(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
2009 年3 月26 日 (26.03.2009)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2009/037954 A1

(51) 国際特許分類:
G01N 27/90 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2008/065504

(22) 国際出願日: 2008 年8 月29 日 (29.08.2008)

(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2007-244461 2007 年9 月20 日 (20.09.2007) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社原子力エンジニアリング (NUCLEAR ENGINEERING, LTD.) [JP/JP]; 〒5500001 大阪府大阪市西区土佐堀１丁目３番７号 Osaka (JP).

(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 原田 豊 (HARADA, Yutaka). 下根 純理 (SHIMONE, Junri). 前田 功太郎 (MAEDA, Kotaro).

(74) 代理人: 河野 登夫 (KOHNO, Takao); 〒5400035 大阪府大阪市中央区釣鐘町二丁目４番３号 河野特許事務所 Osaka (JP).

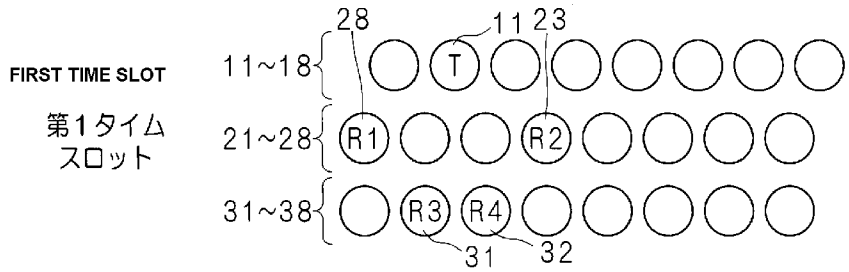
(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG,

[続葉有]

(54) **Title:** EDDY-CURRENT FLAW DETECTING METHOD, EDDY-CURRENT FLAW DETECTING DEVICE, AND EDDY-CURRENT FLAW DETECTING PROBE

(54) **発明の名称:** 渦流探傷方法、渦流探傷装置及び渦流探傷プローブ

[図6A]



(57) **Abstract:** An eddy-current flaw detecting device having an improved spatial resolution of a flaw detection signal and an improved signal reproducibility in flaw re-detection, having a simple circuit structure, and involving a reduced interfering signal. The eddy-current flaw detecting device comprises magnetic elements arranged in at least two lines (11 to 18, 21 to 28) each composed of a predetermined number of magnetic elements at equal intervals on the outer surface of a cylindrical case inserted in a conductor tube (not shown) and switch circuits for time-division operation of the lines of the magnetic elements. The magnetic elements of one of the lines are shifted with respect to the respective magnetic elements of the other line by 1/2 of the interval. The magnetic elements (11 to 18) operate in time division to produce magnetic fields, and the magnetic field detecting elements (21 to 28) of the other line operate in time division to detect the magnetic fields. Each of the produced magnetic fields is detected by two of the magnetic field detecting elements (21 to 28) disposed in positions apart from the each magnetic element by 3/2 of the interval. Thereby eddy-current detection of the conductor tube is carried out.

(57) 要約: 欠陥検出信号の空間分解能、及び再探傷時の信号再現性を向上させ、回路構成が簡単で、干渉信号を低減させることができる渦流探傷装置を提供する。 導体管（図示せず）に緩挿される円柱形状の筐体の周面に、等間隔に所定数ずつ少なくとも２列に周設さ

[続葉有]

WO 2009/037954 A1

SK, SL, SM, ST, SV, SY, 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, 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 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:
— 国際調査報告書

れ、その一方の列１１～１８が、他方の列２１～２８と列方向に等間隔の１／２異なる位置に配置された磁気素子群と、磁気素子群を列毎に時分割作動させる為の各切換回路とを備える渦流探傷装置。一方の列の磁気素子１１～１８を、時分割作動して磁場を励起させる磁場励起素子とし、他方の列の磁気素子２１～２８を、時分割作動して磁場を検出する磁場検出素子とし、各磁場励起素子１１～１８が励起させた各磁場を、各磁場励起素子１１～１８と列方向に等間隔の３／２異なる位置に各配置された各２つの磁場検出素子２１～２８が各検出し、導体管を渦流探傷する構成である。

明 細 書

渦流探傷方法、渦流探傷装置及び渦流探傷プローブ

技術分野

[0001] 本発明は、熱交換器内部の伝熱管等の非破壊検査（渦流探傷試験）に用いられる渦流探傷方法、渦流探傷装置及び渦流探傷プローブの改良に関するものである。

背景技術

[0002] 図1は、熱交換器内部の伝熱管（導体管）である金属細管の渦流探傷装置に使用される従来の渦流探傷プローブの外観を模式的に示す斜視図である。

渦流探傷試験は、時間的に変化する磁場（交流等）を導体に与え、導体に生じた渦電流が、欠陥によって変化するのを検出する非破壊検査であり、金属細管の渦流探傷試験では、金属細管に緩挿された渦流探傷プローブを走行させながら検出する。

[0003] この渦流探傷プローブでは、金属細管に緩挿されるように形成された円柱形状のケーシング（筐体）141に、その周面に一端面を合わせたコイル111～118，121～128，131～138が等間隔に8個ずつ3列に周設されている。3列の1列目の各コイル111～118は、他の2列の各コイル121～128，131～138とは、周方向に前記等間隔の1／2異なる位置に配置されている。

[0004] 図2は、ケーシング141内及び渦流探傷装置の概略回路構成を示すブロック図である。

1列目の各コイル111～118は、磁場励起コイル及び磁場検出コイルに兼用されるコイルであり、それぞれ磁場励起用のマルチプレクサ（切換回路）151、及び磁場検出用のマルチプレクサ（切換回路）152に接続されている。

磁場励起用のマルチプレクサ151にはリード線159が接続されており、リード線159には、渦流探傷装置の本体164から磁場を励起する為の交流電流が与えられる。磁場検出用のマルチプレクサ152には、各コイル111～118が磁場を検出し出力した信号を増幅する増幅器156が接続され、増幅器156が増幅した信号は、リード線160を通じて渦流探傷装置の本体164に与えられる。

[0005] また、2列目の各コイル121～128も、磁場励起コイル及び磁場検出コイルに兼用されるコイルであり、それぞれ磁場励起用のマルチプレクサ（切換回路）153、及び磁場検出用のマルチプレクサ（切換回路）154に接続されている。

磁場励起用のマルチプレクサ153には、リード線161が接続されており、リード線161には、渦流探傷装置の本体164から磁場を励起する為の交流電流が与えられる。磁場検出用のマルチプレクサ154には、各コイル121～128が磁場を検出し出力した信号を増幅する増幅器157が接続され、増幅器157が増幅した信号は、リード線162を通じて渦流探傷装置の本体164に与えられる。

[0006] 3列目の各コイル131～138は、磁場検出コイルであり、それぞれ磁場検出用のマルチプレクサ（切換回路）155に接続されている。

磁場検出用のマルチプレクサ155には、各コイル131～138が磁場を検出し出力した信号を増幅する増幅器158が接続され、増幅器158が増幅した信号は、リード線163を通じて渦流探傷装置の本体164に与えられる。

リード線159～163は、図1に示すように、渦流探傷プローブのケーシング141の一端面の中央部と渦流探傷装置の本体164とを接続するケーブル142に収納されている。

[0007] 渦流探傷装置の本体164には、各コイル111～118，121～128が磁場を励起する為の交流電流を発振する発振回路165と、各コイル111～118，121～128，131～138が磁場を検出し増幅された検出信号を取得する信号検出回路166と、パーソナルコンピュータ（又はワークステーション）168と通信する為の通信部167とが内蔵されている。パーソナルコンピュータ168は、信号検出回路166が取得した検出信号を、通信部167を通じて検出データとして受信し、受信した検出データの記録及び表示を行う。

[0008] 図3は、このような構成の渦流探傷プローブの動作を説明する為に、図1に示すコイル111～118，121～128，131～138を平面に展開して示す展開図である。

この渦流探傷プローブは、動作の周期を示す第1タイムスロット（図3A）では、マルチプレクサ151がコイル111を磁場励起コイルTとして選択し、マルチプレクサ152が、選択して行く周方向にコイル111よりコイル2個分進んだコイル113を、磁場検出コ

イルRとして選択する。また、マルチプレクサ155が、第3列目でコイル111より周方向にコイル0．5個分離隔したコイル131，132を磁場検出コイルRとして選択する。

[0009] 渦流探傷プローブは、次の第2タイムスロット(図3B)では、マルチプレクサ153が、2列目で選択して行く周方向にコイル111よりコイル0．5個分遅れたコイル121を磁場励起コイルTとして選択し、マルチプレクサ154が、選択して行く周方向にコイル121よりコイル2個分進んだコイル123を磁場検出コイルRとして選択する。

[0010] 以後、奇数タイムスロットでは、マルチプレクサ151が、順次、コイル112，113，114・・・を磁場励起コイルTとして選択して行き、マルチプレクサ152が、順次、コイル114，115，116・・・を磁場検出コイルRとして選択して行く。また、マルチプレクサ155が、順次、コイル132，133，134・・・を磁場検出コイルRとして各2個ずつ選択して行く。

偶数タイムスロットでは、マルチプレクサ153が、コイル122，123，124・・・を磁場励起コイルTとして選択して行き、マルチプレクサ154が、コイル124，125，126・・・を磁場検出コイルRとして選択して行く。

[0011] 渦流探傷プローブは、第15タイムスロット(図3C)では、マルチプレクサ151がコイル118を磁場励起コイルTとして選択し、マルチプレクサ152が、選択して行く周方向にコイル118よりコイル2個分進んだコイル112を、磁場検出コイルRとして選択する。また、マルチプレクサ155が、第3列目でコイル118より周方向にコイル0．5個分離隔したコイル138，131を磁場検出コイルRとして選択する。

