

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-138511

(P2004-138511A)

(43) 公開日 平成16年5月13日(2004.5.13)

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>

GO1T 3/00  
GO1T 1/17  
G21C 17/10  
G21C 17/12

F I

GO1T 3/00 E  
GO1T 3/00 H  
GO1T 1/17 C  
G21C 17/12 A  
G21C 17/10 X

テーマコード(参考)

2G075  
2G088

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2002-303665 (P2002-303665)  
(22) 出願日 平成14年10月18日(2002.10.18)

(71) 出願人 000003078  
株式会社東芝  
東京都港区芝浦一丁目1番1号  
(74) 代理人 100087332  
弁理士 猪股 祥晃  
(74) 代理人 100103333  
弁理士 菊池 治  
(74) 代理人 100081189  
弁理士 猪股 弘子  
(72) 発明者 北 好夫  
東京都府中市東芝町1番地 株式会社東芝  
府中事業所内  
(72) 発明者 小田 直敬  
神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株  
式会社東芝横浜事業所内

最終頁に続く

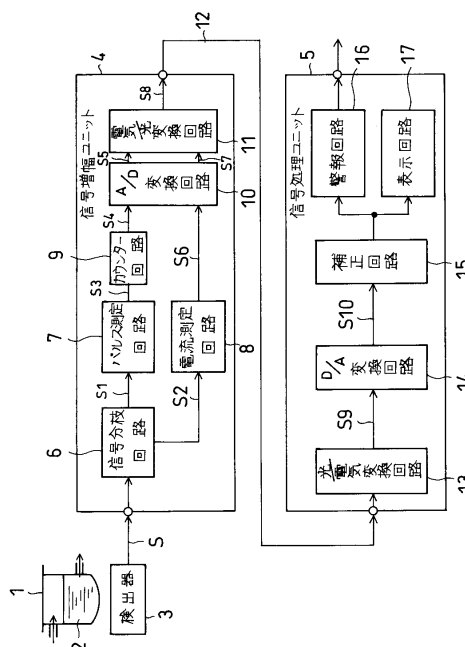
(54) 【発明の名称】 中性子測定装置

(57) 【要約】

【課題】 PWR型原子炉では、 $(10^0 \sim 10^4 \text{ nV})$  に相当する起動領域での中性子の測定はパルス波高値の弁別のみで、ガンマ線の影響に対する補正は特に行われていない。特に1000R/hとガンマ線レベルが高いとパルスカウントで20%程度の感度低下が発生する。したがって高レベルのガンマ線環境下でも高い精度で中性子測定が行える中性子測定装置が望まれている。

【解決手段】 検出器3の検出信号Sを信号分岐回路6で二つに分岐し、一方の信号S1を中性子によるパルス測定回路7に入力し、他方の信号S2をガンマ線による電流測定回路8に入力し、補正回路14によって中性子量の算出の際補正を行い、測定精度を高める。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

被測定物質の放射線を検出する検出器と、検出器の検出信号を分岐する信号分岐回路と、信号分岐回路で分岐された一方の信号が入力され、中性子を測定するパルス測定回路と、信号分岐回路で分岐された他方の信号が入力され、ガンマ線量を検出する電流測定回路と、ガンマ線の量により中性子の測定値を補正する補正回路とを有する中性子測定装置。

## 【請求項 2】

パルス測定回路の入力側に高周波カップリング用のコンデンサを接続し、電流測定回路の入力側にフィルタを接続したことを特徴とする請求項 1 記載の中性子測定装置。

## 【請求項 3】

パルス測定回路の中間信号と電流測定回路の信号とを差動増幅器で合成するようにしたことを特徴とする請求項 1 記載の中性子測定装置。

## 【請求項 4】

ガンマ線の量による中性子の測定値の補正を計算機により行うことを特徴とする請求項 1 記載の中性子測定装置。

## 【請求項 5】

パルス測定回路からパルス波高分布測定回路を分岐し、低エネルギー側から高エネルギー側にかけてガンマ線による影響がある場合、ガンマ線が、増加したものとし、外挿近似で求め、計数率値を補正することを特徴とする請求項 1 記載の中性子測定装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

