

HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH,
KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,
MA, MD, ME, MG, MK, MN, 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,
SM, ST, SV, SY, TH, 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, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, 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, 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)）

value of the storage capacitor, and the threshold value detected by the voltage detection circuit changes in a correlated manner to a detected physical quantity, and the wireless transmission circuit wirelessly transmits the identification signal at an interval correlated to the physical quantity detected by the sensor component. As a result, the side receiving the identification signal can determine the value of the physical quantity from the reception interval of the identification signal.

(57) 要約：直流電圧源と抵抗と蓄積容量とが接続された回路部と、回路部により得られた電圧を検出する電圧検出回路と、電圧検出回路が検出した電圧が閾値電圧に達することで、予め設定された識別信号を無線送信する無線送信回路とを備える。そして、直流電圧源の電圧値と、抵抗の抵抗値と、蓄積容量の容量値と、電圧検出回路が検出する閾値との少なくともいずれか1つの値が、検出した物理量に相関して変化するセンサ素子を配置し、センサ素子が検出した物理量に相関した間隔で、無線送信回路が識別信号を無線送信するようにした。識別信号を受信した側では、識別信号の受信間隔から、物理量の値が判別できるようになる。

明 細 書

発明の名称：無線センサ装置及び無線センサシステム

技術分野

[0001] 本発明は、様々な物理量（温度、湿度、照度、水量、ペーハーなど）を測定して送信する無線センサ装置、及びその無線センサ装置を備えた無線センサシステムに関する。

背景技術

[0002] 全てのものがインターネットに接続されるＩｏＴ（Internet of Things）の時代の到来により、あらゆるところに小型の無線センサ装置が取り付けられる状況が到来しようとしている。無線センサ装置を取り付けることで、様々な場所で測定した物理量を、受信装置が収集して管理できるようになる。このような様々な場所に配置した無線センサ装置は、センサノードとも称される。

[0003] 従来の無線センサ装置は、物理量を測定するセンサ素子と、そのセンサ素子の出力から物理量のデータを取得するマイクロコンピュータ（以下、「マイコン」と称する）と、マイコンで得た物理用のデータを送信する無線送信回路と、電池などの電源で構成される。

マイコンは、センサ素子から得たアナログ信号を増幅した後に、内部のアナログ／デジタル変換器でデジタル信号に変換し、変換されたデジタル信号を無線送信回路に供給する。無線送信回路は、供給されたデジタル信号を無線伝送する。無線送信回路がデジタル信号を無線送信する際には、送信先を認識するために必要なＩＤ番号等のヘッダを検出データ（デジタル信号）に付加して伝送することが行われている。

[0004] このような無線センサ装置は、電池で長時間駆動できるようにするために省電力化を図る必要があり、例えば特許文献１には、無線センサ装置を間欠動作させて、スリープ状態と稼働状態を繰り返すようにして、省電力化を図った無線センサノードについての記載がある。

また、本発明の発明者らが先に提案した非特許文献1には、電源の消費を計測する無線センサ装置についての記載がある。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開2006-204024号公報

非特許文献

[0006] 非特許文献1：Shohei Ishigaki and Koichiro Ishibashi "Power Beat: A Low-cost and Energy Harvesting Wireless Electric Power Sensing Scheme for BEMS," ICBEST 2015

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] 上述したように間欠動作を行うことで、無線センサ装置の省電力化を図ることができる。例えば、スリープ状態となる期間を非常に長くすることで、消費電力を大幅に低くすることができる。しかしながら、あまりスリープ状態となる期間が長すぎると、物理量を測定する周期が長くなるので、好ましくない。また、スリープ状態となる期間を短くすると、消費電力が増えてしまい、省電力化に逆行してしまう。

[0008] また、センサ素子が出力するアナログ信号を増幅したり、マイコンを使用してアナログ信号をデジタルに変換するなどの処理を行うためには、それなりの電力が必要である。また、検出データのデータ量が多くなる場合などは、デジタル情報を圧縮するなどマイコンでの比較的多くの処理が必要になり、送信に要する電力が増加することがある。したがって、従来の無線センサ装置は、稼動状態での消費電力が比較的大きな値になってしまうという問題があり、間欠動作を行ったとしても、省電力化に限界があった。

[0009] さらに、無線送信回路が間欠的に測定信号を無線伝送する構成とした場合、受信側でその測定信号の受信に失敗すると、その受信に失敗した測定信号が集計データから欠落してしまい、物理量の測定の信頼度が低下するという

問題もあった。

[0010] 本発明は、省電力で信頼性の高い測定が可能な無線センサ装置及び無線センサシステム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] 本発明の無線センサ装置は、直流電圧源と抵抗と蓄積容量とが接続された回路部と、回路部により得られた電圧を検出する電圧検出回路と、電圧検出回路が検出した電圧が閾値電圧に達することで、予め設定された識別信号を無線送信する無線送信回路と、センサ素子とを備える。

センサ素子は、直流電圧源の電圧値と、抵抗の抵抗値と、蓄積容量の容量値と、電圧検出回路が検出する閾値との少なくともいずれか1つの値が、検出した物理量に相関して変化するように構成する。

そして、センサ素子が検出した物理量に相関した間隔で、無線送信回路が識別信号を無線送信するようにした。

[0012] また、本発明の無線センサシステムは、上述した無線センサ装置に加えて、無線受信装置を備えたシステムとしたものである。

無線受信装置は、無線センサ装置の無線送信回路が無線送信した識別信号を受信する無線受信回路と、無線受信回路が受信した識別信号の受信間隔を判別する受信間隔判別部と、受信間隔判別部が判別した受信間隔から、物理量を計算する物理量計算部とを備えたものである。

[0013] 本発明によれば、無線センサ装置は、センサ素子が検出した物理量に対応した間隔で識別信号を無線送信することができるので、簡単かつ低消費電力の処理で物理量の測定に必要な信号を無線送信できるようになる。このようにしたことで、無線送信された識別信号を受信した側では、その識別信号を受信した間隔から、物理量を計算することができ、低消費電力の無線センサシステムを構築することができる。

図面の簡単な説明

[0014] [図1]本発明の第1の実施の形態例による無線センサシステムの例を示す構成図である。

[図2]本発明の第2の実施の形態例による無線センサシステムの例を示す構成図である。

[図3]本発明の第2の実施の形態例の無線センサ装置を温度測定用センサノードに適用した例を示す構成図である。

[図4]図3の例の無線センサ装置の電源回路の出力波形例を示す特性図である。

[図5]図3の例の無線センサ装置の無線信号の送信タイミングの例を示す特性図である。

[図6]図3の例の無線センサ装置が送信するサイクル時間と温度との関係の例を示す特性図である。

[図7]図3の例の無線センサ装置により得られた測定温度と実温度とを比較した特性図である。

[図8]図3の例の無線センサ装置を使用した無線センサシステムの全体構成の例を示す構成図である。

[図9]本発明の第2の実施の形態例の無線センサ装置を水量検出用センサノードに適用した例を示す構成図である。

[図10]本発明の第3の実施の形態例による無線センサ装置の例を示す構成図である。

[図11]本発明の第3の実施の形態例による無線センサ装置を湿度測定用センサノードに適用した例（例1）を示す構成図である。

[図12]本発明の第3の実施の形態例による無線センサ装置を湿度測定用センサノードに適用した例（例2）を示す構成図である。

[図13]本発明の第4の実施の形態例による無線センサ装置の例を示す構成図である。

[図14]本発明の第4の実施の形態例による無線センサ装置をpH測定用センサノードに適用した例を示す構成図である。

[図15]図14例のpH測定用センサノードの変形例を示す構成図である。

[図16]本発明の第4の実施の形態例による無線センサ装置を照度測定用セン

サノードに適用した例を示す構成図である。

[図17]本発明の第5の実施の形態例による無線センサ装置の例を示す構成図である。

[図18]本発明の第6の実施の形態例による無線センサ装置の例を示す構成図である。

[図19]本発明の第6の実施の形態例による無線センサ装置の例（スイッチ素子を用いた例）を示す構成図である。

[図20]本発明の第7の実施の形態例による無線センサ装置の例を示す構成図である。

[図21]本発明の第8の実施の形態例による無線センサ装置の例（ビート方式直流電流検出用センサノードに適用した例）を示す構成図である。

[図22]図21の例のセンサの電流と電圧の変化例を示す特性図である。

[図23]本発明の第9の実施の形態例による無線センサ装置の例（ビート方式直流電流検出用センサノードに適用した例）を示す構成図である。

[図24]図23の例のクランプセンサの構成（図24A）と電流／インダクタンスの特性例（図24B）を示す図である。

[図25]図23の例による信号送信タイミング状態を示す特性図である。

[図26]本発明の第10の実施の形態例による無線センサ装置の例（小電圧検出用センサノードに適用した例：例1）を示す構成図である。

[図27]本発明の第10の実施の形態例による無線センサ装置の例（小電圧検出用センサノードに適用した例：例2）を示す構成図である。

[図28]本発明の第10の実施の形態例による無線センサ装置の例（小電圧検出用センサノードに適用した例：例3）を示す構成図である。

[図29]本発明の第11の実施の形態例による無線センサ装置の例を示す構成図である。

[図30]図29の例の無線センサ装置が備えるレーダーの出力信号を示す波形図である。

[図31]図29の例の無線センサ装置で睡眠状態を測定した様子を示す特性図

である。

発明を実施するための形態

[0015] [1. 第1の実施の形態例]

以下、本発明の第1の実施の形態例を、図1を参照して説明する。

図1は、本発明の第1の実施の形態例による無線センサシステムの例を示す構成図である。第1の実施の形態例は、本発明の基本的な構成の例を示すものである。

[0016] 無線センサシステムは、無線センサ装置10aと無線受信装置20とで構成される。無線センサ装置10aは、物理量を測定する場所に配置される。

無線センサ装置10aは、直流電圧源11と、抵抗12と、蓄積容量13とを備えた回路部を有し、直流電圧源11で得られた所定の直流電圧 V_{cc} が、抵抗12を介して電圧検出回路14及び無線送信回路15に供給される。直流電圧源11としては、例えば小型の電池が使用される。あるいは、直流電圧源11として、太陽光発電装置などの環境発電装置を使用してもよい。太陽光発電装置などの発電状態が不安定な発電装置を使用する場合には、例えば二次電池を併用して、安定して電源が得られるようにするのが好ましい。