[0012] 渦流探傷プローブは、次の第16タイムスロット(図3D)では、マルチプレクサ153が、2列目で選択して行く周方向にコイル118よりコイル0．5個分遅れたコイル128を磁場励起コイルTとして選択し、マルチプレクサ154が、選択して行く周方向にコイル128よりコイル2個分進んだコイル122を磁場検出コイルRとして選択する。

[0013] 以上により、この探傷プローブでは、金属細管1周当たり、コイル111～118による周方向の欠陥検出の為の出力が8チャンネル、コイル121～128による周方向の欠陥検出の為の出力が8チャンネル、コイル131～138による軸方向の欠陥検出の為の出力が16チャンネルそれぞれ得ることができる。コイル111～118の出力信号とコイル121～128の出力信号とは、互いに周方向について補間し合う位置関係にある

為、周方向欠陥の為の出力は総計16チャンネルとなる。

[0014] 特許文献1には、複数の励起コイルと、複数の検出コイルと、これらのコイルを時分割駆動する為のスイッチング回路を備え、コイルとスイッチング回路との間に絶縁用スイッチング回路を更に設けた渦流探傷プローブが開示されている。

特許文献2には、複数の磁場励起素子と、複数の磁場検出素子と、これらの素子を時分割駆動する為のスイッチング回路、及び前記複数の磁場検出素子を時分割駆動するスイッチング回路よりも計測器側に設けた検出信号増幅回路とを備えた渦流探傷プローブが開示されている。

[0015] 特許文献3には、複数の磁場励起素子・磁場検出素子対からなる渦流探傷プローブと、該プローブの磁場励起素子・磁場検出素子対を時分割駆動する手段とを備え、更に時分割駆動の数ステップにわたり各素子対の出力信号を保持する手段と、隣接する素子対の出力信号を差分する手段とを含む制御装置を備える渦流探傷装置が開示されている。

特許文献1:特開2000－235018号

特許文献2:特開2000－235019号

特許文献3:特開2000－235020号

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0016] 上述した従来の渦流探傷プローブでは、周方向の欠陥検出の為のコイル111～118の8チャンネルの出力と、コイル121～128の8チャンネルの出力との間に、軸方向の位置ずれが存在し、渦流探傷プローブの走査速度が変動した場合、その軸方向の位置ずれを補正するのは難しい。軸方向の位置ずれの補正が不可能な場合、欠陥検出信号の空間分解能が低下し、また、再探傷時の信号再現性も低下するという問題がある。

また、上述した渦流探傷プローブでは、コイル111～118，121～128が、磁場励起コイル及び磁場検出コイル兼用である為、磁場励起用スイッチング回路及び磁場検出用スイッチング回路の双方に接続されており、回路構成が複雑になり、クロストークに起因する干渉信号が発生するという問題がある。

[0017] 本発明は、上述したような事情に鑑みてなされたものであり、第1乃至3発明では、欠陥検出信号の空間分解能、及び再探傷時の信号再現性を向上させ、必要な回路構成が簡単で、クロストークに起因する干渉信号を低減させることができる渦流探傷方法を提供することを目的とする。

第4乃至9発明では、欠陥検出信号の空間分解能、及び再探傷時の信号再現性を向上させ、回路構成が簡単で、クロストークに起因する干渉信号を低減させることができる渦流探傷装置を提供することを目的とする。

第10乃至15発明では、欠陥検出信号の空間分解能、及び再探傷時の信号再現性を向上させ、回路構成が簡単で、クロストークに起因する干渉信号を低減させることができる渦流探傷プローブ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

[0018] 第1発明に係る渦流探傷方法は、導体管に緩挿されるように形成された円柱形状の筐体の周面に、等間隔に所定数ずつ少なくとも2列に周設され、該2列の一方の列が、他方の列と列方向に前記等間隔の1／2異なる位置に配置されている磁気素子群と、該磁気素子群を列毎に時分割作動させる為の各切換回路とを用いて、前記導体管を渦流探傷する渦流探傷方法において、一方の列の磁気素子を切換回路により時分割作動させて、磁場を励起させ、他方の列に配列され、磁場を励起させた磁気素子と列方向に前記等間隔の3／2異なる位置に配置された2つの磁気素子を、切換回路により時分割作動させて、励起された磁場を検出させることを特徴とする。

[0019] 第2発明に係る渦流探傷方法は、導体管に緩挿されるように形成された円柱形状の筐体の周面に、等間隔に所定数ずつ少なくとも2列に周設され、該2列の一方の列が、他方の列と列方向に前記等間隔の1／2異なる位置に配置されている磁気素子群と、該磁気素子群を列毎に時分割作動させる為の各切換回路とを用いて、前記導体管を渦流探傷する渦流探傷方法において、一方の列の磁気素子には磁場を励起させる磁場励起素子を、他方の列の磁気素子には磁場を検出する磁場検出素子をそれぞれ用意し、磁場励起素子を切換回路により時分割作動させて、磁場を励起させ、他方の列に配列され、磁場を励起させた磁場励起素子と列方向に前記等間隔の3／2異なる位置に配置された2つの磁場検出素子を、切換回路により時分割作動

させて、励起された磁場を検出させることを特徴とする。

[0020] 第3発明に係る渦流探傷方法は、前記筐体の周面に前記他方の列に隣り合わせて周設され、磁気素子群が配置された列と、該磁気素子群を時分割作動させる為の切換回路とを更に用意し、前記列に配置された2つの磁気素子を、切換回路により時分割作動させて、励起された前記磁場を検出させることを特徴とする。

[0021] 第4発明に係る渦流探傷装置は、導体管に緩挿されるように形成された円柱形状の筐体の周面に、等間隔に所定数ずつ少なくとも2列に周設され、該2列の一方の列が、他方の列と列方向に前記等間隔の1／2異なる位置に配置されている磁気素子群と、該磁気素子群を列毎に時分割作動させる為の各切換回路とを備え、前記導体管を渦流探傷する渦流探傷装置において、一方の列の磁気素子を、切換回路により時分割作動して磁場を励起させる磁場励起素子とする磁場励起手段と、他方の列の磁気素子を、切換回路により時分割作動して磁場を検出する磁場検出素子とする磁場検出手段とを備え、前記磁場励起手段による各磁場励起素子が励起させた各磁場を、該各磁場励起素子と列方向に前記等間隔の3／2異なる位置に各配置され、前記磁場検出手段による各2つの磁場検出素子が各検出し、前記導体管を渦流探傷するように構成してあることを特徴とする。

[0022] 第1発明に係る渦流探傷方法及び第4発明に係る渦流探傷装置では、導体管に緩挿されるように形成された円柱形状の筐体の周面に、磁気素子群が、等間隔に所定数ずつ少なくとも2列に周設され、その一方の列が、他方の列と列方向に等間隔の1／2異なる位置に配置され、各切換回路が、磁気素子群を列毎に時分割作動させて、導体管を渦流探傷する。一方の列の磁気素子を、時分割作動して磁場を励起させる磁場励起素子とし、他方の列の磁気素子を、時分割作動して磁場を検出する磁場検出素子とする。各磁場励起素子が励起させた各磁場を、各磁場励起素子と列方向に等間隔の3／2異なる位置に各配置された各2つの磁場検出素子が各検出し、導体管を渦流探傷する。

[0023] 第5発明に係る渦流探傷装置は、導体管に緩挿されるように形成された円柱形状の筐体の周面に、等間隔に所定数ずつ少なくとも2列に周設され、該2列の一方の列が、他方の列と列方向に前記等間隔の1／2異なる位置に配置されている磁気素子

群と、該磁気素子群を列毎に時分割作動させる為の各切換回路とを備え、前記導体管を渦流探傷する渦流探傷装置において、一方の列の磁気素子は、磁場を励起させる磁場励起素子であり、他方の列の磁気素子は、磁場を検出する磁場検出素子であり、各磁場励起素子が切換回路により時分割作動して励起させた各磁場を、他方の列に配列され、前記各磁場励起素子と列方向に前記等間隔の3／2異なる位置に各配置された各2つの磁場検出素子が、切換回路により時分割作動して各検出し、前記導体管を渦流探傷するように構成してあることを特徴とする。

[0024] 第2発明に係る渦流探傷方法及び第5発明に係る渦流探傷装置では、導体管に緩挿されるように形成された円柱形状の筐体の周面に、磁気素子群が、等間隔に所定数ずつ少なくとも2列に周設され、その一方の列が、他方の列と列方向に等間隔の1／2異なる位置に配置され、各切換回路が、磁気素子群を列毎に時分割作動させて、導体管を渦流探傷する。一方の列の磁気素子は、磁場を励起させる磁場励起素子であり、他方の列の磁気素子は、磁場を検出する磁場検出素子である。各磁場励起素子が時分割作動して励起させた各磁場を、他方の列に配列され、各磁場励起素子と列方向に等間隔の3／2異なる位置に各配置された各2つの磁場検出素子が、時分割作動して各検出して、導体管を渦流探傷する。

[0025] 第6発明に係る渦流探傷装置は、等間隔に所定数ずつ少なくとも2列に周設され、該2列の一方の列が、他方の列と列方向に前記等間隔の1／2異なる位置に配置されている磁気素子群と、該磁気素子群を列毎に時分割作動させる為の各切換回路とを備える渦流探傷装置において、一方の列の磁気素子を、切換回路により時分割作動して磁場を励起させる磁場励起素子とする磁場励起手段と、他方の列の磁気素子を、切換回路により時分割作動して磁場を検出する磁場検出素子とする磁場検出手段とを備え、前記磁場励起手段による各磁場励起素子が励起させた各磁場を、該各磁場励起素子と列方向に前記等間隔の3／2異なる位置に各配置され、前記磁場検出手段による1つ又は各2つの磁場検出素子が各検出し、渦流探傷するように構成してあることを特徴とする。

[0026] 第6発明に係る渦流探傷装置では、磁気素子群が、等間隔に所定数ずつ少なくとも2列に周設され、その一方の列が、他方の列と列方向に等間隔の1／2異なる位置

