

(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
2023年10月5日(05.10.2023)

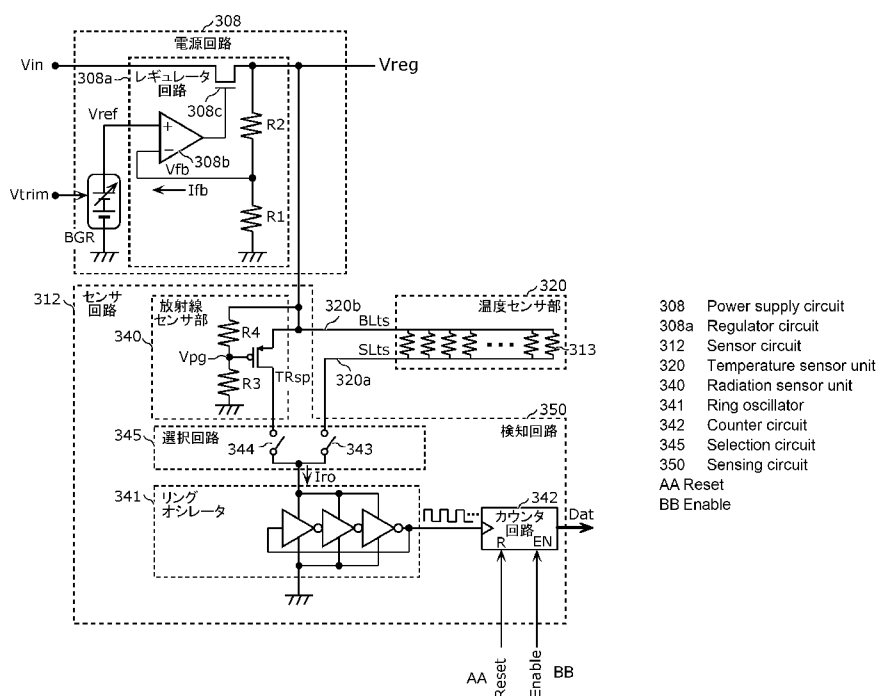


(10) 国際公開番号
WO 2023/190086 A1

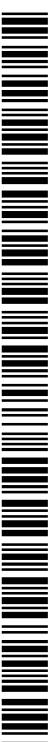
- (51) 国際特許分類:
G01T 1/16 (2006.01) *H10B 99/00* (2023.01)
G01T 1/17 (2006.01) *H10N 70/00* (2023.01)
GI1C 13/00 (2006.01) *H10N 99/00* (2023.01)
H10B 63/00 (2023.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2023/011651
- (22) 国際出願日: 2023年3月23日(23.03.2023)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
 特願 2022-053592 2022年3月29日(29.03.2022) JP
- (71) 出願人: ヌ ヴ オ ト ン テ ク ノ ロ ジ ー ジ ャ
 パ ン 株 式 会 社 (NUVOTON TECHNOLOGY CORPORATION JAPAN) [JP/JP]; 〒6178520 京
 都府長岡京市神足焼町1番地 Kyoto (JP).
- (72) 発明者: 加藤 佳一(KATOH, Yoshikazu).
- (74) 代理人: 新居 広守, 外 (NII, Hiromori et al.);
 〒5320011 大阪府大阪市淀川区西中島5丁目
 3番10号タナカ・イトーピア新大阪ビル6
 階新居国際特許事務所内 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, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,
 CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO,
 DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
 HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP,
 KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK,

(54) Title: RADIATION AMOUNT SENSING DEVICE AND RADIATION AMOUNT SENSING METHOD

(54) 発明の名称: 放射線量検知装置および放射線量検知方法



(57) Abstract: A radiation amount sensing device (300) comprises: a power supply circuit (308) that outputs a power supply voltage (Vreg); a temperature sensor unit (320) that functions as a first current source for outputting a first current dependent on an ambient temperature by using the power supply voltage (Vreg); a radiation sensor unit (340) that functions as a second current source for outputting, by using the power supply voltage (Vreg), a second current dependent on the radiation amount to which the radiation amount sensing device (300) has been exposed; and a sensing circuit (350) that



WO 2023/190086 A1

LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, 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, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類 :

- 一 国際調査報告 (条約第21条(3))

outputs a first signal indicative of a temperature corresponding to the magnitude of the first current, and outputs a second signal indicative of a radiation amount corresponding to the magnitude of the second current. The temperature sensor unit (320) includes one or more resistance change elements (313) that include a variable resistance layer (315) containing a transition metal oxide. The second current source includes a transistor (TRsp).

(57) 要約 : 放射線量検知装置 (300) は、電源電圧 (V_{reg}) を出力する電源回路 (308) と、電源電圧 (V_{reg}) を用いて周囲温度に依存する第1電流を出力する第1電流源として機能する温度センサ部 (320) と、電源電圧 (V_{reg}) を用いて放射線量検知装置 (300) が照射された放射線量に依存する第2電流を出力する第2電流源として機能する放射線センサ部 (340) と、第1電流の大きさに対応する温度を示す第1信号を出力し、第2電流の大きさに対応する放射線量を示す第2信号を出力する検知回路 (350) とを備え、温度センサ部 (320) は、遷移金属酸化物を含む可変抵抗層 (315) を有する1つ以上の抵抗変化素子 (313) を有し、第2電流源は、トランジスタ (TRsp) を有する。

明 細 書

発明の名称：放射線量検知装置および放射線量検知方法

技術分野

[0001] 本開示は、放射線量検知装置および放射線量検知方法に関し、より詳しくは放射線への曝露による特性変化への対応を可能にする機能をもつ放射線量検知装置に関する。

背景技術

[0002] ガンマ線などの放射線はマイクロエレクトロニクスに有害な影響を及ぼすおそれがある。長年の研究により、放射線がマイクロエレクトロニクスに及ぼす様々な影響が明らかにされており、これらの影響がマイクロエレクトロニクスの正常な動作・機能に対して問題を引き起こすことが指摘されている。放射線への曝露により集積回路内には一時的な障害と不可逆な固定的障害が生じる。前者はフリップフロップやRAM（ランダムアクセスメモリ）などのデータの論理反転といったソフトエラー（シングルイベント効果ともいう）であらわされ、後者はトランジスタのオン電圧（言い換えると、閾値電圧 V_T ）のシフトやリーク電流の増加が代表的である。

[0003] 例えば、医療機器や医薬品容器、更に香辛料といった食料品は、放射線による滅菌処理がなされる。そういった製品や梱包材にRFタグを付加し、製品の在庫管理やトレーサビリティを確保するためには放射線照射後もRFタグが正常に動作する必要がある。

[0004] また、特許文献1で例示されているようにRFタグに放射線センサや温度センサなどのセンシング機能があれば、そのセンシング精度も所定の性能を維持することが求められる。しかしながら、一般に半導体集積回路では、外部から入力される電源電圧から集積回路内の動作電圧を生成するためレギュレータ回路が設けられている。そして、レギュレータ回路が所定の電圧を生成するために、その基準となる基準電圧を生成するバンドギャップレファレンス回路が搭載される。レギュレータ回路およびバンドギャップレファレン

ス回路は周知の技術であるので、ここでは詳細な説明は省略する。

[0005] 通常、バンドギャップレファレンス回路が生成するレファレンス電圧のバラツキは、RFタグの出荷前検査によりトリミング調整がなされ、所望な電圧が出力するように処置される。これによりレギュレータ回路が出力する電源電圧も所定の範囲の電圧に調整される。そして、前述したような所定の範囲に調整された電源電圧下のもとで、同様にセンサ素子を搭載したRFタグは、製造後の検査でセンシング動作の校正が実施される。例えば温度センサであれば、全てのRFタグが所定の範囲に調整された電源電圧下においてセンサ素子から得られる物理量と温度との関係性（つまり、温度特性）を校正し、得られた物理量から正確な温度が対応するようにする。

[0006] しかし、出荷後のフィールドにおいて放射線への曝露によりトランジスタの閾値電圧 V_T が変化すると、基準電圧が、曝露前に比べ変化し、それともなって生成される電源電圧が変化してしまう。これにより、放射線照射後に動作する電源電圧が校正時と異なればセンサ素子から得られる物理量と温度との関係性が変わり正確な温度が得られなくなってしまう。このことは放射線センサ素子を用いた放射線検知回路でも同様である。そして、更に高い放射線量に曝露し、閾値電圧 V_T のシフトが大きくなり電源電圧がタグの正常動作限界を超えて変動した場合にはRFタグ自体の動作に異常をきたしてしまう。

[0007] 例えば半導体集積回路が放射線に曝露したときに回路に与える影響をモニタし曝露量を計測する方法が特許文献2に例示されている。特許文献2では、半導体集積回路に搭載されたリングオシレータが発生するパルスの周波数が、放射線への曝露量に応じて変化することを利用して曝露量をモニタすることが提案されている。そして、特許文献3では、抵抗変化素子が温度によって抵抗値が変化する特性を活かし、その抵抗をもとにしたオシレータの発振周波数が温度により変化することで半導体集積回路の周囲温度をモニタすることが提案されている。

先行技術文献

特許文献

- [0008] 特許文献1：特許第6487070号公報
特許文献2：特開昭61-161480号公報
特許文献3：特開2016-31274号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0009] しかしながら、特許文献1～3が提案する装置は、前述したような放射線への曝露による電源電圧変動に対して影響を受け、そのセンシング精度が低下してしまうという問題に対応できていない。つまり、前述の先行例のように、RFタグを用いて、温度や放射線、更に別の周囲環境をセンシングし情報収集することが提案されているものの、半導体集積回路が放射線に曝露すると、集積回路を構成するトランジスタが不可逆的なダメージを受け、電源電圧が初期から変動し、正常なセンシングができない、または精度が劣化するといった課題がある。
- [0010] そこで、本開示は、放射線量だけでなく温度も検知し、かつ、放射線への曝露による特性変化への対応を可能にする機能をもつ放射線量検知装置、および、そのような放射線量検知装置による放射線量検知方法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

