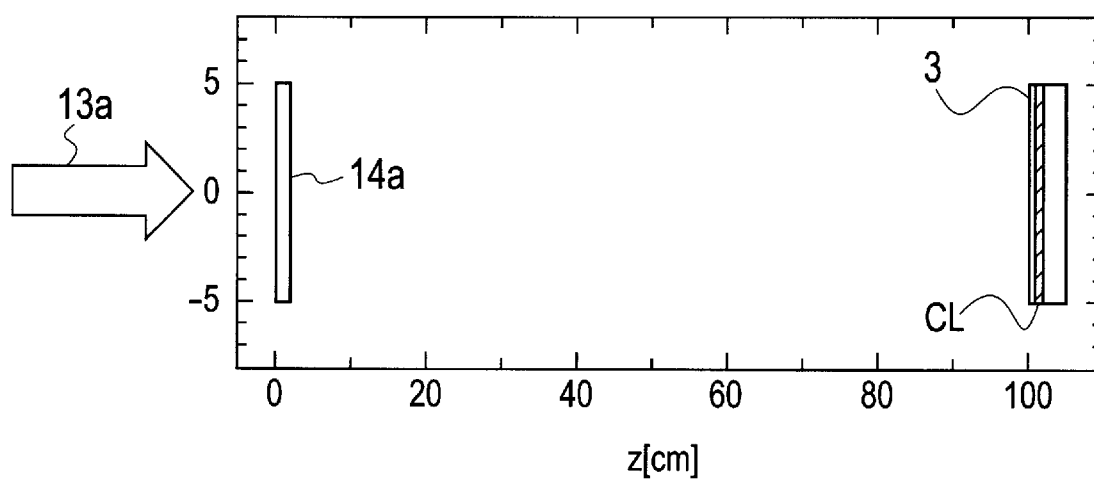


[図5]

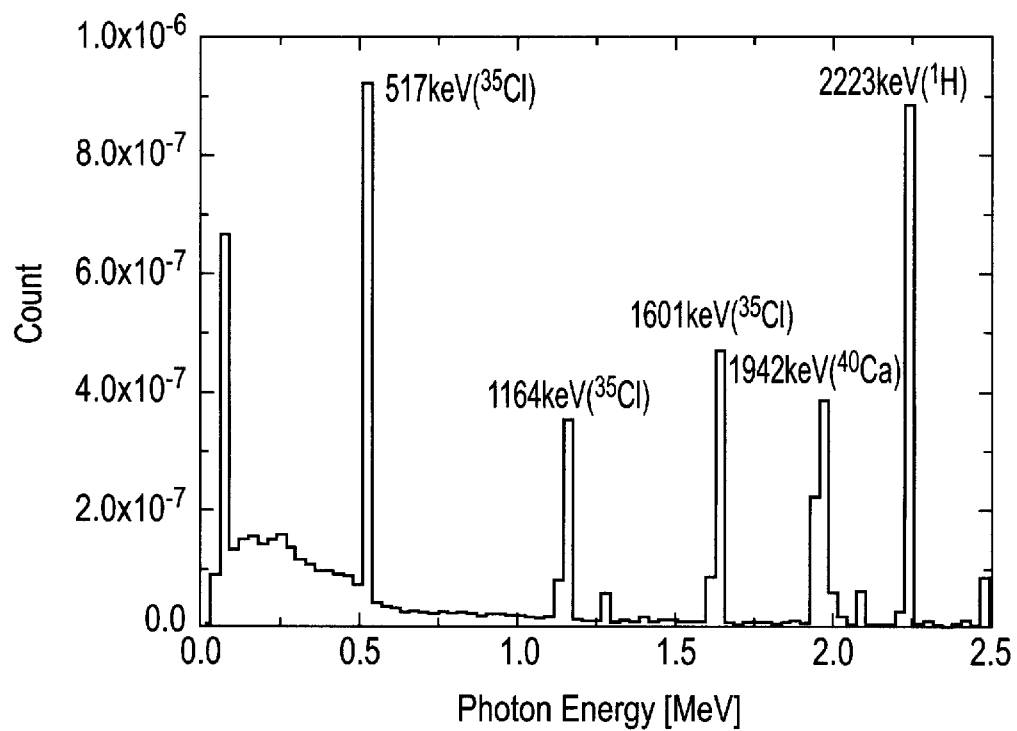


$$t_2 - t_0 = \frac{L + d}{v} \quad \Rightarrow \quad d = (t_2 - t_0) \cdot v - L$$