## 【発明の属する技術分野】

本発明は高レベルのガンマ線環境下で測定を行うのに適した中性子測定装置に関する。

## 【0002】

## 【従来の技術】

従来の中性子測定装置において、空間的制約のため、鉛などによるガンマ線の遮蔽ができない場合、例えば、PWR型原子炉では、中間領域 ( $10^4 \sim 10^9$  n v) で、ガンマ線の効果を補償する補償型電離箱 (CIC 検出器) が使用されている。

## 【0003】

( $10^0 \sim 10^4$  n v) に相当する起動領域では、パルスの波高値の弁別のみで、特に補正は行われていない。しかし、ガンマ線強度が  $1000$  R/h と強い場合、単なるディスリ値による弁別では、20% 程度の感度低下がある。また、個々のパルス段階で  $n$  を波形で弁別する特別な回路もあるが、ガンマ線の光子数が多く、ガンマ線レベルが高い場合は適用が困難である。

## 【0004】

## 【発明が解決しようとする課題】

従来、上記したCIC検出器では中性子、ガンマ線とも強度が強く、電流で測定しており、検出器2台のうち一方を中性子、ガンマ線に感度を持たせ、他の一方をガンマ線だけに感度を持たせて、ガンマ線による電流を差し引いて中性子を測定している。

## 【0005】

一方、波形処理による中性子、ガンマ線の弁別によるガンマ線の除去方法は、個々のパルス波形の立ち上がり時間から、ガンマ線パルス、中性子パルスを判定し必要なパルスの計数を可能としていた。

## 【0006】

本発明は以上の点に鑑みて、場所的制約から、鉛によるガンマ線の遮蔽ができない場合でも、高レベルのガンマ線環境下において高い精度で中性子測定が行える中性子測定装置を得ることを目的とする。

## 【0007】

## 【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために請求項 1 に記載の中性子測定装置の発明は、被測定物質の放射

10

20

30

40

50

線を検出する検出器と、検出器の検出信号を分岐する信号分岐回路と、信号分岐回路で分岐された一方の信号が入力され、中性子を測定するパルス測定回路と、信号分岐回路で分岐された他方の信号が入力され、ガンマ線量を検出する電流測定回路と、ガンマ線の量により中性子の測定値を補正する補正回路とを有することを特徴とする。

【0008】

【発明の実施の形態】

以下本発明の実施の形態を図面を参照して説明する。図1に本発明の第1の実施の形態による中性子測定装置のシステム構成を示す。本発明による中性子測定装置は、容器1内の測定対象となる被測定溶液2中の放射線を検出する検出器3と、信号増幅ユニット4と、信号処理ユニット5とから構成される。検出器3の検出信号Sは、信号増幅ユニット4内の信号分岐回路6により二つの信号S1、S2に分岐され、一方の信号S1は中性子計数用のパルス測定回路7に入力され、他方の信号S2はガンマ線測定用の電流測定回路8に入力され、処理される。

10

【0009】

パルス測定回路7の出力信号S3は、カウンタ回路9により計数率信号S4に転換され、A/D変換回路10によりアナログ信号からデジタル信号S5に変換され、電気/光変換回路11に送られる。

【0010】

一方、電流測定回路8の出力信号S6はA/D変換回路10によりアナログ信号からデジタル信号S7に変換され、電気/光変換回路11に送られる。

20

電気/光変換回路11に入力された信号は電気信号から光信号に変換され、変換された光信号S8は光ファイバーケーブル12により信号処理ユニット5に伝送される。

【0011】

信号処理ユニット5では、光ファイバーケーブル12で送られてきた光信号S8を光/電気変換回路13により電気信号S9に変換し、さらにD/A変換回路14によりデジタル信号からアナログ信号S10に変換した後、補正回路15により、中性子計数率をガンマ線の量に応じて補正する。

そして、この補正值が所定のレベルを越えた場合、警報回路16により警報を発すると共に表示回路17で表示する。

【0012】

図2に、信号分岐回路6の一例を示す。図2(a)に波形Iで示す検出信号Sを信号分岐回路6で分岐し、パルス測定回路7の入力側に、高周波カップリング用のコンデンサ18を接続し、パルス成分のみを増幅し、図2(a)に波形IIで示すパルス出力を得る。

30

【0013】

また、電流測定回路8の入力側にはフィルタ(積分器)19(または、中性子パルスの特徴的な周波数をバンドカットオフするフィルタ(アクティブフィルタ))を接続して、中性子パルスのバックグラウンドガンマ線信号への影響を排除し、図2(a)に波形IIIで示す電流出力を得る。