- [0011] 上記目的を達成するために、本開示の一形態に係る放射線量検知装置は、電源電圧を出力する電源回路と、前記電源電圧を用いて、前記放射線量検知装置の周囲温度に依存する第1電流を出力する第1電流源と、前記電源電圧を用いて、前記放射線量検知装置が照射された放射線量に依存する第2電流を出力する第2電流源と、前記第1電流の大きさに対応する温度を示す第1信号を出力し、前記第2電流の大きさに対応する放射線量を示す第2信号を出力する検知回路とを備え、前記第1電流源は、第1電極層、第2電極層、および、前記第1電極層と前記第2電極層との間に介在する遷移金属酸化物

を含む可変抵抗層を有する1つ以上の抵抗変化素子と、前記1つ以上の抵抗変化素子の前記第1電極層どうしを接続している第1ノードと、前記1つ以上の抵抗変化素子の前記第2電極層どうしを接続している第2ノードとを有し、前記第1ノードには、前記電源電圧が印加され、前記第2ノードは、前記第1電流を出力し、前記第2電流源は、トランジスタを有し、前記トランジスタの一端子には、前記電源電圧が印加され、前記トランジスタの他の一端子は、前記第2電流を出力する。

[0012] また、上記目的を達成するために、本開示の一形態に係る放射線量検知方法は、上記放射線量検知装置による放射線量検知方法であって、放射線の照射前に、前記選択回路が前記第1電流を選択した状態で、前記周囲温度と前記カウンタ回路が出力するカウント値との第1相関関係を取得する第1取得ステップと、放射線の照射後に、前記選択回路が前記第1電流を選択した状態で、前記周囲温度と前記カウンタ回路が出力するカウント値との第2相関関係を取得する第2取得ステップと、前記第1相関関係と前記第2相関関係とが等しくなるように、前記レファレンス電圧を調整する調整ステップと、前記調整ステップの後に、前記選択回路が前記第2電流を選択した状態で、放射線量を検知する放射線量検知ステップとを含む。

発明の効果

[0013] 本開示により、放射線量だけでなく温度も検知し、かつ、放射線への曝露による特性変化への対応を可能にする機能をもつ放射線量検知装置、および、そのような放射線量検知装置による放射線量検知方法が提供される。

図面の簡単な説明

[0014] [図1]図1は、実施の形態に係る放射線量検知装置が備える抵抗変化素子の構造を示す図である。

[図2]図2は、実施の形態に係る放射線量検知装置の一構成例を示すブロック図である。

[図3]図3は、図2に示されるメモリセルに含まれる抵抗変化素子の抵抗値範囲の一例を示すグラフである。

[図4]図4は、実施の形態に係る放射線量検知装置が備える温度センサ部を構成する初期状態の抵抗変化素子の温度特性の一例を示すグラフである。

[図5]図5は、図2におけるセンサ回路の回路構成を示すブロック図である。

[図6]図6は、実施の形態に係る放射線量検知装置が備える温度センサ部とセンサ回路とにより周囲温度を測定して得られた測定結果の一例を示す図である。

[図7]図7は、実施の形態に係る放射線量検知装置による校正機能を含む放射線量検知方法の手順を示すフローチャートである。

[図8]図8は、実施の形態に係る放射線量検知装置に照射された放射線量と得られたカウント値をもとにした周波数の変化率との関係の一例を示す図である。

発明を実施するための形態

[0015] (発明者らが得た知見)

本願の発明者らは種々の研究において遷移金属を用いた抵抗変化素子に用いられる遷移金属酸化物が良好な温度変化特性を備えつつ、放射線曝露に対してほとんど影響を受けないことを見出した。よって、放射線量検知装置に、遷移金属酸化物を含む抵抗変化素子を内蔵させることで、放射線曝露後において、放射線量検知装置における電源電圧を放射線曝露前の値に復帰させる（つまり、校正する）ことが可能になる。よって、遷移金属酸化物を含む抵抗変化素子を備える放射線量検知装置にすることで、放射線量に加えて温度も検知できるだけでなく、放射線曝露による放射線量検知装置の特性変化に対応することが可能になる、つまり、放射線耐性をもつ温度検知と放射線量検知とが可能になるという知見を得るに至った。

[0016] (実施の形態)

以下、本開示の実施の形態について、図面を用いて詳細に説明する。なお、以下で説明する実施の形態は、いずれも本開示の一具体例を示す。以下の実施の形態で示される数値、形状、材料、構成要素、構成要素の配置位置及び接続形態、ステップ、ステップの順序等は、一例であり、本開示を限定す

る主旨ではない。また、各図は、必ずしも厳密に図示したものではない。各図において、実質的に同一の構成については同一の符号を付し、重複する説明は省略又は簡略化する。また、「接続」とは、電氣的な接続を意味し、2つの回路要素が直接的に接続される場合だけでなく、2つの回路要素の間に他の回路要素を挿入した状態で2つの回路要素が間接的に接続される場合も含まれる。また、Aの「上に」とは、Aに接する場合と、接しない場合とが含まれ得る。

[0017] はじめに、本開示に係る放射線量検知装置に適用する抵抗変化素子の代表例とともに、温度センサへの適用方法について説明する。

[0018] (抵抗変化素子)

図1は、実施の形態に係る放射線量検知装置が備える抵抗変化素子の構造を示す図である。図1の(a)は、抵抗変化素子を用いたメモリセルの断面図である。半導体基板上にソース／ドレイン領域が配置され、メモリセルの選択に用いられる選択トランジスタ319が形成されている。図1の(a)において、BL0は0番目のビット線を示し、WL0, WL1は夫々ワード線の0番目と1番目を示し、SL0はソース線の0番目を示す。図1の(a)からワード線とビット線、ソース線が、異なる配線層を用いて直行するように交差していることがわかる。また、図1の(a)には、プラグ層317、および、金属配線層318もそれぞれ示されている。ここで、情報を記憶するのに使用する不揮発性記憶素子は、電氣的ストレスを加える電圧とその方向(極性)によって抵抗値が変化する抵抗変化素子313である。

[0019] 図1の(a)に示すように、抵抗変化素子313は、下層から2層目の金属配線層318と3層目の金属配線層318との間に形成される。なお、抵抗変化素子313が配置される層間位置は2-3層間に限定されず、プロセス上の都合により変更しても良い。図1の(a)に示す抵抗変化素子313は2層目の金属配線層318上に形成された第1電極層316と、第2電極層314と、第1電極層316および第2電極層314に挟まれた可変抵抗層315とを備えている。本実施の形態では、一例として可変抵抗層315

が、酸素含有率が低い第1のタンタル酸化物層315b（以下、「第1のタンタル酸化物層」または単に「第1の酸化物層」ともいう）と、その第1のタンタル酸化物層315b上に形成された酸素含有率が高い第2のタンタル酸化物層315a（以下、「第2のタンタル酸化物層」または単に「第2の酸化物層」ともいう）とで構成されている。

[0020] なお、可変抵抗層315は酸素欠損型抵抗変化材料であって酸素含有率が異なる2層から構成されれば良いので、そのベースの材料がタンタルに限定されるものでない。その他の可変抵抗層315を構成する金属としては、遷移金属、およびアルミニウム（Al）の少なくともいずれかを用いることができる。遷移金属としては、タンタル（Ta）、チタン（Ti）、ハフニウム（Hf）、ジルコニウム（Zr）、ニオブ（Nb）、タングステン（W）、ニッケル（Ni）、鉄（Fe）等を用いることができる。遷移金属は複数の酸化状態をとることができるため、異なる抵抗状態を酸化還元反応により実現することが可能である。

[0021] この抵抗変化素子313を駆動する場合、外部の電源をもとにして生成される所定の条件を満たす電圧を第1電極層316と第2電極層314との間に印加する。電圧印加の方向（つまり、極性）に従い、抵抗変化素子313の可変抵抗層315の抵抗値が、可逆的に増加または減少し、少なくとも抵抗値が高い高抵抗状態（HR状態）と、高抵抗状態より抵抗値の低い低抵抗状態（LR状態）の2つ以上の状態に遷移可能である。電圧印加を停止した後も、抵抗状態が保持され、各状態に応じて情報の記録に用いることができる。

[0022] 第1電極層316および第2電極層314の材料としては、例えば、Pt（白金）、Ir（イリジウム）、W（タングステン）、Cu（銅）、Al（アルミニウム）、TiN（窒化チタン）、TaN（窒化タンタル）およびTiAlN（窒化チタンアルミニウム）などがある。

[0023] 図1の（a）における点線エリアが1つのメモリセルをなし、その回路図標記したものが図1の（b）である。図1の（b）からも分かるように、メ

メモリセルでは、抵抗変化素子313と選択トランジスタ319のドレイン端子とが接続されていることが理解できる。以降において、不揮発性メモリの全体の構成要素を説明する上でメモリセルは図1の(b)の標記に従うものとする。

[0024] 一方、図1の(c)は、温度センサとして用いられる抵抗変化素子313の構造を示す図である。図1の(c)は、図1の(a)に示されるメモリセルにおける抵抗変化素子313と選択トランジスタ319とが切り離された(非接続の)構造を示している。図1の(c)における点線エリアの回路図標記したものが図1の(d)である。図1の(d)からも分かるように、温度センサに用いられる抵抗変化素子313と選択トランジスタ319のドレイン端子とは、図1の(a)および(b)に示されたメモリセルと異なり、接続されていないことが理解できる。つまり、図1の(c)に示される抵抗変化素子313は、メモリセルとして機能するのではなく、温度センサとして機能する。

[0025] このように、本実施の形態に係る放射線量検知装置は、メモリセルを構成する不揮発性記憶素子としての抵抗変化素子313と、温度センサとしての抵抗変化素子313とを有する。

[0026] 次に図1に示される抵抗変化素子313が用いられた不揮発性メモリを備える放射線量検知装置の一構成例を説明する。

[0027] 図2は、実施の形態に係る放射線量検知装置300の一構成例を示すブロック図である。図2に示すように、本実施の形態に係る放射線量検知装置300は、半導体集積回路で構成され、半導体基板上に、不揮発性メモリ301を備えている。この不揮発性メモリ301は、2次元状に配置されたメモリセルM00~Mxyで構成されるメモリアレイ302と、行選択/ドライバ回路303と、列選択/ドライバ回路304と、情報の書き込みを行うための書き込み回路305と、選択されたビット線を介して選択されたメモリセルM00~Mxyに流れる電流量を検出し、選択されたメモリセルM00~Mxyに記憶された情報がデータ「1」または「0」のいずれであるかを