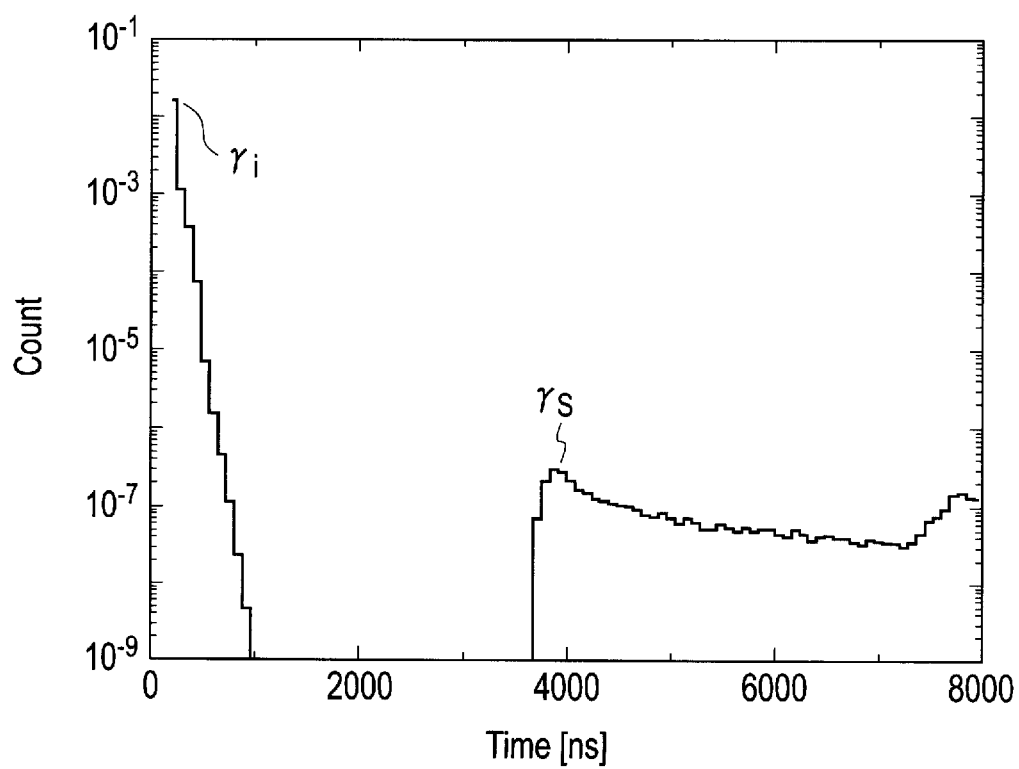
[図6]



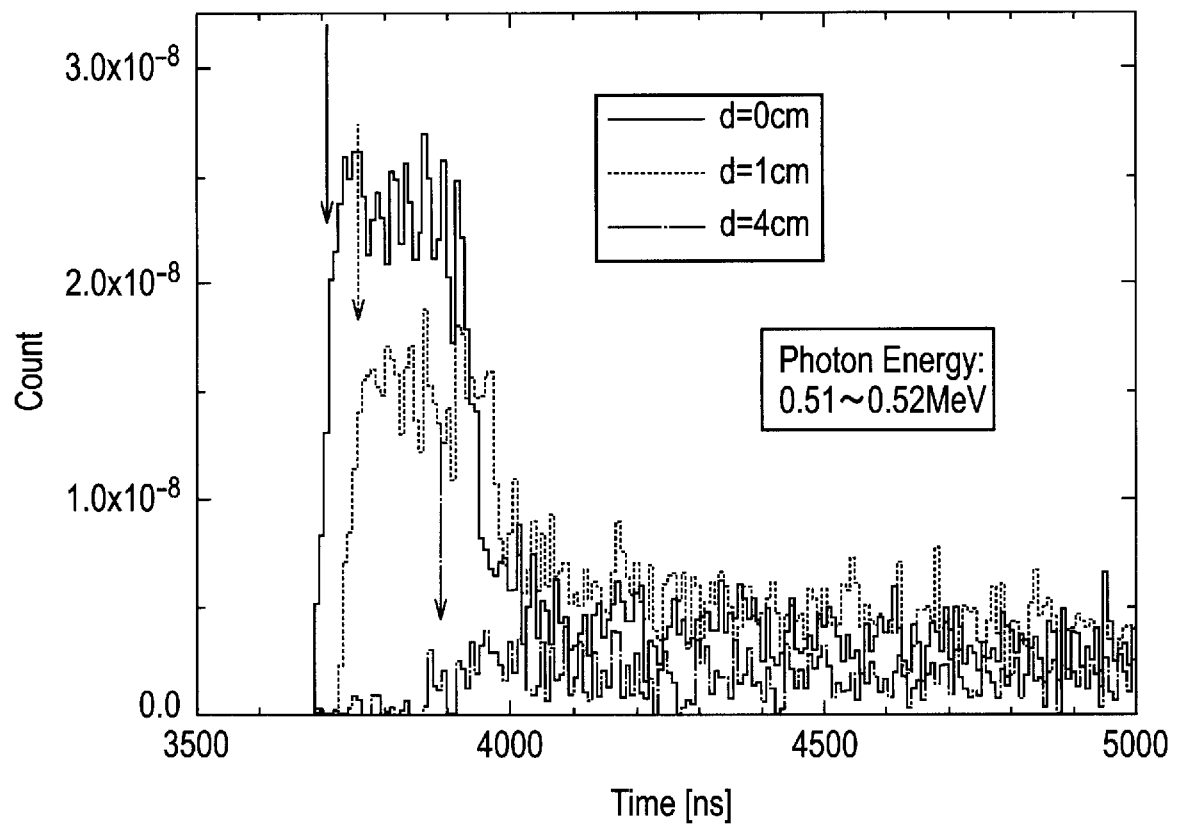
[図7]