【0014】

図3に、信号分岐回路6の他の例を示す。図2(a)に波形IIで示すパルス測定回路7の中間信号と図2(a)に波形Iで示す電流測定回路8の信号を差動増幅器20で合成し図2(a)に波形IIIで示す電流出力を得、パルス成分を相殺し、電流測定回路8のバックグラウンドとしてのガンマ線の測定精度の向上を行う。

40

【0015】

図4に補正回路15の処理フローを示す。補正回路15では演算を簡単にするため、中性子計数率値(Y)をm段階、ガンマ線測定値(X)をn段階に分類し、各段階毎に補正係数を設けて補正する。例えば次のようなマトリックスで補正する。

【0016】

【表1】

	中性子量 (大)	中性子量 (中)	中性子量 (小)
ガンマ線量 (大)	+ 20 %	+ 15 %	+ 10 %
ガンマ線量 (中)	+ 15 %	+ 10 %	+ 5 %
ガンマ線量 (小)	+ 10 %	+ 5 %	+ 0 %

## 【 0 0 1 7 】

10

図 5 に、補正を計算機で行う場合のシステム構成図を示す。図 1 の構成と比べて、信号処理ユニット 5 に補正回路が無く、CPU 2 1 およびメモリー 2 2 がインターフェイス 2 3、2 4 を介して D/A 変換回路 1 4 と警報回路 1 6 との間に接続され、ガンマ線量と中性子計数率値が伝送され、CPU 2 1 内で補正演算が行われる。この補正值が、所定のレベルを越えた場合、警報回路 1 6 により警報を発すると共に表示回路 1 7 で表示する。CPU 2 1 による補正のアルゴリズムは、補正回路のアルゴリズムより精度の良い補正が可能となっている。

## 【 0 0 1 8 】

20

図 6 に CPU 2 1 の補正演算フローを示す。例えば、中性子計数率値を ( Y )、ガンマ線測定量を ( X ) とし、補正係数 F を ( X )、( Y ) の N 次多項式とし、各係数を校正試験結果で求め、補正関数  $f(X, Y)$  で補正される。

## 【 0 0 1 9 】

図 1 に示す中性子測定装置には図示しないが、警報発生時の回路系の健全性を事後にチェックするため、測定回路にはガンマ線レベルによる補正前の中性子の計数率、ガンマ線量を常時記録し、一定時間後にクリアする記憶機能を有し、警報発生時には、発生時刻とともに記憶する機能も合わせもっている。

## 【 0 0 2 0 】

30

次に本発明の第 2 の実施の形態を図 7 に示す。図 7 に示すように、信号増幅ユニット 4 において、入口で検出信号 S を分岐し、一方の信号 S 1 をパルス波高分布測定回路 2 5 に、他方の信号 S 2 をパルス測定回路 7 へ入力する。

## 【 0 0 2 1 】

図 8 において、A はガンマ線環境下の中性子パルスのディスクリ特性、B はガンマ線がない場合の中性子パルスのディスクリ特性、C は中性子、ガンマ線がともにない場合のホワイトノイズのディスクリ特性を示す。

## 【 0 0 2 2 】

40

高ガンマ線下の中性子のディスクリ特性 A から、ガンマ線がない場合の特性 B を推定する方法として、波高値が低い場合、ガンマ線がない場合の特性 B が、ホワイトノイズの特性 C に一致している特長、中間領域で、特性 A、B がほぼ一致している特長があり、低エネルギー側では、特性 B を C で近似する。中間領域の特性 B を、特性 A で近似する。ガンマ線の量は、低エネルギー側の特性 A、B の違いに比例しており、測定された特性 A から、上で近似した特性 B の分布を差し引いて、ガンマ線の量を推定する。推定したガンマ線量から、中性子計数率の減少分を補正し、正確な中性子量を推定する。

## 【 0 0 2 3 】

図 9 は本発明の第 3 の実施の形態を示す図で、測定対象の容液 2 の量はガンマ線レベルと相関があるため、図示のごとく容器 1 にベッセル液位計 2 6 を設け、容器 1 内の溶液 2 の液位を監視する。液位を、N 段階に分類し、各段階毎の検出器近傍のガンマ線量を推定し、各々のレベルで補正係数演算を行い、簡易補正を行う。