に配置され、各切換回路が磁気素子群を列毎に時分割作動させる。

一方の列の磁気素子を、時分割作動して磁場を励起させる磁場励起素子とし、他方の列の磁気素子を、時分割作動して磁場を検出する磁場検出素子とする。各磁場励起素子が励起させた各磁場を、各磁場励起素子と列方向に等間隔の3／2異なる位置に各配置された1つ又は各2つの磁場検出素子が各検出し、渦流探傷する。

[0027] 第7発明に係る渦流探傷装置は、等間隔に所定数ずつ少なくとも2列に配設され、該2列の一方の列が、他方の列と列方向に前記等間隔の1／2異なる位置に配置されている磁気素子群と、該磁気素子群を列毎に時分割作動させる為の各切換回路とを備える渦流探傷装置において、一方の列の磁気素子は、磁場を励起させる磁場励起素子であり、他方の列の磁気素子は、磁場を検出する磁場検出素子であり、各磁場励起素子が切換回路により時分割作動して励起させた各磁場を、他方の列に配列され、前記各磁場励起素子と列方向に前記等間隔の3／2異なる位置に各配置された1つ又は各2つの磁場検出素子が、切換回路により時分割作動して各検出し、渦流探傷するように構成してあることを特徴とする。

[0028] 第7発明に係る渦流探傷装置では、磁気素子群が、等間隔に所定数ずつ少なくとも2列に配設され、その一方の列が、他方の列と列方向に等間隔の1／2異なる位置に配置され、各切換回路が、磁気素子群を列毎に時分割作動させる。一方の列の磁気素子は、磁場を励起させる磁場励起素子であり、他方の列の磁気素子は、磁場を検出する磁場検出素子である。各磁場励起素子が時分割作動して励起させた各磁場を、他方の列に配列され、各磁場励起素子と列方向に等間隔の3／2異なる位置に各配置された1つ又は各2つの磁場検出素子が、時分割作動して各検出し、渦流探傷する。

[0029] 第8発明に係る渦流探傷装置は、前記筐体の周面に前記他方の列に隣り合わせて周設され、磁気素子群が配置された列と、該磁気素子群を時分割作動させる為の切換回路とを更に備え、前記列に配置された2つの磁気素子を、切換回路により時分割作動させて、励起された前記磁場を検出し、渦流探傷するように構成してあることを特徴とする。

[0030] 第3発明に係る渦流探傷方法及び第8発明に係る渦流探傷装置では、磁気素子

群が配置された列が、筐体の周面に他方の列に隣り合わせて更に周設され、その更に周設された磁気素子群を、更に設けられた切換回路が時分割作動させる。その列に配置された2つの磁気素子を、切換回路により時分割作動させて、励起された磁場を検出し、渦流探傷する。

[0031] 第9発明に係る渦流探傷装置は、前記各磁場検出素子が検出して出力し、切換回路を経由した信号を増幅する増幅回路を更に備えることを特徴とする。

[0032] 第10発明に係る渦流探傷プローブは、導体管に緩挿されるように形成された円柱形状の筐体の周面に、等間隔に所定数ずつ少なくとも2列に周設され、該2列の一方の列が、他方の列と列方向に前記等間隔の1／2異なる位置に配置されている磁気素子群と、該磁気素子群を列毎に時分割作動させる為の各切換回路とを備え、前記導体管を渦流探傷する渦流探傷プローブにおいて、一方の列の磁気素子は、切換回路により時分割作動して磁場を励起させる磁場励起素子とされるように、他方の列の磁気素子は、切換回路により時分割作動して磁場を検出する磁場検出素子とされるようにそれぞれ構成してあり、前記磁場励起素子とされた各磁気素子が励起させた各磁場を、該各磁気素子と列方向に前記等間隔の3／2異なる位置に各配置され、前記磁場検出素子とされた各2つの磁気素子が各検出し、前記導体管を渦流探傷するように構成してあることを特徴とする。

[0033] 第10発明に係る渦流探傷プローブでは、磁気素子群が、導体管に緩挿されるように形成された円柱形状の筐体の周面に、等間隔に所定数ずつ少なくとも2列に周設され、その一方の列が、他方の列と列方向に等間隔の1／2異なる位置に配置されている。各切換回路により磁気素子群を列毎に時分割作動させ、導体管を渦流探傷する。一方の列の磁気素子は、時分割作動して磁場を励起させる磁場励起素子とされ、他方の列の磁気素子は、時分割作動して磁場を検出する磁場検出素子とされる。磁場励起素子とされた各磁気素子が励起させた各磁場を、その各磁気素子と列方向に等間隔の3／2異なる位置に各配置され、磁場検出素子とされた各2つの磁気素子が各検出し、導体管を渦流探傷する。

[0034] 第11発明に係る渦流探傷プローブは、導体管に緩挿されるように形成された円柱形状の筐体の周面に、等間隔に所定数ずつ少なくとも2列に周設され、該2列の一

方の列が、他方の列と列方向に前記等間隔の1／2異なる位置に配置されている磁気素子群と、該磁気素子群を列毎に時分割作動させる為の各切換回路とを備え、前記導体管を渦流探傷する渦流探傷プローブにおいて、一方の列の磁気素子は、磁場を励起させる磁場励起素子であり、他方の列の磁気素子は、磁場を検出する磁場検出素子であり、各磁場励起素子が切換回路により時分割作動して励起させた各磁場を、他方の列に配列され、前記各磁場励起素子と列方向に前記等間隔の3／2異なる位置に各配置された各2つの磁場検出素子が、切換回路により時分割作動して各検出し、前記導体管を渦流探傷するように構成してあることを特徴とする。

[0035] 第11発明に係る渦流探傷プローブでは、磁気素子群が、導体管に緩挿されるように形成された円柱形状の筐体の周面に、等間隔に所定数ずつ少なくとも2列に周設され、その一方の列が、他方の列と列方向に前記等間隔の1／2異なる位置に配置されている。各切換回路により磁気素子群を列毎に時分割作動させ、導体管を渦流探傷する。一方の列の磁気素子は、磁場を励起させる磁場励起素子であり、他方の列の磁気素子は、磁場を検出する磁場検出素子である。各磁場励起素子が時分割作動して励起させた各磁場を、他方の列に配列され、各磁場励起素子と列方向に等間隔の3／2異なる位置に各配置された各2つの磁場検出素子が、時分割作動して各検出し、導体管を渦流探傷する。

[0036] 第12発明に係る渦流探傷プローブは、等間隔に所定数ずつ少なくとも2列に周設され、該2列の一方の列が、他方の列と列方向に前記等間隔の1／2異なる位置に配置されている磁気素子群と、該磁気素子群を列毎に時分割作動させる為の各切換回路とを備える渦流探傷プローブにおいて、一方の列の磁気素子は、切換回路により時分割作動して磁場を励起させる磁場励起素子とされるように、他方の列の磁気素子は、切換回路により時分割作動して磁場を検出する磁場検出素子とされるようにそれぞれ構成してあり、前記磁場励起素子とされた各磁気素子が励起させた各磁場を、該各磁気素子と列方向に前記等間隔の3／2異なる位置に各配置され、前記磁場検出素子とされた1つ又は各2つの磁気素子が各検出し、渦流探傷するように構成してあることを特徴とする。

[0037] 第12発明に係る渦流探傷プローブでは、磁気素子群が、等間隔に所定数ずつ少

なくとも2列に周設され、その一方の列が、他方の列と列方向に等間隔の1／2異なる位置に配置され、各切換回路が、磁気素子群を列毎に時分割作動させる。一方の列の磁気素子は、時分割作動して磁場を励起させる磁場励起素子とされ、他方の列の磁気素子は、時分割作動して磁場を検出する磁場検出素子とされる。磁場励起素子とされた各磁気素子が励起させた各磁場を、その各磁気素子と列方向に等間隔の3／2異なる位置に各配置され、磁場検出素子とされた1つ又は各2つの磁気素子が各検出し、渦流探傷する。

[0038] 第13発明に係る渦流探傷プローブは、等間隔に所定数ずつ少なくとも2列に配設され、該2列の一方の列が、他方の列と列方向に前記等間隔の1／2異なる位置に配置されている磁気素子群と、該磁気素子群を列毎に時分割作動させる為の各切換回路とを備える渦流探傷プローブにおいて、一方の列の磁気素子は、磁場を励起させる磁場励起素子であり、他方の列の磁気素子は、磁場を検出する磁場検出素子であり、各磁場励起素子が切換回路により時分割作動して励起させた各磁場を、他方の列に配列され、前記各磁場励起素子と列方向に前記等間隔の3／2異なる位置に各配置された1つ又は各2つの磁場検出素子が、切換回路により時分割作動して各検出し、渦流探傷するように構成してあることを特徴とする。

[0039] 第13発明に係る渦流探傷プローブでは、磁気素子群が、等間隔に所定数ずつ少なくとも2列に配設され、その一方の列が、他方の列と列方向に等間隔の1／2異なる位置に配置され、各切換回路が、磁気素子群を列毎に時分割作動させる。一方の列の磁気素子は、磁場を励起させる磁場励起素子であり、他方の列の磁気素子は、磁場を検出する磁場検出素子である。各磁場励起素子が時分割作動して励起させた各磁場を、他方の列に配列され、その各磁場励起素子と列方向に等間隔の3／2異なる位置に各配置された1つ又は各2つの磁場検出素子が、時分割作動して各検出し渦流探傷する。

[0040] 第14発明に係る渦流探傷プローブは、前記筐体の周面に前記他方の列に隣り合わせて周設され、磁気素子群が配置された列と、該磁気素子群を時分割作動させる為の切換回路とを更に備え、前記列に配置された2つの磁気素子を、切換回路により時分割作動させて、励起された前記磁場を検出し、渦流探傷するように構成してあ