判定するセンスアンプ306と、信号ノードDQを介して入出力データの入出力処理を行うデータ入出力回路307とを具備している。

[0028] また、放射線量検知装置300は、外部電源からメモリ内部で使用される各種電源を生成する電源回路308と、不揮発性メモリ301にアドレス信号を出力するアドレス入力回路309と、装置外部との間でアドレス信号、データ、コントロール信号を送受信する外部インターフェース回路311と、外部インターフェース回路311を介して入出力される信号をもとに放射線量検知装置300全体を制御する制御回路310とを備えている。なお、制御回路310は、例えば、制御プログラムを記憶するメモリ、および、制御プログラムを実行するプロセッサなどで構成される。

[0029] 更に、放射線量検知装置300は、メモリアレイ302の一部を利用して作成され、周囲温度をセンシングする温度センサ部320、および、温度センサ部320を用いて温度と相関のあるデータを出力するセンサ回路312を備えている。温度センサ部320は、図1の(c)および(d)に示される構造および回路構成を備える。センサ回路312は、後述する放射線量検知機能も有している。

[0030] メモリアレイ302は、半導体基板の上に形成された、互いに平行するように配列された複数のワード線WL0, WL1, …WL_yと交差するように配列されたビット線BL0, BL1, …BL_xおよびソース線SL0, SL1, …SL_xとの交点に対応してそれぞれ設けられた複数のトランジスタT00, T01, …, T_x_y (以下、「トランジスタT00, T01, …」と表す)と、トランジスタT00, T01, …と1対1に設けられた抵抗変化素子313とが直列に接続された構成を有する複数のメモリセルM00, M01, …, M_x_y (以下、「メモリセルM00, M01, …」と表す)とを備えている。

[0031] 各メモリセルM00~M_x_yは、図1の(a)に示される構造を有し、その回路図標記は図1の(b)にしたがっている。このとき抵抗変化素子313はメモリセルM00~M_x_y内で不揮発性記憶素子として動作する。この

ようなメモリセル $M00 \sim M \times y$ のそれぞれは、1つの選択トランジスタ319と1つの抵抗変化素子313とから構成されていることから、1T1R型メモリセルと呼ばれる。

[0032] 列選択／ドライバ回路304により一本のビットライン（BL）とソースライン（SL）が選択され、行選択／ドライバ回路303が、一つのワード線を選択するとき、選択されたビット線、ソース線、ワード線が交差するメモリセルが1つ選択される。すなわち、メモリアレイ302から、1つのメモリセルが選択される。なお、図2に示した不揮発性メモリ301の構成は1つのメモリセルが選択されるものであるが、回路を並列に配置することで複数のメモリセルを同時にアクセスするように変更することは容易な設計事項である。

[0033] 図3は、図2に示されるメモリセル $M00 \sim M \times y$ に含まれる抵抗変化素子313の抵抗値範囲の一例を示すグラフである。図3に例示するように、メモリセル $M00 \sim M \times y$ に含まれる抵抗変化素子313は、少なくとも可変状態と初期状態の2つの状態を備えている。可変状態とは、異なる電気的信号が印加されることによって、抵抗値が可変抵抗範囲の間を可逆的に遷移できる状態をいう。初期状態とは、半導体製造プロセスの完了後で、抵抗変化素子313に一度も電気的ストレスが印加されていない状態をさし、抵抗値が可変抵抗範囲のいずれとも重複しない、抵抗値が高い初期抵抗値範囲にある状態をいう。

[0034] 初期状態にある抵抗変化素子313は、可変状態に変化させるような電気的ストレスであるフォーミングストレスが印加されない限り可変状態とならない。例えば、フォーミングストレスは累積的な電気的ストレスであってもよい。その場合、ストレスの累積量が所定量を超えたときに、初期状態から可変状態に遷移する。

[0035] 図2のメモリアレイ302は、半導体製造プロセス完了後、全てのメモリセル $M00 \sim M \times y$ を個別に選択し、選択したメモリセルに含まれる抵抗変化素子313に対して、フォーミングストレスを印加することで可変状態に

遷移させ、所望なデータを記憶し、必要に応じて記憶したデータを読み出せるようにする。

[0036] 一方で、温度センサ部320に含まれる抵抗変化素子313は、初期状態のまま維持される。温度センサ部320に含まれる抵抗変化素子313は、図1の(c)および(d)に示す構成になっている。つまり、選択トランジスタ319のドレインは、プラグ層317が無く抵抗変化素子313に接続されずグラウンドに接地される(グラウンドへの接地については図示せず)。そして選択トランジスタ319のソースはソースラインに接続されずグラウンドに接地される(グラウンドへの接地については図示せず)。温度センサ部320に含まれる複数の全ての抵抗変化素子313は、温度センサ用ソースラインSLtsと温度センサ用ビットラインBLts間に並列して接続される。

[0037] 図4は、実施の形態に係る放射線量検知装置300が備える温度センサ部320を構成する初期状態の抵抗変化素子313の温度特性の一例を示すグラフである。温度変化に対して良好な抵抗値変化が示されている。温度センサ部320は、複数の初期状態の抵抗変化素子313が温度センサ用ビットラインBLtsと温度センサ用ソースラインSLtsとの間に並列に接続されるため、温度センサ用ビットラインBLtsと温度センサ用ソースラインSLtsとの間の抵抗値は、初期状態にある複数の抵抗変化素子313の合成抵抗となる。

[0038] 図5は、図2におけるセンサ回路312の回路構成を示すブロック図である。本図には、周辺回路との関係を示すために、電源回路308の詳細な回路構成と温度センサ部320とが併記されている。

[0039] 図5に示す電源回路308は、調整可能なレファレンス電圧Vrefを生成するバンドギャップレファレンス回路BGRと、レファレンス電圧Vrefに従って、電源電圧Vregを出力するレギュレータ回路308aとを有する。レギュレータ回路308aは、演算増幅器308b、トランジスタ308c、抵抗素子R1およびR2を有する。演算増幅器308bは、バンドギャップレファレンス回路BGRが出力するレファレンス電圧Vrefと、

抵抗素子 R1 および R2 による分圧電圧 V_{fb} とを比較し、これらの電圧が等しくなるように、トランジスタ 308c のゲートの電圧レベルを調整する。このため演算増幅器 308b の−入力端子に流れ込む電流を I_{fb} とすると、電源回路 308 の出力電圧である電源電圧 V_{reg} は、 $V_{reg} = V_{ref} \times (1 + R2/R1) + I_{fb} \times R2$ であらわされる。電流 I_{fb} は非常に小さいため、この式の右辺は、ほぼ $V_{ref} \times (1 + R2/R1)$ となる。このときトランジスタ 308c に入力される入力電圧 V_{in} は、出力される電源電圧 V_{reg} よりトランジスタ 308c によるドロップ電圧以上大きい電圧である。

[0040] バンドギャップレファレンス回路 BGR が出力するレファレンス電圧 V_{ref} は、制御回路 310 から入力される調整電圧 V_{trim} によって校正される。調整電圧 V_{trim} の校正值は、出荷前の検査によって決定されており、メモリアレイ 302 に格納されている。よって、制御回路 310 が、メモリアレイ 302 に格納された校正值を読み出し、調整電圧 V_{trim} としてバンドギャップレファレンス回路 BGR に出力することで、常に校正された所定の範囲内のレファレンス電圧 V_{ref} と電源電圧 V_{reg} とが出力される。

[0041] バンドギャップレファレンス回路 BGR は、周知の技術であり、詳細な回路構成および説明を省略する。なお、RF タグのような無線通信装置では、通信用アンテナに発生する交流電圧を整流回路により整流した直流電圧が入力電圧 V_{in} として電源回路 308 に入力される。

[0042] 温度センサ部 320 は、電源電圧 V_{reg} を用いて、放射線量検知装置 300 の周囲温度に依存する第 1 電流を出力する第 1 電流源として機能する温度センサであり、図 1 の (c) に示される構造を有する複数の抵抗変化素子 313 と、複数の抵抗変化素子 313 の第 1 電極層 316 どうしを接続している第 1 ノード 320a と、複数の抵抗変化素子 313 の第 2 電極層 314 どうしを接続している第 2 ノード 320b とを有する。第 1 ノード 320a には、電源電圧 V_{reg} が印加され、第 2 ノード 320b は、第 1 電流を出

力する。

- [0043] なお、本実施の形態では、温度センサ部320が複数の抵抗変化素子313の並列接続で構成され、その合成抵抗は、複数の抵抗変化素子313のそれぞれがもつ抵抗値のばらつきが平均化された値となる。ただし、このような構成は必須ではなく、温度センサ部320が1つの抵抗変化素子313で構成されてもよい。
- [0044] センサ回路312は、電源電圧 V_{reg} を用いて、放射線量検知装置300が照射された放射線量に依存する第2電流を出力する第2電流源として機能する放射線センサ部340と、第1電流の大きさに対応する温度を示す第1信号を出力し、第2電流の大きさに対応する放射線量を示す第2信号を出力する検知回路350とを備える。
- [0045] 放射線センサ部340は、照射された放射線量に応じて閾値電圧 V_T が変化するp型MOSトランジスタ等のトランジスタ TR_{sp} 、トランジスタ TR_{sp} のソースとゲートとの間に接続される抵抗素子 R_4 、および、トランジスタ TR_{sp} のゲートとグランドとの間に接続される抵抗素子 R_3 を有する。トランジスタ TR_{sp} の一端子（ソース端子）には、電源電圧 V_{reg} が印加され、トランジスタ TR_{sp} の他の一端子（ドレイン端子）は、第2電流を出力する。
- [0046] 検知回路350は、第1電流および第2電流の一方を選択し、第3電流としての電源電流 I_{ro} として出力するために、排他的にショートとなる2つのスイッチ素子343および344を有する選択回路345と、選択回路345から出力される電源電流 I_{ro} の供給を受け、電源電流 I_{ro} に応じた周波数のクロックを出力するリングオシレータ341と、リングオシレータ341が出力するクロックを所定の時間カウントし、得られたカウント値を、第1信号または第2信号として、出力するカウンタ回路342とで構成される。
- [0047] より詳しくは、リングオシレータ341は、リングオシレータ341に供給される電源電流 I_{ro} の量により発振周波数が増減する。リングオシレー