## 【 0 0 2 4 】

50

また、図 1 0 は本発明の第 4 の実施の形態を示す図で、中性子検出器 3 近傍に、ガンマ線検出器 2 7 を設置し、ガンマ線検出器 2 7 により測定されたガンマ線量により、中性子検

出器 3 の計数率を補正する。

【 0 0 2 5 】

また、図 1 1 に示すように、定期的に測定される被測定溶液 2 中の放射線の組成データ、液量データを計算機に取り込み、中性子検出器 3 近傍のガンマ線レベルを推定し、中性子検出器 3 の計数率の補正を行うようにしても良い。

【 0 0 2 6 】

さらに、中性子測定装置に、積算中性子量を演算記録する機能を持たせることにより、積算中性子量から、被測定溶液 2 を収納した容器 1 の放射化を推定し、プラント清掃時、残滓物質量をガンマ線量から推定する場合、中性子照射による放射化によるガンマ線量を差し引いて、残滓物質量からのガンマ線量を正確に推定することにより、残滓物質量を正確に推定できる。

10

【 0 0 2 7 】

図 1 2 は本発明の第 5 の実施の形態を示す図で、被測定溶液 2 を収納した容器 1 近傍に、ガイドパイプ 2 8 内にワイヤ 2 9 などを出し入れ可能とした容器 1 と同じ材質の金属片（例えばステンレス）3 0 を常時挿入している。

【 0 0 2 8 】

一般に、プラント清掃時、ガンマ線を測定し残滓物質量の量をモニタする場合、中性子照射による容器 1 の放射化によるガンマ線が測定の誤差となる。容器 1 の放射化を推定する手段として、金属片 3 0 を取り出し、ガンマ線レベルを測定し、幾何学的形状（金属片大きさ、溶液との距離）から中性子検出器 3 付近のガンマ線を推定し、測定ガンマ線量を補正し、正確な残滓物質量を推定する。このようにすると、積算中性子量から推定する場合に比べて、実際の容器 1 近傍の金属片の放射化量から幾何学的要素を考慮して、放射化量が推定され、精度の良い衰退が可能となる。

20

【 0 0 2 9 】

【発明の効果】

以上のように本発明によれば、場所的制約から、鉛によるガンマ線の遮蔽ができない場合でも、高レベルのガンマ線環境下において高い精度で中性子測定が行える中性子測定装置を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の第 1 の実施の形態による中性子測定装置のシステム構成を示すブロック図。

30

【図 2】本発明による中性子測定装置の信号分岐回路を説明するための図で、( a ) は波形図、( b ) は回路図。

【図 3】本発明による中性子測定装置の信号分岐回路の他の例を説明するための回路図。

【図 4】本発明による中性子測定装置の補正回路の処理フローを示すフローチャート。

【図 5】本発明による中性子測定装置の補正回路の処理を計算機で行う場合のシステム構成を示すブロック図。

【図 6】本発明による中性子測定装置の計算機による補正演算を示すフローチャート。

【図 7】本発明の第 2 の実施の形態による中性子測定装置のシステム構成を示すブロック図。

40

【図 8】本発明の第 2 の実施の形態による中性子測定装置の作用を説明するための波形図。

【図 9】本発明の第 3 の実施の形態による中性子測定装置のシステム構成を示すブロック図。

【図 1 0】本発明の第 4 の実施の形態による中性子測定装置のシステム構成を示すブロック図。

【図 1 1】本発明の第 4 の実施の形態における補正演算処理フローを示すフローチャート。

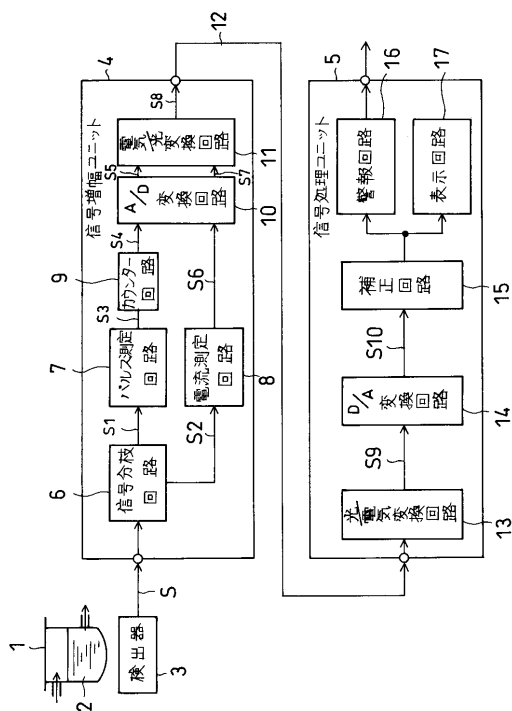
【図 1 2】本発明の第 5 の実施の形態による中性子測定装置のシステム構成を示すブロック図。