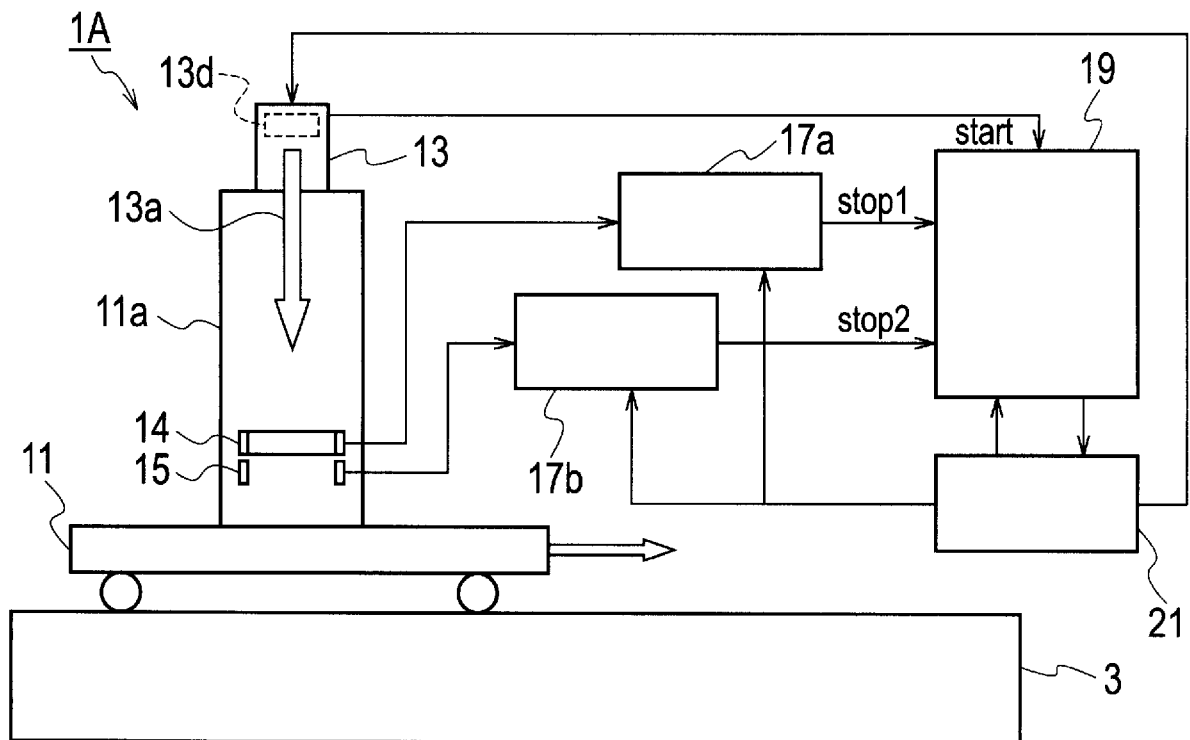
[図8]



[図9]



[図10]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/067973

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01N23/22 (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)

G01N23/00-G01N23/227

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	1996-2010
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2010	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2010

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

JSTPlus (JDreamII)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
<u>X</u> A	WO 2008/012360 A1 (SAGE INNOVATIONS INC.), 31 January 2008 (31.01.2008), page 3, line 28 to page 4, line 32; page 8, lines 1 to 3, 18 to 23; page 9, lines 20 to 22; page 12, lines 21 to 28; page 14, line 29 to page 15, line 31; page 16, lines 12 to 16; page 17, lines 23 to 26; fig. 1, 3	<u>1, 3-6, 8-9</u> 2, 7
A	JP 7-301610 A (WESTINGHOUSE ELECTRIC CORP.), 14 November 1995 (14.11.1995), paragraphs [0022] to [0032]; fig. 2 to 3	1
A	JP 4-504310 A (SCIENCE APPLICATIONS INTERNATIONAL CORP.), 30 July 1992 (30.07.1992), fig. 4 to 5	1