タ341の出力は、動作クロックとしてカウンタ回路342に入力され、制御回路310から入力されるReset信号がHのとき、カウント値がゼロにリセットされ、制御回路310から入力されるEnable信号がHのとき、入力されるクロックに従いクロック数をカウントする。Enable信号がHとなる期間は、一定のパルス幅分あり、カウンタ回路342から出力されるカウント値Datからリングオシレータ341の発振周波数が判別できるように設計されている。

[0048] カウンタ回路342が出力するカウント値Datは、制御回路310に入力され、放射線量検知装置300の外に出力される。

[0049] 選択回路345においてスイッチ素子343だけがショート状態の時は、電源電流I_{ro}は、温度センサ部320を構成する複数の抵抗変化素子313の合成抵抗を介して、電源電圧V_{reg}から供給される。温度センサ部320の合成抵抗は図4で示すように良好な温度特性を備えているため、周囲温度に対応したカウント値Datを得ることができる。

[0050] 一方、選択回路345においてスイッチ素子344だけがショートされる時、トランジスタTR_{sp}のゲート電圧V_{pg}と閾値電圧V_Tとで決定されるドレインソース間電流が電源電流I_{ro}となり、その電源電流I_{ro}がリングオシレータ341に供給される。放射線量検知装置300が放射線に曝露し、トランジスタTR_{sp}の閾値電圧V_Tが変化すると、それに応じて電源電流I_{ro}が変化し、その結果、リングオシレータ341の発振周波数が変化する。この発振周波数の変化はカウンタ回路342から得られるカウント値Datの変化として得られ、放射線への曝露程度を定量的に得ることができる。なお、放射線への曝露によるトランジスタTR_{sp}の閾値電圧V_Tの変化は、放射線への曝露が終わった後も保持される。

[0051] 図6は、実施の形態に係る放射線量検知装置300が備える温度センサ部320とセンサ回路312とにより周囲温度を測定して得られた測定結果の一例を示す図である。図6の(a)のグラフは、横軸を温度とし、縦軸をカウンタ回路342から得られたカウント値Datを周波数に変換した値とす

る温度特性を示している。なお、図6の(a)には、放射線量検知装置300を放射線に曝露する前の初期の温度特性(「0KGy」の点線)と、放射線量検知装置300を25KGyの放射線量に曝露した後に測定した温度特性(「25KGy」の実線)とが示されている。「0KGy」の点線と「25KGy」の実線とが重なっていることからわかるように、放射線曝露前後で温度特性に変化がほとんど無いことが見て取れる。また、温度と周波数との関係は、ほぼ線形な関数であらわされることが分かる。

[0052] また、図6の(b)のグラフは、横軸を放射線への曝露量とし、縦軸を上記周波数とする放射線量依存特性を示している。図6の(b)からわかるように、各温度の周波数がほとんど一定であることが示されている。なお、図6の(a)と図6の(b)に示されるグラフは、放射線照射前後で、電源電圧 V_{reg} が等しくなるように、レファレンス電圧 V_{ref} が調整されて得られた測定結果が示されている。

[0053] すなわち、遷移金属酸化物を抵抗変化素子に用いたメモリアレイの内、一部の抵抗変化素子を初期状態のままとし、その抵抗変化素子を複数並列配置することで合成抵抗をなし温度センサ部320とする。この温度センサ部320の並列合成抵抗は温度により良好な変化を示すとともに、放射線曝露に対して温度特性はほとんど影響を受けない。本実施の形態に係る放射線量検知装置300は、このことを利用したものであり、放射線曝露に対して検出精度を悪化させず良好な耐放射線温度センサとして機能し得るものである。

[0054] しかしながら、放射線量検知装置300を構成する半導体集積回路はトランジスタで構成された回路の集合体であるため、放射線への曝露により閾値電圧 V_T など変化し、回路動作に変動を生じる。特にバンドギャップレファレンス回路BGRが出力するレファレンス電圧 V_{ref} は、内蔵されるあらゆるアナログ回路の基準となるため重要である。

[0055] 図5に示したセンサ回路312は、電源電圧 V_{reg} が変化すると、温度センサ部320が検知する温度とリングオシレータ341の発振周波数との関係(つまり、温度特性)が変化するためセンシング精度が劣化する問題が

発生し得る。この問題を鑑みて、本実施の形態に係る放射線量検知装置300は、放射線曝露によって温度特性の変化がほとんどない温度センサ部320を利用することで、放射線曝露による放射線量検知装置300の放射線量検知についての特性変化に対応する（元の特性に復帰させる）校正機能を備えている。以下、放射線曝露後に行う校正について説明する。

[0056] 図7は、実施の形態に係る放射線量検知装置300による校正機能を含む放射線量検知方法の手順を示すフローチャートである。

[0057] なお、本実施の形態に係る放射線量検知装置300は、放射線量検知装置300の出荷前検査において、図5に示される電源電圧 V_{reg} は、所定の範囲になるように、調整電圧 V_{trim} が調整されている。このとき調整された調整電圧 V_{trim} の値を値 V_{trim0} とし、得られたレファレンス電圧 V_{ref} 、電源電圧 V_{reg} の値を、それぞれ、値 V_{ref0} と値 V_{reg0} とする。

[0058] まず、値 V_{reg0} の電源電圧 V_{reg} のもとで温度センサ部320とセンサ回路312とを用いて、温度特性を測定し測定結果を不揮発性メモリ301のメモリアレイ302に保存する（S10）。より具体的には、制御回路310は、例えば室温25度においてセンサ回路312のカウンタ回路342から得られるカウント値 C_{25} と、温度85度におけるカウント値 C_{85} とをメモリアレイ302に保存する。2点の温度とカウント値の関係が分かれば図4で示したような温度特性の特性関数を導くことができ、得られるカウント値から周囲温度をモニタすることが可能になる。このステップS10は、放射線の照射前に、制御回路310による制御の下で、選択回路345が第1電流を選択した状態で、周囲温度とカウンタ回路342が出力するカウント値との第1相関関係（つまり、温度センサ部320の温度特性）を取得する第1取得ステップに相当する。

[0059] 続いて、制御回路310は、不揮発性メモリ301のメモリアレイ302から、既に格納されている、放射線センサ部340の温度特性についても、取得する（S11）。例えば、測定された放射線量を、周囲温度に依存して

、どのように補正すべきかを示す関数、つまり、測定された放射線量の温度依存性を示す関数を取得する。このステップS 1 1は、選択回路3 4 5が第2電流を選択した状態でカウンタ回路3 4 2が出力するカウント値の温度依存性を示す第3相関関係を取得する第3取得ステップに相当する。

[0060] そして、滅菌等のために、放射線量検知装置3 0 0に対して、放射線への曝露を行う（S 1 2）。放射線への曝露後、値 V_{trim0} のトリミング値で調整された電源電圧 V_{reg} は放射線の影響により変化し、値 V_{reg0} の電圧ではなくなっている。

[0061] そこで、放射線への曝露後に校正を行う。いま、その周囲温度は別の温度計により事前にわかっているとし、その温度を T_c とする。校正対象である放射線量検知装置3 0 0は、上述したように（ステップS 1 0）、出荷前にカウント値 C_{25} とカウント値 C_{85} とをメモリアレイ3 0 2に格納しているので、制御回路3 1 0は、カウント値 C_{25} とカウント値 C_{85} とをメモリアレイ3 0 2から読み出すことで、温度特性を示す関数を得る。得られた温度特性の関数から、現在の温度 T_c に対応するカウント期待値 C_t を算出する。そして、制御回路3 1 0は、選択回路3 4 5におけるスイッチ素子3 4 3だけをショートし、センサ回路3 1 2を動作させカウント値を得て（S 1 3）、そのカウント値がカウント期待値 C_t となるよう調整電圧 V_{trim} を調整する（S 1 4）。このステップS 1 3は、放射線の照射後に、制御回路3 1 0が、選択回路3 4 5が第1電流を選択した状態で、周囲温度とカウンタ回路3 4 2が出力するカウント値との第2相関関係を取得する第2取得ステップに相当する。またステップS 1 4は、第1相関関係と第2相関関係とが等しくなるように、制御回路3 1 0がレファレンス電圧を調整する調整ステップに相当する。

[0062] なお、調整後の V_{trim} 値を値 V_{trim1} とし、そのトリミング値でのレファレンス電圧 V_{ref} 、電源電圧 V_{reg} を、それぞれ値 V_{ref1} 、値 V_{reg1} とすると、値 V_{reg1} は、放射線曝露前における値 V_{reg0} と等しい値となる。校正された V_{trim} 値は、メモリアレイ3 0 2に

格納され、これにより、トリミング値が更新される。

- [0063] そこで、 V_{trim} 値が調整された後に、制御回路310は、選択回路345におけるスイッチ素子344だけをショートし、放射線センサ部340を動作させカウント値を得ることで、放射線量を算出する(S15)。このステップS15は、制御回路310による制御の下で、選択回路345が第2電流を選択した状態で、放射線量を検知する放射線量検知ステップに相当する。
- [0064] 最後に、制御回路310は、ステップS11で取得していた放射線センサ部340の温度特性を用いて、現在の温度 T_c と、ステップS15で得た放射線量とから、温度補正後の放射線量を算出する(S16)。
- [0065] このように、温度センサ部320が放射線曝露に対してほとんど影響を受けないことを利用して、放射線曝露後に電源電圧 V_{reg} を曝露前と同じ電圧に校正することで、温度センサ部320の温度特性は、図4に示すように放射線照射前後で一致し、かつ、放射線センサ部340が放射線曝露前と同じ電源電圧 V_{reg} 下で動作し、放射線量測定の精度の劣化が解消されるため、耐放射線温度センサとして提供される。
- [0066] つまり、前述した電源電圧の校正を放射線への曝露後に行い、電源電圧 V_{reg} 電圧を常に一定に保った状態に置いて放射線センサ部340により供給される電源電流 I_{ro} によってリングオシレータ341を動作させ、カウンタ回路342にてカウント値を得ることで、放射線曝露の影響を受けない正確な放射線曝露量をモニタできる。
- [0067] なお、図7において、各ステップの手順は、厳格なものではない。例えば、ステップS11は、ステップS16の前であれば、どの段階で行われてもよい。また、ステップS10において、得られた第1相関関係がメモリアレイ302に格納されている場合には、第1相関関係の取得は、ステップS14の前であれば、どの段階で行われてもよい。
- [0068] 図8は、実施の形態に係る放射線量検知装置300に照射された放射線量(横軸)と得られたカウント値をもとにした周波数の変化率(縦軸)との関