ることを特徴とする。

[0041] 第14発明に係る渦流探傷プローブでは、磁気素子群が配置された列が、筐体の周面に前記他方の列に隣り合わせて更に周設され、更に設けられた切換回路が、その更に周設された磁気素子群を時分割作動させる。その磁気素子群の2つの磁気素子を、時分割作動して、励起された磁場を検出し渦流探傷する。

[0042] 第15発明に係る渦流探傷プローブは、前記各磁場検出素子が検出して出力し、切換回路を経由した信号を増幅する増幅回路を更に備えることを特徴とする。

発明の効果

[0043] 第1乃至3発明に係る渦流探傷方法によれば、欠陥検出信号の空間分解能、及び再探傷時の信号再現性を向上させ、必要な回路構成が簡単で、クロストークに起因する干渉信号を低減させることができる渦流探傷方法を実現できる。

[0044] 第4乃至9発明に係る渦流探傷装置によれば、欠陥検出信号の空間分解能、及び再探傷時の信号再現性を向上させ、回路構成が簡単で、クロストークに起因する干渉信号を低減させることができる渦流探傷装置を実現できる。

[0045] 第10乃至15発明に係る渦流探傷プローブによれば、欠陥検出信号の空間分解能、及び再探傷時の信号再現性を向上させ、回路構成が簡単で、クロストークに起因する干渉信号を低減させることができる渦流探傷プローブを実現できる。

図面の簡単な説明

[0046] [図1]従来の渦流探傷プローブの外観を模式的に示す斜視図である。

[図2]従来の渦流探傷プローブのケーシング内及び渦流探傷装置の概略回路構成を示すブロック図である。

[図3A]従来の渦流探傷プローブの動作を説明する為に、図1に示すコイルを平面展開して示す第1タイムスロットにおける展開図である。

[図3B]従来の渦流探傷プローブの動作を説明する為に、図1に示すコイルを平面展開して示す第2タイムスロットにおける展開図である。

[図3C]従来の渦流探傷プローブの動作を説明する為に、図1に示すコイルを平面展開して示す第15タイムスロットにおける展開図である。

[図3D]従来の渦流探傷プローブの動作を説明する為に、図1に示すコイルを平面展

開して示す第16タイムスロットにおける展開図である。

[図4]本発明に係る渦流探傷方法、渦流探傷装置及び渦流探傷プローブの実施の形態に使用される渦流探傷プローブの外観を模式的に示す斜視図である。

[図5]本発明に係る渦流探傷プローブのケーシング内及び渦流探傷装置の概略回路構成を示すブロック図である。

[図6A]本発明に係る渦流探傷方法、渦流探傷装置及び渦流探傷プローブの動作を説明する為に、図4に示すコイルを平面展開して示す第1タイムスロットにおける展開図である。

[図6B]本発明に係る渦流探傷方法、渦流探傷装置及び渦流探傷プローブの動作を説明する為に、図4に示すコイルを平面展開して示す第2タイムスロットにおける展開図である。

[図6C]本発明に係る渦流探傷方法、渦流探傷装置及び渦流探傷プローブの動作を説明する為に、図4に示すコイルを平面展開して示す第7タイムスロットにおける展開図である。

[図6D]本発明に係る渦流探傷方法、渦流探傷装置及び渦流探傷プローブの動作を説明する為に、図4に示すコイルを平面展開して示す第8タイムスロットにおける展開図である。

符号の説明

[0047] 11～18 コイル(磁気素子、磁場励起手段)

21～28, 31～38 コイル(磁気素子、磁場検出手段)

41 ケーシング(筐体)

42 ケーブル

51～53 マルチプレクサ(切換回路)

54, 55 増幅器(磁場検出手段)

56～58 リード線

59 渦流探傷装置の本体

60 発振回路(磁場励起手段)

61 信号検出回路

62 通信部

発明を実施するための最良の形態

[0048] 以下に、本発明をその実施例を示す図面に基づいて説明する。

実施例 1

[0049] 図4は、本発明に係る渦流探傷方法、渦流探傷装置及び渦流探傷プローブの実施の形態に使用される渦流探傷プローブの外観を模式的に示す斜視図である。

この渦流探傷プローブは、金属細管に緩挿されるように形成された円柱形状のケーシング(筐体)41に、その周面に一端面を合わせたコイル11～18, 21～28, 31～38が等間隔に8個ずつ3列に周設されている。3列の1列目の各コイル11～18は、他の2列の各コイル21～28, 31～38とは、周方向に前記等間隔の1／2異なる位置に配置されている。

[0050] 図5は、ケーシング41内及び渦流探傷装置の概略回路構成を示すブロック図である。

1列目の各コイル(磁気素子、磁場励起手段)11～18は、金属細管の内周面から肉部に渦電流を発生させる磁場励起コイル(磁場励起素子)に使用されるコイルであり、それぞれ磁場励起用のマルチプレクサ(切換回路)51に接続されている。

磁場励起用のマルチプレクサ51にはリード線56が接続されており、リード線56には、渦流探傷装置の本体59から磁場を励起する為の交流電流が与えられる。

[0051] また、2列目の各コイル(磁気素子、磁場検出手段)21～28は、金属細管の肉部に発生した渦電流による磁場を検出する磁場検出コイル(磁場検出素子)に使用されるコイルであり、それぞれ磁場検出用のマルチプレクサ(切換回路)52に接続されている。磁場検出用のマルチプレクサ52には、各コイル21～28が磁場を検出し出力した信号を増幅する増幅器(磁場検出手段)54が接続され、増幅器54が増幅した信号は、リード線57を通じて渦流探傷装置の本体59に与えられる。

[0052] 3列目の各コイル(磁気素子、磁場検出手段)31～38は、磁場検出に使用されるコイルであり、それぞれ磁場検出用のマルチプレクサ(切換回路)53に接続されている。磁場検出用のマルチプレクサ53には、各コイル31～38が磁場を検出し出力した信号を増幅する増幅器(磁場検出手段)55が接続され、増幅器55が増幅した信号

は、リード線58を通じて渦流探傷装置の本体59に与えられる。

[0053] リード線56～58は、図4に示すように、渦流探傷プローブのケーシング41の一端面の中央部と渦流探傷装置の本体59とを接続するケーブル42に収納されている。

渦流探傷装置の本体59には、各コイル11～18が磁場を励起する為の交流電流を発振する発振回路（磁場励起手段）60と、各コイル21～28，31～38が磁場を検出し増幅された検出信号を取得する信号検出回路61と、パーソナルコンピュータ（又はワークステーション）63と通信する為の通信部62とが内蔵されている。パーソナルコンピュータ62は、信号検出回路61が取得した検出信号を、通信部62を通じて検出データとして受信し、受信した検出データの記録及び表示を行う。

尚、増幅器54，55は、渦流探傷装置の本体59に内蔵されていても良く、また、各列のコイル数が小さい場合は、マルチプレクサ51～53も渦流探傷装置の本体59に内蔵することも可能である。

[0054] 図6は、このような構成の渦流探傷プローブの動作を説明する為に、図4に示すコイル11～18，21～28，31～38を平面に展開して示す展開図である。

この渦流探傷プローブは、動作の周期を示す第1タイムスロットから第8タイムスロットで、金属細管の内周面1回り分を探傷する。

渦流探傷プローブは、第1タイムスロット（図6A）では、マルチプレクサ51がコイル11を磁場励起コイルTとして選択し、マルチプレクサ52が、第2列目でコイル11より周方向にコイル3／2個分離隔したコイル28，23を、磁場検出コイルR1，R2として選択する。また、マルチプレクサ53が、第3列目でコイル11より周方向にコイル0．5個分離隔したコイル31，32を磁場検出コイルR3，R4として選択する。

[0055] 磁場検出コイルR1，R2が出力した検出信号は、金属細管の周方向（渦流探傷プローブの進行方向に交差する方向）の欠陥検出に、磁場検出コイルR3，R4が出力した検出信号は、金属細管の軸方向（渦流探傷プローブの進行方向）の欠陥検出にそれぞれ使用される。

[0056] 渦流探傷プローブは、次の第2タイムスロット（図6B）では、マルチプレクサ51がコイル12を磁場励起コイルTとして選択し、マルチプレクサ52が、第2列目でコイル12より周方向にコイル3／2個分離隔したコイル21，24を、磁場検出コイルR1，R2として

選択する。また、マルチプレクサ53が、第3列目でコイル12より周方向にコイル0．5個分離隔したコイル32，33を磁場検出コイルR3，R4として選択する。

[0057] 以後、各タイムスロットでは、マルチプレクサ51が、順次、コイル13，14，15・・・を磁場励起コイルTとして選択して行き、マルチプレクサ52が、順次、コイル22－25，23－26，24－27・・・を磁場検出コイルR1－R2として各2個ずつ選択して行く。また、マルチプレクサ53が、順次、コイル33－34，34－35，35－36・・・を磁場検出コイルR3－R4として各2個ずつ選択して行く。

[0058] 渦流探傷プローブは、第7タイムスロット(図6C)では、マルチプレクサ51がコイル17を磁場励起コイルTとして選択し、マルチプレクサ52が、第2列目でコイル17より周方向にコイル3／2個分離隔したコイル26，21を、磁場検出コイルR1，R2として選択する。また、マルチプレクサ53が、第3列目でコイル17より周方向にコイル0．5個分離隔したコイル37，38を磁場検出コイルR3，R4として選択する。

[0059] 渦流探傷プローブは、次の第8タイムスロット(図6D)では、マルチプレクサ51がコイル18を磁場励起コイルTとして選択し、マルチプレクサ52が、第2列目でコイル18より周方向にコイル3／2個分離隔したコイル27，22を、磁場検出コイルR1，R2として選択する。また、マルチプレクサ53が、第3列目でコイル18より周方向にコイル0．5個分離隔したコイル38，31を磁場検出コイルR3，R4として選択する。