蓄積容量13は、直流電圧源11と並列に接続されており、この蓄積容量13に直流電圧 V_{cc} が抵抗12を介して充電される。

[0017] 電圧検出回路14は、この蓄積容量13に充電された電圧 V_{st} を検出し、電圧 V_{st} の値に応じて検出信号を出力するシュミットトリガー回路である。すなわち、電圧検出回路14は、電圧 V_{st} が上側閾値 V_H に達したとき、検出信号の出力を開始し、検出電圧 V_{st} が下側閾値 V_L に低下したとき、検出信号の出力を停止する動作を行う。電圧検出回路14の検出信号は、無線送信回路15のイネーブル端子 E_N に供給する。

[0018] 無線送信回路15の電源入力端子 V_{DD} には、 V_{st} が供給されている。また、電圧検出回路14で検出された検出信号は、無線送信回路15のイネーブル端子 E_N に供給される。無線送信回路15は、イネーブル端子 E_N に検出信

号が供給されるときに、電源入力端子 V_{DD} に得られる電圧（電源）をエネルギーとして消費して送信処理を行う。無線送信回路 15 のアンテナ端子 ANT は、送信用のアンテナ 16 に接続される。なお、無線送信回路 15 の接地電位部 GND は、直流電圧源 11 の接地電位部と接続されている。

[0019] 無線送信回路 15 は、送信処理部 15 a と、識別信号記憶部 15 b と、送信制御部 15 c とを備える。図 1 の例では、識別信号記憶部 15 b は、送信制御部 15 c に内蔵される。そして、送信制御部 15 c の制御により、送信処理部 15 a は、識別信号記憶部 15 b に記憶された識別信号を所定の周波数帯で無線送信させる処理を行う。識別信号記憶部 15 b に記憶された識別信号は、1 台ごとの無線センサ装置 10 a に付与された識別信号で、例えば無線送信回路に 1 台ずつ割り当てられている MAC アドレス等でもかまわないし、送信制御部 15 c にあらかじめ記憶しておくこともできる。

[0020] イネーブル端子 EN に検出信号が供給されると、送信処理部 15 a に対して、無線送信処理の開始を指示する。例えば、イネーブル端子 EN に得られる信号が、ローレベルからハイレベルに変化して検出信号の供給が開始されるタイミングで、送信制御部 15 c は無線送信回路 15 の初期化処理を実行し、その初期化処理の完了と同時に無線送信の実行を指示する。この指示を受信した送信処理部 15 a は、識別信号記憶部 15 b に記憶された識別信号を無線信号 S として送信する処理を実行する。送信処理部 15 a が識別信号を無線信号 S として送信処理する際には、識別信号のみを送信すればよいが、必要に応じてヘッダなどを付加して、そのペイロードとして識別信号を載せてもよい。

[0021] この無線送信回路 15 での無線送信処理が実行されると、蓄積容量 13 から供給されるエネルギーが消費されるので、蓄積容量 13 から無線送信回路 15 に供給される電圧 V_{st} が低下し、電圧検出回路 14 は下側閾値 V_L への低下を検出する。この下側閾値 V_L への低下が検出されると、電圧検出回路 14 からイネーブル端子 EN への検出信号の供給がなくなり、送信制御部 15 c は、無線送信回路 15 の動作を停止させる。無線送信回路 15 の動作が

停止すると、無線センサ装置 10a 内でのエネルギー消費がなくなり、蓄積容量 13 に蓄積された電圧 V_{st} が再び上昇する。そして、電圧 V_{st} が上側閾値 V_H に達したとき、無線送信回路 15 における無線送信処理が再開される。

[0022] このように、無線センサ装置 10a は、蓄積容量 13 の電圧 V_{st} の上昇及び下降に対応して、無線送信回路 15 が識別信号の送信を周期的に実行する。

ここで、無線センサ装置 10a に使用されるセンサ素子としては、直流電圧源 11 と、抵抗 12 と、蓄積容量 13 と、電圧検出回路 14 の少なくともいずれか 1 つが、物理量の検出に相関して値が変化するセンサ素子を使用される。ここで、センサ素子の使用とは、直流電圧源 11、抵抗 12、蓄積容量 13、又は電圧検出回路 14 のいずれかを直接にセンサ素子に置き換える場合と、直流電圧源 11、抵抗 12、蓄積容量 13、又は電圧検出回路 14 にセンサ素子を接続する場合とがある。なお、具体的なセンサ素子の接続例については後述する。

[0023] このように物理量を検出するセンサ素子を接続した無線センサ装置 10a によると、そのセンサ素子が検出した物理量に応じて、無線送信回路 15 が無線信号 S を無線送信する間隔が変化するようになる。例えば、後述する図 3 で説明するように、抵抗 12 として、物理量（温度）で抵抗値が変化するセンサ素子（サーミスタ）12a を使用することで、蓄積容量 13 の電圧 V_{st} が上昇する速度が物理量（温度）により変化し、無線送信回路 15 が無線信号 S を送信する間隔が、物理量（温度）に相関した間隔になる。

[0024] 次に、無線センサ装置 10a から送信した無線信号 S を受信する無線受信装置 20 の構成について説明する。

無線受信装置 20 は、アンテナ 21 が接続された無線受信回路 22 を備える。無線受信回路 22 は、無線信号 S を常時受信できる状態で待機しており、受信した無線信号 S を識別信号検出部 23 に供給する。識別信号検出部 23 は、無線信号 S に含まれる識別信号（MAC アドレス等）を検出する。図

1では、無線信号Sを送信する無線センサ装置10aは1台のみを示すが、無線受信装置20は複数台の無線センサ装置10aからの無線信号Sを管理することができ、その場合には、識別信号検出部23は、それぞれの無線センサ装置10aに付与された識別信号を検出することになる。

[0025] 識別信号検出部23が識別信号を検出すると、識別信号検出部23は、その検出した識別信号の無線受信回路22における受信タイミングのデータを、受信間隔判別部24に供給する。受信間隔判別部24は、それぞれの識別信号の無線信号Sの受信間隔を判別し、判別した受信間隔のデータを物理量計算部25に供給する。物理量計算部25は、無線信号Sの中の各識別信号の受信間隔に基づいて、それぞれの無線センサ装置10a内のセンサ素子が検出した物理量を計算する。

[0026] 上述したように、無線センサ装置10aは、センサ素子が検出した物理量に応じて、無線信号Sの送信間隔が変化するので、無線受信装置20では、無線信号Sの受信間隔から、センサ素子が検出した物理量を計算することができる。無線信号Sの受信間隔から物理量を計算する際には、1回の受信間隔の値から直接物理量の値を得るようにしてもよいが、ある程度の時間内での受信間隔の平均値から、物理量の値を得るようにしてもよい。物理量計算部25が計算した物理量のデータは、例えば無線受信装置20に接続されたコンピュータ装置や外部のサーバなどに伝送されて、物理量のデータを受信した機器で物理量の変化の管理などが実行される。

[0027] なお、図1では、無線受信装置20が識別信号の検出から物理量の計算までを行うようにしたが、例えば無線受信装置20では無線信号の受信処理のみを行って、識別信号検出部23、受信間隔判別部24及び物理量計算部25での処理については、無線受信装置20に接続された外部のコンピュータ装置などの情報処理装置が実行するようにしてもよい。この場合、識別信号検出部23、受信間隔判別部24及び物理量計算部25については、該当する処理を実行するソフトウェアで実現してもよい。また、物理量計算部25では、間隔の値を演算式に代入して物理量を計算する処理の代わりに、間隔

の値を物理量に変換する変換テーブルを用意して、その変換テーブルを参照することにより直接物理量を得るようにしてもよい。

[0028] このように構成した無線センサ装置 10 a と無線受信装置 20 とを備えた無線センサシステムによると、無線センサ装置 10 a が低消費電力かつ低負荷で無線信号 S を送信できるようになる。すなわち、無線センサ装置 10 a 内の無線送信回路 15 は、識別信号記憶部 15 b が記憶した識別信号を送信するだけでよい。つまり、常に同じ信号を繰り返し送信するだけでよいので、センサ素子の出力の増幅やデジタル変換などの電力を大きく消費する処理を必要としない。したがって、例えば直流電圧源 11 として、ボタン型電池のような小型の電池を使用した場合でも、無線センサ装置 10 a は、長期間連続稼働させることができる。また、センサ素子の出力の増幅やデジタル変換が不要であることから、無線センサ装置 10 a の構成が非常に簡単になり、様々な物理量を測定する無線センサ装置 10 a が、極めて安価かつ小型に構成できるようになる。無線送信回路 15 についても、測定データなどを送信パケットに付加する処理が不要であり、識別信号という常に同じ信号を送信するだけでよく、非常に簡単な送信処理で無線信号を送信できるようになる。

[0029] また、無線受信装置 20 では、無線信号の受信間隔から物理量を取得するが、一時的な無線信号の受信欠落があっても、その欠落した時間の間の物理量を推定できるので、信頼性の高い物理量の取得が無線通信で可能になる。

すなわち、無線受信装置 20 で何らかの要因で一時的に無線信号を受信できない場合、その受信が欠落したことを推定して、適切に処理するようにできる。例えば長時間継続して受信していたときには、連続してほぼ同じ間隔で受信できる状態であり、ほぼ同じ間隔で受信した状態の中で 1 回受信が欠落したときには、無線伝送状態の不良などで受信できない状態が発生したことを比較的容易に推定することができ、補間処理などで適切な物理量を取得できるようになる。

あるいは、無線受信装置 20 側で取得した物理量の値が、一時的にその前

後の物理量の値から大きく外れている場合には、受信の欠落によるエラーと推定でき、その大きく外れた物理量の測定値については、計測データから除去する処理を行うようにしてもよい。

[0030] [2. 第2の実施の形態例]