係の一例を示す図である。ここでは、図7に示された校正方法を実施したうえで得られた結果である。なお、縦軸の変化率は、放射線に曝露する前の初期周波数を1としたときの測定周波数の変化率である。回路のプロセスバラツキ等により放射線量検知装置ごとに、固体ばらつきの影響を受けて、周波数は、ばらつくため、周波数に代えて、変化率とすることで、放射線量検知装置に依存することなく放射線量をモニタすることができる。図8からわかるように、本実施の形態に係る放射線量検知装置300は、照射された放射線量に対して、負の相関をもって周波数が低下する。この特性を利用して、カウンタ回路342から出力されるカウント値から、放射線曝露の影響をほとんど受けない、正確な放射線曝露量が判明する。

[0069] 以上のように、本実施の形態に係る放射線量検知装置300は、電源電圧 V_{reg} を出力する電源回路308と、電源電圧 V_{reg} を用いて、放射線量検知装置300の周囲温度に依存する第1電流を出力する第1電流源として機能する温度センサ部320と、電源電圧 V_{reg} を用いて、放射線量検知装置300が照射された放射線量に依存する第2電流を出力する第2電流源として機能する放射線センサ部340と、第1電流の大きさに対応する温度を示す第1信号を出力し、第2電流の大きさに対応する放射線量を示す第2信号を出力する検知回路350とを備え、温度センサ部320は、第1電極層316、第2電極層314、および、第1電極層316と第2電極層314との間に介在する遷移金属酸化物を含む可変抵抗層315を有する1つ以上の抵抗変化素子313と、1つ以上の抵抗変化素子313の第1電極層316どうしを接続している第1ノード320aと、1つ以上の抵抗変化素子313の第2電極層314どうしを接続している第2ノード320bとを有し、第1ノード320aには、電源電圧 V_{reg} が印加され、第2ノード320bは、第1電流を出力し、第2電流源は、トランジスタTRspを有し、トランジスタTRspの一端子には、電源電圧 V_{reg} が印加され、トランジスタTRspの他の一端子は、第2電流を出力する。

[0070] これにより、放射線量検知装置300は、温度センサ部320によって温

度を検知することが可能になるだけでなく、温度センサ部320が放射線曝露に対してほとんど影響を受けない遷移金属酸化物を含む抵抗変化素子で構成されているという特性を利用することで、放射線曝露による放射線量検知装置の特性変化に対応することが可能になる。

[0071] ここで、遷移金属酸化物は、例えば、アルミニウム酸化物、タンタル酸化物、ハフニウム酸化物およびジルコニウム酸化物の少なくとも一つである。

[0072] また、放射線量検知装置300は、抵抗変化素子313をアレイ状に複数配置した抵抗変化型の不揮発性メモリ301を備え、温度センサ部320が有する1つ以上の抵抗変化素子313は、不揮発性メモリ301を構成する複数の抵抗変化素子313の一部である。これにより、温度センサ部320が有する1つ以上の抵抗変化素子313は、不揮発性メモリ301を構成する複数の抵抗変化素子313の一部で構成されるので、共通のプロセスで、温度センサ部320と不揮発性メモリ301とを製造できる。また、不揮発性メモリ301を構成するメモリアレイは、一般に製造プロセス上の加工均一性を確保するためアレイ外周部にデータ記憶用に用いないダミーセルを配置する。このため、温度センサ部320に、そのダミーセルを用いることで、本装置用に別途追加する必要がなく回路面積を有効に使用できる。

[0073] また、検知回路350は、第1電流および第2電流の一方を選択し、第3電流として出力する選択回路345と、選択回路345から出力される第3電流の供給を受け、第3電流に応じた周波数のクロックを出力するリングオシレータ341と、リングオシレータ341が出力するクロックを所定の時間カウントし、得られたカウント値を、第1信号または第2信号として、出力するカウンタ回路342とを有する。これにより、共通の検知回路350で、第1電流および第2電流を測定できるので、回路規模が縮小化される。

[0074] また、電源回路308は、調整可能なレファレンス電圧 V_{ref} を生成するバンドギャップレファレンス回路BGRと、レファレンス電圧 V_{ref} に従って、電源電圧 V_{reg} を出力するレギュレータ回路308aとを有する。これにより、電源電圧 V_{reg} の調整が可能になるので、温度センサ部3

20が放射線曝露に対してほとんど影響を受けないことを利用して、放射線曝露の前後において同じ電源電圧 V_{reg} を維持するようにレファレンス電圧 V_{ref} を校正することで、放射線への曝露による特性変化に対応することができる。その結果、放射線耐性をもつ温度検知および放射線量検知が実現される。

[0075] また、放射線量検知装置300は、さらに、放射線の照射前においてカウンタ回路342が出力する第1カウント値と、第1カウント値が出力された時の第1周囲温度と、放射線の照射後においてカウンタ回路342が出力する第2カウント値と、第2カウント値が出力された時の第2周囲温度とから、第1カウント値と第1周囲温度との第1相関関係と、第2カウント値と第2周囲温度との第2相関関係とが等しくなるように、レファレンス電圧 V_{ref} を調整する制御回路310を備える。これにより、放射線曝露の前後における温度センサ部320の温度特性を一致させるようにレファレンス電圧 V_{ref} を調整することで、放射線曝露の前後において同じ電源電圧 V_{reg} を維持できる。

[0076] また、本実施の形態に係る放射線量検知方法は、放射線量検知装置300による放射線量検知方法であって、放射線の照射前に、選択回路345が第1電流を選択した状態で、周囲温度とカウンタ回路342が出力するカウント値との第1相関関係を取得する第1取得ステップと、放射線の照射後に、選択回路345が第1電流を選択した状態で、周囲温度とカウンタ回路342が出力するカウント値との第2相関関係を取得する第2取得ステップと、第1相関関係と第2相関関係とが等しくなるように、レファレンス電圧を調整する調整ステップと、調整ステップの後に、選択回路345が第2電流を選択した状態で、放射線量を検知する放射線量検知ステップとを含む。

[0077] これにより、温度センサ部320が放射線曝露に対してほとんど影響を受けないことを利用し、放射線曝露の前後における温度センサ部320の温度特性を一致させるようにレファレンス電圧 V_{ref} を調整することで、放射線曝露の前後において同じ電源電圧 V_{reg} を維持できる。その結果、放射

線耐性をもつ温度検知および放射線量検知が実現される。

[0078] また、放射線量検知方法は、さらに、選択回路345が第2電流を選択した状態でカウンタ回路342が出力するカウント値の温度依存性を示す第3相関関係を取得する第3取得ステップを含み、放射線量検知ステップでは、第3相関関係を用いて、放射線量の検知によって得られたカウンタ回路342が出力するカウント値から、温度補正後の放射線量を算出する。これにより、放射線センサ部340がもつ温度依存性が補正され、温度補正後の放射線量が得られる。

[0079] 以上、本開示に係る放射線量検知装置および放射線量検知方法について、実施の形態に基づいて説明したが、本開示は、この実施の形態に限定されるものではない。本開示の主旨を逸脱しない限り、当業者が思いつく各種変形を本実施の形態に施したものや、実施の形態における一部の構成要素を組み合わせる別形態も、本開示の範囲内に含まれる。

[0080] 例えば、実施の形態では、検知回路350は、リングオシレータ341を備えたが、必ずしもこのような構成を備える必要はない。検知回路350は、温度センサ部320または放射線センサ部340から出力される電源電流 I_{ro} に依存するデジタル値を出力するものであれば、電流電圧変換器およびA/D変換器で構成される回路等の他の回路で構成されてもよい。

[0081] また、実施の形態では、電源回路308が電源電圧 V_{reg} を調整する機能を有したが、電源回路308の外部に、電源回路308から出力された電源電圧 V_{reg} を調整する回路が設けられてもよい。

産業上の利用可能性

[0082] 本開示にかかる放射線量検知装置は、放射線曝露後であっても温度および放射線量のセンシング精度を良好に維持するセンサとして、例えば、半導体集積回路装置で構成され、ライフサイクルを管理する対象物、またはそれを収める梱包材に装着したまま放射線滅菌の処理が施され、RF通信を用いて回路動作電圧の校正を行うことで、センシング精度を劣化させることなく対象物のライフサイクルを管理することができるRFIDタグとして、利用で

きる。すなわち、放射線に対しての影響を除外したRFIDとして利用できるように、ライフサイクルを管理する対象物に装着したRFIDタグを放射線照射前後で付け外しする手間を省くことができる。

符号の説明

- [0083] 300 放射線量検知装置
- 301 不揮発性メモリ
- 302 メモリアレイ
- 303 行選択／ドライバ回路
- 304 列選択／ドライバ回路
- 305 書き込み回路
- 306 センスアンプ
- 307 データ入出力回路
- 308 電源回路
- 308a レギュレータ回路
- 308b 演算増幅器
- 308c トランジスタ
- 309 アドレス入力回路
- 310 制御回路
- 311 外部インターフェース回路
- 312 センサ回路
- 313 抵抗変化素子
- 314 第2電極層
- 315 可変抵抗層
- 315a 第2のタンタル酸化物層
- 315b 第1のタンタル酸化物層
- 316 第1電極層
- 317 プラグ層
- 318 金属配線層

319 選択トランジスタ
320 温度センサ部
320a 第1ノード
320b 第2ノード
340 放射線センサ部
341 リングオシレータ
342 カウンタ回路
343、344 スイッチ素子
345 選択回路
350 検知回路
BGR バンドギャップレファレンス回路
BL0~BLx ビット線
BLts 温度センサ用ビットライン
M00~Mxy メモリセル
SL0~SLx ソース線
SLts 温度センサ用ソースライン
T00~Txy、TRsp トランジスタ
R1~R4 抵抗素子
WL0~WLy ワード線