[0060] 上述した第1～8タイムスロットにより、磁場励起コイルT－磁場検出コイルR1及び磁場励起コイルT－磁場検出コイルR2の組合せは、金属細管の周方向(渦流探傷プローブの進行方向に交差する方向)の欠陥検出に好適な配置となっている。また、磁場励起コイルT－磁場検出コイルR3及び磁場励起コイルT－磁場検出コイルR4の組合せは、金属細管の軸方向(渦流探傷プローブの進行方向)の欠陥検出に好適な配置となっている。

[0061] 本実施の形態の場合、金属細管1周当たり、コイル21～28による16チャンネルの出力が、全て同一円周上で揃う為、軸方向の位置ずれを補正する必要が無く、欠陥検出信号の空間分解能、及び再探傷時の信号再現性が向上する。

また、図5に示すように、図2の従来の回路に比較して、2個のマルチプレクサと、1列目のコイル11～18及び2列目のコイル21～28からその2個のマルチプレクサへ

の配線とが不要になるので、回路構成を小型化でき、回路全体を渦流探傷プローブのケーシング41内に収納することが可能である。また、配線が減少することにより、クロストークに起因する干渉信号を低減することができる。

[0062] また、渦流探傷装置の性能等の事情により、2つのタイムスロットを複合することも可能である。例えば、第1タイムスロットで、磁場励起コイルとしてコイル11，15を、磁場検出コイルとしてコイル31，32，28，23，35，36，24，27を同時に選択することも可能である。

尚、マルチプレクサによる検出信号を増幅する為、増幅回路は通常必要であるが、特に検出信号の劣化が問題にならないような場合には、増幅回路を省略することも可能である。

また、本実施の形態では、金属細管内に挿入する内挿型プローブの例を示したが、本発明は、上置型及び貫通型の渦流探傷装置及び渦流探傷プローブについても適用することができる。

[0063] また、本実施の形態では、磁場励起素子、磁場検出素子として、共にコイルを用いているが、勿論、これに限らず、その他の素子を用いることも可能である。また、磁場励起素子群と磁場検出素子群とを明確に区別しているので、例えば、磁場励起素子としてコイルを、磁場検出素子としてホール素子、磁気抵抗効果素子等の磁気検出素子を使用する等、異種の素子を組合わせることも可能である。

また、コイルの向きについても、図4に示す限りではなく、他の向きで構成することも可能である。

[0064] また、コイル数についても、1列8個に限る必要は一切無く、必要に応じて適宜増減できる。また、切換回路であるマルチプレクサのチャンネル数についても同様に、必要に応じて適宜増減することができる。また、回路を内蔵する場所については、渦流探傷プローブのケーシング内部が最も望ましいが、物理的に不可能である場合は、信号線を内包するチューブ内部やその周囲に設けることも可能である。

産業上の利用可能性

[0065] 本発明は、熱交換器内部の伝熱管等の非破壊検査（渦流探傷試験）に用いられる渦流探傷方法、渦流探傷装置及び渦流探傷プローブに適用できる。

請求の範囲

[1] 導体管に緩挿されるように形成された円柱形状の筐体の周面に、等間隔に所定数ずつ少なくとも2列に周設され、該2列の一方の列が、他方の列と列方向に前記等間隔の1／2異なる位置に配置されている磁気素子群と、該磁気素子群を列毎に時分割作動させる為の各切換回路とを用いて、前記導体管を渦流探傷する渦流探傷方法において、

一方の列の磁気素子を切換回路により時分割作動させて、磁場を励起させ、他方の列に配列され、磁場を励起させた磁気素子と列方向に前記等間隔の3／2異なる位置に配置された2つの磁気素子を、切換回路により時分割作動させて、励起された磁場を検出させることを特徴とする渦流探傷方法。

[2] 導体管に緩挿されるように形成された円柱形状の筐体の周面に、等間隔に所定数ずつ少なくとも2列に周設され、該2列の一方の列が、他方の列と列方向に前記等間隔の1／2異なる位置に配置されている磁気素子群と、該磁気素子群を列毎に時分割作動させる為の各切換回路とを用いて、前記導体管を渦流探傷する渦流探傷方法において、

一方の列の磁気素子には磁場を励起させる磁場励起素子を、他方の列の磁気素子には磁場を検出する磁場検出素子をそれぞれ用意し、磁場励起素子を切換回路により時分割作動させて、磁場を励起させ、他方の列に配列され、磁場を励起させた磁場励起素子と列方向に前記等間隔の3／2異なる位置に配置された2つの磁場検出素子を、切換回路により時分割作動させて、励起された磁場を検出させることを特徴とする渦流探傷方法。

[3] 前記筐体の周面に前記他方の列に隣り合わせて周設され、磁気素子群が配置された列と、該磁気素子群を時分割作動させる為の切換回路とを更に用意し、前記列に配置された2つの磁気素子を、切換回路により時分割作動させて、励起された前記磁場を検出させる請求項1又は2記載の渦流探傷方法。

[4] 導体管に緩挿されるように形成された円柱形状の筐体の周面に、等間隔に所定数ずつ少なくとも2列に周設され、該2列の一方の列が、他方の列と列方向に前記等間隔の1／2異なる位置に配置されている磁気素子群と、該磁気素子群を列毎に時分

割作動させる為の各切換回路とを備え、前記導体管を渦流探傷する渦流探傷装置において、

一方の列の磁気素子を、切換回路により時分割作動して磁場を励起させる磁場励起素子とする磁場励起手段と、他方の列の磁気素子を、切換回路により時分割作動して磁場を検出する磁場検出素子とする磁場検出手段とを備え、前記磁場励起手段による各磁場励起素子が励起させた各磁場を、該各磁場励起素子と列方向に前記等間隔の3／2異なる位置に各配置され、前記磁場検出手段による各2つの磁場検出素子が各検出し、前記導体管を渦流探傷するように構成してあることを特徴とする渦流探傷装置。

[5] 導体管に緩挿されるように形成された円柱形状の筐体の周面に、等間隔に所定数ずつ少なくとも2列に周設され、該2列の一方の列が、他方の列と列方向に前記等間隔の1／2異なる位置に配置されている磁気素子群と、該磁気素子群を列毎に時分割作動させる為の各切換回路とを備え、前記導体管を渦流探傷する渦流探傷装置において、

一方の列の磁気素子は、磁場を励起させる磁場励起素子であり、他方の列の磁気素子は、磁場を検出する磁場検出素子であり、各磁場励起素子が切換回路により時分割作動して励起させた各磁場を、他方の列に配列され、前記各磁場励起素子と列方向に前記等間隔の3／2異なる位置に各配置された各2つの磁場検出素子が、切換回路により時分割作動して各検出し、前記導体管を渦流探傷するように構成してあることを特徴とする渦流探傷装置。

[6] 等間隔に所定数ずつ少なくとも2列に周設され、該2列の一方の列が、他方の列と列方向に前記等間隔の1／2異なる位置に配置されている磁気素子群と、該磁気素子群を列毎に時分割作動させる為の各切換回路とを備える渦流探傷装置において、

一方の列の磁気素子を、切換回路により時分割作動して磁場を励起させる磁場励起素子とする磁場励起手段と、他方の列の磁気素子を、切換回路により時分割作動して磁場を検出する磁場検出素子とする磁場検出手段とを備え、前記磁場励起手段による各磁場励起素子が励起させた各磁場を、該各磁場励起素子と列方向に前記

等間隔の3／2異なる位置に各配置され、前記磁場検出手段による1つ又は各2つの磁場検出素子が各検出し、渦流探傷するように構成してあることを特徴とする渦流探傷装置。

[7] 等間隔に所定数ずつ少なくとも2列に配設され、該2列の一方の列が、他方の列と列方向に前記等間隔の1／2異なる位置に配置されている磁気素子群と、該磁気素子群を列毎に時分割作動させる為の各切換回路とを備える渦流探傷装置において、

一方の列の磁気素子は、磁場を励起させる磁場励起素子であり、他方の列の磁気素子は、磁場を検出する磁場検出素子であり、各磁場励起素子が切換回路により時分割作動して励起させた各磁場を、他方の列に配列され、前記各磁場励起素子と列方向に前記等間隔の3／2異なる位置に各配置された1つ又は各2つの磁場検出素子が、切換回路により時分割作動して各検出し、渦流探傷するように構成してあることを特徴とする渦流探傷装置。

[8] 前記筐体の周面に前記他方の列に隣り合わせて周設され、磁気素子群が配置された列と、該磁気素子群を時分割作動させる為の切換回路とを更に備え、前記列に配置された2つの磁気素子を、切換回路により時分割作動させて、励起された前記磁場を検出し、渦流探傷するように構成してある請求項4乃至7の何れか1項に記載の渦流探傷装置。

[9] 前記各磁場検出素子が検出して出力し、切換回路を経由した信号を増幅する増幅回路を更に備える請求項4乃至8の何れか1項に記載の渦流探傷装置。

[10] 導体管に緩挿されるように形成された円柱形状の筐体の周面に、等間隔に所定数ずつ少なくとも2列に周設され、該2列の一方の列が、他方の列と列方向に前記等間隔の1／2異なる位置に配置されている磁気素子群と、該磁気素子群を列毎に時分割作動させる為の各切換回路とを備え、前記導体管を渦流探傷する渦流探傷プローブにおいて、

一方の列の磁気素子は、切換回路により時分割作動して磁場を励起させる磁場励起素子とされるように、他方の列の磁気素子は、切換回路により時分割作動して磁場を検出する磁場検出素子とされるようにそれぞれ構成してあり、前記磁場励起素子と

された各磁気素子が励起させた各磁場を、該各磁気素子と列方向に前記等間隔の3／2異なる位置に各配置され、前記磁場検出素子とされた各2つの磁気素子が各検出し、前記導体管を渦流探傷するように構成してあることを特徴とする渦流探傷プローブ。

