

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5709861号
(P5709861)

(45) 発行日 平成27年4月30日(2015.4.30)

(24) 登録日 平成27年3月13日(2015.3.13)

(51) Int.Cl.

G06K 19/07 (2006.01)

F 1

G06K 19/07 160
G06K 19/07 260
G06K 19/07 090

請求項の数 8 (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2012-520569 (P2012-520569)
 (86) (22) 出願日 平成22年7月7日 (2010.7.7)
 (65) 公表番号 特表2012-533788 (P2012-533788A)
 (43) 公表日 平成24年12月27日 (2012.12.27)
 (86) 國際出願番号 PCT/SE2010/050791
 (87) 國際公開番号 WO2011/008157
 (87) 國際公開日 平成23年1月20日 (2011.1.20)
 審査請求日 平成25年6月27日 (2013.6.27)
 (31) 優先権主張番号 12/503,626
 (32) 優先日 平成21年7月15日 (2009.7.15)
 (33) 優先権主張国 米国(US)

(73) 特許権者 390041542
 ゼネラル・エレクトリック・カンパニー
 アメリカ合衆国、ニューヨーク州 123
 45、スケネクタディ、リバーロード、1
 番
 (74) 代理人 100137545
 弁理士 荒川 聰志
 (74) 代理人 100105588
 弁理士 小倉 博
 (74) 代理人 100129779
 弁理士 黒川 俊久

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】無線周波数識別(RFID)センサを含む放射線暴露時の検知方法及びシステム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

所定の範囲の電力開始レベル及び共振回路パラメータを有する無線周波数識別(RFID)センサ部品を使用して、環境の物理的、化学的及び生物学的特性を検知する方法であつて、当該方法が、

前記RFIDセンサ部品を活性化して、前記センサ部品の活性化に必要な電力レベルの範囲が、前記所定の範囲の電力開始レベルよりも狭いか否かを判定する段階と、

前記環境の物理的、化学的及び生物学的特性の少なくとも1つを検知する段階と、

前記センサの活性化に必要な電力レベルの範囲に基づいて選択された共振パラメータを使用して、検知された前記環境の特性を定量化する段階と

を含んでおり、前記センサ部品のガンマ線への暴露によって前記センサの活性化に必要な電力レベルの範囲に変化が起こる、方法。

【請求項2】

前記RFIDセンサの選択された共振パラメータが、前記RFIDセンサの複素インピーダンス応答から計算されたパラメータ、前記RFIDセンサの複素インピーダンス応答の実数部、前記RFIDセンサの複素インピーダンス応答の虚数部を含む、請求項1記載の方法。

【請求項3】

前記RFIDセンサの選択された共振パラメータが、前記RFIDセンサの等価回路に関する前記RFIDセンサの共振応答から計算されたパラメータを含む、請求項1記載の

10

20

方法。

【請求項 4】

前記環境の物理的、化学的及び生物学的特性を定量化する段階が、前記 R F I D センサのメモリチップ内に記憶された係数を含む伝達関数を通して、前記検知特性を前記 R F I D センサの選択された共振パラメータに関連付けることを含む、請求項 1 記載の方法。

【請求項 5】

電力レベルの範囲が所定の閾値よりも狭いときは、前記選択されたパラメータが、複素インピーダンス応答から計算されたパラメータの 1 群から構成され、電力レベルの範囲が所定の閾値よりも狭くないときは、前記選択されたパラメータが、複素インピーダンス応答から計算されたパラメータの別の群から構成される、請求項 1 記載の方法。

10

【請求項 6】

前記特性に対応する信号に関して、ガンマ線照射の前後のそれぞれの信号の値からガンマ線の線量が決定される、請求項 1 乃至請求項 5 のいずれか 1 項記載の方法。

【請求項 7】

前記検知された特性を定量化する段階が、前記特性に対応する信号に関する信号オフセット、信号ドリフト、信号ノイズ及びセンサ応答の勾配の 1 つ以上を調整する補正スキームを適用することを含む、請求項 1 記載の方法。

【請求項 8】

所定の範囲の電力開始レベル及び共振回路パラメータを有する R F I D センサ部品を使用して物理的、化学的及び生物学的特性を検知するように構成されたセンサシステムであつて、

20

前記 R F I D センサ部品を用いて前記特性を検知する電子センサと、

前記センサから前記特性に対応する 1 つ以上の信号を読み取るインターロゲータユニットと、

前記センサ部品の活性化に必要な電力レベルの範囲が、前記所定の範囲の電力開始レベルよりも狭いか否かを識別するとともに、前記センサ部品のガンマ線への暴露によって前記センサの活性化に必要な電力レベルの範囲の変化が起こったか否かを判定し、かつ前記センサの活性化に必要な電力レベルの範囲に基づいて選択された共振パラメータを使用して、検知された特性を定量化するための比較器ユニットと

を備える、センサシステム。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、1 つ以上の無線周波数部品を備える検知方法及びシステムに関する。

【背景技術】

【0002】

一般に、医薬品及び生物学分野の製造プロセスでは、様々な段階で製品を保持し、輸送するために、ポリマーパウチ又は袋体、チューブ、バルブなど、様々な使い捨て物品又は単回使用物品を利用する。そのような袋体はしばしば、1 バッチの薬を製造、保存及び／若しくは分配するのに使用され、且つ／或いは、1 バッチをバイアル若しくはボトルに分注して分配若しくはさらに保存する準備が整うまで、又は1 バッチを製造プロセス装置内にさらに直接分注することが可能になるまで、1 バッチの薬若しくは他の物質を保存するのにしばしば使用される。一般に、これらの袋体及び使い捨て物品は、使用前に、例えば、ガンマ線などのイオン化放射線を使用して殺菌する必要がある。

40

【0003】

通常、センサをそのような袋体に結合させて、温度、圧力、pH、酸素、二酸化炭素など、袋体中の様々な環境パラメータに関する情報を取得する。これらのセンサは、無線周波数識別（R F I D）タグを使用することもできる。通常、無線周波数識別（R F I D）タグは、資産を追跡するのに使用される。例えば、R F I D タグは、物体がある場所から

50

取り除かれたこと、及びそれらの物体がその場所に戻されたことを追跡するのに使用することができる。R F I D タグがバイオメトリックリーダと組み合わせられている。そのようなR F I D 回路は、バイオメトリック信号及びR F I D 信号を共に処理するある種の機能ブロックを使用する。各R F I D タグは、固有の、工場でプログラムされたチップ識別(I D)番号を有する。これら固有の番号を読み取り、R F I D タグをそのタグが付けられた物品に関連付ける。R F I D タグは、容器及び荷物が無許可で開封されたことを検出するのにも使用される。R F I D タグは、郵便切手、他の郵便物ラベル、衣類、及び他の多くの物品などの様々な物品に含めることができる。