次に、本発明の第2の実施の形態例を、図2～図9を参照して説明する。第2の実施の形態例を説明する図2～図9において、第1の実施の形態例で説明した図1と同一箇所には同一符号を付している。

まず、図2に、本発明の第2の実施の形態例による無線センサシステムの基本構成を示す。図2に示す無線センサ装置10bは、図1に示す無線センサ装置10aと同様に、直流電圧源11、抵抗12、及び蓄積容量13からなる回路部と、蓄積容量13の電圧 V_{st} を検出する電圧検出回路14とを備える。電圧検出回路14として、電圧 V_{st} が上側閾値 V_H に到達したことを検出したとき検出信号を出力し、下側閾値 V_L に低下したとき、検出信号の出力を停止する点についても、図1例と同じである。また、直流電圧源11、抵抗12、蓄積容量13、及び電圧検出回路14の少なくともいずれか1つが、物理量を検出するセンサ素子である点でも第1の実施の形態例と同様である。

[0031] そして、電圧検出回路14が出力する検出信号は、電源回路17に供給される。ここで、電源回路17は、電圧安定化部17aと、電圧安定化部17aでの安定化動作を制御する電圧安定化制御部17bとを備える。電圧安定化制御部17bは、電圧検出回路14からイネーブル端子ENに検出信号が供給されると、電圧安定化部17aを作動させて、一定電圧に安定化した電源電圧を出力する。また、イネーブル端子ENに検出信号が供給されないときは、電圧安定化制御部17bは、電圧安定化部17aの動作を停止させ、電源回路17から電源電圧を出力させない。この電源回路17としては、例えばLDO (Low DropOut) と称される電源回路が適用可能である。

[0032] 電源回路17は、無線送信回路18の電源入力端子 V_{DD} に電源電圧を供給する。無線送信回路18は、電源入力端子 V_{DD} に得られる電圧（電源）をエネル

ギーとして消費して、無線信号Sの送信処理を行う回路であり、送信処理部18aと識別信号記憶部18bとを備える。無線送信回路18には、無線信号Sを送信するアンテナ16が接続されている。送信処理部18aは、電源入力端子 V_{DD} に規定の範囲内の電圧が供給されると、その電源入力端子 V_{DD} に得られる電圧（電源）をエネルギーとして消費して、無線信号Sの送信処理を行う。無線信号Sとしては、識別信号記憶部18bに記憶された識別信号が送信される。送信処理部18aが識別信号を無線信号Sとして送信処理する際には、識別信号のみを送信すればよいが、ヘッダなどのデータを付加してもよい点は、第1の実施の形態例の無線送信回路15と同じである。

なお、無線送信回路18及び電源回路17の接地電位部GNDは、直流電圧源11の接地電位部と接続されている。

[0033] このように構成した無線センサ装置10bによると、第1の実施の形態例の無線センサ装置10aと同様に、無線センサ装置10bが内蔵したセンサ素子が検出した物理量に応じて、無線送信回路18が無線信号Sを無線送信する間隔が変化ようになる。すなわち、蓄積容量13の電圧 V_{st} の変化に連動して、電源回路17が作動状態と非作動状態を繰り返し、電源回路17が起動するごとに、無線送信回路18が無線信号Sを送信する。このことは、センサ素子での物理量の検出状態に応じて、電源回路17が作動状態と非作動状態を繰り返す間隔が変化し、無線信号Sを送信する間隔が変化することを意味している。

[0034] 第2の実施の形態例の無線センサ装置10bの場合には、第2の実施の形態例で説明した効果に加えて、無線信号Sの送信が安定してできる効果を有する。すなわち、無線センサ装置10bは、無線送信回路18に供給される電源電圧 V_{DD} が、電源回路17で安定化した電圧であるため、安定した一定電圧で送信処理を行うことができ、無線送信処理が安定して実行できるようになる。

無線受信装置20は、図1に示す無線受信装置20と同様に構成され、無線信号Sを受信して、識別信号ごとの受信間隔から物理量を計算する。

[0035] 図3は、第2の実施の形態例の無線センサ装置10bを、温度測定用センサノードに適用した場合の無線センサ装置10cの構成を示す。

図3に示す無線センサ装置10cは、抵抗12として、温度に対応した抵抗値が得られるサーミスタ（センサ素子）12aを使用した例を示す。無線センサ装置10cのその他の部分については、図2に示す無線センサ装置10bと同じ構成である。

[0036] この図3に示すように温度測定用センサノードとして構成した無線センサ装置10cによると、サーミスタ12aが検出した温度によって、サーミスタ12aの抵抗値が変化する。そして、直流電圧源11からの電圧 V_{cc} で蓄積容量13に充電される電圧 V_{st} の上昇速度が、サーミスタ12aが検出した温度により変化する。したがって、無線センサ装置10cが無線信号Sを送信する間隔が、サーミスタ12aが検出した温度と相関のある間隔になり、無線受信装置20側で、無線信号Sの受信間隔から、サーミスタ12aが検出した温度を取得できるようになる。

[0037] 図4は、無線センサ装置10cにおいて、サーミスタ12aが検出する温度により、蓄積容量13の電圧 V_{st} と電源電圧 V_{DD} が変化する例を示す。

図4Aは温度が摂氏5℃の場合を示し、図4Bは温度が摂氏30℃の場合を示し、それぞれ縦軸は電圧、横軸は時間を示す。

この例では、サーミスタ12aは、摂氏25℃のとき、10kΩの抵抗を持つ素子を使用し、直流電圧源11の電圧 V_{cc} を3.7V、電圧検出回路14での上側閾値 V_H を2.6V、下側閾値 V_L を2.0V、蓄積容量13の容量値を1mFとする。

[0038] 温度5℃の場合（図4A）と、温度30℃の場合（図4B）のいずれでも、蓄積容量13の電圧 V_{st} が徐々に増加するが、温度が高い方が増加速度が早い。この電圧 V_{st} が上側閾値 V_H （2.6V）に到達すると、電源回路17及び無線送信回路18が作動を開始し、電圧 V_{st} が低下し、下側閾値 V_L （2.0V）に達すると、電源回路17が動作を停止して、再び電圧 V_{st} が増加する。なお、電源電圧 V_{DD} については、ピーク時の電圧波形を図4A及び

図4 Bに拡大して示すように、電源回路17による動作で、一定期間、ピーク時の電圧 V_{DD-1} （図4 A）や電圧 V_{DD-2} （図4 B）を維持する。

[0039] ここで、起動開始から最初に電圧 V_{st} が上側閾値 V_H に到達するまでは、比較的長い時間がかかるが、その後は、いずれの温度でも、その温度に基づいた間隔で、電圧 V_{st} が変動するようになる。例えば、摂氏 5°C の場合（図4 A）には、上側閾値 V_H に到達するタイミング $TX11$, $TX12$, $\dots$ ごとに無線信号 S を送信するようになり、温度 30°C の場合（図4 B）には、上側閾値 V_H に到達するタイミング $TX21$, $TX22$, $\dots$ ごとに無線信号 S を送信するようになり、それぞれの温度に対応した間隔で無線信号 S を送信するようになる。無線信号 S の送信処理は、電源電圧 V_{DD} が電圧 V_{DD-1} （図4 A）や電圧 V_{DD-2} （図4 B）を維持している間に行われる。この例では、摂氏 5°C で無線信号 S を送信する間隔は 11.0 秒になり、摂氏 30°C で無線信号 S を送信する間隔は 3.8 秒になる。

したがって、無線受信装置20側では、この無線信号 S を受信する間隔を判別することで、無線センサ装置10c内のサーミスタ12aが検出した温度を取得できる。

[0040] 図5は、摂氏 5°C 程度の環境に設置した無線センサ装置10cが無線信号 S を送信するタイミングと、摂氏 30°C 程度の環境に設置した無線センサ装置10cが無線信号 S を送信するタイミングの例を示す。図5において、縦軸は温度、横軸は時間（秒）である。

図5に示すプロット点 $S11$, $S12$, $S13$, $\dots$ は、摂氏 5°C の環境に設置された無線センサ装置10cから無線信号 S が送信されるタイミングである。また、プロット点 $S21$, $S22$, $S23$, $\dots$ は、摂氏 30°C の環境に設置された無線センサ装置10cから無線信号 S が送信されるタイミングである。

[0041] 摂氏 5°C 程度の環境に設置された無線センサ装置10cから無線信号 S が送信されるタイミング $S11$, $S12$, $S13$, $\dots$ の間隔 $Tc1$ は、 11.0 秒である。

また、摂氏30℃程度の環境に設置された無線センサ装置10cから無線信号Sが送信されるタイミングS21, S22, S23, ...の間隔Tc2は、3.8秒である。

このように、無線センサ装置10cから送信される無線信号は、無線センサ装置10cに内蔵されたサーミスタ12aが検出した温度に相関のある送信間隔になる。

無線センサ装置10cを設置して室温や外気温などの温度を計測する場合、温度の急激な変動はほとんどなく、ほぼ一定の間隔での無線信号の受信が連続するようになり、間隔の変動が少ない。したがって、例えば無線受信装置20側で、受信信号の受信に1回失敗した場合でも、前後の受信間隔から受信失敗が推定でき、補間処理で適切な物理量を取得できるようになる。あるいは、その欠落したと推定されたときには、その前後の受信タイミングについては、間隔の判断に使用しないようにして、取得される物理量が誤った値になるのを防ぐような処理も実行できるようになる。

[0042] 図6は、無線信号の送信サイクル時間と温度との関係を示す特性図である。図6において、縦軸は絶対温度(K)を示し、横軸は送信間隔に対応した送信サイクル時間を示す。この図6から分かるように、このシステムでは、温度が高くなるほど送信間隔が短くなり、それぞれの送信間隔から温度が1つの値に定まる。

[0043] 図7は、実際の環境の温度(横軸)と、無線センサ装置10cが無線信号を送信した間隔から取得した温度(縦軸)とを比較した特性図である。

この図7から分かるように、このシステムでは、測定値をプロットした点を結ぶラインが直線状に並び、送信間隔から得た温度が実温度と一致した精度の高い測定ができるようになる。