[11] 導体管に緩挿されるように形成された円柱形状の筐体の周面に、等間隔に所定数ずつ少なくとも2列に周設され、該2列の一方の列が、他方の列と列方向に前記等間隔の1／2異なる位置に配置されている磁気素子群と、該磁気素子群を列毎に時分割作動させる為の各切換回路とを備え、前記導体管を渦流探傷する渦流探傷プローブにおいて、

一方の列の磁気素子は、磁場を励起させる磁場励起素子であり、他方の列の磁気素子は、磁場を検出する磁場検出素子であり、各磁場励起素子が切換回路により時分割作動して励起させた各磁場を、他方の列に配列され、前記各磁場励起素子と列方向に前記等間隔の3／2異なる位置に各配置された各2つの磁場検出素子が、切換回路により時分割作動して各検出し、前記導体管を渦流探傷するように構成してあることを特徴とする渦流探傷プローブ。

[12] 等間隔に所定数ずつ少なくとも2列に周設され、該2列の一方の列が、他方の列と列方向に前記等間隔の1／2異なる位置に配置されている磁気素子群と、該磁気素子群を列毎に時分割作動させる為の各切換回路とを備える渦流探傷プローブにおいて、

一方の列の磁気素子は、切換回路により時分割作動して磁場を励起させる磁場励起素子とされるように、他方の列の磁気素子は、切換回路により時分割作動して磁場を検出する磁場検出素子とされるようにそれぞれ構成してあり、前記磁場励起素子とされた各磁気素子が励起させた各磁場を、該各磁気素子と列方向に前記等間隔の3／2異なる位置に各配置され、前記磁場検出素子とされた1つ又は各2つの磁気素子が各検出し、渦流探傷するように構成してあることを特徴とする渦流探傷プローブ。

[13] 等間隔に所定数ずつ少なくとも2列に配設され、該2列の一方の列が、他方の列と列方向に前記等間隔の1／2異なる位置に配置されている磁気素子群と、該磁気素

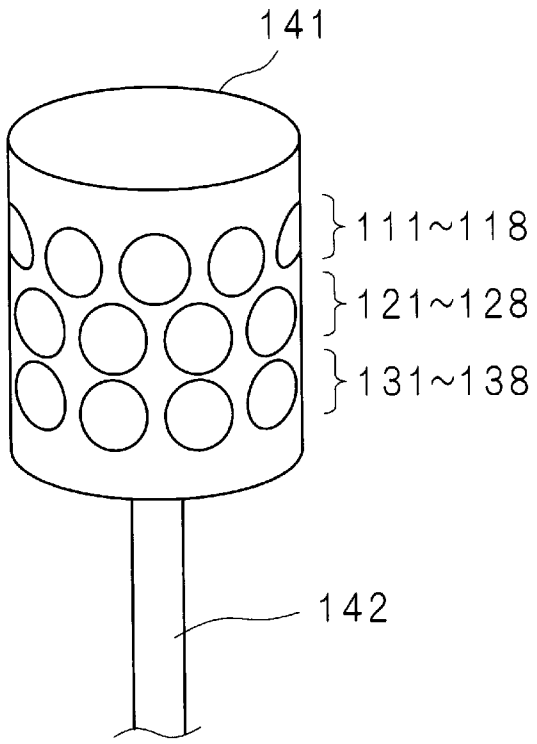
子群を列毎に時分割作動させる為の各切換回路とを備える渦流探傷プローブにおいて、

一方の列の磁気素子は、磁場を励起させる磁場励起素子であり、他方の列の磁気素子は、磁場を検出する磁場検出素子であり、各磁場励起素子が切換回路により時分割作動して励起させた各磁場を、他方の列に配列され、前記各磁場励起素子と列方向に前記等間隔の3／2異なる位置に各配置された1つ又は各2つの磁場検出素子が、切換回路により時分割作動して各検出し、渦流探傷するように構成してあることを特徴とする渦流探傷プローブ。

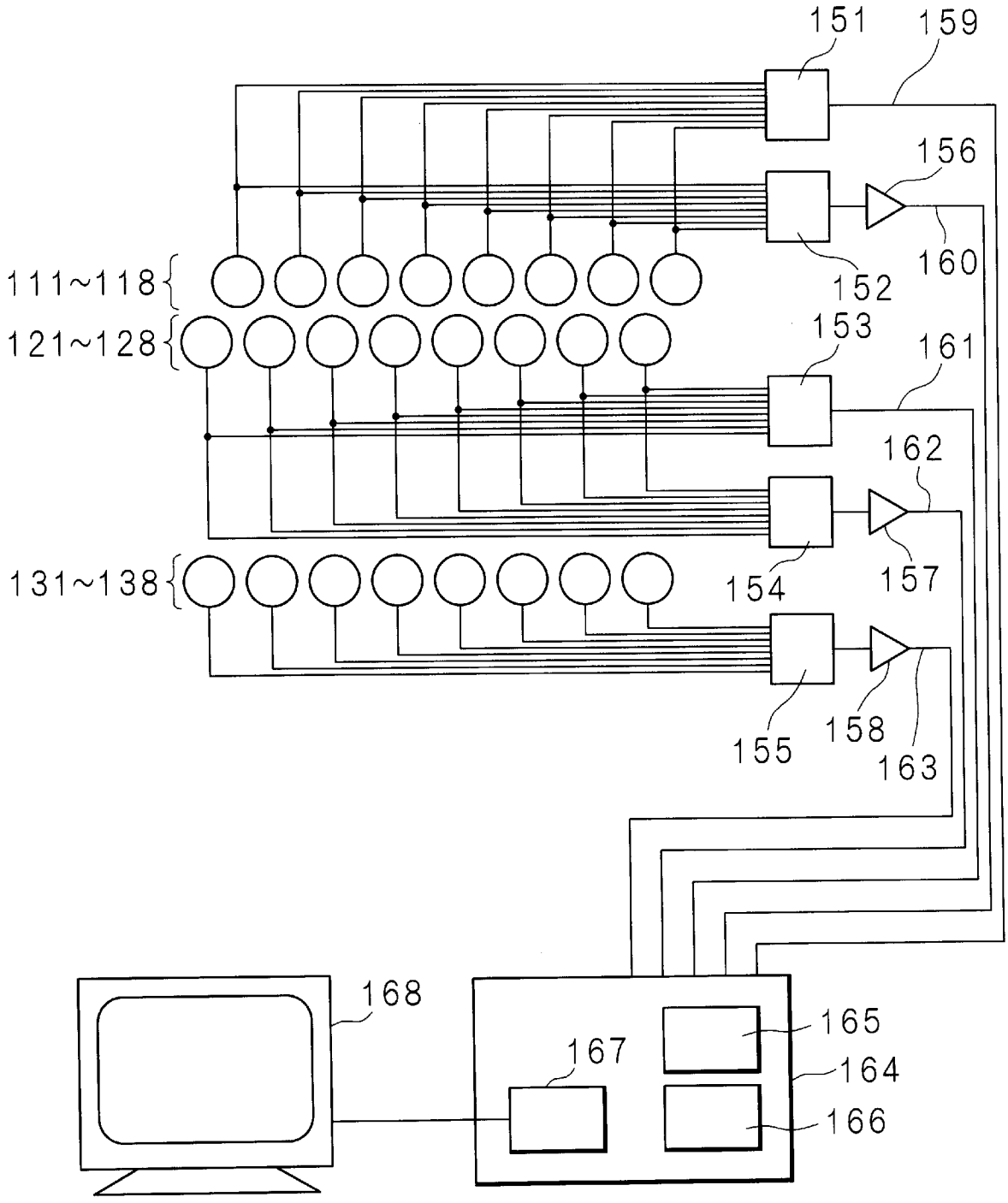
[14] 前記筐体の周面に前記他方の列に隣り合わせて周設され、磁気素子群が配置された列と、該磁気素子群を時分割作動させる為の切換回路とを更に備え、前記列に配置された2つの磁気素子を、切換回路により時分割作動させて、励起された前記磁場を検出し、渦流探傷するように構成してある請求項10乃至13の何れか1項に記載の渦流探傷プローブ。

[15] 前記各磁場検出素子が検出して出力し、切換回路を経由した信号を増幅する増幅回路を更に備える請求項10乃至14の何れか1項に記載の渦流探傷プローブ。

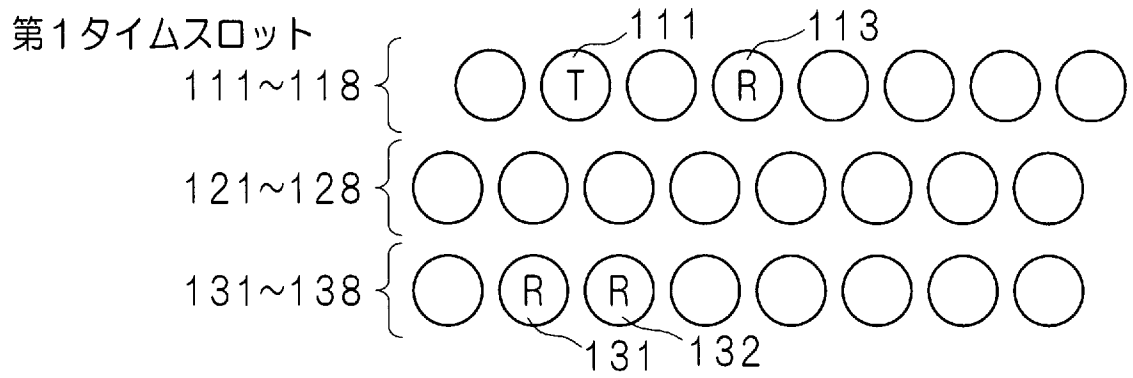
[図1]