【 0 0 0 4 】

しかし、タグが放射線を受けることを必要とする用途など、一部の用途では、環境により、タグ内のメモリ中のデジタルデータ内容が破損又は破壊される可能性がある。R F I D タグはすでに知られており、物品の在庫管理及び盗難防止など、様々な使い方に適合されているが、R F I D タグは、殺菌のためにガンマ線照射される生物学的袋体又は使い捨て物品には適していなかった。

【 0 0 0 5 】

R F I D タグのメモリ素子の内容は、放射線、特にガンマ線を受けると、消失又は破損し、その中に記憶された関連データの望ましくない変化をもたらす可能性がある。しかし、限定しないが、システムの照射が適切な殺菌のための要件である、製薬産業など多くの用途がある。

【 0 0 0 6 】

R F I D タグを使用するデバイスは、ガンマ線照射に曝された後、機能し続けているように見えるが、デバイス性能の意図しない顕著で望ましくない変化が生じる。例えば、デバイスの破損は、データ破損をもたらし、データ破損は、データ検索中に発生し、元のデータの意図しない望ましくない変化につながるデータのエラー又は変化を指す。悪影響が電子デバイスからのデータ消失をもたらす可能性がある。本明細書で使用する用語「データ消失」は、ハードウェア又はソフトウェア故障により回復不能にデータが使用可能でなくなることを指す。材料レベルでは、F R A M (登録商標) (強誘電体ランダムアクセスメモリ)は、E E P R O M (電気的消去可能プログラム可能型読み取り専用メモリ)よりも比較的ガンマ線に耐性がある。しかし、F R A M (登録商標)もガンマ線照射の影響を受ける。ガンマ線のエネルギーは、強誘電体材料中の変位損傷を引き起こす可能性があるほど十分に高い。例えば、F R A M (登録商標)は、ガンマ線に曝された後、内部電磁界の変化による強誘電体のスイッチング特性の変化のために、保持された分極電荷が減少する。強誘電体のスイッチング特性のこの放射線による劣化は、強誘電体材料中の放射による電荷の輸送及び電極の近傍におけるその電荷の捕捉によるものである。電荷は、捕捉されると、双極子の周りの局所的電磁界を変化させ、印加電圧に応じてスイッチング特性を変化させる可能性がある。F R A M (登録商標)の製造方法(例えば、スパッタリング、ゾルゲル堆積、スピノン堆積、有機金属化学蒸気堆積、液体原料噴霧化学堆積)に応じて、捕捉部位は、強誘電体材料中の結晶粒界内又は分布した欠陥内にある可能性がある。電荷捕捉に加えて、ガンマ線は、個々の双極子又は磁区の分極率を直接変化させる可能性がある。

【 0 0 0 7 】

デバイスレベルでは、R F I D タグのF R A M (登録商標)メモリチップは、標準的なC M O S 電気回路と、F R A M (登録商標)のメモリ書き込み動作中に分極双極子が配向する強誘電体コンデンサのアレイとから構成される。C M O S の放射線損傷には、限定しないが、閾値電圧の移動、漏電流の増加、及び短絡ラッチアップが含まれる。

【 0 0 0 8 】

医薬品、生物プロセス工業、及び他の用途などにおいてガンマ線照射されるデバイスは、E E P R O M 及びF R A M (登録商標) タグなど読み取り書き込みR F I D タグを確実に利用することができない。従って、これらの環境内で使用される製品には、代替の解決手段を見つけるか、又は既存のメモリ部品を改善する必要がある。例えば、場合によっては、

10

20

30

40

50

簡単な光学バーコードを物品に取り付け、データベースは、そのバーコードに関する関連情報を記憶し、それを検索するのに使用される。バーコードにより、物品に関する情報を検索することはできるが、新しいデータを直接バーコードに書き込むことはできない。その代わり、バーコードは、しばしば無線ネットワークによるデータベースへのアクセスを必要とする。ネットワークへのアクセスは、処理開始中などある種の重要な時間にしばしば不可能である、又は受け入れられない可能性がある。従って、重要な物品製造情報（例えば流通履歴（electronic pedigree））及び現在のエンドユーザ情報（例えば開始条件）は、物品に取り付けられるRFIDタグのメモリ中に直接記憶すべきである。さらに、RFIDタグが物品に取り付けられているとき、タグのメモリ中のそのような局所情報により、物品を認証することができる。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0009】

【特許文献1】米国特許第20080136643号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

従って、データ消失又は破損することなく放射線に耐えることができるセンサを有することが望ましい。

【課題を解決するための手段】

20

【0011】

一実施形態では、環境の物理的、化学的、及び生物学的特性を検知する方法が提供される。本方法は、所定の範囲の電力開始レベル及び所定の共振回路パラメータを有する無線周波数識別（RFID）センサ部品を使用することを含み、RFIDセンサ部品を活性化し、センサ部品を活性化するのに必要な電力レベルの範囲が、所定の範囲の電力開始レベルよりも狭いかどうかを判定する段階と、環境の物理的、化学的、及び生物学的特性の少なくとも1つを検知する段階と、1つ以上の選択された共振パラメータを使用して環境の検知特性を定量化する段階であって、パラメータの選択が、センサを活性化するのに必要な電力レベルの範囲に一部基づいている、段階とを含む。

【0012】

30

別の実施形態では、RFIDセンサ部品を使用して物理的、化学的、及び生物学的特性を検知するように構成されたセンサシステムが提供される。本センサシステムは、所定の電力開始レベルを有することを含む。本センサシステムは、RFIDセンサ部品のメモリチップに取り付けられた、パラメータを検知する電子センサと、特性に対応するセンサからの1つ以上の信号を読み取るインタロゲータユニットと、センサ部品を活性化するのに必要な電力レベルの範囲が、所定の範囲の電力開始レベルよりも狭いかどうかを識別する比較器ユニットとをさらに含む。

【0013】

本発明のこれら及び他の特徴、態様、及び利点は、図面を通して同様の記号が同様の部品を示す、添付の図面を参照して以下の詳細な説明を読めば、より十分に理解できるであろう。

40

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1】本発明のRFIDシステムの一実施形態の概略図である。