[0044] 図8は、2台の無線センサ装置10c-1, 10c-2と、その2台の無線センサ装置10c-1, 10c-2からの無線信号Sを受信する無線受信装置20とを備えたシステム構成例(図8A)と、それぞれの無線センサ装置10c-1, 10c-2からの無線信号Sを受信して24時間温度を計測

した例を示す。第1無線センサ装置10c-1は、サーミスタ12a-1を備え、識別信号のIDコード1の無線信号Sを送信する。第2無線センサ装置10c-2は、サーミスタ12a-2を備え、識別信号のIDコード2の無線信号Sを送信する。

この例では、第1無線センサ装置10c-1は、サーミスタ12a-1を窓辺に設置し、第2無線センサ装置10c-2は、サーミスタ12a-2を土中に設置した。

また、無線受信装置20には、情報処理装置（コンピュータ装置）30を接続して、情報処理装置30側で、無線受信装置20で得た温度データの記録を行うようにした。

[0045] 図8Bの縦軸は温度（℃）、横軸は1日の時刻（時分）を示し、温度T1はIDコード1の無線信号Sから検出した値であり、温度T2はIDコード2の無線信号Sから検出した値である。

この図8から分かるように、2台の無線センサ装置10c-1, 10c-2から無線信号Sを受信した間隔から、窓辺の温度T1と土中の温度T2の24時間の変化が、無線受信装置20が接続された情報処理装置30で監視できるようになる。

なお、このように複数台の無線センサ装置10c-1, 10c-2を設置して、1台の無線受信装置20でそれぞれの無線センサ装置10c-1, 10c-2で受信するようにした場合、ごく稀に複数の無線信号の送信タイミングが重なって、その重なった無線信号については無線受信装置20で正しく受信できない可能性があるが、既に説明したように、一時的な受信欠落があっても対処が可能であり、継続して問題なく温度の監視ができる。

[0046] 図9は、第2の実施の形態例の無線センサ装置10b（図2）を、水量検出用センサノードに適用した場合の無線センサ装置10dの構成を示す。

図9に示す無線センサ装置10dは、抵抗12として、抵抗12bと電極対12cとを直列に接続した例を示す。電極対12cは、容器121内に直立状態で対向して配置した2つの電極板122, 123よりなり、水量検出

用センサ素子として機能する。すなわち、容器 121 内に水が溜まることで、その水の水量により、2つ電極板 122, 123 に水が浸る高さが増減し、2つの電極板 122, 123 に電気が流れる際の抵抗が水量に応じて変化するものである。

無線センサ装置 10d のその他の構成については、図 2 に示す無線センサ装置 10b と同じ構成である。

[0047] この図 9 に示すように水量検出用センサノードとして構成した無線センサ装置 10d によると、容器 121 内に溜まった水量に応じて、電極対 12c の抵抗値が変化する。このため、直流電圧源 11 からの電圧 V_{cc} で蓄積容量 13 に充電される電圧 V_{st} が上昇する速度が、容器 121 内に溜まった水量により変化する。但し、容器 121 に全く水が溜まっていない状況では、2つの電極板 122, 123 に電気の流れが生じない。

したがって、容器 121 内に水が溜まり始めたとき、無線信号 S の送信が開始され、その無線信号 S を送信する間隔が、水量と相関のある間隔になり、無線受信装置 20 側で、無線信号 S の受信間隔から、容器 121 に溜まった水量を取得できるようになる。このため、図 9 に示すように水量検出用センサノードの場合には、容器 121 に全く水が溜まっていない状況では、全く電力を消費せず、漏水や降雨などがあったときだけ、検出水量に応じた電力消費が生じる。例えば建物や設備などで通常は漏水が発生しない場所で、万一の漏水を監視する用途に使用した場合には、その漏水が発生したときだけ電力消費するため、例えば直流電圧源 11 としてコイン型の電池のような小型のものを使用した場合でも、非常に長期間（あるいは半永久的に）、漏水を監視できるようになる。

[0048] [3. 第 3 の実施の形態例]

次に、本発明の第 3 の実施の形態例を、図 10～図 12 を参照して説明する。第 3 の実施の形態例を説明する図 10～図 12 において、第 1 及び第 2 の実施の形態例で説明した図 1～図 9 と同一箇所には同一符号を付している。

まず、図10に、本発明の第3の実施の形態例による無線センサシステムの無線センサ装置10eの基本構成を示す。無線受信装置20側の構成は、第1及び第2の実施の形態例で説明した無線受信装置20と同じであり、説明を省略する。

[0049] 図10に示す無線センサ装置10eは、図2に示す無線センサ装置10bと同様に、直流電圧源11、抵抗12、及び蓄積容量13からなる回路部と、電圧検出回路14'と、電源回路17と、無線送信回路18と、無線送信回路18に接続されたアンテナ16とを備える。

そして、直流電圧源11、抵抗12、蓄積容量13、及び電圧検出回路14'の少なくともいずれか1つが、物理量を検出するセンサ素子である。

[0050] 図10の例では、電圧検出回路14'として演算増幅器で構成し、その演算増幅器よりなる電圧検出回路14'の周囲に抵抗31, 32, 33を接続して、シュミットトリガー回路として機能する構成としたものである。すなわち、蓄積容量13の電圧 V_{st} が得られる電源回路17の入力端子と、接地電位部との間を、直列接続された2つの抵抗31, 32で接続する。そして、その2つの抵抗31, 32の接続点を、電圧検出回路14'の入力端子に接続する。さらに、演算増幅器である電圧検出回路14'の入力端子と出力端子との間を、フィードバック用の抵抗33で接続する。電圧検出回路14'は、その入力端子に得られる検出信号を電源回路17のイネーブル端子ENに供給する。

[0051] このように構成したことで、電圧検出回路14'と抵抗31, 32, 33とでシュミットトリガー回路が構成される。すなわち、電圧検出回路14'は、蓄積容量13の電圧 V_{st} が上側閾値 V_H に達したとき検出信号を出力し、蓄積容量13の電圧 V_{st} が下側閾値 V_L に低下したとき検出信号の出力を停止する、いわゆるヒステリシス特性を持つようになる。

[0052] したがって、図10に示す無線センサ装置10eによると、第2の実施の形態例で説明した無線センサ装置10bと同様に、センサ素子が検出した物理量から、無線送信回路18が送信する無線信号Sの送信間隔が決まり、セ

ンサ素子が検出した物理量を無線受信装置 20 側で取得できるようになる。

なお、図 10 に示すシュミットトリガー回路は、上述した演算増幅器以外にも、CMOS インバータ回路など様々な回路素子で構成でき、電圧検出回路 14' として、いずれの回路素子により構成してもよい。

[0053] 図 11 は、第 3 の実施の形態例の無線センサ装置 10 e を、湿度測定用センサノードに適用した場合の無線センサ装置 10 f の構成（例 1）を示す。

図 11 に示す無線センサ装置 10 f は、蓄積容量 13 として、湿度に対応した容量値が得られる静電容量型高分子湿度センサ素子 13 a を使用した例を示す。無線センサ装置 10 f のその他の部分については、図 10 に示す無線センサ装置 10 e と同じ構成である。

この図 11 に示すように湿度測定用センサノードとして構成した無線センサ装置 10 f によると、静電容量型高分子湿度センサ素子 13 a が検出した湿度によって、湿度センサ素子 13 a に蓄積可能な容量値が変化する。このため、湿度センサ素子 13 a が検出した湿度により、容量である湿度センサ素子 13 a の充電電圧 V_{st} が変化し、無線センサ装置 10 f が無線信号 S を送信する間隔が、静電容量型高分子湿度センサ素子 13 a が検出した湿度と相関のある間隔になる。その結果、無線受信装置 20 側で、無線信号 S の受信間隔から、静電容量型高分子湿度センサ素子 13 a が検出した湿度を取得できるようになる。

[0054] 図 12 は、第 3 の実施の形態例の無線センサ装置 10 e を、湿度測定用センサノードに適用した場合の無線センサ装置 10 g の構成（例 2）を示す。

図 11 例の無線センサ装置 10 f では、湿度検出用のセンサ素子として、静電容量型高分子湿度センサ素子 13 a を使用したが、図 12 例では、抵抗 33 として、湿度に対応した抵抗値が得られる抵抗変化型湿度センサ素子 33 a を使用した。無線センサ装置 10 g のその他の部分については、図 10 に示す無線センサ装置 10 e と同じ構成である。

[0055] このように構成したことで、電圧検出回路 14' は、蓄積容量 13 の電圧 V_{st} が上側閾値 V_H に達したとき検出信号を出力し、蓄積容量 13 の電圧 V_s

tが下側閾値 V_L に低下したとき検出信号の出力を停止する。そして、その上側閾値 V_H と下側閾値 V_L が、抵抗変化型湿度センサ素子33aが検出した湿度に応じて変化する。

このため、抵抗変化型湿度センサ素子33aが検出した湿度により、電圧検出回路14'が出力する検出信号の出力周期が変化し、無線センサ装置10gが無線信号Sを送信する間隔が、抵抗変化型湿度センサ素子33aが検出した湿度と相関のある間隔になる。その結果、無線受信装置20側で、無線信号Sの受信間隔から抵抗変化型湿度センサ素子33aが検出した湿度を取得できるようになる。

[0056] [4. 第4の実施の形態例]

次に、本発明の第4の実施の形態例を、図13～図16を参照して説明する。第4の実施の形態例を説明する図13～図16において、第1～第3の実施の形態例で説明した図1～図12と同一箇所には同一符号を付す。

まず、図13に、本発明の第4の実施の形態例による無線センサシステムの無線センサ装置10hの基本構成を示す。無線受信装置20側の構成は、第1及び第2の実施の形態例で説明した無線受信装置20と同じであり、説明を省略する。

[0057] 図13に示す無線センサ装置10hは、図10に示す無線センサ装置10eと同様に、直流電圧源11、抵抗12、及び蓄積容量13からなる回路部と、電源回路17と、無線送信回路18と、無線送信回路18に接続されたアンテナ16とを備える。

