

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7601896号
(P7601896)

(45)発行日 令和6年12月17日(2024.12.17)

(24)登録日 令和6年12月9日(2024.12.9)

(51)国際特許分類

F I

G 0 1 T 1/167(2006.01)

G 0 1 T 1/167 C

請求項の数 20 (全14頁)

(21)出願番号	特願2022-560362(P2022-560362)	(73)特許権者	521219442
(86)(22)出願日	令和3年3月26日(2021.3.26)		ウェスティングハウス エレクトリック
(65)公表番号	特表2023-521672(P2023-521672 A)		カンパニー エルエルシー
(43)公表日	令和5年5月25日(2023.5.25)		WESTINGHOUSE ELECTRIC COMPANY LLC
(86)国際出願番号	PCT/US2021/024410		アメリカ合衆国 1 6 0 6 6 ペンシルベ
(87)国際公開番号	WO2021/202287		ニア, クランベリー タウンシップ, ウ
(87)国際公開日	令和3年10月7日(2021.10.7)		ェスティングハウス ドライブ 1 0 0 0
審査請求日	令和6年2月6日(2024.2.6)		, スイート 1 4 1
(31)優先権主張番号	63/003,610		1 0 0 0 Westinghouse D
(32)優先日	令和2年4月1日(2020.4.1)		rive, Suite 141, Cr
(33)優先権主張国・地域又は機関	米国(US)		anberry Township, P
			ennsylvania 16066 U
			nited States of Ame
			rica
			最終頁に続く

(54)【発明の名称】 自己出力検出器を使用して核同位体の活性を測定するための装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項 1】

放射性同位体の試料の活性を測定するための測定装置であって、前記放射性同位体の前記試料がカプセル内に包含され、

前記測定装置が、

前記試料を包含する前記カプセルを受け入れるように構成された内部空洞を備える内側エンクロージャーであって、長手方向軸を画定する、前記内側エンクロージャーと、

前記内側エンクロージャーの周りに位置付けられるガンマ放射線感受性自己出力検出器 (S P D) と、

前記 S P D および前記内側エンクロージャーの周りに位置付けられる外側エンクロージャーであって、前記 S P D が前記測定装置の動作中および保管中に動かないように前記 S P D を前記内側エンクロージャーに固定する、前記外側エンクロージャーと、を備える、測定装置。

【請求項 2】

前記放射性同位体が、C o - 6 0 である、請求項 1 に記載の測定装置。

【請求項 3】

前記 S P D の少なくとも一部分が、プラチナを含む、請求項 1 または 2 に記載の測定装置。

【請求項 4】

前記内側エンクロージャーが、前記長手方向軸に沿って第一の長さを画定し、

10

20

前記試料が、前記長手方向軸に沿って第二の長さを画定し、
前記第一の長さおよび前記第二の長さが同じである、請求項 1 ~ 3 のいずれか一項に記載の測定装置。

【請求項 5】

前記試料は、前記第一の長さおよび前記第二の長さが前記長手方向軸に沿って重複するように、前記内側エンクロージャーに対して位置付けられる、請求項 4 に記載の測定装置。

【請求項 6】

前記内側エンクロージャーが外側表面を含み、
前記 S P D が、前記外側表面全体が前記 S P D によって覆われるように、前記内側エンクロージャーの前記外側表面の周りに位置付けられる、請求項 4 または 5 に記載の測定装置。

10

【請求項 7】

前記内側エンクロージャーが外側表面を含み、
前記 S P D が、前記内側エンクロージャーの前記外側表面の周りにスパイラル構成で巻き付けられる、請求項 1 ~ 6 のいずれか一項に記載の測定装置。

【請求項 8】

前記 S P D の前記スパイラル構成が、前記内側エンクロージャーの前記外側表面全体を覆うように構成される、請求項 7 に記載の測定装置。

【請求項 9】

前記内側エンクロージャーが外側表面を含み、
前記 S P D が、前記内側エンクロージャーの前記外側表面の周りにらせん構成で巻かれる、請求項 1 ~ 8 のいずれか一項に記載の測定装置。

20

【請求項 10】

前記 S P D の前記らせん構成が、前記内側エンクロージャーの前記外側表面全体を覆うように構成される、請求項 9 に記載の測定装置。

【請求項 11】

前記試料が、前記長手方向軸に沿って画定される試料長さを含み、
前記内側エンクロージャーが外側表面を含み、
前記 S P D は、前記 S P D が前記試料長さに沿って前記外側表面全体を覆うように前記内側エンクロージャーの周りに巻き付けられる、請求項 1 ~ 10 のいずれか一項に記載の測定装置。

30

【請求項 12】

放射性同位体を含む標的試料の活性を測定する方法であって、
ガンマ感受性自己出力検出器 (S P D) を備える測定装置内に、放射性同位体の複数の試験試料を一度に一つずつ位置付ける工程であって、前記試験試料の各々の活性が既知である、位置付ける前記工程と、
前記試験試料の各々が前記測定装置内に位置するときに、前記 S P D 内の電流を測定する工程と、
前記試験試料と同じ放射性同位体の標的試料を前記測定装置内に位置付ける工程であって、前記標的試料の活性が未知である、位置付ける前記工程と、
前記標的試料が前記測定装置内に位置するときに、前記 S P D 内の電流を測定する工程と、
前記試験試料の測定された前記電流を、前記標的試料の測定された前記電流と比較し、前記標的試料の活性を決定する工程と、を備える方法。

40

【請求項 13】

前記試験試料の測定された前記電流と、前記標的試料の測定された前記電流との間の線形キャリブレーションを使用する工程をさらに備える、請求項 12 に記載の方法。

【請求項 14】

前記放射性同位体が、C o - 60 である、請求項 12 または 13 に記載の方法。

【請求項 15】

50

前記 S P D の少なくとも一部分が、プラチナを含む、請求項 1 2 ~ 1 4 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 1 6】