【図2】本発明のRFIDタグのメモリチップの一実施形態の概略図である。

【図3】本発明のRFIDセンサの共振回路の一実施形態の測定パラメータのグラフである。

【図4】RFIDセンサを使用して環境パラメータを測定する、本発明の例示的な方法の段階のフローチャートである。

【図5】ガンマ線に曝されていないRFIDセンサのF₁応答の実施例を示すグラフであ

50

る。

【図6】ガンマ線に曝されていないRFIDセンサの F_2 応答の実施例を示すグラフである。

【図7】ガンマ線に曝されていないRFIDセンサの F_p 応答の実施例を示すグラフである。

【図8】ガンマ線に曝されたRFIDセンサの F_1 応答の実施例を示すグラフである。

【図9】ガンマ線に曝されたRFIDセンサの F_2 応答の実施例を示すグラフである。

【図10】ガンマ線に曝されたRFIDセンサの F_p 応答の実施例を示すグラフである。

【図11】ガンマ線照射前後のRFIDセンサの複素インピーダンススペクトルの主成分分析の実施例の結果のグラフである。 10

【発明を実施するための形態】

【0015】

本発明の方法及びシステムは、RFIDタグなどの無線周波数識別(RFID)部品を備えるセンサを使用して環境の物理的、化学的又は生物学的特性を検知するのに使用することができる。

【0016】

物理的、化学的及び生物学的特性を検知する方法及びシステムには、所定の範囲の電力開始レベルと、共振回路パラメータにより特徴付けることができる1つ以上の共振応答とを有するRFIDセンサを使用する。タグ及びセンサの機能を併せ持つRFIDデバイスは、メモリチップを動作させるのにRFIDインターロゲータから所定の範囲の必要な電力を印加する。 20

【0017】

共振回路パラメータの非限定的な例には、インピーダンススペクトル、インピーダンススペクトルの実数部、インピーダンススペクトルの虚数部、インピーダンススペクトルの実数及び虚数部、複素インピーダンスの実数部の最大値の周波数(F_p)、複素インピーダンスの実数部の大きさ(Z_p)、複素インピーダンスの虚数部の共振周波数(F_1)、並びに複素インピーダンスの虚数部の反共振周波数(F_2)が含まれる。共振回路パラメータの追加の非限定的な例には、RFIDセンサの等価回路の応答から抽出することができるパラメータが含まれる。RFIDセンサの等価回路には、電極間の膜材料、膜厚さ、電極-膜接触部、膜表面形状、及び基板-膜接合部からの影響が考慮される。一実施形態では、アンテナの一部が、環境に対して応答性がある材料から作成される。この実施形態では、アンテナは、環境に対して応答性があり、化学的、生物学的又は物理的パラメータの1つ以上を検知することができる。別の実施形態では、アンテナの頂点上に検知膜を適用することができる。この実施形態では、膜の変化が、アンテナ応答に影響を及ぼす可能性がある。これら追加パラメータの他のいくつかの非限定的な例には、RFIDセンサの共振回路応答の共振のQ値、位相角度、及びインピーダンスの大きさが含まれる。適用する多変量解析は、注目する様々な環境パラメータの選択的な定量化における多次元空間内の單一データ点に対する多変量RFIDセンサ応答の次元数を減少させる。多変量解析ツールの非限定的な例は、正準相関分析、回帰分析、非線形回帰分析、主成分分析、判定関数分析、多次元尺度構成法、線形判定分析、ロジスティック回帰、及びノ又はニューラルネットワーク分析である。 30

【0018】

ガンマ線安定センサとして実装されるガンマ線安定RFIDタグの非限定的な例には、メモリチップMB89R118A又はMB89R119A(富士通株式会社、日本)と共に組み立てられ、アンテナに取り付けられる、13.56MHzの公称周波数で動作するRFIDデバイスが含まれる。1つの例では、アンテナのサイズは、約5.5cm x 8.5cmとすることができる。メモリチップは、強誘電体メモリを製造するプロセスを組み合わせた、標準的な0.35マイクロメートル相補型金属酸化膜半導体(CMOS)回路プロセスを使用して、作成することができる。デジタルデータの書き込み及び読み取りは、入手可能な読み取り器/書き込み器デバイス(インターロゲータとしても知られている)を使用して実 40

行することができる。リーダ / ライタデバイスの例には、型式 T R F 7 9 6 0 評価モジュール (Texas Instruments)、型式 1 1 1 (Wave Logic LLC、Scotts Valley、CA) が含まれる。

【0019】

図 1 に示すように、R F I D タグ 1 0 は、磁気的に結合する共振回路 1 2 の助けによりデータ及びエネルギーを伝送する。受動型 R F I D タグは、機能するためにバッテリを必要とせず、アンテナ 1 6 に接続するメモリマイクロチップ 1 4 を含む。アンテナインダクタンス (L_A) を有するインダクタ 2 0 、アンテナキャパシタンス (C_A) を有するコンデンサ 2 2 、及びアンテナ抵抗 (R_A) を有する抵抗器 2 4 の組合せによって同調されたアンテナ 1 6 を照射することにより、R F I D リーダ 1 8 がマイクロチップ 1 4 を読み取る。検知アンテナの組立て中に同調が行われる。R F 電磁界がアンテナコイルを通過すると、A C 電圧がコイルの両端に発生する。この電圧は、マイクロチップ 1 4 内で整流され、マイクロチップ動作用のD C 電圧をもたらす。D C 電圧が、本明細書では動作電力レベルとも呼ばれる、I C メモリチップを活性化及び動作させるのに必要な所定のレベルに達すると、マイクロチップ 1 4 が、動作可能になる。マイクロチップから後方散乱されたR F 信号を検出することにより、マイクロチップに記憶された情報を十分に識別することができる。受動タグ 1 0 とリーダ 1 8 との間の距離は、動作周波数、R F 電力レベル、リーダの受信感度、アンテナのサイズ、データ速度、通信プロトコル、及びマイクロチップ電力要求量を含む設計パラメータにより調整される。

【0020】

図 2 を参照すれば、R F I D タグ 3 0 は、メモリチップ 3 2 を備える。メモリチップ 3 2 は、集積回路デバイスである。集積回路 (I C) メモリチップ 3 2 は、相補型金属酸化膜半導体 (C M O S) チップ 3 4 及び不揮発性メモリ部品 5 2 を使用して組み立てられたR F 信号変調回路を含む。C M O S チップ 3 4 は、整流器 3 6 、電力供給電圧コントローラ 3 8 、変調器 4 0 、復調器 4 2 、クロック発生器 4 4 、衝突防止機能コントローラ 4 6 、データ入力 / 出力コントローラ 4 8 、及びF R A M (登録商標) アクセスコントローラ 5 0 などのいくつかの下位部品を含む。メモリチップ 3 4 は、不揮発性メモリ部品 5 2 も含む。C M O S 部品 3 4 の 1 つ以上は、殺菌プロセス中にガンマ線により影響を受ける可能性がある。