そして、電圧検出回路として差動増幅器41を使用する。

この場合、図10例の無線センサ装置10eと同様に、蓄積容量13の電圧 V_{st} が得られる電源回路17の入力端子と、接地電位部との間を、直列接続された2つの抵抗31、32で接続する。そして、その2つの抵抗31、32の接続点を、差動増幅器41の+側入力端子に接続し、差動増幅器41の+側入力端子と出力端子との間を、フィードバック用の抵抗33で接続する。

さらに、差動増幅器 4 1 の一側入力端子には、可変基準電圧源 4 2 が接続される。この可変基準電圧源 4 2 の接地電位部は、直流電圧源 1 1 の接地電位部と共通に接続される。

[0058] そして、少なくとも可変基準電圧源 4 2 を、物理量を検出するセンサ素子とする。可変基準電圧源 4 2 以外の素子（直流電圧源 1 1、抵抗 1 2、蓄積容量 1 3、抵抗 3 1～3 3）についても、物理量を検出するセンサ素子としてもよい。

[0059] このように構成したことで、センサ素子である可変基準電圧源 4 2 が検出した物理量に応じて、差動増幅器 4 1 の一側入力端子に供給される電圧が変化し、上側閾値 V_H と下側閾値 V_L の値が変化ようになる。したがって、センサ素子である可変基準電圧源 4 2 が検出した物理量に応じて、無線センサ装置 1 0 h が無線信号 S を送信する間隔が変化する。その結果、無線受信装置 2 0 側で、無線信号 S の受信間隔からセンサ素子である可変基準電圧源 4 2 が検出した物理量を取得できるようになる。

[0060] 図 1 4 は、第 4 の実施の形態例の無線センサ装置 1 0 h を、pH 測定用センサノードに適用した場合の無線センサ装置 1 0 i の構成を示す。

図 1 4 例の無線センサ装置 1 0 i では、可変基準電圧源 4 2 として、pH の検出値に応じて電圧が変化する pH 電極電圧源（pH 検出用センサ素子）4 2 a を使用した。この場合、pH 電極電圧源 4 2 a の正極側を、差動増幅器 4 1 の一側入力端子に接続し、pH 電極電圧源 4 2 a の負極側を、直列接続した抵抗 4 3、4 4 の接続点に接続する。抵抗 4 3、4 4 は、蓄積容量 1 3 の電圧 V_{st} が得られる電源回路 1 7 の入力端子と接地電位部との間に直列接続した素子であり、pH 電極電圧源 4 2 a の負極側にバイアス電圧を得る。

pH の検出値に応じて電圧が変化する pH 電極電圧源 4 2 a としては、例えば薄いガラス膜を近接して配置したガラス電極型 pH 測定用のセンサ素子がある。

[0061] このように構成したことで、pH 電極電圧源 4 2 a が検出した pH 値に応

じて、差動増幅器 4 1 の一側入力端子に供給される電圧が変化し、上側閾値 V_H と下側閾値 V_L の値が変化するようになる。したがって、pH 電極電圧源 4 2 a が検出した pH 値に応じて、無線センサ装置 1 0 i が無線信号 S を送信する間隔が変化する。その結果、無線受信装置 2 0 側で、無線信号 S の受信間隔から pH 電極電圧源 4 2 a が検出した pH 値を取得できるようになる。

[0062] 図 1 5 は、pH 測定用センサノードとしての別の無線センサ装置 1 0 j の構成を示す。

図 1 5 例の無線センサ装置 1 0 j では、図 1 3 などに示す直流電圧源 1 1 を等価直流電圧源 5 0 に変更し、その等価直流電圧源 5 0 として、pH 検出用センサ素子である pH 電極電圧源 5 2 を備える構成とした。すなわち、等価直流電圧源 5 0 として、pH 値により出力電圧が変化する pH 電極電圧源 5 2 を備え、pH 電極電圧源 5 2 の正極側を、抵抗 5 3 を介して差動増幅器 5 1 の + 側入力端子に接続し、pH 電極電圧源 5 2 の負極側を、差動増幅器 5 1 の一側入力端子に接続する。

[0063] また、一定電圧が得られる端子 5 4 を、抵抗 5 5、5 6 の直列回路を介して接地電位部に接続し、抵抗 5 5、5 6 の接続点を、差動増幅器 5 1 の一側入力端子に接続する。

さらに、差動増幅器 5 1 の + 側入力端子と出力端子とを抵抗 5 7 で接続し、差動増幅器 5 1 の出力端子を、抵抗 1 2 を介して蓄積容量 1 3 に接続する。

なお、電圧検出回路としての差動増幅器 4 1 の一側入力端子には、電圧源 3 4 を接続する。

無線センサ装置 1 0 j のその他の部分については、図 1 3 に示す無線センサ装置 1 0 h と同じ構成である。

[0064] このように構成したことで、pH 電極電圧源 5 2 が検出した pH 値に応じて、差動増幅器 5 1 の + 側入力端子に供給される電圧が変化し、抵抗 1 2 を介して蓄積容量 1 3 に供給される電圧が、pH 値と相関を持って変化するよ

うになる。したがって、 pH 電極電圧源52が検出した pH 値に応じて、無線センサ装置10jが無線信号Sを送信する間隔が変化する。その結果、無線受信装置20側で、無線信号Sの受信間隔から pH 電極電圧源52が検出した pH 値を取得できるようになる。

[0065] 図16は、第4の実施の形態例の無線センサ装置10hを、照度測定用センサノードに適用した場合の無線センサ装置10kの構成を示す。

図16例の無線センサ装置10kでは、直列接続した抵抗31, 32の接続点を、電圧検出回路を構成する差動増幅器41の+側入力端子に接続し、直列接続した抵抗63, 62の接続点を、差動増幅器41の-側入力端子に接続する。これら抵抗31, 32の直列回路と、抵抗63, 62の直列回路は、蓄積容量13の蓄積電圧 V_{st} が得られるラインと接地電位部との間に接続される。

そして、抵抗63と並列に、照度検出用センサ素子であるホトダイオード61を接続する。差動増幅器41は、+側入力端子と出力端子との間に、フィードバック抵抗33を接続する。

[0066] このように構成したことで、ホトダイオード61が検出した照度に応じて、差動増幅器41の-側入力端子に供給される電圧が変化し、差動増幅器41が電圧検出動作を行う際の上側閾値 V_H と下側閾値 V_L の値が変化ようになる。したがって、ホトダイオード61が検出した照度に応じて、無線センサ装置10kが無線信号Sを送信する間隔が変化する。その結果、無線受信装置20側で、無線信号Sの受信間隔からホトダイオード61が検出した照度を取得できるようになる。

[0067] [5. 第5の実施の形態例]

次に、本発明の第5の実施の形態例を、図17を参照して説明する。図17において、第1～第4の実施の形態例で説明した図1～図16と同一箇所には同一符号を付す。

図17は、本発明の第5の実施の形態例による無線センサシステムの無線センサ装置10mの構成のみを示している。無線受信装置20側の構成は、

第1及び第2の実施の形態例で説明した無線受信装置20と同じなので、説明を省略する。

[0068] 図17に示す無線センサ装置10mは、電源として、太陽電池71と2次電池73とを備える。太陽電池71の出力が、ダイオード72を介して2次電池73に供給され、2次電池73が充電される。この2次電池73は、電圧 V_{cc} を得る直流電圧源として使用される。

[0069] そして、2次電池73から電圧 V_{cc} が供給される構成は、図1に示す無線センサ装置10aと同様である。すなわち、図1に示す無線センサ装置10aと同様に、抵抗12、及び蓄積容量13からなる回路部と、蓄積容量13の電圧 V_{st} を検出する電圧検出回路14とを備える。電圧検出回路14は、図1例と同様に、電圧 V_{st} が上側閾値 V_H に到達したことを検出したとき検出信号を出力し、下側閾値 V_L に低下したとき、検出信号の出力を停止する。また、直流電圧源（太陽電池71、ダイオード72、2次電池73）、抵抗12、蓄積容量13、及び電圧検出回路14の少なくともいずれか1つが、物理量を検出するセンサ素子である点でも第1の実施の形態例と同様である。

[0070] そして、電圧検出回路14が出力する検出信号は、電源回路17に供給される。図17では、電源回路17の内部構成は示されていないが、電源回路17は、電圧検出回路14からイネーブル端子ENに検出信号が供給されると、一定電圧に安定化した電源電圧を出力する。また、イネーブル端子ENに検出信号が供給されないときは、電源回路17は電源電圧を出力しない。電源回路17としては、例えばLDOと称される電源回路が適用可能である。

[0071] 以上説明したように、第5の実施の形態例の無線センサ装置10mは、電源として太陽電池71を使用することができるようになる。

[0072] [6. 第6の実施の形態例]

次に、本発明の第6の実施の形態例を、図18及び図19を参照して説明する。第6の実施の形態例を説明する図18及び図19において、第1～第

5の実施の形態例で説明した図1～図17と同一箇所には同一符号を付す。

図18は、本発明の第6の実施の形態例による無線センサシステムの無線センサ装置10nの構成のみを示す。無線受信装置20側の構成は、第1及び第2の実施の形態例で説明した無線受信装置20と同じなので、説明を省略する。

[0073] 図18に示す無線センサ装置10nは、電源として、エネルギーハーベスト電源74と安定化電源回路75を備える。エネルギーハーベスト電源74は、光、振動、熱などのエネルギーを電力に変換する。なお、図17に示す太陽電池71は、エネルギーハーベスト電源74の1つの例である。

エネルギーハーベスト電源74の出力電圧は、安定化電源回路75で一定の電圧に安定化される。

[0074] 安定化電源回路75から電圧 V_{cc} が供給される。すなわち、図1に示す無線センサ装置10aと同様に、抵抗12、及び蓄積容量13からなる回路部と、蓄積容量13の電圧 V_{st} を検出する電圧検出回路14とを備える。電圧検出回路14は、図1例と同様に、電圧 V_{st} が上側閾値 V_H に到達したことを検出したとき検出信号を出力し、下側閾値 V_L に低下したとき、検出信号の出力を停止する。また、直流電圧源（エネルギーハーベスト電源74）、抵抗12、蓄積容量13、及び電圧検出回路14の少なくともいずれか1つが、物理量を検出するセンサ素子である点でも第1の実施の形態例と同様である。