請求の範囲

[請求項1]

放射線量検知装置であって、
電源電圧を出力する電源回路と、
前記電源電圧を用いて、前記放射線量検知装置の周囲温度に依存する第1電流を出力する第1電流源と、
前記電源電圧を用いて、前記放射線量検知装置が照射された放射線量に依存する第2電流を出力する第2電流源と、
前記第1電流の大きさに対応する温度を示す第1信号を出力し、前記第2電流の大きさに対応する放射線量を示す第2信号を出力する検知回路とを備え、
前記第1電流源は、
第1電極層、第2電極層、および、前記第1電極層と前記第2電極層との間に介在する遷移金属酸化物を含む可変抵抗層を有する1つ以上の抵抗変化素子と、
前記1つ以上の抵抗変化素子の前記第1電極層どうしを接続している第1ノードと、
前記1つ以上の抵抗変化素子の前記第2電極層どうしを接続している第2ノードとを有し、
前記第1ノードには、前記電源電圧が印加され、
前記第2ノードは、前記第1電流を出力し、
前記第2電流源は、トランジスタを有し、
前記トランジスタの一端子には、前記電源電圧が印加され、
前記トランジスタの他の一端子は、前記第2電流を出力する、
放射線量検知装置。

[請求項2]

前記遷移金属酸化物は、アルミニウム酸化物、タンタル酸化物、ハフニウム酸化物およびジルコニウム酸化物の少なくとも一つである、
請求項1に記載の放射線量検知装置。

[請求項3]

抵抗変化素子をアレイ状に複数配置した抵抗変化型の不揮発性メモ

りを備え、

前記第 1 電流源が有する前記 1 つ以上の抵抗変化素子は、前記不揮発性メモリを構成する複数の抵抗変化素子の一部である、

請求項 1 または 2 記載の放射線量検知装置。

[請求項4]

前記検知回路は、

前記第 1 電流および前記第 2 電流の一方を選択し、第 3 電流として出力する選択回路と、

前記選択回路から出力される前記第 3 電流の供給を受け、前記第 3 電流に応じた周波数のクロックを出力するリングオシレータと、

前記リングオシレータが出力する前記クロックを所定の時間カウンタし、得られたカウンタ値を、前記第 1 信号または前記第 2 信号として、出力するカウンタ回路とを有する、

請求項 1 ～ 3 のいずれか 1 項に記載の放射線量検知装置。

[請求項5]

前記電源回路は、

調整可能なレファレンス電圧を生成するバンドギャップレファレンス回路と、

前記レファレンス電圧に従って、前記電源電圧を出力するレギュレータ回路とを有する、

請求項 4 記載の放射線量検知装置。

[請求項6]

さらに、放射線の照射前において前記カウンタ回路が出力する第 1 カウンタ値と、前記第 1 カウンタ値が出力された時の第 1 周囲温度と、放射線の照射後において前記カウンタ回路が出力する第 2 カウンタ値と、前記第 2 カウンタ値が出力された時の第 2 周囲温度とから、前記第 1 カウンタ値と前記第 1 周囲温度との第 1 相関関係と、前記第 2 カウンタ値と前記第 2 周囲温度との第 2 相関関係とが等しくなるように、前記レファレンス電圧を調整する制御回路を備える、

請求項 5 記載の放射線量検知装置。

[請求項7]

請求項 5 記載の放射線量検知装置による放射線量検知方法であって

、
放射線の照射前に、前記選択回路が前記第1電流を選択した状態で、前記周囲温度と前記カウンタ回路が出力するカウント値との第1相関関係を取得する第1取得ステップと、

放射線の照射後に、前記選択回路が前記第1電流を選択した状態で、前記周囲温度と前記カウンタ回路が出力するカウント値との第2相関関係を取得する第2取得ステップと、

前記第1相関関係と前記第2相関関係とが等しくなるように、前記レファレンス電圧を調整する調整ステップと、

前記調整ステップの後に、前記選択回路が前記第2電流を選択した状態で、放射線量を検知する放射線量検知ステップとを含む、

放射線量検知方法。

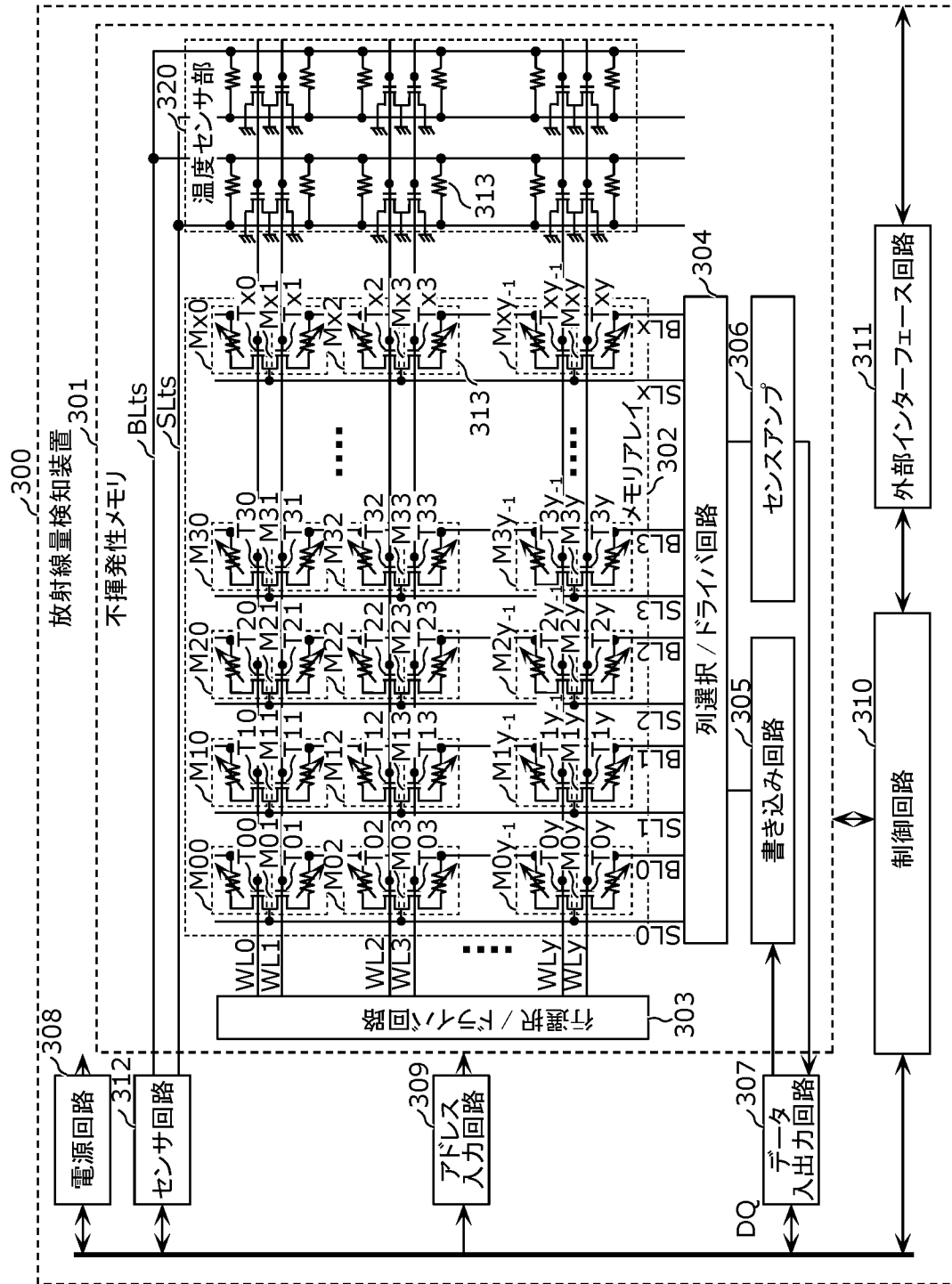
[請求項8]

さらに、前記選択回路が前記第2電流を選択した状態で前記カウンタ回路が出力するカウント値の温度依存性を示す第3相関関係を取得する第3取得ステップを含み、

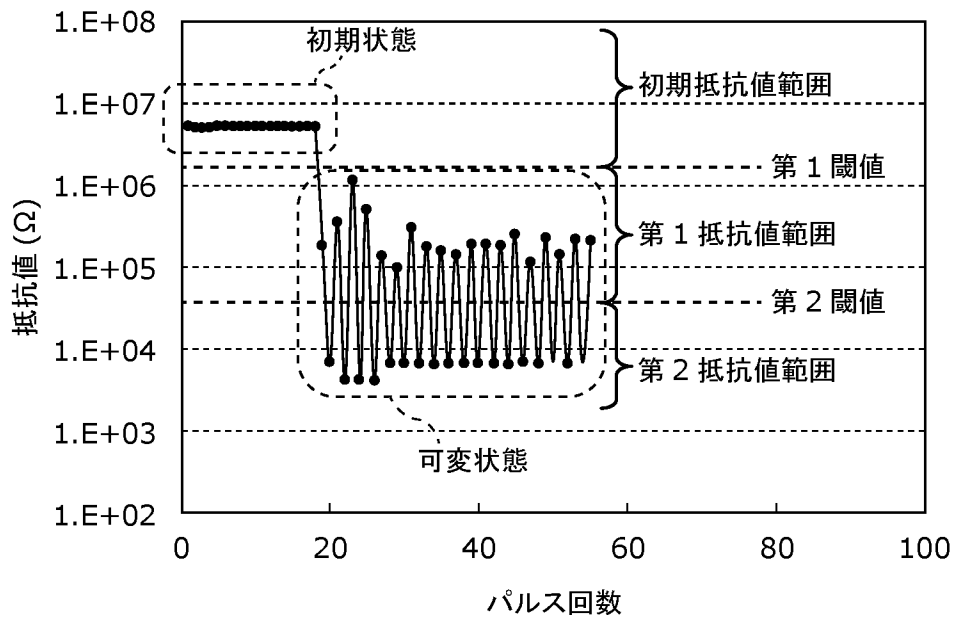
前記放射線量検知ステップでは、前記第3相関関係を用いて、前記放射線量の検知によって得られた前記カウンタ回路が出力するカウント値から、温度補正後の放射線量を算出する、