前記 S P D が、前記測定装置内に、らせん状に位置付けられる、請求項 1 2 ~ 1 5 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 1 7】

放射性同位体を含む標的試料の活性を測定する方法であって、

ガンマ感受性自己出力検出器 (S P D) を備える測定装置内に、放射性同位体の標的試料を位置付ける工程であって、前記標的試料の活性が未知であり、前記 S P D が既知の感度レベルおよび既知の長さを含む、位置付ける前記工程と、

10

前記標的試料が前記測定装置内に位置するときに、前記 S P D の電流を測定する工程と、前記 S P D の測定された前記電流、前記 S P D の既知の前記感度レベル、および前記 S P D の既知の前記長さを使用して、前記標的試料の活性を決定する工程と、を備える方法。

【請求項 1 8】

前記放射性同位体が、C o - 6 0 である、請求項 1 7 に記載の方法。

【請求項 1 9】

前記 S P D の少なくとも一部分が、プラチナを含む、請求項 1 7 または 1 8 に記載の方法。

【請求項 2 0】

前記 S P D が、前記測定装置内に、らせん構成で位置付けられる、請求項 1 7 ~ 1 9 のいずれか一項に記載の方法。

20

【発明の詳細な説明】

【背景技術】

【0 0 0 1】

関連出願の参照

本出願は、2 0 2 0 年 4 月 1 日に出願された米国仮特許出願第 6 3 / 0 0 3 , 6 1 0 号の利益を主張するものであり、その内容は参照によりその全体が本明細書に組み込まれる。

【0 0 0 2】

サンプル中の放射性同位体の総活性レベルが所望の総活性レベルを満たすことを保証するために、コバルト 6 0 (C o - 6 0) などのサンプル中の放射性同位体のボリウムから放射されるガンマ放射線の量の正確な測定が必要である。サンプルの総活性は、単位時間当たりの減衰数および放射性同位体のボリウムである。放射性同位体サンプル、または試料は、カプセル、管、および / またはエンクロージャー内に包含され得る。試料の活性を測定することは、試料の活性が、試料をその最終目的地に出荷するために使用されるキャスクの認可された活性限度を満たすことを保証すること、および試料の活性が商業サプライヤーの要件を満たすことを保証するために必要である。C o - 6 0 などの放射性同位体は、特に、癌性腫瘍の照射、医療機器の滅菌、および食品の滅菌のために、医療業界で商業的に使用される。前述の作業に関連する不確実性および労働コストを最小化するために、試料の活性測定を行う迅速で正確な手段が必要である。

30

【発明の概要】

40

【0 0 0 3】

さまざまな実施形態において、放射性同位体の試料の活性を測定するための測定装置が開示される。放射性同位体の試料は、カプセル内に包含される。測定装置は、内側エンクロージャーと、内側エンクロージャーの周りに位置付けられるガンマ放射線感受性自己出力検出器 (S P D) と、S P D および内側エンクロージャーの周りに位置付けられる外側エンクロージャーとを備える。内側エンクロージャーは、試料を包含するカプセルを受けよう構成される内部空洞を備える。内側エンクロージャーは、長手方向軸を画定する。外側エンクロージャーは、S P D が測定装置の動作中および保管中に動かないように、S P D を内側エンクロージャーに固定する。

【0 0 0 4】

50

さまざまな実施形態において、放射性同位体を含む標的試料の活性を測定する方法が開示される。方法は、ガンマ感受性自己出力検出器（SPD）を備える測定装置内に、放射性同位体の複数の試験試料を一度に一つずつ位置付ける工程であって、試験試料の各々の活性が既知である、位置付ける工程を備える。方法は、試験試料の各々が測定装置内に位置付けられるとき、SPD内の電流を測定する工程と、試験試料と同じ放射性同位体の標的試料を、測定装置内に位置付ける工程とをさらに備え、標的試料の活性は未知である。方法は、標的試料が測定装置内に位置付けられるとき、SPD内の電流を測定する工程と、試験試料の測定された電流を標的試料の測定された電流と比較して、標的試料の活性を決定する工程と、をさらに備える。

【0005】

10

さまざまな実施形態において、放射性同位体を含む標的試料の活性を測定する方法が開示される。方法は、ガンマ感受性自己出力検出器（SPD）を備える測定装置内に放射性同位体の標的試料を位置付ける工程を備え、標的試料の活性は未知であり、SPDは既知の感度レベルおよび既知の長さを含む。方法は、標的試料が測定装置内に位置付けられるとき、SPDの電流を測定する工程と、SPDの測定された電流、SPDの既知の感度レベル、およびSPDの既知の長さを使用して標的試料の活性を決定する工程とをさらに備える。