[0075] そして、電圧検出回路14が出力する検出信号は、電源回路17に供給される。図17では、電源回路17の内部構成は示されていないが、電源回路17は、電圧検出回路14からイネーブル端子ENに検出信号が供給されると、一定電圧に安定化した電源電圧を出力する。また、イネーブル端子ENに検出信号が供給されないときは、電源回路17は、電源電圧を出力しない。

[0076] 以上説明したように、第6の実施の形態例の無線センサ装置10nは、エネルギーハーベスト電源74を使用することができるようになる。また、例

例えばエネルギーハーベスト電源 74 をセンサ素子として使用することで、エネルギーハーベスト電源 74 に加わる光、振動、熱などの状態に応じて、無線センサ装置 10n が無線信号 S を送信する間隔が変化する。その結果、無線受信装置 20 側で、無線信号 S の受信間隔からエネルギーハーベスト電源 74 での発電状況などを取得できるようになる。本実施の形態例では、安定化電源 75 の出力電圧が一定となるため、センサとして精度が高まる。

[0077] 図 19 は、本発明の第 6 の実施の形態例の変形例の無線センサ装置 10p の構成を示す。

図 19 に示す無線センサ装置 10p は、図 18 に示す無線センサ装置 10n と同様に、エネルギーハーベスト電源 74、及び安定化電源回路 75 を備える。

そして、図 19 に示す無線センサ装置 10p は、蓄積容量 13 の電圧 V_{st} をスイッチ回路 76 を介して無線送信回路 18 に供給する。スイッチ回路 76 の開閉は、電圧検出回路 14 の検出信号により制御される。すなわち、電圧検出回路 14 は、電圧 V_{st} が上側閾値 V_H に到達したことを検出したとき、検出信号を出力し、スイッチ回路 76 を閉状態とする。また、電圧検出回路 14 は、電圧 V_{st} が下側閾値 V_L に低下したとき、検出信号の出力を停止し、スイッチ回路 76 を開状態とする。したがって、スイッチ回路 76 が閉状態のとき、電圧 V_{st} が無線送信回路 18 に電圧 V_{DD} として供給される。

[0078] 図 19 に示す構成とすることで、図 18 の例と同様に安定化電源 75 により電源電圧が安定化し、センサとしての精度が高まる効果がある。

[0079] [7. 第 7 の実施の形態例]

次に、本発明の第 7 の実施の形態例を、図 20 を参照して説明する。第 7 の実施の形態例を説明する図 20 において、第 1 ～第 6 の実施の形態例で説明した図 1 ～図 19 と同一箇所には同一符号を付す。

図 20 は、本発明の第 7 の実施の形態例による無線センサシステムの無線センサ装置 10q の構成のみを示している。無線受信装置 20 側の構成は、第 1 及び第 2 の実施の形態例で説明した無線受信装置 20 と同じなので、説

明を省略する。

[0080] 図20に示す無線センサ装置10qは、第2の実施の形態例で説明した無線センサ装置10bと同様に、直流電圧源11と、抵抗12と、蓄積容量13と、電圧検出回路14の少なくともいずれか1つをセンサ素子として使用することで、そのセンサ素子が検出した物理量に応じて、電源回路17が電圧 V_{DD} を出力開始する間隔を変化させるものである。

[0081] そして、図20に示す無線センサ装置10qでは、電源回路17が出力する電圧 V_{DD} が、CPU (Central Processing Unit : 中央処理ユニット) 76と無線送信回路18'に供給される。CPU 76は、MPU (Micro Processing Unit) とも称され、データの演算処理や記憶処理を実行する演算処理装置である。CPU 76は、識別信号などの情報を記憶して、その記憶した識別情報などの送信情報を無線送信回路18'に供給する。

[0082] また、CPU 76は、演算処理を行って得られた情報を、無線送信回路18'に送信情報として供給するようにしてもよい。例えば、CPU 76は、無線送信回路18'が信号を送信する際の累積送信番号を算出し、その算出した累積送信番号の情報を無線送信回路18'に供給するようにしてもよい。あるいは、何を測定するセンサであるかを示す属性信号をCPU 76が無線送信回路18'に供給するようにしてもよい。さらに、センサ情報の補正(較正)に必要な情報であるキャリブレーション信号を、CPU 76が無線送信回路18'に供給するようにしてもよい。さらにまた、CPU 76が、識別信号などの情報を暗号化し、その暗号化された識別情報を無線送信回路18'に供給するようにしてもよい。

[0083] 無線送信回路18'は、電源回路17から供給される電圧 V_{DD} により、CPU 76から供給される識別信号などの情報を付加した無線信号Sを無線送信する。なお、CPU 76から無線送信回路18'に識別信号が供給される場合、無線送信回路18'は、図2に示した識別信号記憶部18bを備えなくてもよい。

[0084] 図20に示す構成とすることで、無線センサ装置10qは、CPU 76が

出力可能な様々な情報を、無線送信回路 18' が送信できるようになる。したがって、無線受信装置 20 側で、無線センサ装置 10 q を識別する情報以外の各種情報についても取得できるようになり、より高度なセンサシステムが構築できる。

[0085] [8. 第 8 の実施の形態例]

次に、本発明の第 8 の実施の形態例を、図 21 及び図 22 を参照して説明する。第 8 の実施の形態例を説明する図 21 及び図 22 において、第 1 ～第 7 の実施の形態例で説明した図 1 ～図 20 と同一箇所には同一符号を付す。

第 8 の実施の形態例においても、無線受信装置 20 側の構成は、第 1 及び第 2 の実施の形態例で説明した無線受信装置 20 と同じなので、説明を省略する。

[0086] 図 21 に示す無線センサ装置 10 r は、ビート方式直流電流センサとして構成したものである。

すなわち、無線センサ装置 10 r は、環状の導体で構成されるクランプセンサ 81 を備え、クランプセンサ 81 の中央に、被測定対象ライン 81 a を配置する。無線センサ装置 10 r は、この被測定対象ライン 81 a を流れる電流値 I_0 を測定する。なお、図 21 には示さないが、クランプセンサ 81 は開閉する構造として、被測定対象ライン 81 a を容易に配置できるようにする。

[0087] クランプセンサ 81 には、コイル 81 b が巻かれている。コイル 81 b のインダクタンス L は、被測定対象ライン 81 a を流れる電流値 I_0 により変化する。無線センサ装置 10 r は、このコイル 81 b をセンサ素子として使用する。

具体的には、無線センサ装置 10 r として、直流電圧電源 11 を備え、その直流電圧電源 11 の出力直流電圧 V_{cc} が得られる端子を、コイル 81 b とダイオード 84 の直列回路を介して、電源回路 17 に接続する。ダイオード 84 は、アノードがコイル 81 b 側に接続され、カソードが電源回路 17 側に接続される。

ここで、コイル 81b とダイオード 84 の接続点には、トランジスタ 83 の一端が接続される。トランジスタ 83 としては、例えば N チャンネル MOSFET が使用され、ドレインをコイル 81b とダイオード 84 の接続点に接続される。

[0088] トランジスタ 83 のゲートには、発振器 82 が接続される。発振器 82 は、所定の周波数（例えば 100kHz 程度の周波数）で発振するようにし、発振器 82 の発振に連動してトランジスタ 83 がオン・オフを繰り返す。トランジスタ 83 のソースは、直流電圧電源 11 の接地電位部 GND に接続する。

[0089] また、ダイオード 84 のカソードと、接地電位部 GND との間には、蓄積容量 13 が接続される。したがって、電源回路 17 に供給される電圧は、この蓄積容量 13 の電圧 V_{st} になる。また、蓄積容量 13 の電圧 V_{st} は、電圧検出回路 14 に供給される。電圧検出回路 14 は、蓄積容量 13 に充電された電圧 V_{st} を検出し、電圧 V_{st} の値に応じて検出信号を出力するシュミットトリガー回路である。この電圧検出回路 14 の検出信号は、電源回路 17 のイネーブル端子 EN に供給される。ここでは、電源回路 17 として LDO が使用される。

[0090] 電源回路 17 は、CPU（又は MPU）76 と無線送信回路 18' の電源入力端子 V_{DD} に電源電圧 LDO_{OUT} を供給する。CPU 76 は、無線送信回路 18' に対して識別信号などを供給する。無線送信回路 18' は、電源入力端子 V_{DD} に規定の範囲内の電圧が供給されると、その電源入力端子 V_{DD} に得られる電圧（電源）をエネルギーとして消費して、無線信号 S の送信処理を行う。この無線信号 S の送信処理時には、無線送信回路 18' は、CPU 76 から供給される識別信号などを無線信号 S に付加する。

なお、電源回路 17、無線送信回路 18'、及び CPU 76 の接地電位部 GND は、直流電圧源 11 の接地電位部と接続されている。

[0091] 次に、図 21 に示す無線センサ装置 10r の動作について説明する。

図 22 は、直流電圧電源 11 から蓄積容量 13 側に供給される電流 I_L （

図 2 2 A) と電圧 V_{cc} (図 2 2 B) とを示す。

図 2 1 に示す無線センサ装置 1 0 r は、クランプセンサ 8 1 に配置されたコイル 8 1 b が電流のセンサ素子として使用されるが、発振器 8 2 により駆動されるトランジスタ 8 3 が接続されているため、電流 I_L 及び電圧 V_{cc} は、トランジスタ 8 3 のオン・オフに連動して変動する。

[0092] すなわち、トランジスタ 8 3 がオンのとき、インダクタンス L のコイル 8 1 b に $1/2 L I_{max}^2$ でエネルギーがたまり、トランジスタ 8 3 がオフになると、蓄積容量 1 3 に放出される。この放出されるエネルギーを蓄電用コンデンサに次々と溜めていく。なお、 I_{max} は、トランジスタ 8 3 のオン・オフで発生するパルスの電流値である。