請求項7記載の放射線量検知方法。

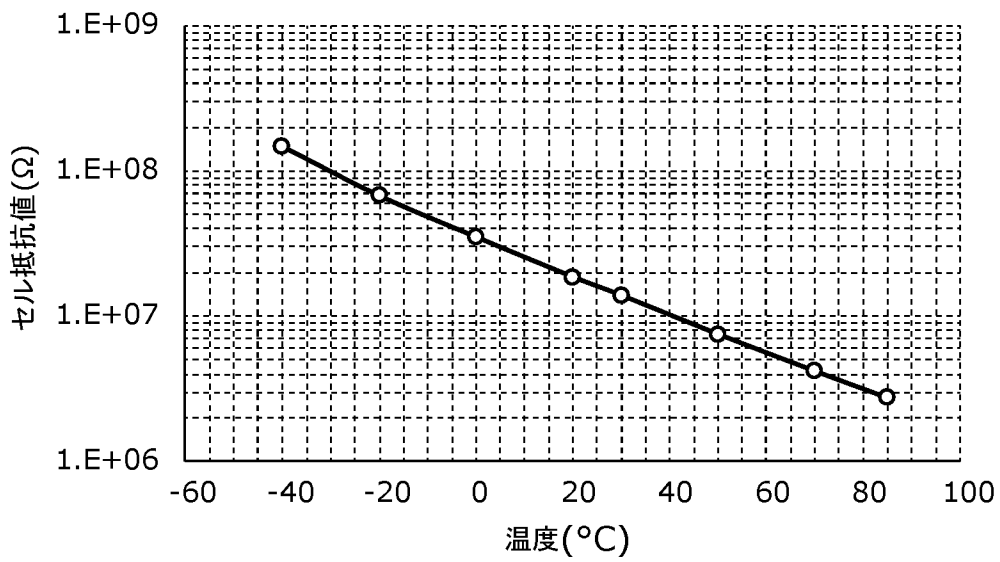
[図2]



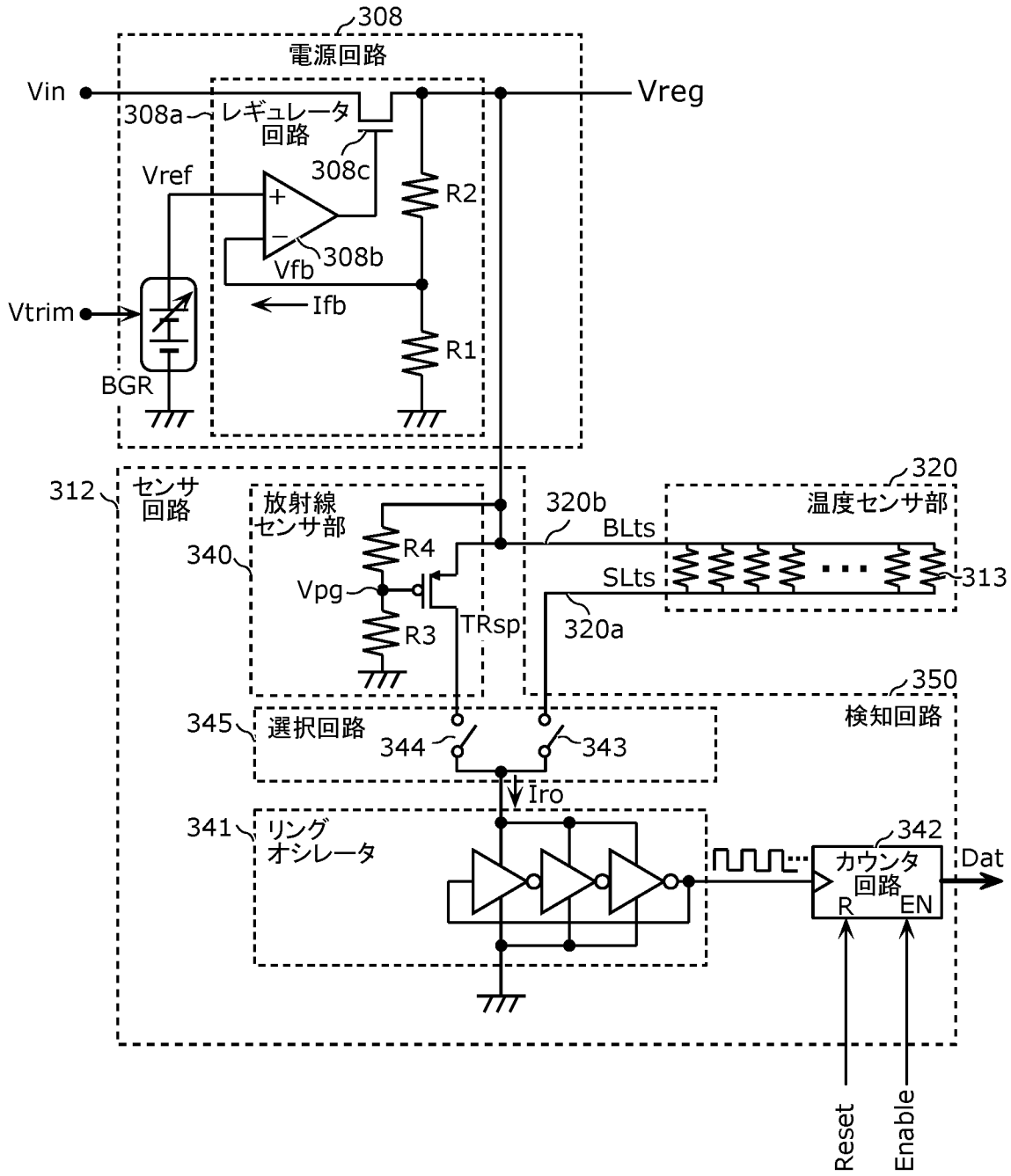
[図3]



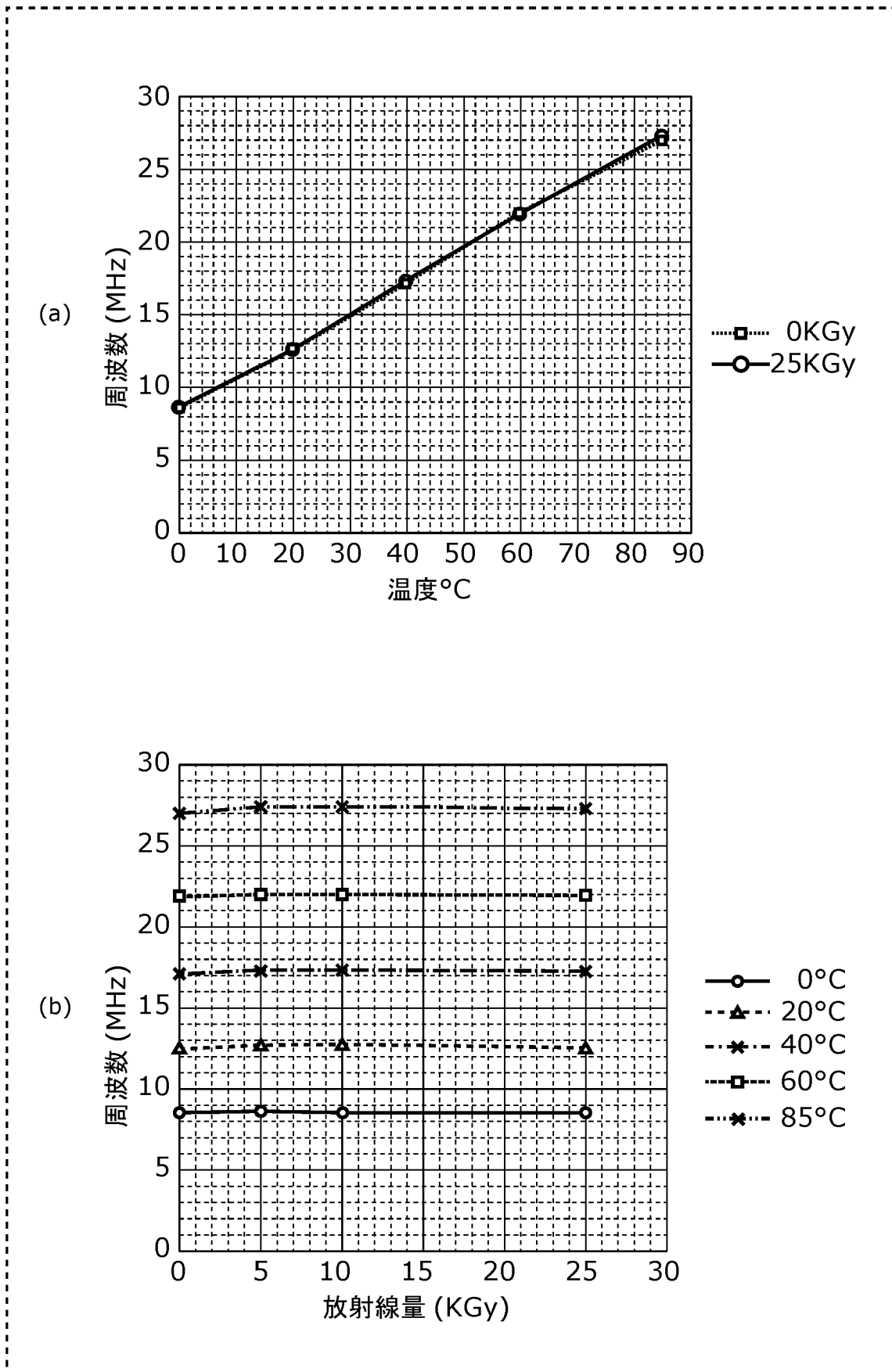
[図4]