【図面の簡単な説明】

【0006】

本明細書に説明される実施形態のさまざまな特徴は、その利点とともに、以下の添付図面と併せて行われる以下の説明に従って理解され得る。

20

【0007】

【図1】図1は、本開示の少なくとも一つの態様による、放射性同位体の試料の活性を測定するための測定装置の平面図である。

【0008】

【図2】図2は、図1の線2-2に沿った図1の測定装置の断面図である。

【0009】

【図3】図3は、本開示の少なくとも一つの態様による、測定装置と併用する制御システムの論理図を示す。

【発明を実施するための形態】

30

【0010】

図1および図2は、放射性同位体の試料の活性を測定するための測定装置100を示す。試料は、管、エンクロージャー、またはカプセル内に包含され得る。少なくとも一つの実施形態では、試料の放射性同位体は、Co-60を含む。しかしながら、他の実施形態は、モリブデン99、ヨウ素131、および核医学用途に有用な他のベータ粒子エミッターなどの異なる放射性同位体を有する異なる試料で想定される。いずれにしても、測定装置100は、内側エンクロージャーまたは内側管110、内側管110の周りに位置付けられる自己出力検出器120（SPD）、およびSPD120および内側管110の周りに位置付けられる外側エンクロージャーまたは外側管130を含む。少なくとも一つの実施形態では、内側管110および外側管130は、内側管110および外側管130の中間に位置するSPD120で互いに取り付けられる。内側管110は、溶接、ボルト締め、固定具、および/またはその他の任意の適切な取り付け方法を介して外側管130に取り付けられてもよい。いずれにしても、内側管110は、試料を包含するカプセルを受けよう構成される開口部または空洞112を含む。外側管130は、SPDが動作中および/または保管中に位置を変化させないように、SPD120が内側管110に保持および/または固定されるように、SPD120および内側管の周りに位置付けられる。活性レベルを正確に測定するためには、試料に対するSPDの位置が重要である。外側管130に対してSPDがシフトする場合、試料は、SPDと適切に整列しておらず、活性測定精度が影響を受ける可能性がある。

40

【0011】

50

上記に加えて、内側管 110 は、内径および外径を含む。内側管 110 の内径は、内側管 110 の空洞 112 を画定する。少なくとも一つの実施形態では、内側管 110 の内径は、例えば、0.24 インチ～0.45 インチである。外側管 130 は、内径および外径を含む。外側管 130 の内径は、SPD および内側管 110 を受けるように構成される。少なくとも一つの実施形態では、外側管 130 の内径は、例えば、内側管の外径および SPD 120 の外径に基づき決定される。図示した実施形態では、内側管 110 および外側管 130 は、同じ長さの EL である。しかしながら、内側管 110 および外側管 130 が異なる長さである他の実施形態が想定される。少なくとも一つの実施形態では、内側管 110 および外側管 130 の長さ EL は、例えば、7 インチ～10 インチである。いずれにしても、内側管 110 および外側管 130 は同心であり、長手方向軸 LA を画定する。試料を包含するカプセルは、測定装置 100 の一端の開口部を通して長手方向軸 LA に沿って内側管 110 の空洞 112 に挿入される。内側管 110 および外側管 130 の一方の端部は、試料が空洞 112 内に装填されるように開いて、内側管 110 および外側管 130 の他方の端部 114 は、試料が空洞 112 から落ちるのを防止するように閉じている。しかしながら、他の実施形態では、測定装置 100 の開放端上の蓋が想定される。さらに、他の実施形態は、こうした配置で、測定装置 100 の両端が開いている状態が想定され、測定装置 100 は、試料を包含するカプセルを固定および/または保持するために、空洞 112 内に内部特徴を含む。

10

【0012】

上記に加えて、図示した実施形態では、内側エンクロージャーまたは内側管 110 および外側エンクロージャーまたは外側管 130 は、管状形状である。しかしながら、内側エンクロージャーおよび外側エンクロージャーが断面で長方形または正方形である他の実施形態が想定されるが、任意の適切なエンクロージャーを使用して、試料を受け、試料の周りに SPD を位置付けることができる。

20

【0013】

原子力産業では、SPD は、放射性同位体によって SPD 内に誘導された電流に基づき放射性同位体の活性量を測定するように構成される。SPD は、SPD がガンマ放射線などの放射線に曝露されるときに電流を生成するように設計される。放射線に曝露された SPD の電流は、いくつかの方法で測定することができる。さらに、SPD は通常、内側コアおよび外側鞘を有するワイヤ構成で提供され、SPD の製造業者は、試験を介して、SPD の感度値を計算することができる。SPD の感度値は、所与の量および放射線曝露のタイプに対して、所与の長さの SPD 内で生成される電流の量に基づく。上述のように、正確な活性レベル測定を確保するために、試料に対する SPD の位置は、測定装置 100 の寿命を通して一定に保たれるべきである。

30

【0014】

上記に加えて、SPD 120 はガンマ放射線感受性 SPD を含むが、SPD 120 がガンマ放射線以外の異なるタイプの放射線に感受性である他の実施形態が想定される。いずれにしても、図 1 および 2 に図示した SPD 120 は、内側コア 122 および内側コア 122 を囲む外側鞘 124 を含むワイヤを備える。少なくとも一つの実施形態では、内側コア 122 は、プラチナを含み、外側鞘 124 は、プラチナよりも低い原子番号を有する材料または複数材料を含む導電体である金属材料を備える。少なくとも一つの実施形態では、外側鞘 124 は、ステンレス鋼、インコネル、および/または任意の他の適切な材料などの鉄系材料を含み得る。少なくとも一つの実施形態では、SPD 120 は、測定が原子炉の外部で行われたときに枯渇しないプラチナエミッターを含み、それによって、SPD 120 の動作特性が時間とともに著しく変化しないことを保証する。測定装置 100 は、放射性同位体固有キャリブレーション定数を開発することによって、複数の放射性同位体の活性を測定するために使用され得る。

40

【0015】

上記に加えて、図示した実施形態では、SPD 120 は、らせん構成で内側管 110 の外径の周りに巻かれる。より具体的には、SPD 120 は、SPD 120 が内側管 110

50

の長さDLに沿って内側管110の外径を覆うように、内側管110の長手方向軸LAの周りで内側管110の周りに巻かれる。少なくとも一つの実施形態では、カプセルおよび/または試験試料の長さは、長さDLと同じである。カプセルおよび/または試験試料は、カプセルおよび/または試験試料が長さDL内に位置付けられるように、長手方向軸LAに沿って位置付けられる。言い換えれば、長手方向軸に沿ったカプセルおよび/または試験試料の位置は、SPD120が内側管110の周りに巻かれる場所と重複する。いずれにしても、SPD120は、長さDLに沿ってSPD120の隣接する部分の間にギャップがないように、および/またはギャップを最小化するように、内側管110の外側表面の周りにしっかりと巻かれる。長さDLに沿ってSPD120の隣接する部分の間にギャップが存在する場合、試料から放射される放射線が、SPD120を照射することなく脱出することができ、従って、これらのギャップを防止および/または低減することによって、活性測定の精度を高めることができる。