☒ 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
05 November, 2010 (05.11.10)Date of mailing of the international search report
16 November, 2010 (16.11.10)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/067973

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2007/0069145 A1 (Jurgen Leonhardt) , 29 May 2007 (29.05.2007) , fig. 1 to 3	1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2010/067973

WO 2008/012360 A1	2008.01.31	AU 2007278212 A1	2008.01.31
		CA 2659304 A1	2008.01.31
		CN 101512330 A	2009.08.19
		EP 1882929 A1	2008.01.30
		JP 2009-544958 A	2009.12.17
		KR 20090046805 A	2009.05.11
		RU 2009107212 A	2010.09.10
		US 2010/065727 A1	2010.03.18
		ZA 200900624 A	2010.03.31
JP 7-301610 A	1995.11.14	CA 2107926 A1	1994.04.09
		EP 592225 A1	1994.04.13
		US 5539788 A	1996.07.23
JP 4-504310 A	1992.07.30	AT 221691 T	2002.08.15
		AU 636018 B2	1993.04.08
		AU 7308091 A	1991.08.05
		CA 2046896 A1	1991.07.11
		CA 2046896 C	2001.10.30
		EP 470226 A1	1992.02.12
		EP 470226 A4	1997.09.03
		EP 470226 B1	2002.07.31
		IL 96895 A	1995.06.29
		JP 3144641 B2	2001.03.12
		KR 100261529 B1	2000.07.15
		US 5098640 A	1992.03.24
		WO 91/11009 A1	1991.07.25
US 2007/069145 A1	2007.03.29	DE 10323093 A1	2004.12.16
		EP 1625423 A2	2006.02.15
		WO 2004/104546 A2	2004.12.02
		WO 2004/104546 A3	2005.04.07

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. G01N23/22 (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. G01N23/00 - G01N23/227

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 0 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 0 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 0 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)

JSTPlus (JDreamII)

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
<u>X</u> A	WO 2008/012360 A1 (SAGE INNOVATIONS INC.) 2008.01.31 p. 3 l. 28 - p. 4 l. 32, p. 8 ll. 1-3, 18-23, p. 9 ll. 20-22, p. 12 ll. 21-28, p. 14 l. 29 - p. 15 l. 31, p. 16 ll. 12-16, p. 17 ll. 23-26, FIGs. 1, 3	<u>1, 3-6, 8-9</u> 2, 7
A	JP 7-301610 A (WESTINGHOUSE ELECTRIC CORPORATION) 1995.11.14 [0022]-[0032], 図 2-3	1

☒ 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 5 . 1 1 . 2 0 1 0

国際調査報告の発送日

1 6 . 1 1 . 2 0 1 0

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)

高場 正光

2 W

2 9 1 0

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 4-504310 A (SCIENCE APPLICATIONS INTERNATIONAL CORPORATION) 1992. 07. 30, FIGs. 4-5	1
A	US 2007/0069145 A1 (Jurgen Leonhardt) 2007. 05. 29, FIGs. 1-3	1

WO 2008/012360 A1	2008.01.31	AU 2007278212 A1	2008.01.31
		CA 2659304 A1	2008.01.31
		CN 101512330 A	2009.08.19
		EP 1882929 A1	2008.01.30
		JP 2009-544958 A	2009.12.17
		KR 20090046805 A	2009.05.11
		RU 2009107212 A	2010.09.10
		US 2010/065727 A1	2010.03.18
		ZA 200900624 A	2010.03.31
-----	-----	-----	-----
JP 7-301610 A	1995.11.14	CA 2107926 A1	1994.04.09
		EP 592225 A1	1994.04.13
		US 5539788 A	1996.07.23
-----	-----	-----	-----
JP 4-504310 A	1992.07.30	AT 221691 T	2002.08.15
		AU 636018 B2	1993.04.08
		AU 7308091 A	1991.08.05
		CA 2046896 A1	1991.07.11
		CA 2046896 C	2001.10.30
		EP 470226 A1	1992.02.12
		EP 470226 A4	1997.09.03
		EP 470226 B1	2002.07.31
		IL 96895 A	1995.06.29
		JP 3144641 B2	2001.03.12
		KR 100261529 B1	2000.07.15
		US 5098640 A	1992.03.24
		WO 91/11009 A1	1991.07.25
-----	-----	-----	-----
US 2007/069145 A1	2007.03.29	DE 10323093 A1	2004.12.16
		EP 1625423 A2	2006.02.15
		WO 2004/104546 A2	2004.12.02
		WO 2004/104546 A3	2005.04.07
-----	-----	-----	-----