50

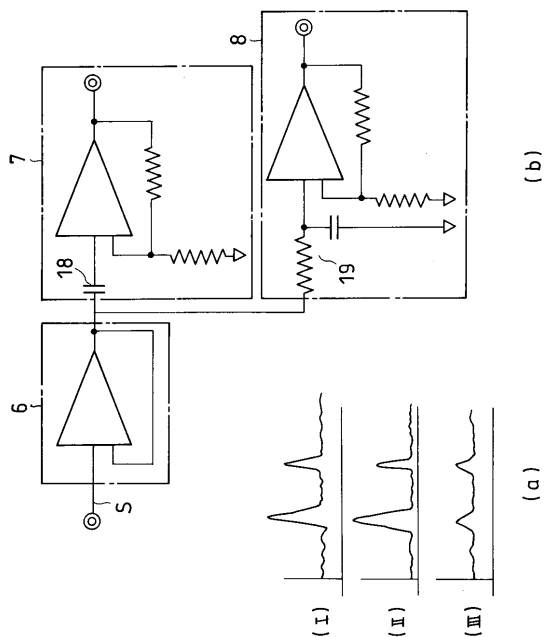
【符号の説明】

1 ... 容器、2 ... 被測定溶液、3 ... 検出器、4 ... 信号増幅ユニット、5 ... 信号処理ユニット  
 6 ... 信号分岐回路、7 ... パルス測定回路、8 ... 電流測定回路、9 ... カウンタ回路、12  
 ... 光ファイバケーブル、15 ... 補正回路、16 ... 警報回路、21 ... CPU、22 ... メモリ、23、24 ... インターフェイス、25 ... パルス波高分布測定回路、26 ... ベッセル  
 液位計、27 ... ガンマ検出器、30 ... 金属片。