10

【0016】

上記に加えて、SPD120が放射性同位体からのガンマ放射線などの放射線に曝露されると、ガンマ線はSPD120の外側鞘124を貫通し、内側コア122内の電子を変位させ、その後、SPD120の外側鞘124内の電子を変位させ、最終的に、電気出力140で測定可能なSPD120内の電流を誘導する。SPD120に誘導される電流は、放射性同位体の総活性に対応する。少なくとも一つの例では、SPD120に誘導される電流は、放射性同位体の総活性に正比例する。従って、SPD120の電流出力と未知の活性の試料（すなわち、標的試料）の活性との間の比例の定数は、以下でより詳細に論じるように、既知の放射性同位体活性（すなわち、試験試料）を包含する試料のデバイス100によって測定された電流出力に対するキャリブレーションを介して決定することができる。

20

【0017】

電流がSPD120内に誘導されると、SPD120の内側コア122および/または外側鞘124のいずれか上の直流測定装置を用いて、電気出力140で電流を測定することができる。さらに、内側コア122と外側鞘124との間の電圧差を測定することができる。抵抗が分かっている場合、抵抗法則（すなわち、 $V = IR$ ）を使用して電流を計算することができる。いずれにしても、SPD120内の電流が、所与の標的試料（すなわち、標的試料の活性が未知である）について測定および/または計算され、既知の活性の放射性同位体（すなわち、試験試料）に対するSPD120の所定の電流測定値と比較され得る。言い換えれば、既知の活性を有する試験試料を、測定装置100に配置することができ、SPD120内で生成される電流を、電気出力140で測定することができる。従って、SPD120の電流値は、さまざまな既知の活性を有するいくつかの放射性同位体試験試料に対して生成されてもよく、その後、標的試料によってSPD120内で生成される電流と比較して、標的試料の活性を決定することができる。少なくとも一つの実施形態では、試験試料の放射性同位体および標的試料の放射性同位体は、例えば、Co-60などの同じタイプの放射性同位体である。

30

【0018】

上記に加えて、測定装置100内の標的試料の活性を決定する別の方法は、測定装置100のSPD120の感度レベルを使用することを含む。より具体的には、SPD120の長さは既知であるか、または計算することができ、SPD120の感度は既知である（すなわち、上述のように、製造業者からの感度値）。SPD120の長さは、その構成にもかかわらず、巻かれたワイヤの全長である（すなわち、SPD120が包含する高さまたは長さではない）。さらに、上で論じたように、標的試料（例えば、未知の活性の放射性同位体）が測定装置100内に導入されるときに、SPD120によって生成される電流を測定することができる。従って、標的試料の活性が、SPDの測定された電流、SPDの既知の感度レベル、およびSPDの既知の長さを使用して計算することによって決定することができる。こうした配置では、既知の活性の試験試料は、標的試料の活性を決定するのに不要である。

40

50

【 0 0 1 9 】

上記に加えて、試料 / サンプルの総活性は、二つの方法のうちの少なくとも一つによって測定することができる。第一の方法は、下記のフォームの測定される S P D 電流 (I) とサンプル活性 (A) との間の線形関係を使用する。

$$A = K I$$

【 0 0 2 0 】

K は、線の傾きが、ゼロ活性を含む少なくとも二つの測定される活性値、および実質的にゼロバックグラウンドガンマ放射線を有する対応する測定された電流から決定されるように、測定される S P D 電流と、既知の総活性を有する所望の放射性同位体のサンプルとの間の線形関係の測定される傾きから決定される。

10

【 0 0 2 1 】

全長 L でデバイスに挿入されるサンプルの総活性を測定する第二の方法は、一般的な S P D 要素をガンマ放射線の一つまたは複数の既知の活性に曝露し、関係の傾き (すなわち、感度 (S)) が (測定された電流) / (C u r i e) / (単位長) の単位を有する関係を生成するために出力電流 (I) を測定することによって決定される、測定された S P D ガンマ感度 (S) を使用する。特定の S P D 設計についてのこの情報では、測定される活性 (A) は、以下のような関係を使用して、計測される電流から決定される。

$$A = I L / S$$

【 0 0 2 2 】

上述のアプローチにより、各デバイスを個別にキャリブレーションすることなく、所与の設計の全ての S P D 要素に対するサンプル活性の測定が可能となる。

20

【 0 0 2 3 】

図 3 は、本開示の一つまたは複数の態様による、本明細書に記述されるものなどの測定装置で使用する制御システム 2 0 0 の論理図を示す。例えば、制御システム 2 0 0 は、本明細書で論じる方程式を利用して、測定装置の総活性レベルを計算するために使用され得る。制御システム 2 0 0 は、プロセッサ 2 2 0 およびメモリー 2 3 0 を含むマイクロコントローラー 2 1 0 を含む制御回路を備える。制御システム 2 0 0 は、センサー 2 4 0 と信号通信する。センサー 2 4 0 は、プロセッサ 2 2 0 にリアルタイムフィードバックを提供する。少なくとも一つの実施形態では、センサー 2 4 0 は、例えば、測定装置 1 0 0 の S P D 1 2 0 などの測定装置の S P D 内の電流を測定するように構成される電流センサーである。少なくとも一つの実施形態では、センサー 2 4 0 は、例えば、測定装置 1 0 0 の S P D 1 2 0 などの測定装置の S P D 内の電圧を測定するように構成される電圧センサーである。少なくとも一つの実施形態では、センサー 2 4 0 は、例えば、測定装置 1 0 0 の S P D 1 2 0 などの測定装置の S P D の抵抗を測定するように構成される抵抗センサーである。他の実施形態は、センサー 2 4 0 が測定装置の S P D の任意の適切な特性を測定する場合が想定される。制御システム 2 0 0 は、測定装置のさまざまな条件または状態を表示する表示装置 2 7 0 を含み、データ入力のためのタッチスクリーン機能を含み得る。例えば、表示装置 2 7 0 は、制御システム 2 0 0 によって計算された後、放射性同位体の試料の総活性レベルを表示することができる。