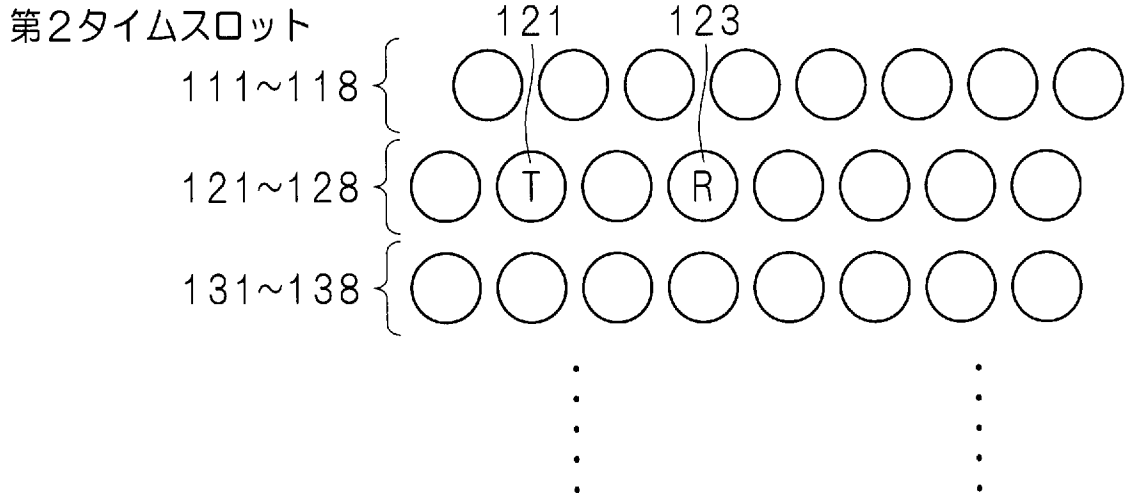
[図2]


151
159
156
160
152
111~118
121~128
153
161
162
154
157
131~138
155
158
163
168
165
167
164
166

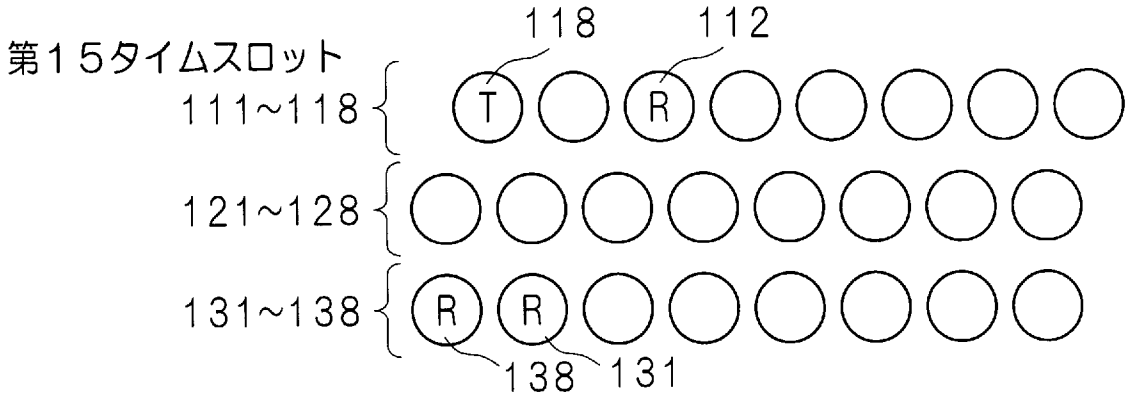
[図3A]


第１タイムスロット
111~118
121~128
131~138
111
113
T
R
R
R
131
132

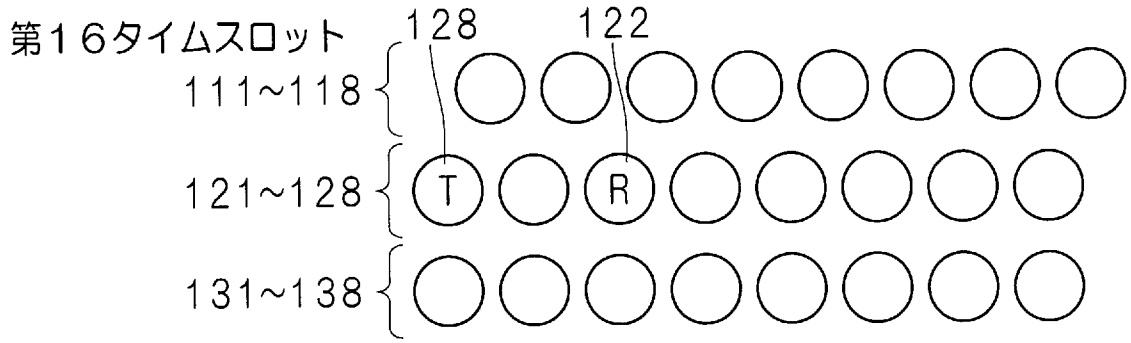
[図3B]


第２タイムスロット
111~118
121~128
131~138
121
123
T
R

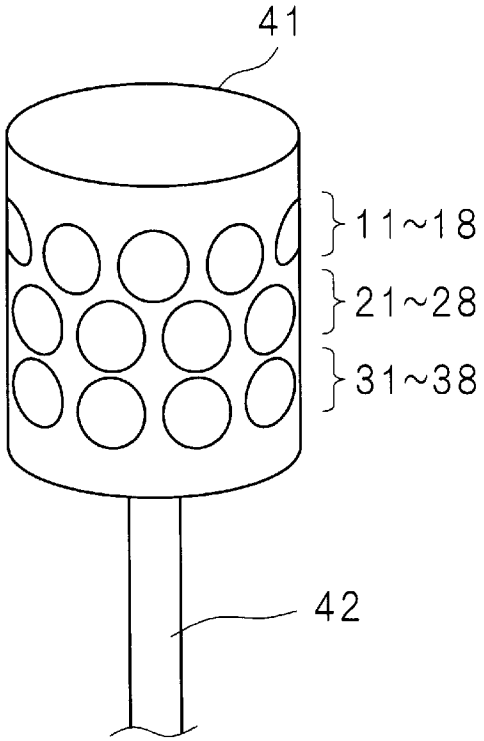
[図3C]


第１５タイムスロット
111~118
121~128
131~138
118
112
T
R
R
R
138
131

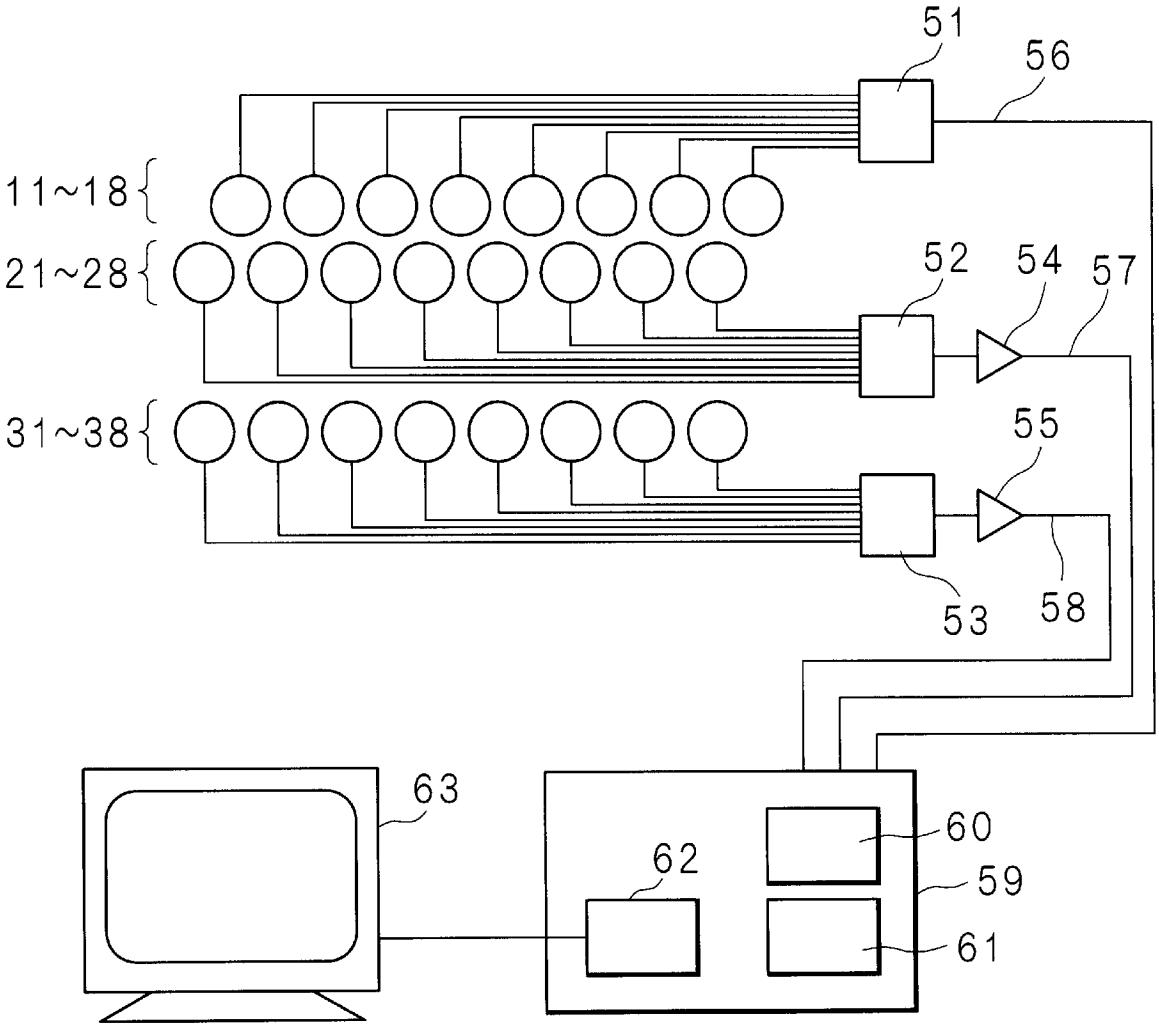
[図3D]