【0021】

チップを活性化するのに、R F I D インタロゲータ (リーダ / ライタデバイス) が、R F 信号を送出し、R F 信号は、R F I D タグのアンテナに捕捉され、アンテナの両端にA C 電圧を発生させる。オンチップ整流器が、A C 電圧をD C 電圧にさらに変換し、D C 電圧がI C チップを活性化する。活性化したチップは、記憶した情報をR F I D インタロゲータに返送することができ、そのメモリに記憶された新しい情報を受信することができる。R F I D インタロゲータには、読み取り及び書き込みデータ用のチップと通信するのに指令パルスを使用する。活性化したチップは、記憶した情報をR F I D インタロゲータに返送することができ、そのメモリに記憶された新しい情報を受信することができる。R F I D インタロゲータには、読み取り及び書き込みデータ用のチップと通信するのに指令パルスを使用する。比較器ユニットは、活性化電力レベルの範囲の電流値を、所定の範囲の電力レベルの電流値と比較する。信号オフセット、信号ドリフト、信号ノイズ、及びセンサ応答の勾配の 1 つ以上を調整するのに、処理ユニットを使用することができる。一実施形態では、ガンマ線照射の線量を判定するのに、比較器ユニットを使用する。

【0022】

ガンマ線は、R F I D タグ及びセンサ回路の様々な部分、並びに様々な範囲に影響を及ぼす。様々なレベルの影響は、ガンマ線照射後のタグの破損及びセンサ応答において顕著である。本発明の方法及びシステムは、R F I D タグの回路内でこれらの様々なレベルのガンマ線照射による影響を補正する。

【0023】

具体的には、タグ回路の部品の組合せが、タグから放射されるF_p、Z_p、F₁、F₂など

10

20

30

40

50

の共振回路パラメータにより形成される複素インピーダンス応答の発生をもたらす。図3は、タグの複素インピーダンスの実数部及び虚数部を示す。曲線60で示すように、複素インピーダンスの実数部は、パラメータ F_p 64及び Z_p 66を含む。パラメータ F_p 64は、複素インピーダンスの実数部の最大値の周波数を示し、パラメータ Z_p 66は、複素インピーダンスの実数部の大きさを示す。同様に、曲線62で示すように、複素インピーダンスの虚数部は、 F_1 68及び F_2 69を含む。パラメータ F_1 68は、複素インピーダンスの虚数部の共振周波数を示し、パラメータ F_2 69は、複素インピーダンスの虚数部の反共振周波数を示す。パラメータ F_1 及び F_2 は、等価回路の様々な部品に関連する。追加の非限定期的な例には、RFIDセンサの共振回路応答の共振のQ値、位相角度、及びインピーダンスの大きさなど、RFIDセンサの等価回路の応答から抽出することができるパラメータ、並びに当技術分野で知られている他のパラメータが含まれる。

【0024】

一実施形態では、RFIDインターロガータ（リーダ/ライタデバイス）は、RFIDセンサ部品を有するRFIDデバイスに問い合わせ、ICメモリチップを活性化するのに必要な電力レベルの範囲を決定するのに使用される。ガンマ線照射は、照射の前後でRFIDタグの電力読取範囲を変化させる。RFIDデバイスのガンマ線照射は、電力読取範囲を縮小する。この範囲の縮小は、ICメモリチップのCMOS構造の性能の放射線による変化と関連する。従って、電力レベルの範囲が、所定の範囲の電力レベルよりも小さく（より狭く）なるとき、RFIDデバイスのインピーダンスパラメータの1群（第1の組）が、測定されたセンサパラメータと定量化される環境パラメータとの間の応答をもたらすように選択される。1つの例では、第1の組内のパラメータは、 F_p 、 Z_p 、及びいくつかの他のパラメータを含むことができる。一方、電力レベルの範囲が、所定の範囲の電力レベルに極めて近いとき、RFIDデバイスのインピーダンスパラメータの1群（第2の組）が、測定されたセンサパラメータと定量化される環境パラメータとの間の応答をもたらすように選択される。1つの例では、第2の組内のパラメータは、 F_1 、 F_2 、 F_p 、 Z_p を含むことができる。

【0025】

別の実施形態では、ガンマ線殺菌に曝されるRFIDタグは、少なくとも1つのアナログ入力部を含むメモリチップを有することができ、別個のセンサがメモリチップのアナログ入力部に取り付けられる。RFIDインターロガータ（リーダ/ライタデバイス）は、センサが取り付けられたRFIDデバイスに問い合わせ、ICメモリチップを活性化するのに必要な電力レベルの範囲を決定するのに使用される。上述したように、RFIDデバイスのガンマ線照射は、電力読取範囲を縮小する。従って、電力レベルの範囲が、所定の範囲の電力レベルよりも小さく（より狭く）なるとき、ガンマ線照射後のメモリチップの電気的アナログ入力の値は、ガンマ線照射前に記録され、チップのメモリ中に記憶されたメモリチップの電気的アナログ入力の値と一致するまで、調整係数により調整される。この調整係数は、ガンマ線照射前後のメモリチップの電気的アナログ入力の値に関連付けられ、乗法係数、加法係数、多項式係数、又はこれらの係数の組合せである。

【0026】

図4は、ガンマ線照射時にRFID回路に発生する変化に対応する本発明の方法を示す。ブロック70では、センサのメモリチップを活性化するのに、RFIDインターロガータから電力を印加する。RFIDインターロガータにより送信されたRF電磁界が、アンテナコイルを通過すると、AC電圧が、コイルの両端に発生する。この電圧は、マイクロチップ内で整流され、マイクロチップ動作用のDC電圧をもたらす。DC電圧が、本明細書では動作電力レベルとも呼ばれる、ICメモリチップを活性化及び動作させるのに必要な所定のレベルに達すると、マイクロチップが、動作可能になる。マイクロチップから後方散乱されたRF信号を検出することにより、マイクロチップに記憶された情報を十分に識別することができる。ブロック72では、センサのメモリチップを活性化するのに必要な電力レベルの範囲を決定する。ブロック74では、センサのメモリチップを活性化するのに必要な電力レベルの範囲が、所定の範囲の電力開始レベルよりも狭いかどうかを判定する