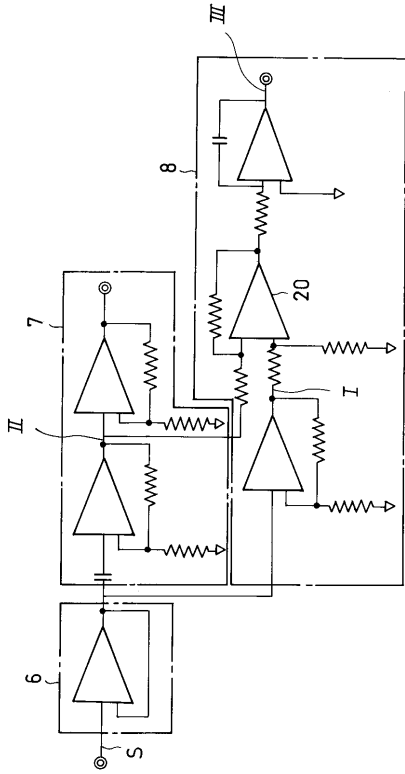
【図1】



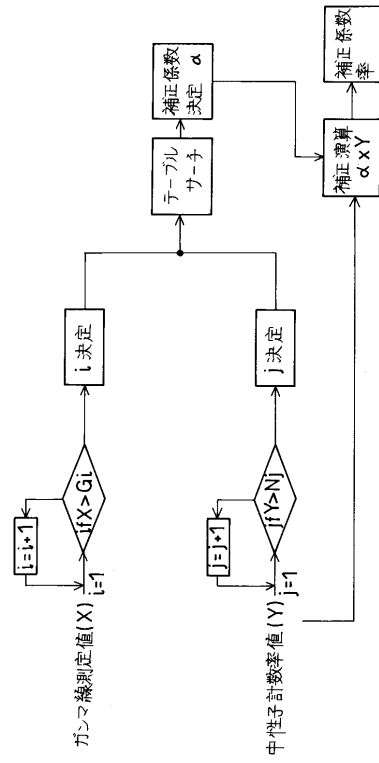
【図2】



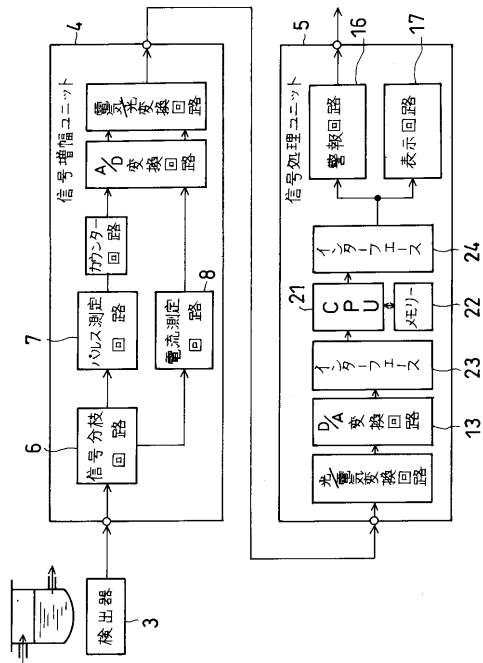
【 図 3 】



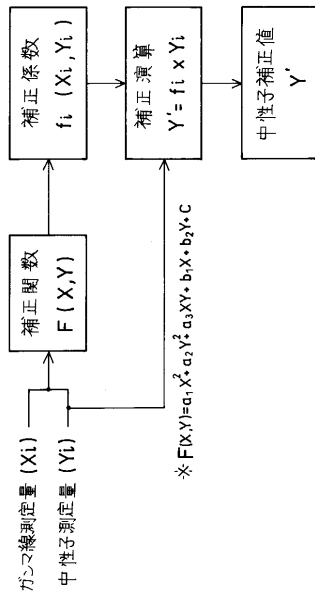
【 図 4 】



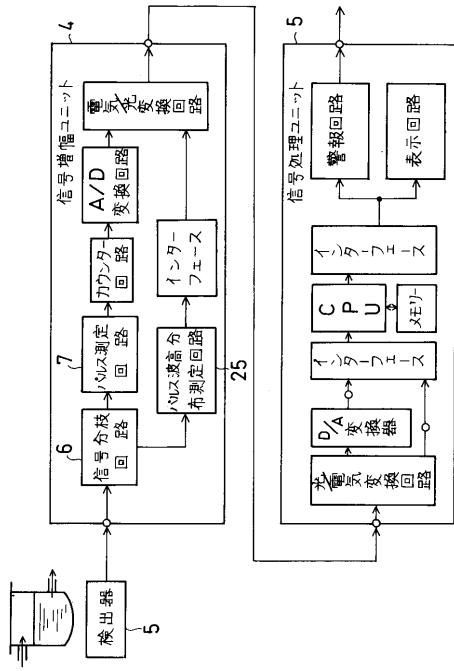
【 図 5 】



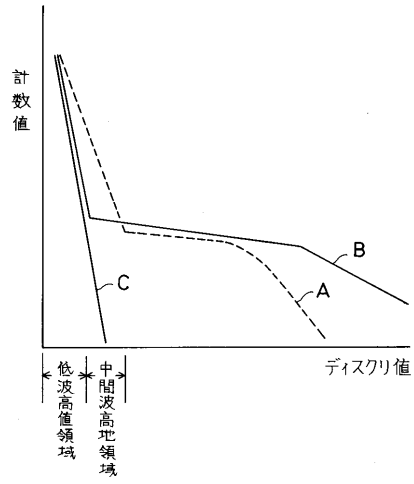
【 図 6 】



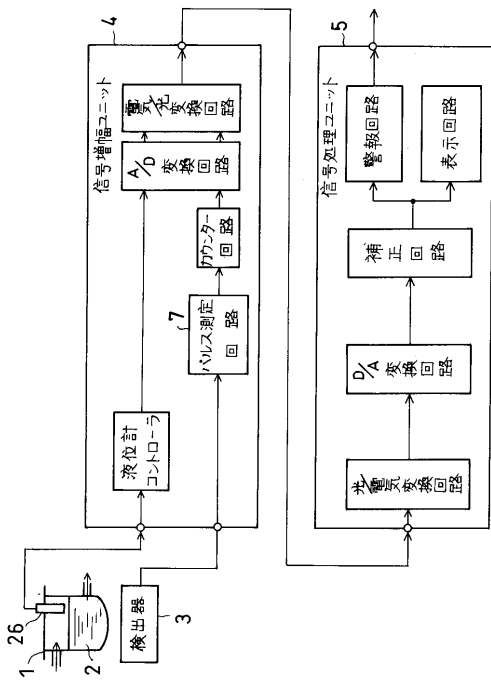
【 図 7 】



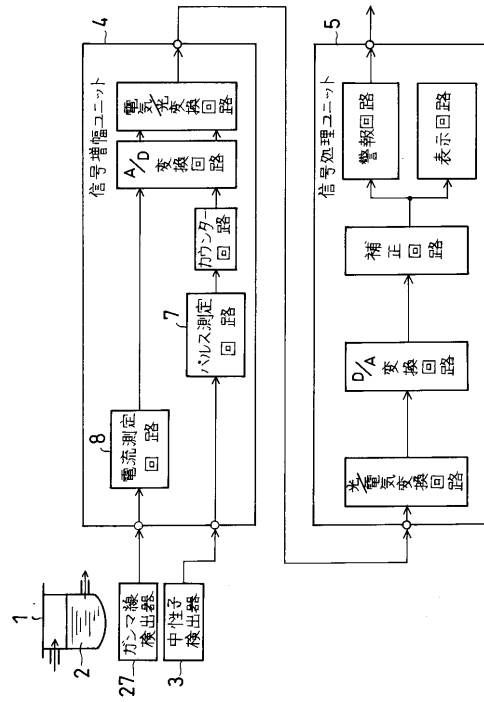