30

【 0 0 2 4 】

一態様では、マイクロコントローラー 2 1 0 は、テキサス・インスツルメンツの A R M C o r t e x という商品名で知られているものなど、任意の単一のコアまたはマルチコアのプロセッサであり得る。一態様では、メインマイクロコントローラー 2 1 0 は、テキサス・インスツルメンツから入手可能な、例えば 2 5 6 K B の単一のサイクルフラッシュメモリーのオンチップメモリー、または最大 4 0 M H z のその他の不揮発性メモリー、4 0 M H z を超える性能を改善するブリフェッチバッファ、3 2 K B 単一のサイクル S R A M と、S t e l l a r i s W a r e (登録商標) ソフトウェアでロードされる内蔵 R O M 、2 K B の E E P R O M 、一つまたは複数の P W M モジュール、一つまたは複数の Q E I 類似体、および / または 1 2 個のアナログ入力チャネルを備えた一つまたは複数の 1 2 ビット A D C 、を含む、L M 4 F 2 3 0 H 5 Q R A R M C o r t e x - M 4 F プロセッ

40

50

サーコアであってもよく、詳細については、製品データシートで参照できる。

【0025】

一態様では、マイクロコントローラー210は、テキサス・インスツルメンツによって、Hercules ARM Cortex R4という商品名で知られている、TMS570およびRM4xなどの二つのコントローラーベースのファミリーを含む、安全コントローラーを含んでもよい。安全コントローラーは、特にIEC 61508およびISO 26262の安全重要アプリケーションのために構成され、拡張可能な性能、接続性、およびメモリーオプションを提供しながら、高度な統合安全機能を提供し得る。マイクロコントローラー210は、さまざまな機能を実施するようにプログラムされ得る。例えば、マイクロコントローラー210は、本明細書に記載の測定装置などの測定装置内の放射性試料の総活性レベルを計算し、計算された活性レベルをメモリー230に記憶し、次いで、計算された活性レベルをディスプレイ270に表示するように構成され得る。

10

【0026】

マイクロコントローラー210は、マイクロコントローラー210のソフトウェアにおける応答を計算するように構成され得る。計算された応答は、実際のシステムの測定値と比較され、実際のフィードバック決定に使用される「観察された」応答を得る。観察された応答は、シミュレーション応答の滑らかで連続的な性質と、システムに対する外部の影響を検出できる測定された応答とのバランスを取る、好ましい調整された値である。

【0027】

一態様では、電源アセンブリーは制御システム200に電力を供給する。電源アセンブリーは、制御システム200に給電するための電源として使用できる直列に接続される多数の電池セルを含み得る電池を含んでもよい。特定の状況では、電源アセンブリーの電池セルは、交換可能および/または再充電可能であり得る。少なくとも一つの実施例では、電池セルは、電源アセンブリーと連結可能であり、かつ分離可能であるリチウムイオン電池であり得る。しかしながら、制御システム200が、例えば、測定装置100のSPD120などの測定装置のSPDによって生成される電流によって電力供給される、他の実施形態が想定される。

20

【0028】

上記に加えて、制御システム200は、本明細書に記載される任意の測定装置上に提供され得る。しかしながら、制御システム200が測定装置から分離し、有線または無線接続を介して測定装置と信号通信する、他の実施形態が想定される。

30

【実施例】

【0029】

本明細書に説明される主題のさまざまな態様が、以下の実施例に記載される。

【0030】

実施例1 - 放射性同位体の試料の活性を測定するための測定装置であって、放射性同位体の試料がカプセル内に包含される。測定装置は、内側エンクロージャーと、内側エンクロージャーの周りに位置付けられるガンマ放射線感受性自己出力検出器(SPD)と、SPDおよび内側エンクロージャーの周りに位置付けられる外側エンクロージャーとを備える。内側エンクロージャーは、試料を包含するカプセルを受けるように構成される内部空洞を備える。内側エンクロージャーは、長手方向軸を画定する。外側エンクロージャーは、SPDが測定装置の動作中および保管中に動かないように、SPDを内側エンクロージャーに固定する。

40

【0031】

実施例2 - 放射性同位体が、Co-60である、実施例1の測定装置。

【0032】

実施例3 - SPDの少なくとも一部分がプラチナを含む、実施例1または2の測定装置。

【0033】

実施例4 - 内側エンクロージャーが、長手方向軸に沿って第一の長さを画定し、試料が、長手方向軸に沿って第二の長さを画定し、第一の長さおよび第二の長さは同じである、

50

実施例 1 ~ 3 のいずれかの測定装置。

【 0 0 3 4 】

実施例 5 - 試料が、第一の長さおよび第二の長さが長手方向軸に沿って重複するように、内側エンクロージャーに対して位置付けられる、実施例 4 の測定装置。

【 0 0 3 5 】

実施例 6 - 内側エンクロージャーが外側表面を含み、S P D が、外側表面全体が S P D によって覆われるように、内側エンクロージャーの外側表面の周りに位置付けられる、実施例 4 または 5 の測定装置。

【 0 0 3 6 】

実施例 7 - 内側エンクロージャーが外側表面を含み、S P D が、内側エンクロージャーの外側表面の周りにスパイラル構成で巻き付けられる、実施例 1 ~ 6 のいずれかの測定装置。