[0093] このように変化する蓄積容量 1 3 の電圧 V_{st} を電圧検出回路 1 4 が検出し、電圧 V_{st} が一定の電圧になったら、電源回路 (LDO) 1 7 が起動されて、蓄積容量 1 3 が貯めたエネルギーが定電圧で放出される。この電源回路 1 7 が放出する定電圧のエネルギーを使用して、CPU (又は MPU) 7 6 と無線送信回路 1 8' に電源電圧 LDO_{OUT} が供給され、無線送信回路 1 8' から無線信号 S が送信される。

[0094] ここで、コイル 8 1 b のインダクタンス L は、被測定対象ライン 8 1 a を流れる電流値 I_0 により変化するが、電流値 I_0 が大きいほどコイル 8 1 b のインダクタンス L が小さくなる。このため、蓄積容量 1 3 にエネルギーが溜まるスピードが遅くなる。蓄積容量 1 3 にエネルギーが溜まるスピードが遅くなることで、無線送信回路 1 8' から無線信号 S が送信される間隔が長くなる。この無線信号を受信する無線受信装置 2 0 側では、無線信号 S の受信間隔から、被測定対象ライン 8 1 a を流れる電流値 I_0 を検出することができる。無線信号 S の間隔から電流値 I_0 を検出するために必要な演算式又は換算表は、無線受信装置 2 0 に予め記憶させておけばよい。

このように図 2 1 に示す無線センサ装置 1 0 r は、直流電流センサとして機能するようになる。

[0095] [9. 第 9 の実施の形態例]

次に、本発明の第9の実施の形態例を、図23～図25を参照して説明する。第9の実施の形態例を説明する図23～図25において、第1～第8の実施の形態例で説明した図1～図22と同一箇所には同一符号を付す。

第9の実施の形態例においても、無線受信装置20側の構成は、第1及び第2の実施の形態例で説明した無線受信装置20と同じであり、説明を省略する。

[0096] 図23に示す無線センサ装置10sは、図21に示す無線センサ装置10rと同様に、ビート方式直流電流センサとして構成したものである。以下に説明する図23に示す無線センサ装置10sは、検出する電流値 I_0 の増加により、無線信号の送信間隔が短くなるので、図21に示す無線センサ装置10rとは送信間隔の変化が逆になるようにしている。

[0097] 図23に示す無線センサ装置10sについて説明すると、無線センサ装置10sは、直流電圧電源11を備え、その直流電圧電源11の出力直流電圧 V_{cc} が得られる端子が、コイル86の一端に接続される。さらに、コイル86の他端には、クランプセンサ87に巻回されたコイル87bの一端が接続される。クランプセンサ87は、図21に示すクランプセンサ81と同様に、被測定対象ライン87aを配置するものであり、無線センサ装置10sは、この被測定対象ライン87aを流れる電流値 I_0 を測定する。なお、後述する動作説明では、コイル86のインダクタンスを L_1 、クランプセンサ87に取り付けられたコイル87bのインダクタンスを L_2 とする。インダクタンス L_1 は固定値であり、インダクタンス L_2 は電流値 I_0 によって変化する。

[0098] そして、コイル87bの他端には、ダイオード84のアノードが接続される。また、コイル86とコイル87bとの接続点に、トランジスタ83のドレインが接続される。

図23に示す無線センサ装置10sのその他の構成については、図21に示す無線センサ装置10rと同様に構成される。

[0099] 図24は、クランプセンサ87の詳細構造（図24A）、及び特性（図24B）を示す。図24Bの横軸は電流値 I_0 [A]、縦軸はコイル87bのイ

ンダクタンス L_2 [μH] を示す。図 2 4 B に示すように、電流値 I_0 が 0 のときインダクタンス L_2 が最大となり、電流値から＋方向と－方向のいずれの方向であっても、電流値の増加によりインダクタンス L_2 が小さくなる。但し、図 2 4 B に示すように、電流値 I_0 とインダクタンス L_2 の変化特性は直線的ではない。

[0100] このようにコイル 8 7 b のインダクタンス L_2 が変化するが、図 2 3 に示す無線センサ装置 1 0 s の場合、コイル 8 7 b は、固定のインダクタンス L_1 と直列接続されているので、固定のインダクタンスのコイル 8 6 から送られたエネルギーは、全て蓄積容量 1 3 に溜まるのではなく、直流電流センサとしてのコイル 8 7 b にも溜まる。ここで、被測定対象ライン 8 7 a の直流電流 I_0 が増えると、コイル 8 7 b のインダクタンス L_2 が小さくなるので、蓄積容量 1 3 に早くエネルギーが溜まるようになる。したがって、図 2 3 に示す無線センサ装置 1 0 s は、被測定対象ライン 8 7 a の直流電流 I_0 が増えると、無線信号 S の送信間隔が短くなる。

[0101] 図 2 5 は、蓄積容量 1 3 の電圧 V_{st} と、電源回路 1 7 の出力電圧 LDO_{OUT} との関係を示す。図 2 5 の縦軸は電圧値、横軸は時間である。

この例では、電圧検出回路 1 4 の上側閾値 V_H が 2.6 V、下側閾値 V_L が 2.0 V であり、電源回路 (LDO) 1 7 の出力電圧 LDO_{OUT} が 1.9 V である。

図 2 5 に示すように、蓄積容量 1 3 の電圧 V_{st} が上側閾値 V_H に到達してから、下限閾値 V_L に低下するまでの間、電源回路 1 7 が 1.9 V の電圧 LDO_{OUT} を出力し、この電圧 LDO_{OUT} が出力される間に、無線送信回路 1 8 から無線信号 S が送信される。図 2 5 に示すように、電圧 LDO_{OUT} が出力を繰り返す間隔 t_i が、蓄積容量 1 3 の電圧 V_{st} が変化する周期に対応する。この電圧 LDO_{OUT} が出力を繰り返す間隔 t_i が、無線信号 S の送信間隔に相当する。

[0102] このように図 2 3 に示す無線センサ装置 1 0 s を使用することで、この無線センサ装置 1 0 s からの無線信号 S の送信間隔に基づいて、被測定対象ラ

イン 87 a の直流電流 I_0 を検出できるようになる。さらに、図 23 に示す無線センサ装置 10 s の場合には、図 21 に示す無線センサ装置 10 r とは直流電流の増減と送信間隔の変化の特性が逆になる。

[0103] [10. 第10の実施の形態例]

次に、本発明の第10の実施の形態例を、図26～図28を参照して説明する。第10の実施の形態例を説明する図26～図28において、第1～第9の実施の形態例で説明した図1～図25と同一箇所には同一符号を付す。

図26、図27、図28に、本発明の第10の実施の形態例による無線センサシステムの3つの例（例1、例2、例3）の無線センサ装置 10 t, 10 u, 10 v の構成のみを示す。無線受信装置 20 側の構成は、第1及び第2の実施の形態例で説明した無線受信装置 20 と同じなので、説明を省略する。

[0104] 図26～図28に示す3つの無線センサ装置 10 t, 10 u, 10 v は、いずれも小電圧を検出する電圧検出センサとして構成したものである。

まず、図26に示す無線センサ装置 10 t の構成について説明する。

無線センサ装置 10 t は、直流電圧源 11 の出力電圧 V_{cc} を、トランジスタ 92 のドレインに供給し、トランジスタ 92 のソースを電源回路 17 側に接続する。

トランジスタ 92 のゲートには、直流電圧源 91 を接続する。無線センサ装置 10 t は、この直流電圧源 91 の電圧値を検出するものであり、トランジスタ 92 は、ゲート電圧に依存する可変抵抗（センサ素子）として利用される。トランジスタ 92 としては、MOSFET、MESFET、又はバイポーラトランジスタなどが使用される。なお、直流電圧源 91 は、電圧の検出箇所を示すものであり、電圧検出対象箇所の電圧がトランジスタ 92 のゲートに得られるようにすればよい。

[0105] トランジスタ 92 のソースは、蓄積容量 13 の一端に接続され、トランジスタ 92 を通過した信号が蓄積容量 13 に蓄積される。そして、電圧検出回路 14 は、蓄積容量 13 に充電された電圧 V_{st} を検出し、電圧 V_{st} の値に応

じて検出信号を出力する。電圧検出回路 14 は、電圧 V_{st} の値に応じて検出信号を出力するシュミットトリガー回路である。電圧検出回路 14 の検出信号は、電源回路 17 のイネーブル端子 E_N に供給される。

[0106] 電源回路 17 は、イネーブル端子 E_N に検出信号が供給されると、一定電圧に安定化した電源電圧を無線送信回路 18 の電源入力端子 V_{DD} に出力する。無線送信回路 18 は、電源入力端子 V_{DD} に得られる電圧（電源）をエネルギーとして消費して、無線信号 S の送信処理を行う。

なお、無線送信回路 18 及び電源回路 17 の接地電位部 GND は、直流電圧源 11 の接地電位部と接続されている。また、蓄積容量 13 の他端についても、直流電圧源 11 の接地電位部と接続されている。

[0107] この図 26 に示す構成の無線センサ装置 10t によると、直流電圧源 91 の電圧値に応じて、センサ素子であるトランジスタ 92 の抵抗値が変化し、その抵抗値の変化に応じて、無線送信回路 18 から無線信号 S を送信する間隔が変化する。したがって、無線受信装置 20 では、無線信号 S の受信間隔から、直流電圧源 91 の電圧値を検出することができる。

[0108] 次に、図 27 に示す無線センサ装置 10u の構成について説明する。

図 27 に示す無線センサ装置 10u は、直流電圧源 91 とトランジスタ 92 のゲートとの間に、増幅器 92 を接続したものである。その他の構成については、図 26 に示す無線センサ装置 10t と同様である。

[0109] 図 27 に示すように増幅器 92 を接続したことで、検出する電圧である直流電圧源 91 の電圧が小さい場合であっても、電圧変化により適切に無線信号 S の送信間隔が変化し、無線受信装置 20 で適切に電圧を検出できるようになる。