【 図 8 】



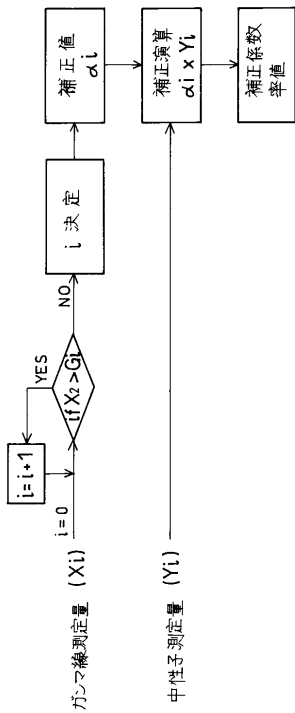
【 図 9 】



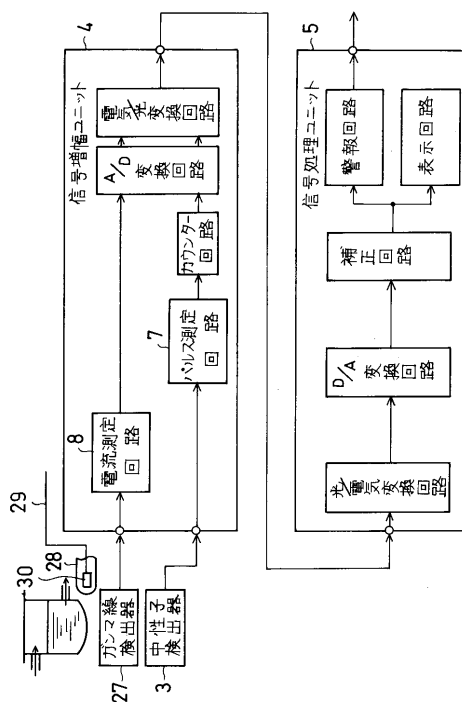
【 図 10 】



【 図 1 1 】



【 図 1 2 】



---

フロントページの続き

(72)発明者 菊池 司

神奈川県川崎市川崎区浮島町2番1号 株式会社東芝浜川崎工場内

(72)発明者 石澤 和哉

栃木県大田原市下石上字東山1385番の1 株式会社東芝那須電子管工場内

Fターム(参考) 2G075 AA05 DA01 FA19 FB05 GA21

2G088 EE22 FF09 GG05 KK01 KK03 KK05 KK07 KK11 KK28 LL02

LL06