10

【 0 0 3 7 】

実施例 8 - S P D のスパイラル構成が、内側エンクロージャーの外側表面全体を覆うように構成される、実施例 7 の測定装置。

【 0 0 3 8 】

実施例 9 - 内側エンクロージャーが外側表面を含み、S P D が、内側エンクロージャーの外側表面の周りにらせん構成で巻き付けられる、実施例 1 ~ 8 のいずれかの測定装置。

【 0 0 3 9 】

実施例 10 - S P D のらせん構成が、内側エンクロージャーの外側表面全体を覆うように構成される、実施例 9 の測定装置。

20

【 0 0 4 0 】

実施例 11 - 試料が、長手方向軸に沿って画定される試料長さを含み、内側エンクロージャーが、外側表面を含み、S P D が、試料長さに沿って外側表面全体を被覆するように、内側エンクロージャーの周りに巻かれる、実施例 1 ~ 10 のいずれかの測定装置。

【 0 0 4 1 】

実施例 12 - 放射性同位体を含む標的試料の活性を測定する方法。方法は、ガンマ感受性自己出力検出器 (S P D) を備える測定装置内に、放射性同位体の複数の試験試料を一度に一つずつ位置付ける工程であって、試験試料の各々の活性が既知である、位置付ける工程を備える。方法は、試験試料の各々が測定装置内に位置付けられるとき、S P D 内の電流を測定する工程と、試験試料と同じ放射性同位体の標的試料を、測定装置内に位置付ける工程とをさらに備え、標的試料の活性は未知である。方法は、標的試料が測定装置内に位置付けられるとき、S P D 内の電流を測定する工程と、試験試料の測定された電流を標的試料の測定された電流と比較して、標的試料の活性を決定する工程と、をさらに備える。

30

【 0 0 4 2 】

実施例 13 - 試験試料の測定された電流と標的試料の測定された電流との間の線形キャリブレーションを使用する工程をさらに備える、実施例 12 の方法。

【 0 0 4 3 】

実施例 14 - 放射性同位体が C o - 60 である、実施例 12 または 13 の方法。

40

【 0 0 4 4 】

実施例 15 - S P D の少なくとも一部分がプラチナを含む、実施例 12 ~ 14 のいずれかの方法。

【 0 0 4 5 】

実施例 16 - S P D が、測定装置内にらせん状に位置付けられる、実施例 12 ~ 15 のいずれかの方法。

【 0 0 4 6 】

実施例 17 - 放射性同位体を含む標的試料の活性を測定する方法。方法は、ガンマ感受性自己出力検出器 (S P D) を備える測定装置内に放射性同位体の標的試料を位置付ける工程を備え、標的試料の活性は未知であり、S P D は既知の感度レベルおよび既知の長さ

50

を含む。方法は、標的試料が測定装置内に位置付けられるとき、SPDの電流を測定する工程と、SPDの測定された電流、SPDの既知の感度レベル、およびSPDの既知の長さを使用して標的試料の活性を決定する工程とをさらに備える。

【0047】

実施例18 - 放射性同位体がCo-60である、実施例17の方法。

【0048】

実施例19 - SPDの少なくとも一部分がプラチナを含む、実施例17または18の方法。

【0049】

実施例20 - SPDが、らせん構成で測定装置内に配置される、実施例17～19のいずれかの方法。

10

【0050】

本明細書の任意の態様で使用されるように、「制御回路」という用語は、例えば、ハードワイヤド回路、プログラム可能な回路（例えば、一つまたは複数の個々の命令処理コア、処理ユニット、プロセッサ、マイクロコントローラ、マイクロコントローラユニット、コントローラ、デジタル信号プロセッサ（DSP）、プログラム可能なロジックデバイス（PLD）、プログラム可能なロジックアレイ（PLA）、またはフィールドプログラム可能なゲートアレイ（FPGA）を含む、コンピュータプロセッサ）、状態マシン回路、プログラム可能な回路によって実行される命令を格納するファームウェア、およびそれらの任意の組み合わせを指し得る。制御回路は、集合的にまたは個別に、より大きなシステム、例えば、集積回路（IC）、特定用途向け集積回路（ASIC）、システムオンチップ（SOC）、デスクトップコンピュータ、ラップトップコンピュータ、タブレットコンピュータ、サーバー、スマートフォンなどの一部を形成する回路として具体化され得る。従って、本明細書で使用される「制御回路」には、少なくとも一つの個別の電気回路を有する電気回路と、少なくとも一つの集積回路を有する電気回路と、少なくとも一つの特定用途向け集積回路を有する電気回路と、コンピュータプログラムによって構成された汎用コンピュータ装置（例えば、プロセスを少なくとも部分的に実行するコンピュータプログラムによって構成された汎用コンピュータ、および/または本明細書に記載のデバイス、またはプロセスを少なくとも部分的に実行するコンピュータプログラムによって構成されたマイクロプロセッサ、および/または本明細書に記載のデバイス）を形成する電気回路と、メモリーデバイスを形成する電気回路（例えば、ランダムアクセスメモリーの形式）と、および/または通信装置を形成する電気回路（例えば、モデム、通信スイッチ、光電気機器）とが含まれるが、これらに限定されない。当業者であれば、本明細書に記載される主題が、アナログもしくはデジタルの様式またはそれらのいくつかの組み合わせで実施され得ることを認識するであろう。

20

30

【0051】

本明細書の任意の態様で使用される場合、用語「ロジック」は、前述の動作のいずれかを行うように構成されるアプリケーション、ソフトウェア、ファームウェア、および/または回路を指し得る。ソフトウェアは、ソフトウェアパッケージ、コード、命令、命令セット、および/または非一時的コンピュータ可読記憶媒体に記録されたデータとして具現化され得る。ファームウェアは、メモリーデバイス内でハードコードされた（例えば、不揮発性）コード、命令、または命令セット、および/またはデータとして具現化され得る。