10

20

30

40

50

。一実施形態では、センサ部品をガンマ線に曝すことにより、電力レベルの変化を起こすことができる。

【0027】

メモリチップを活性化するのに必要な電力レベルの範囲が、所定の範囲の電力レベルよりも小さい（より狭い）場合に（ブロック76で）は、環境パラメータのレベルを計算するのに、検知パラメータの部分集合のみを選択する。環境パラメータのレベルを計算するのに選択されないパラメータは、ガンマ線照射により影響を受けるパラメータである可能性がある。メモリチップを活性化するのに必要な電力レベルの範囲が、所定の範囲の電力レベルと同じになる他の場合（ブロック78）には、 F_1 、 F_2 、 F_p 、 Z_p などのパラメータの1つ以上が、環境パラメータのレベルを計算するのに選択される。さらに、ブロック80では、RFIDセンサ部品を有するセンサが、環境の物理的、化学的、及び生物学的特性の少なくとも1つを検知する。

【0028】

ブロック82では、選択された共振パラメータの1つ以上を使用して、センサが、検知された特性を定量化するが、パラメータの選択は、ブロック74、76、及び78において上述したように、センサのメモリチップを活性化するのに必要な電力レベルの範囲に一部基づいている。一実施形態では、検知された特性を定量化する段階は、信号オフセット、信号ドリフト、信号ノイズ、及びセンサ応答の勾配の1つ以上を調整する補正スキームを適用することを含む。一実施形態では、1つ以上の信号の校正パラメータは、RFIDデバイスのメモリ中に記憶することができ、それらの校正パラメータは、補正スキームが適用されるとき、検索することができる。別の実施形態では、1つ以上の信号の校正パラメータは、データベース内に記憶することができ、それらの校正パラメータは、補正スキームが適用されるとき、検索することができる。

【0029】

一実施形態では、調整係数は、ガンマ線照射の前後でそれぞれの信号の値に関連付けることができる。調整係数は、乗法係数、加法係数、多項式係数、又はこれらの組合せとすることができる。1つの例では、検知された特性に関するデータは、記憶され、センサが特性を定量化する後の段階で検索される。

【0030】

一実施形態では、調整係数は、ガンマ線照射の前後でそれぞれの信号の値に関連付けることができ、ガンマ線照射の線量を判定するのに使用することができる。

【0031】

1つの例では、センサ又はRFIDタグは、放射線耐性部品を備える。図4のフローチャートに示す方法を適用するのに加えて、いくつかの実施形態では、タグの半導体メモリにガンマ線耐性CMOS部品を適用することにより、センサ性能が改善される。設計による耐性CMOS部品の例には、メモリアレイ中のpチャネルトランジスタ、環状nチャネルゲート構造、pタイプガードリング、ロバスト／冗長ロジックゲート保護ラッチ回路、及び単一イベント影響不感受ラッチ回路が含まれる。設計による耐性技術は、放射線耐性ラッチ回路がデバイスのロジックを伝播する単一イベント過渡現象を設定するのを防ぐ。

【0032】

実施例

RFIDセンサは、FRAM（登録商標）メモリチップMB89R118A（富士通株式会社、日本）と共に組み立てられた。これらのチップは、強誘電体メモリと結合した標準的な0.35 μ m CMOS回路を使用して作成される。MB89R118Aチップの総メモリ量は2000バイトである。FRAM（登録商標）メモリチップは、RFIDタグに組み込まれた。デジタルデータの書き込み及び読み取りは、Wave Logic LLC（Scotts Valley、CA）のリーダ／ライタを使用して実行された。無線周波数に基づくセンサの複素インピーダンスの測定は、LabVIEWを使用するコンピュータ制御の下で、ネットワークアナライザ（型式E5062A、Agilent Technologies, Inc.、Santa Clara、CA）により実行された。ネ

10

20

30

40

50

ツトワークアナライザは、注目する範囲にわたる周波数をスキャンし、RFIDセンサからの複素インピーダンス応答を集めるのに使用された。集められた複素インピーダンスデータは、Excel (Microsoft Inc.、Seattle、WA)、又はKaleidaGraph (Synergy Software、Reading、PA)、及びMatlab (The Mathworks Inc.、Natick、MA)と共に動作するPLS_Toolbox (Eigenvector Research, Inc.、Manson、WA)を使用して分析された。

【0033】

温度の検知は、RFIDタグを使用し、温度の関数としての周波数応答の依存性を監視することにより達成された。2つの同一タグを使用した。第1のRFIDセンサは、ガンマ線に曝されなかった。第2のRFIDセンサは、約35kGyのガンマ線に曝された。センサは、70から30までの範囲の5刻みの異なる温度に曝された。

10

【0034】

図5～7は、ガンマ線に曝されなかった第1のRFIDセンサの応答 F_1 、 F_2 、及び F_p の測定結果を示す。グラフ100、102、及び104の段階1～9は、70から30までの5刻みの温度変化を示す。図5～7に示すように、応答 F_1 、 F_2 、及び F_p は、センサの温度変化に十分に追従し、信頼性のある温度測定として周波数変化を使用することができる。

【0035】

図8～10は、ガンマ線に曝された第2のRFIDセンサの応答 F_1 、 F_2 、及び F_p の測定結果を示す。グラフ106、108、及び110の段階1～9は、70から30までの5刻みの温度変化を示す。図8に示すように、応答 F_1 は、ガンマ線の影響を受けなかった。図示したように、 F_1 応答は、依然としてセンサの温度変化と十分相関がある。しかし、 F_2 応答(図9)は、ガンマ線に悪影響を受け、信頼性のある温度測定として F_2 応答を使用することができない。その結果、 F_p 応答(図10)も、わずかにガンマ線の影響を受けた。従って、ガンマ線は、回路の応答特性を変化させることにより、第2のセンサのRFIDタグのメモリチップの部分に影響を及ぼした。そのような応答変化は、センサ応答の重大なエラーをもたらす。

20

【0036】

RFIDセンサのメモリチップを活性化するのに、無線周波数(RF)エネルギーの補正量をセンサのRFIDタグに適用する必要がある。メモリチップを活性化するのに必要なエネルギーは、RFIDタグの周波数応答の変化において顕著である。RFIDタグ活性化測定は、約-5dBmから約+10dBmの範囲のネットワークアナライザの異なる電力レベルにおいて実行された。そのような測定は、ガンマ線照射の前後でRFIDタグを使用して実行された。測定されたスペクトルプロファイルは、周波数スペクトルの形状を比較するために主成分分析(PCA)ツールを使用して、さらに処理された。主成分分析は、共直線性が除去された、より低い次元数の部分空間上にデータの組を射影する。PCAでは、データ行列の分散は、情報の重大な消失を伴うことなく、元の変数の重み付き合計として、言い換えれば主成分(PC)として示される。図11は、ガンマ線照射前後のRFIDタグの周波数応答の主成分分析の結果を示す。点112は、センサをガンマ線に曝す前のデータ点を示し、点114は、ガンマ線に曝した後のデータ点を示す。データ点112及び114の位置の差は、ガンマ線照射されたとき、周波数スペクトルの形状が大幅に変化することを示す。