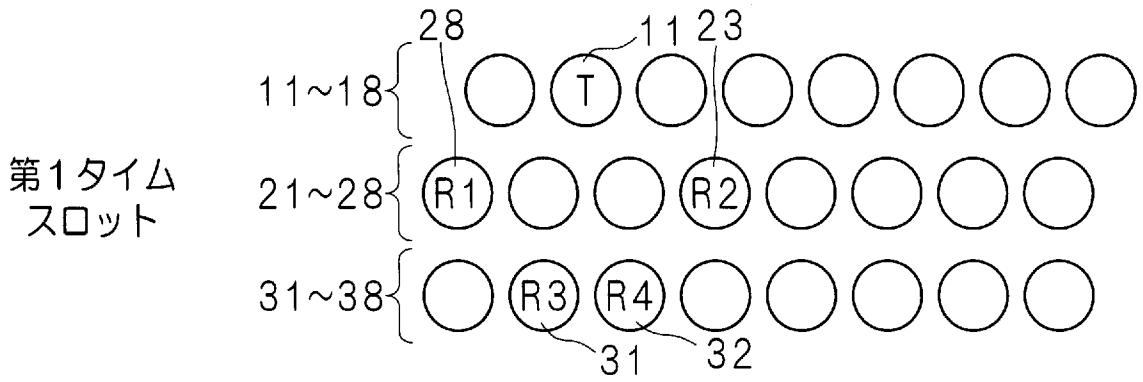
[図4]



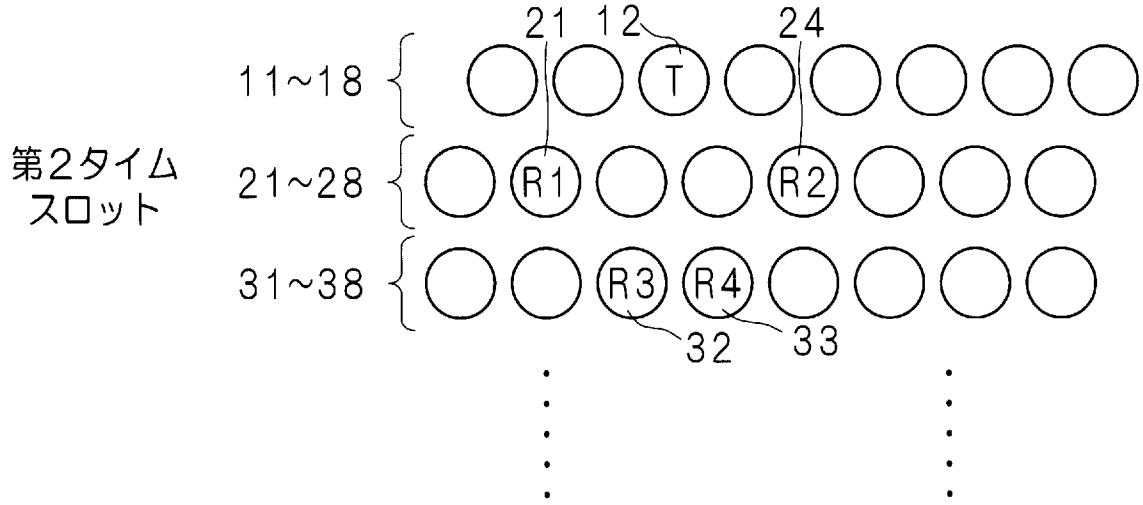
[図5]



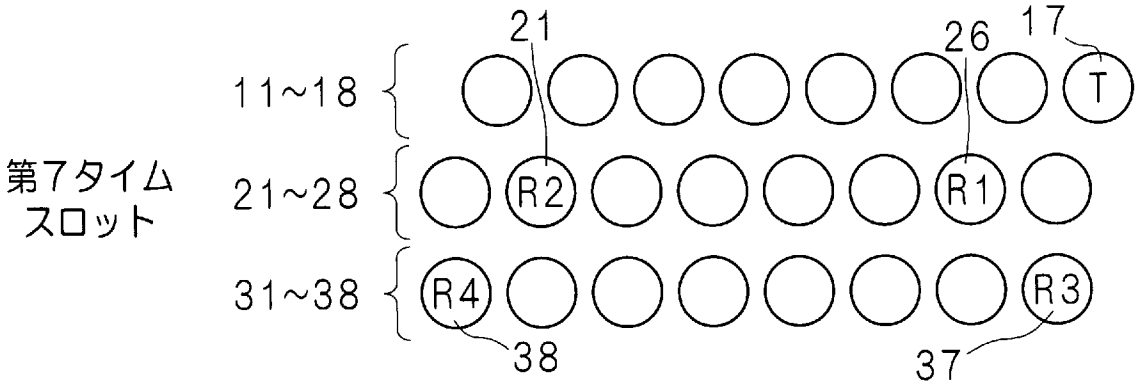
[図6A]


第1タイム
スロット
11~18
21~28
31~38
28
11
23
T
R1
R2
R3
R4
31
32

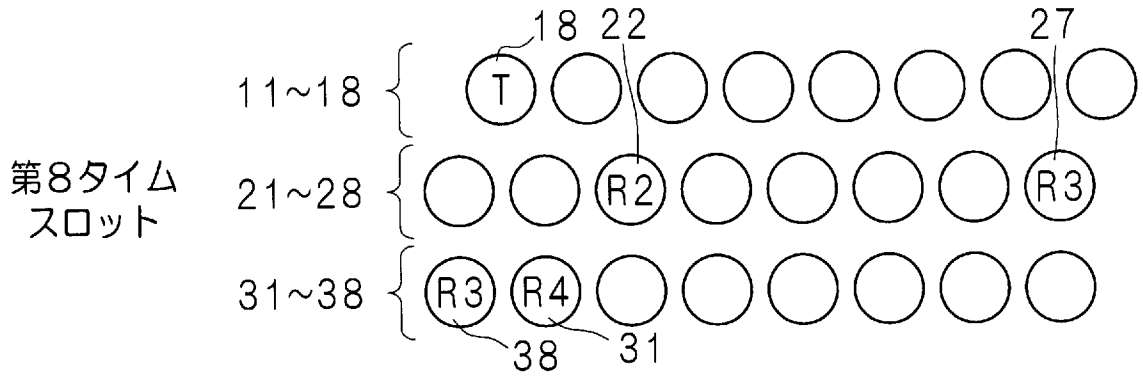
[図6B]


第2タイム
スロット
11~18
21~28
31~38
21
12
24
T
R1
R2
R3
R4
32
33

[図6C]


第7タイム
スロット
11~18
21~28
31~38
21
26
17
T
R1
R2
R3
R4
38
37

[図6D]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2008/065504

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
G01N27/90(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)
G01N27/90

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 1996-2008
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2008 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2008

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
JSTPlus(JDreamII), JST7580(JDreamII)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2000-235019 A (Nuclear Engineering, Ltd.), 29 August, 2000 (29.08.00), Full text; all drawings & US 6344739 B1 & EP 1153289 A & WO 2000/047986 A1 & WO 2000/047987 A1 & AU 2530000 A & AU 2530100 A & CA 2372259 A	1-15
A	JP 2006-226884 A (Hitachi, Ltd.), 31 August, 2006 (31.08.06), Full text; all drawings (Family: none)	1-15

☒ 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
20 November, 2008 (20.11.08)	02 December, 2008 (02.12.08)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (April 2007)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2008/065504

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 2001-509259 A (Commissariat a L'Energie Atomique), 10 July, 2001 (10.07.01), Full text; all drawings & US 6339327 B1 & EP 1015880 A & WO 1998/030896 A1 & FR 2758393 A & CA 2277038 A	1-15
A	JP 8-334498 A (Ishikawajima-Harima Heavy Industries Co., Ltd.), 17 December, 1996 (17.12.96), Full text; all drawings (Family: none)	1-15
A	JP 2003-344360 A (Central Research Institute of Electric Power Industry), 03 December, 2003 (03.12.03), Full text; all drawings (Family: none)	1-15
A	JP 3406649 B2 (Atomic Energy of Canada Ltd.), 07 March, 2003 (07.03.03), Full text; all drawings & US 5506503 A & GB 2269673 A & DE 4318062 A & FR 2694811 A & CA 2076205 A	1-15

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２００８／０６５５０４

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　G01N27/90(2006.01)i

Ｂ．　調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　G01N27/90

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	１９７１－２００８年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２００８年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２００８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), JST7580(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	関連する請求の範囲の番号
A	JP 2000-235019 A (株式会社原子力エンジニアリング) 2000.08.29, 全文、全図 & US 6344739 B1 & EP 1153289 A & WO 2000/047986 A1 & WO 2000/047987 A1 & AU 2530000 A & AU 2530100 A & CA 2372259 A	1-15
A	JP 2006-226884 A (株式会社日立製作所) 2006.08.31, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-15

☑　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	国際調査報告の発送日
２０．１１．２００８	０２．１２．２００８

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
郵便番号１００－８９１５
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

特許庁審査官（権限のある職員）　２Ｗ　３００９
田中　洋介
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３２９２

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	関連する請求の範囲の番号
A	JP 2001-509259 A (コミッサリア　タ　レネルジー　アトミーク) 2001.07.10, 全文、全図 & US 6339327 B1 & EP 1015880 A & WO 1998/030896 A1 & FR 2758393 A & CA 2277038 A	1-15
A	JP 8-334498 A (石川島播磨重工業株式会社) 1996.12.17, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-15
A	JP 2003-344360 A (財団法人電力中央研究所) 2003.12.03, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-15
A	JP 3406649 B2 (アトミック　エナジー　オブ　カナダ　リミテッド) 2003.03.07, 全文、全図 & US 5506503 A & GB 2269673 A & DE 4318062 A & FR 2694811 A & CA 2076205 A	1-15