40

【0052】

本明細書の任意の態様で使用される場合、用語「構成要素」、「システム」、「モジュール」などは、コンピュータ関連エンティティ、つまり、ハードウェア、ハードウェアとソフトウェアの組み合わせ、ソフトウェア、または実行中のソフトウェアのいずれかを指すことができる。

【0053】

本明細書の任意の態様で使用される場合、「アルゴリズム」は、所望の結果をもたらす

50

工程の自己整合的な順序を指し、ここで「工程」は、必ずしも、記憶、移動、結合、比較、およびその他操作されることが出来る電気または磁気信号の形態を取る必要はないが、物理的量および／または論理状態の操作を指す。これらの信号をビット、値、要素、記号、文字、用語、数字などと呼ぶのが一般的である。これらおよび類似の用語は、適切な物理量と関連付けられてもよく、これらの量および／または状態に適用される単に便利なラベルである。

【 0 0 5 4 】

本発明の特定の実施形態が詳細に説明されてきたが、それらの詳細に対するさまざまな変更態様および代替態様が、本開示の全体的な教示に照らして開発され得、例示的な実施形態のうちの一つまたは複数のものの選択された要素が、開示される概念の範囲から異なることなく、他の実施形態からの一つまたは複数の要素と組み合わせられ得ることが、当業者によって理解されよう。従って、開示される特定の実施形態は、例示のみを目的とするものであり、添付の特許請求の範囲ならびにこれらのいずれかおよび全ての均等物の全容が与えられる本発明の範囲に関して限定ものではない。

【 0 0 5 5 】

当業者は、一般に、本明細書、および特に添付の特許請求の範囲（例えば、添付の特許請求の範囲の本体）で使用される用語が、一般に、「オープンな」用語として意図されること（例えば、「含む（including）」という用語は、「含むが、限定されない」と解釈されるべきであり、「有する」という用語は、「少なくとも有する」と解釈されるべきであり、「含む（include）」という用語は、「含むが、限定されない」と解釈されるべきである、など）を認識するであろう。導入される請求項の列挙の特定の数が意図される場合、そのような意図は、特許請求の範囲に明示的に列挙されることになり、そのような列挙がない場合、そのような意図は存在しないことが、当業者によってさらに理解されるであろう。例えば、理解の支援として、以下の添付の特許請求の範囲は、請求項の列挙を導入するための、「少なくとも一つ」および「一つまたは複数」という導入句の使用を含有し得る。しかしながら、そのような語句の使用は、不定冠詞「a」または「an」による請求項の列挙の導入が、そのような導入される請求項の列挙を含有する任意の特定の請求項を、同じ請求項が導入句の「一つまたは複数」または「少なくとも一つ」および「a」または「an」などの不定冠詞を含むときでさえ、一つのそのような列挙のみを含む請求項に限定することを暗示するものとして解釈されるべきではなく（例えば、「a」および／または「an」は、典型的には、「少なくとも一つ」または「一つまたは複数」を意味すると解釈されるべきである）、請求項の記述を導入するために使用される定冠詞の使用についても同様である。

【 0 0 5 6 】

さらに、導入された請求項の記述の特定の数が明示的に記述される場合でも、当業者は、そのような記述が通常、少なくとも記述された数を意味すると解釈されるべきであることを認識するであろう（例えば、他の修飾語句がない「二つの記述」のあからさまな記述は、通常、少なくとも二つの記述、または二つ以上の記述を意味する。さらに、「A、B、およびCなどのうちの少なくとも一つ」に類似した慣例が使用される、そのような事例では、一般的に、そのような構造は、当業者が、慣例（例えば、「A、B、およびCのうちの少なくとも一つを有するシステム」は、限定されるものではないが、A単独、B単独、C単独、AおよびBと一緒に、AおよびCと一緒に、BおよびCと一緒に、ならびに／またはA、B、およびCと一緒に有するなどのシステムを含むであろう）を理解するであろうという意味で意図される。「A、B、またはCなどのうちの少なくとも一つ」に類似した慣例が使用される、そのような事例では、一般的に、そのような構造は、当業者が慣例（例えば、「A、B、またはCのうちの少なくとも一つを有するシステム」は、限定されるものではないが、A単独、B単独、C単独、AおよびBと一緒に、AおよびCと一緒に、BおよびCと一緒に、ならびに／またはA、B、およびCと一緒に有するなどのシステムを含むであろう）を理解するであろうという意味で意図される。説明、特許請求の範囲、または図面のいずれにおいても、二つ以上の代替的な用語を提示する典型的な選言的

10

20

30

40

50

な単語および／または語句は、文脈が別途指示しない限り、用語のうちの一つ、用語のうちの一つ、または両方の用語を含む可能性を企図することが理解されるべきであることが、当業者によってさらに理解されるであろう。例えば、「AまたはB」という語句は、典型的には、「A」もしくは「B」または「AおよびB」の可能性を含むことが理解されるであろう。

【0057】

添付の特許請求の範囲に関して、当業者は、その中に列挙された動作が一般に任意の順序で実施され得ることを理解するであろう。また、さまざまな動作フロー図が配列で提示されるが、さまざまな動作は、例示されるもの以外の他の順序で実施され得るか、または同時に実施され得ることが理解されるべきである。そのような代替的な順序付けの例としては、文脈が別途指示しない限り、重複、交互配置、中断、再順序付け、増分、予備、補足、同時、逆、または他のさまざまな順序付けが挙げられ得る。さらに、文脈が別途指示しない限り、「に応答する」、「に関連する」、または他の過去形形容詞などの用語は、一般に、そのような変形を除外することを意図していない。

10

【0058】

「一つの態様」、「一態様」、「一例証」、「一つの例証」などへの任意の参照は、態様に関連して説明される特定の特徵、構造、または特性が、少なくとも一つの態様に含まれることを意味することに留意すべきである。従って、本明細書全体を通して、さまざまな箇所における「一つの態様では」、「一態様では」、「一例証では」、および「一つの例証では」という語句の出現は、必ずしも全てが同じ態様を参照しているわけではない。さらに、特定の特徵、構造、または特性は、一つまたは複数の態様では、任意の適切な方法で組み合わせられ得る。