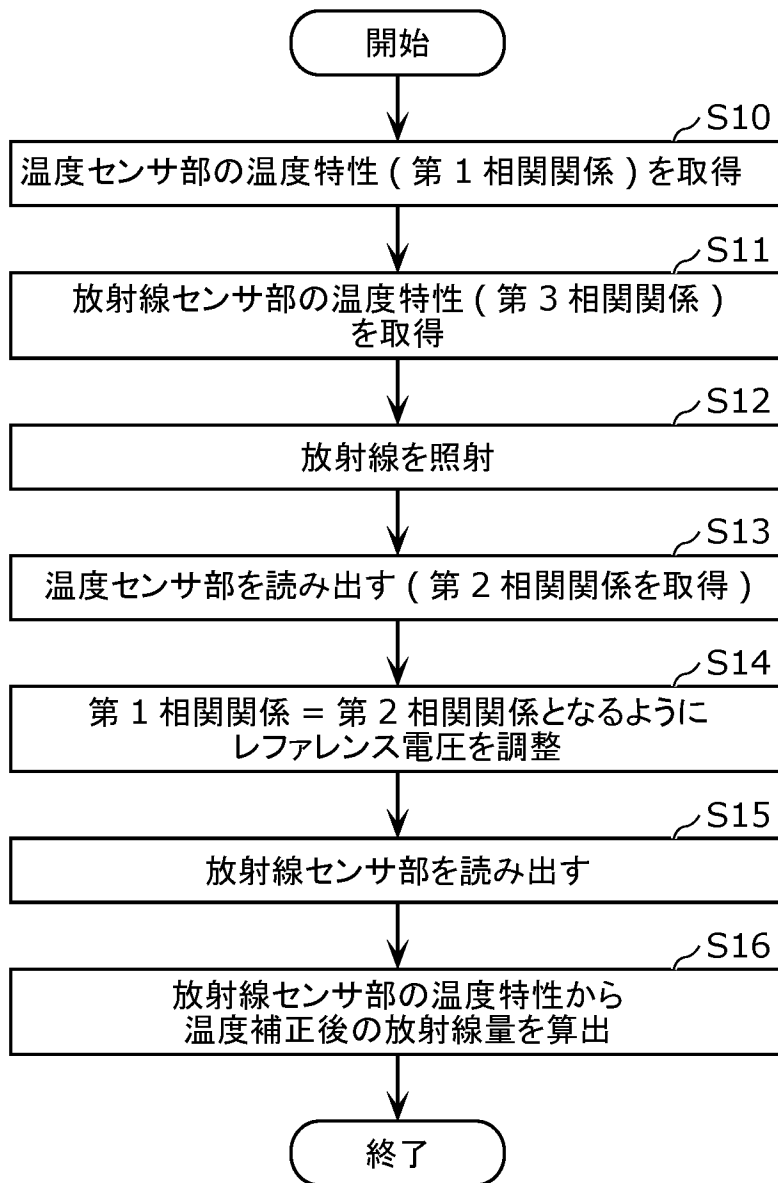
[図5]



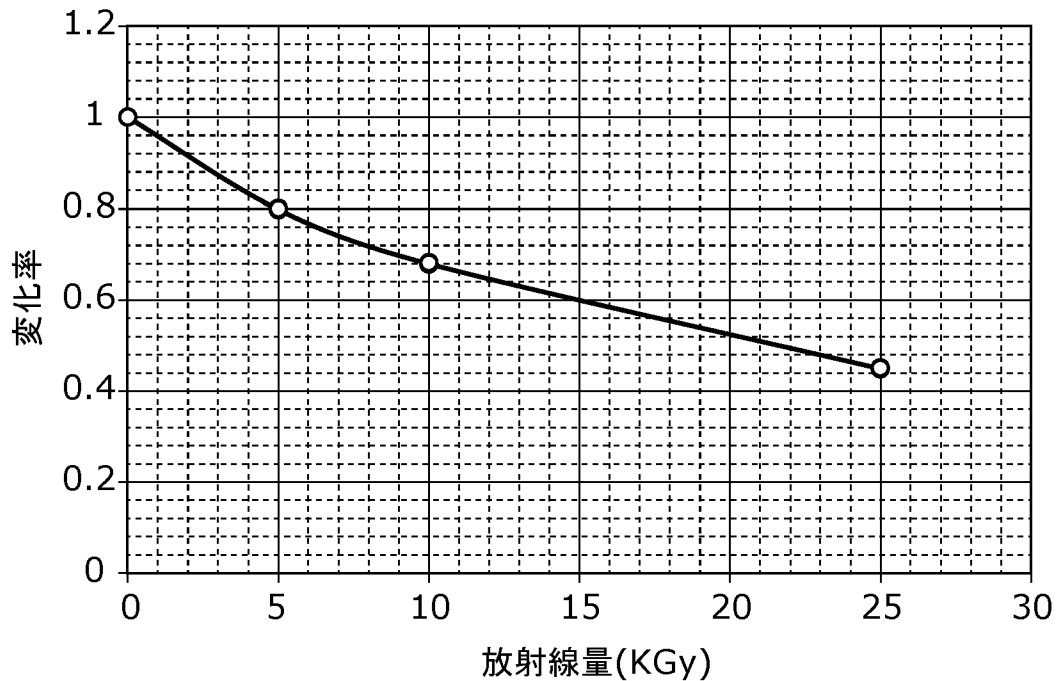
[図6]



[図7]



[図8]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/011651

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
<i>G01T 1/16</i> (2006.01)i; <i>G01T 1/17</i> (2006.01)i; <i>G11C 13/00</i> (2006.01)i; <i>H10B 63/00</i> (2023.01)i; <i>H10B 99/00</i> (2023.01)i; <i>H10N 70/00</i> (2023.01)i; <i>H10N 99/00</i> (2023.01)i FI: G01T1/17 C; G01T1/16 B; G11C13/00 215; H10B63/00; H10B99/00 481; H10N70/00 Z; H10N99/00		
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) G01T1/00-1/16; G01T1/167-7/12; G11C13/00; H10B63/00; H10B99/00; H10N70/00; H10N99/00		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Published examined utility model applications of Japan 1922-1996 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2023 Registered utility model specifications of Japan 1996-2023 Published registered utility model applications of Japan 1994-2023		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2021/0097363 A1 (BEST MEDICAL CANADA LTD.) 01 April 2021 (2021-04-01) the whole document	1-8
A	JP 2013-88380 A (FURUKAWA CO LTD) 13 May 2013 (2013-05-13) entire text, all drawings	1-8
A	JP 2015-190819 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP) 02 November 2015 (2015-11-02) entire text, all drawings	1-8
A	JP 2002-277556 A (KONINKL PHILIPS ELECTRONICS NV) 25 September 2002 (2002-09-25) entire text, all drawings	1-8
A	JP 2016-31274 A (NEC CORP) 07 March 2016 (2016-03-07) entire text, all drawings	1-8
A	JP 2016-15192 A (PANASONIC INTELLECTUAL PROPERTY MANAGEMENT CO., LTD.) 28 January 2016 (2016-01-28) entire text, all drawings	1-8
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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 09 May 2023		Date of mailing of the international search report 23 May 2023
Name and mailing address of the ISA/JP Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/011651

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 10-512416 A (SARAD GESELLSCHAFT FUR KOMPLEXE LEISTUNGEN ZUR SANIERUNG RADIOLOGISCH BELASTETER OBJEKTE MBH) 24 November 1998 (1998-11-24) entire text, all drawings	1-8
<hr/>		

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2023/011651

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
US	2021/0097363	A1	01 April 2021	WO 2021/056097 A1 EP 4042328 A1	
JP	2013-88380	A	13 May 2013	(Family: none)	
JP	2015-190819	A	02 November 2015	US 2015/0276699 A1 the whole document	
JP	2002-277556	A	25 September 2002	US 2002/0131626 A1 the whole document EP 1237198 A1	
JP	2016-31274	A	07 March 2016	(Family: none)	
JP	2016-15192	A	28 January 2016	US 2015/0364192 A1 the whole document	
JP	10-512416	A	24 November 1998	US 5969336 A the whole document WO 1996/029820 A1	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） G01T 1/16(2006.01)i; G01T 1/17(2006.01)i; G11C 13/00(2006.01)i; H10B 63/00(2023.01)i; H10B 99/00(2023.01)i; H10N 70/00(2023.01)i; H10N 99/00(2023.01)i FI: G01T1/17 C; G01T1/16 B; G11C13/00 215; H10B63/00; H10B99/00 481; H10N70/00 Z; H10N99/00		
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）） G01T1/00-1/16; G01T1/167-7/12; G11C13/00; H10B63/00; H10B99/00; H10N70/00; H10N99/00 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 1971-2023年 日本国実用新案登録公報 1996-2023年 日本国登録実用新案公報 1994-2023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）		
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
A	US 2021/0097363 A1 (BEST MEDICAL CANADA LTD.) 01.04.2021 (2021-04-01) the whole document	1-8
A	JP 2013-88380 A (古河機械金属株式会社) 13.05.2013 (2013-05-13) 全文全図	1-8
A	JP 2015-190819 A (三菱電機株式会社) 02.11.2015 (2015-11-02) 全文全図	1-8
A	JP 2002-277556 A (コーニンクレッカ フィリップス エレクトロニクス エヌ ヴィ) 25.09.2002 (2002-09-25) 全文全図	1-8
A	JP 2016-31274 A (日本電気株式会社) 07.03.2016 (2016-03-07) 全文全図	1-8
A	JP 2016-15192 A (パナソニックIPマネジメント株式会社) 28.01.2016 (2016-01-28) 全文全図	1-8
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> 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、一般的な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抵触するものではなく、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	
09.05.2023	23.05.2023	
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官） 小林 幹 2G 1132 電話番号 03-3581-1101 内線 3226	

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
A	JP 10-512416 A (サラダ ゲゼルシャフト フア コンプレックス ライスツンゲン ツ ア ザニールンク ラジオローギッシュ ペラスターテル オブジェクテ エム・ペー・ ハー) 24.11.1998 (1998 - 11 - 24) 全文全図	1-8

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2023/011651

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
US	2021/0097363	A1	01.04.2021	WO	2021/056097	A1	
				EP	4042328	A1	
JP	2013-88380	A	13.05.2013	(ファミリーなし)			
JP	2015-190819	A	02.11.2015	US	2015/0276699	A1	
				the whole document			
JP	2002-277556	A	25.09.2002	US	2002/0131626	A1	
				the whole document			
				EP	1237198	A1	
JP	2016-31274	A	07.03.2016	(ファミリーなし)			
JP	2016-15192	A	28.01.2016	US	2015/0364192	A1	
				the whole document			
JP	10-512416	A	24.11.1998	US	5969336	A	
				the whole document			
				WO	1996/029820	A1	