30

【0037】

本明細書に本発明のいくつかの特徴のみを図示し、それらを説明してきたが、当業者により多くの修正及び変更がなされるであろう。従って、添付の特許請求の範囲は、本発明の範囲内にある、そのような全ての修正及び変更を保護することを目的とすることを理解されたい。

40

【符号の説明】

【0038】

50

1 0	R F I D タグ	
1 2	共振回路	
1 4	マイクロチップ	
1 6	アンテナ	
1 8	R F I D リーダ	
2 0	インダクタ	
2 2	コンデンサ	
2 4	抵抗器	
3 0	R F I D タグ	10
3 2	メモリチップ	
3 4	C M O S チップ	
3 6	整流器	
3 8	電力供給電圧コントローラ	
4 0	変調器	
4 2	復調器	
4 4	クロック発生器	
4 6	衝突防止機能コントローラ	
4 8	データ入力 / 出力コントローラ	
5 0	F R A M アクセスコントローラ	
5 2	不揮発性メモリ部品	20
6 0	複素インピーダンスの実数部曲線	
6 2	複素インピーダンスの虚数部曲線	
6 4	複素インピーダンスの実数部の最大値の周波数	
6 6	複素インピーダンスの実数部の大きさ	
6 8	複素インピーダンスの虚数部の共振周波数	
6 9	複素インピーダンスの虚数部の反共振周波数	
1 0 0	複素インピーダンスの虚数部の共振周波数のグラフ	
1 0 2	複素インピーダンスの虚数部の反共振周波数のグラフ	
1 0 4	複素インピーダンスの実数部の最大値の周波数のグラフ	
1 0 6	複素インピーダンスの虚数部の共振周波数のグラフ	30
1 0 8	複素インピーダンスの虚数部の反共振周波数のグラフ	
1 1 0	複素インピーダンスの実数部の最大値の周波数のグラフ	
1 1 2	センサをガンマ線に曝す前のデータ点	
1 1 4	センサをガンマ線に曝した後のデータ点	