20

【0059】

本明細書において参照され、および／または任意の出願データシートに列挙される任意の特許出願、特許、非特許刊行物、または他の開示資料は、それらの資料が本明細書に矛盾しない範囲内で、参照により本明細書に組み込まれる。従って、かつ必要な範囲において、本明細書に明示的に記載される本開示は、参照により本明細書に組み込まれるあらゆる矛盾する資料に優先する。参照により本明細書に組み込まれると言及されるが、既存の定義、記述、または本明細書に記載される他の開示資料と矛盾する、あらゆる資料、またはそれらの一部分は、その組み込まれる資料と既存の開示資料との間に矛盾がない範囲でのみ、組み込まれることになる。

30

【0060】

「備える (comprise)」（ならびに「comprises」および「comprising」などのcompriseの任意の形態）、「有する (have)」（ならびに「has」および「having」などのhaveの任意の形態）、「含む (include)」（ならびに「includes」および「including」などのincludeの任意の形態）、「包含する (contain)」（ならびに「contains」および「containing」などのcontainの任意の形態）という用語は、オープンエンドの連結動詞である。結果として、一つまたは複数の要素を「備える」、「有する」、「含む」、または「包含する」システムは、それらの一つまたは複数の要素を保有するが、それらの一つまたは複数の要素のみを保有することに限定されない。同様に、一つまたは複数の特徴を「備える」、「有する」、「含む」、または「包含する」システム、デバイス、または装置の要素は、それらの一つまたは複数の特徴を保有するが、それらの一つまたは複数の特徴のみを保有することに限定されない。

40

【0061】

要約すると、本明細書に説明される概念を採用することから結果的に生じる多数の利益が説明される。一つまたは複数の形態の上記の説明は、例示および説明の目的で提示される。これは、開示される正確な形態を網羅または限定することを意図するものではない。上記の教示に照らして、修正または変形が可能である。一つまたは複数の形態は、原理および実践的適用を例示するために選択および説明され、それによって、当業者がさまざま

50

な形態を、および企図される特定の使用に好適なさまざまな修正を用いて利用することを可能にする。本明細書で提出された特許請求の範囲は、全体的な範囲を定義することが意図される。

【図面】

【図 1】

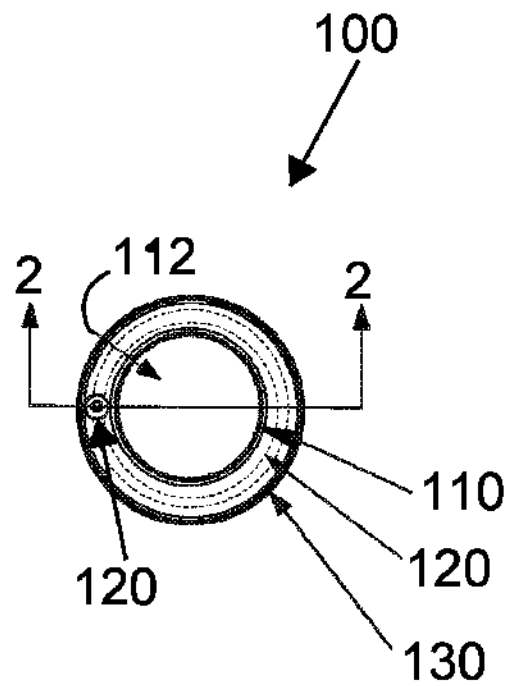


FIG. 1

【図 2】

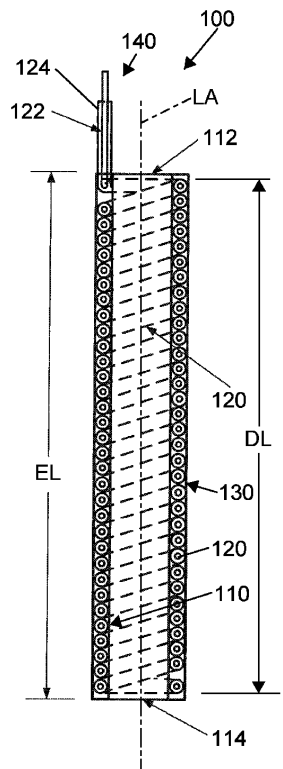
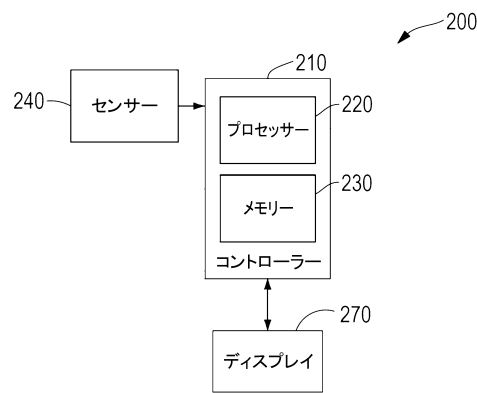


FIG. 2

【図 3】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

- (74)代理人 110000110
弁理士法人 快友国際特許事務所
- (72)発明者 マイケル ディ . ヘイベル
アメリカ合衆国 8 0 0 2 1 コロラド , ブルームフィールド , スタンドストーン ドライブ 1 3
0 8 8
- (72)発明者 マイケル シー . ブライブル
アメリカ合衆国 1 6 0 6 6 ペンシルベニア , クランベリー タウンシップ , オウバーン ドライブ
4 0 3
- 審査官 右▲高▼ 孝幸
- (56)参考文献 特開平 6 - 5 9 0 4 5 (J P , A)
特表 2 0 1 9 - 5 2 0 5 5 8 (J P , A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)
G 0 1 T 1 / 1 6 7