【図1】

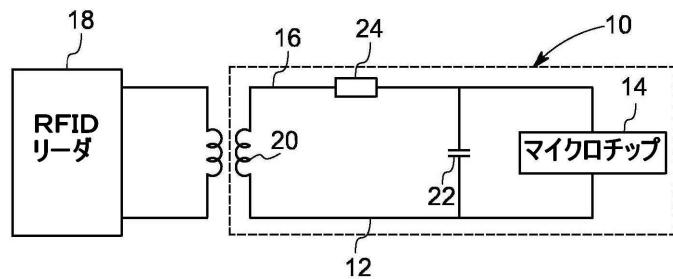


FIG. 1

【図2】

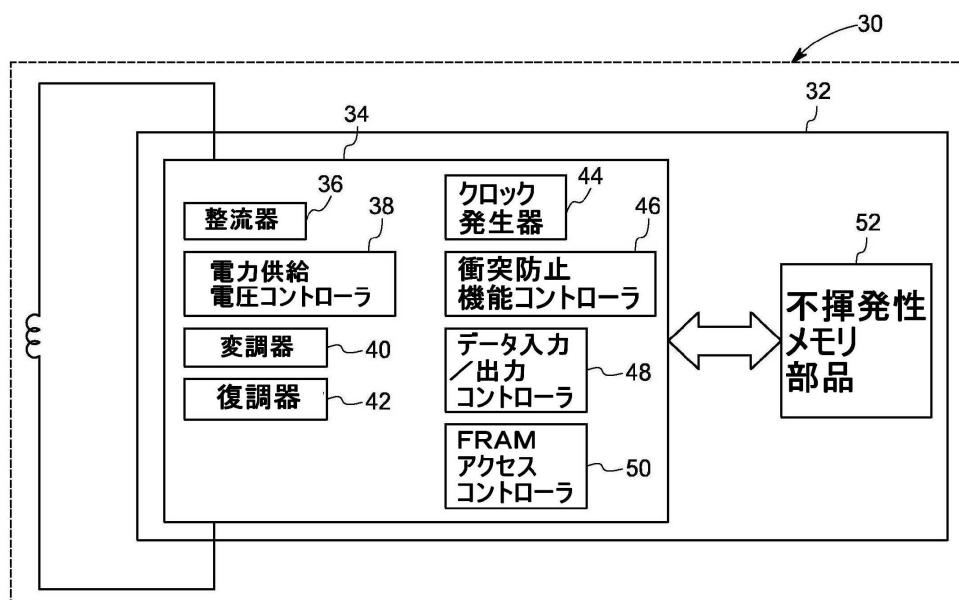


FIG. 2

【図3】

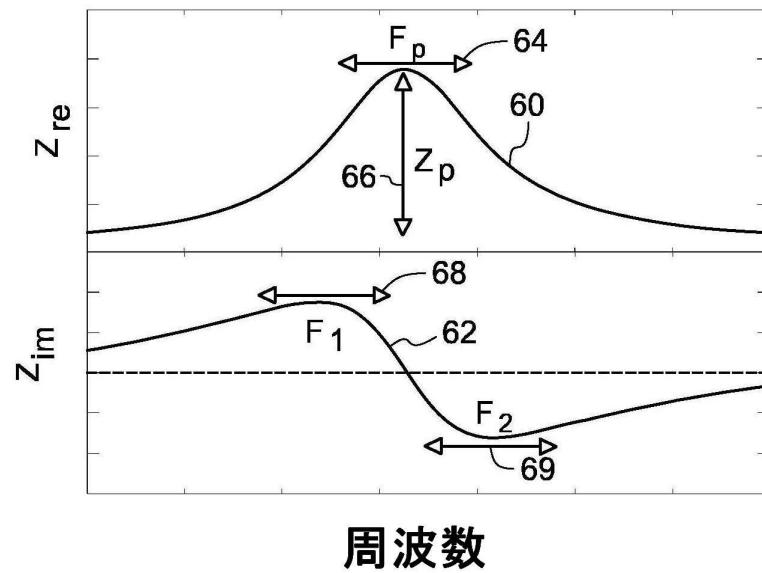


FIG. 3

【図4】

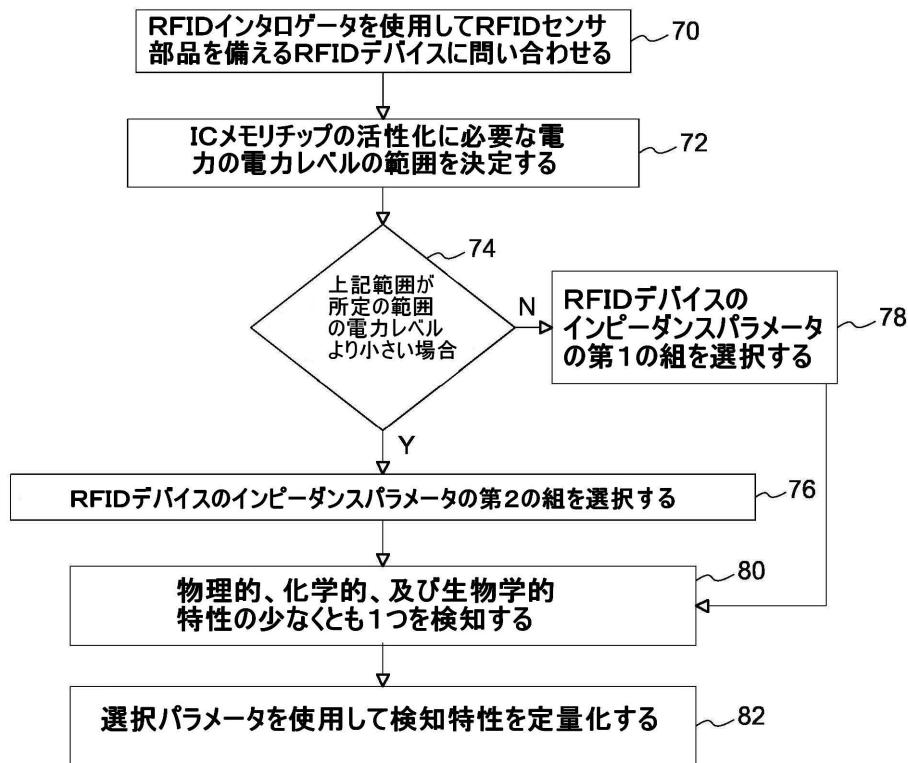


FIG. 4

【図5】

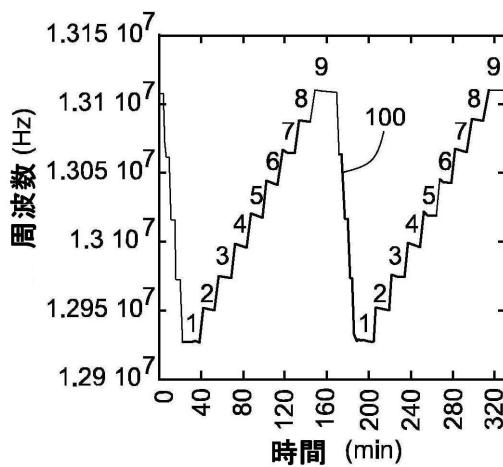


FIG. 5

【図6】

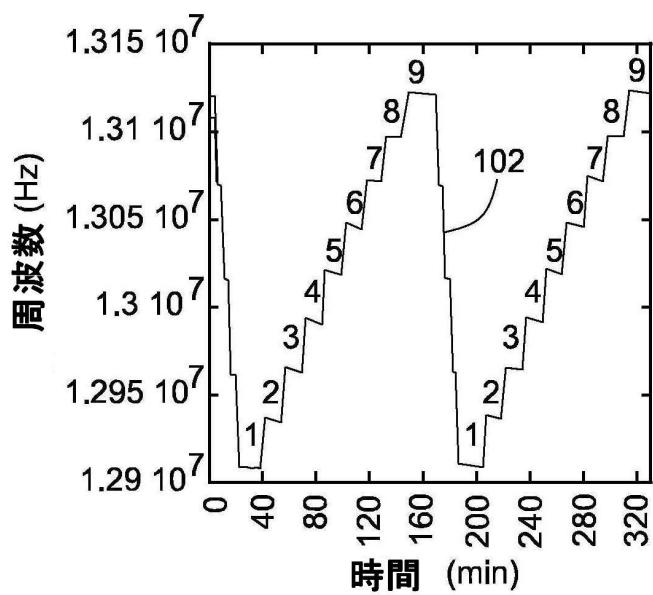


FIG. 6

【図7】

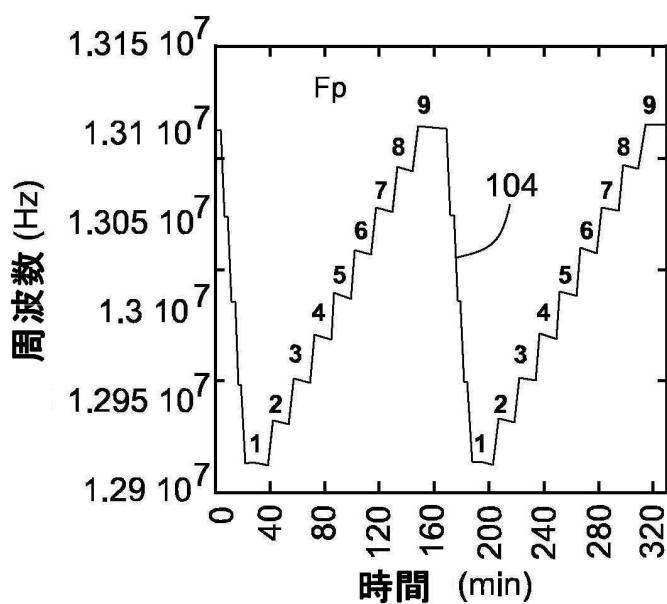


FIG. 7

【図8】

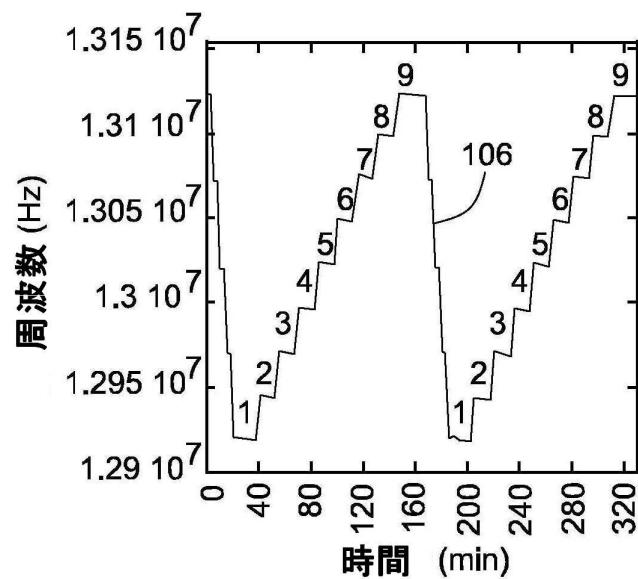


FIG. 8

【図9】

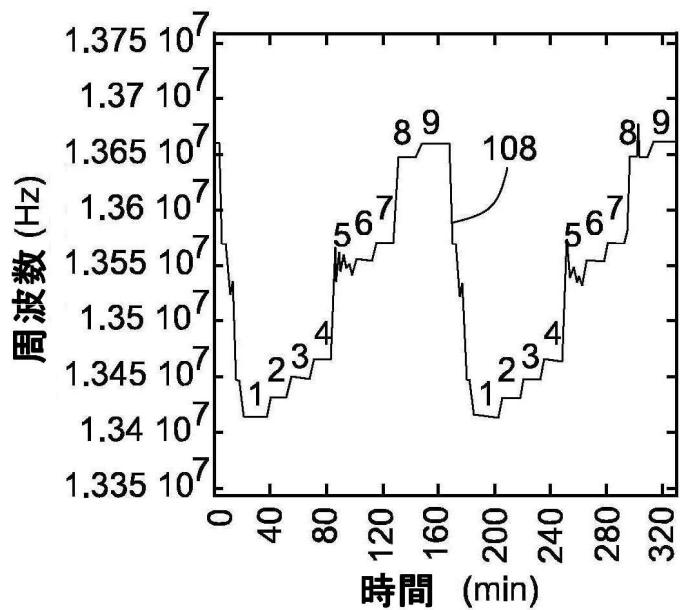


FIG. 9

【図10】

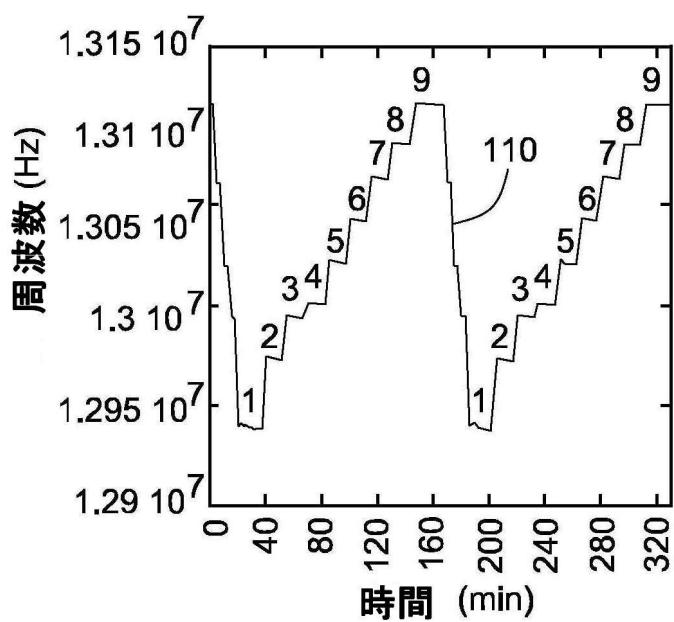


FIG. 10

【図 11】

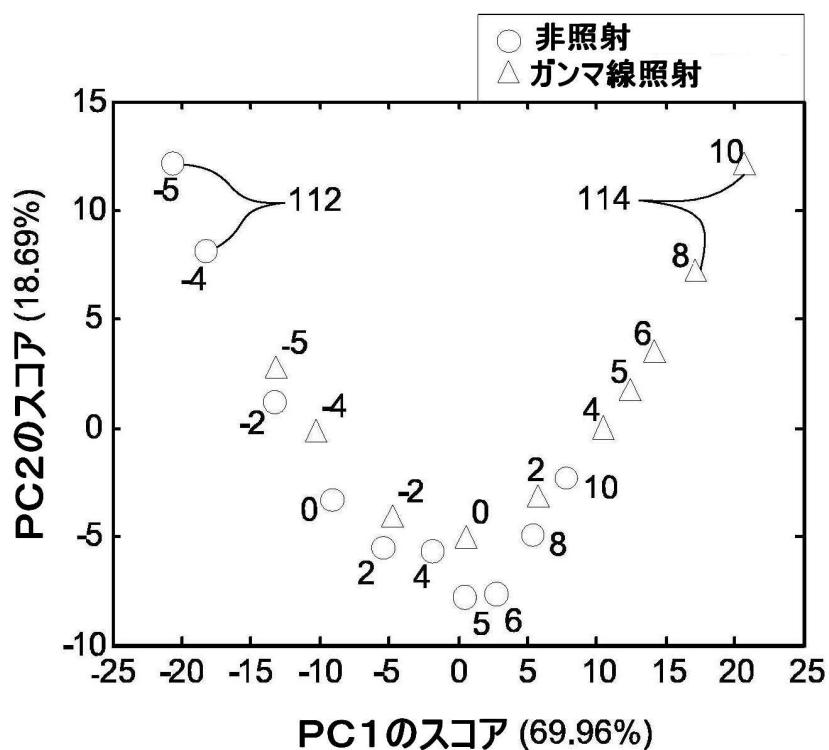


FIG. 11

フロントページの続き

(72)発明者 モリス, ウィリアム・ジー

アメリカ合衆国、ニューヨーク州・12309-1027、ニスカユナ、ケイ1-3ビ-42、ワ
ン・リサーチ・サークル、グローバル・リサーチ、ゼネラル・エレクトリック・カンパニイ

(72)発明者 ポティライロ, ラディスラブ

アメリカ合衆国、ニューヨーク州・12309-1027、ニスカユナ、ケイ1-3ビ-39エイ
、ワン・リサーチ・サークル、グローバル・リサーチ、ゼネラル・エレクトリック・カンパニイ

審査官 村田 充裕

(56)参考文献 特開2007-021494 (JP, A)

特表2009-538433 (JP, A)

特開2007-141131 (JP, A)

特表2007-519484 (JP, A)

特開2008-041102 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 06 K 19 / 07

H 04 B 1 / 59

H 04 B 5 / 02