[0110] 次に、図 28 に示す無線センサ装置 10v の構成について説明する。

図 28 に示す無線センサ装置 10v は、電圧源として交流電圧源 94 を使用したものである。

すなわち、無線センサ装置 10v では、交流電圧源 94 が出力する交流電圧を増幅器 95 で増幅されると共に、整流素子 96 で整流される。そして、

トランジスタ 92 のゲートには、整流素子 96 で整流された直流電圧が供給される。その他の構成については、図 26 に示す無線センサ装置 10 t と同様である。

[0111] 図 28 に示す無線センサ装置 10 v によると、交流電圧源 94 の交流電圧値に応じて、センサ素子であるトランジスタ 92 の抵抗値が変化し、その抵抗値の変化に応じて、無線送信回路 18 から無線信号 S を送信する間隔が変化する。したがって、無線受信装置 20 では、無線信号 S の受信間隔から、センサ素子であるトランジスタ 92 の抵抗値が変化し、その抵抗値の変化に応じて、無線送信回路 18 から無線信号 S を送信する間隔が変化する。したがって、無線受信装置 20 では、無線信号 S の受信間隔から、直流電圧源 91 の電圧値を検出することができる。

[0112] [11. 第 11 の実施の形態例]

次に、本発明の第 10 の実施の形態例を、図 29～図 31 を参照して説明する。第 11 の実施の形態例を説明する図 29～図 31 において、第 1～第 10 の実施の形態例で説明した図 1～図 28 と同一箇所には同一符号を付す。

図 29 に、本発明の第 11 の実施の形態例による無線センサシステムの無線センサ装置 10 w の構成を示す。無線受信装置 20 側の構成は、第 1 及び第 2 の実施の形態例で説明した無線受信装置 20 と同じなので、説明を省略する。

[0113] 図 29 に示す無線センサ装置 10 w は、動き検出センサとして構成したものであり、ドップラーレーダー 97 を備える。

ドップラーレーダー 97 は、動きを検出したい物体又は人体に対して電波を発射し、その反射波を受信して、物体又は人体の動きを検出するものである。無線センサ装置 10 w は、このドップラーレーダー 97 をセンサ素子として利用したものである。ドップラーレーダー 97 は、ドップラー効果で送信周波数と受信周波数とに生じるずれを利用して、動いている物体又は人体の移動状態（移動速度）を検出する。ここでは、ドップラーレーダー 97 は

、人体の睡眠状態（静止中か、寝返り中かの判別）を検出する。睡眠状態を検出する場合、例えばドップラーレーダー 97 は、被測定者が睡眠するベッドの下側に設置して、被測定者と非接触で睡眠状態を検出する。

[0114] ドップラーレーダー 97 は、検出信号として、相互に位相が異なる I 信号 (In-phase 成分) と Q 信号 (Quadrature 成分) とを出力する。そして、この 2 つの信号成分の内のいずれか一方の信号（ここでは I 信号）を、直流成分カット用コンデンサ 98 を介して増幅器 95 に供給し、増幅する。

そして、増幅器 95 で増幅された I 信号が、トランジスタ 92 のゲートに供給される。トランジスタ 92 は、図 28 の例に示す無線センサ装置 10v と同様に、直流電圧源 11 の出力電圧 V_{cc} がドレインに供給され、ソースが電源回路 17 側に接続される。

[0115] また、ドップラーレーダー 97 が出力する Q 信号を、呼吸・心拍センサ 99 に供給する。呼吸・心拍センサ 99 は、検出信号から人体の呼吸数や心拍数の情報を取得する。なお、無線センサ装置 10w が呼吸・心拍センサ 99 を備えるのは一例であり、呼吸・心拍センサ 99 を省略してもよい。

無線センサ装置 10w のその他の構成については、図 28 に示す無線センサ装置 10v と同様である。

[0116] 図 30 は、無線センサ装置 10w の動作例を示す波形図である。図 30 の縦軸は電圧、横軸は時間（秒）を示す。この図 30 の例では、被測定者の動きが大きい状態から、徐々に動きが小さくなる状態を示す。

図 30 に示す電圧波形 V_{R1} は、ドップラーレーダー 97 が出力する I 信号を示す。I 信号 V_{R1} は、被測定者の動きがあるとき、一定の周波数で振動し、その波高値が被測定者の動きに連動して変化する。被測定者に動きがないときには、I 信号 V_{R1} は、ほぼ一定の電圧値になる。

[0117] この I 信号 V_{R1} を増幅器 95 で増幅することで、最大 5 V の増幅信号 V_{R2} が得られる。ここでは、トランジスタ 92 は、オンする閾値 V_{th1} を 4.5 V に設定する。

このようなトランジスタ 92 の閾値 V_{th1} の設定で、図 30 の例の場合、被

測定者の動きが大きい状態の場合に、増幅信号 V_{R2} の電圧値の増減に連動して、閾値 V_{th1} を超えたタイミングでオン状態となり、閾値 V_{th1} 以下でオフ状態となる。

トランジスタ 92 がオンになる期間だけ蓄積容量 13 に充電される。トランジスタ 92 がオンになる状態が繰り返されると、蓄積容量 13 の電圧が上側閾値 V_H に達するので、電源回路 17 が作動し、無線送信回路 18 が無線信号 S を送信する。無線送信回路 18 は無線信号 S を送信した後に停止し、蓄積容量 13 の電圧が下側閾値 V_L に達するまで放電を続ける。その後また、トランジスタ 92 がオンになる時間だけ充電が行われるが、この動作はドップラーレーダーが交流信号を出力している間続けられる。このような動作により、無線送信回路 18 が無線信号 S を間欠的に送信するようになる。この無線信号 S を間欠的に送信している間は、被測定者に動きがある期間に相当する。

一方、被測定者に動きがないか、あるいは小さな動きである場合には、増幅信号 V_{R2} が 4.5 V を超えず、トランジスタ 92 が全くオン状態にならない。このため、被測定者に動きがないか、あるいは小さな動きである場合には、電源回路 17 が作動せず、無線送信回路 18 が無線信号 S を送信しない。

[0118] 図 31 は、無線センサ装置 10w が送信した無線信号 S の無線受信装置 20 での受信状態の例を示す。

図 31 の横軸は、測定開始からの時間（分）を示し、縦軸は 1 秒あたりの無線信号 S のビート数（1 / s）を示す。

図 31 の例の場合、測定開始直後に 1 回目の被測定者の動き m_1 があり、その 1 回目の被測定者の動き m_1 から約 20 秒後に 2 回目の被測定者の動き m_2 があり、以下、数秒から数十秒ごとに、3 回目、4 回目、5 回目の動き m_3 , m_4 , m_5 が発生している。それぞれの動きは、被測定者の寝返りに相当する。

[0119] 無線センサ装置 10w によると、図 31 に示すように、睡眠中の被測定者

に、寝返りに相当する動きが発生したタイミングを測定できるようになる。

従来、このような睡眠中の動きをレーダーで測定する場合、ドップラーレーダーの出力を高速フーリエ変換などで周波数解析する必要があり、負担の大きな信号処理を連続して行う必要があった。これに対して、図29に示す無線センサ装置10wの場合には、ドップラーレーダー29の出力に基づいて無線信号Sの送信を行うだけでよく、非常に簡単な構成であると共に、少ない消費電力で検出ができるようになる。

また、図29に示す無線センサ装置10wの場合、ドップラーレーダー29の出力を使って、呼吸・心拍センサ99が呼吸数や心拍数を検出することもできる。したがって、無線信号Sの送信状態から検出した寝返りの期間と、呼吸・心拍センサ99での呼吸数や心拍数の検出とを総合的に評価して、被測定者の睡眠状態の総合的な診断を行うこともできる。

[0120] なお、無線センサ装置10wを被測定者の睡眠状態の検出に使用したのは一例であり、無線センサ装置10wを、その他の用途の物体又は生体の動き検出に使用してもよい。例えば、ドップラーレーダー29が特定の範囲内の物体又は生体の動きを検出して、侵入者の有無などを監視するようにしてもよい。侵入者の監視などを行う場合には、呼吸・心拍センサ99は必要ない。但し、呼吸・心拍センサ99を設置して、侵入者（監視対象者）の検出時に、該当者の心拍などを同時に検出してもよい。

また、動きを検出するセンサ装置の場合、図29に示す例のようにドップラーレーダー29を使用するのが好ましいが、その他の構成のレーダーを使用してもよい。

[0121] [12. 変形例]

なお、ここまで説明した物理量を検出するセンサ素子はそれぞれ好適な例を示したものであり、その他の物理量を測定するセンサ素子を接続した無線センサ装置としてもよい。例えば、圧力（気圧、タイヤ空気圧など）を検出するセンサ素子など、物理量を電氣的に検出することが可能なセンサ素子であれば、様々なセンサ素子を使用した無線センサ装置を構成することができ

る。

[0122] また、図3以降の各図に示す無線センサ装置は、いずれも図2で説明した電源回路17を備える構成を適用したが、図1の例のように、電圧検出回路14が直接的に無線送信回路15を制御する構成において、図3以降に示すように各素子をセンサ素子とする構成を適用にしてもよい。

また、無線センサ装置が無線送信する識別信号としては、送信処理部に固有に割り当てられているMACアドレス等、システム内に存在する複数の無線センサ装置が識別できる信号であれば、その他の信号を無線送信するようにしてもよい。

また、各実施の形態例の無線センサ装置では、物理量を検出するセンサ素子により電圧値などの1つの値だけを変化させるようにしたが、複数の値を検出した物理量に応じて同時に変化させる構成としてもよい。具体的には、直流電圧源の電圧値と、抵抗の抵抗値と、蓄積容量の容量値と、電圧検出回路が検出する閾値の2つ以上の値を、センサ素子で検出した物理量により変化させる無線センサ装置としてもよい。

[0123] また、それぞれの実施の形態例で説明した構成を組み合わせ、無線センサ装置を構成するようにしてもよい。例えば、第7の実施の形態例の図20に示す無線センサ装置10qに示したCPU76と無線送信回路18'を備える構成を、その他の実施の形態例の無線センサ装置（装置10bなど）に適用してもよい。このようにCPU76を備えることで、無線信号Sとして、識別信号（ID信号）の他に、第7の実施の形態例で説明した、累積送信番号、属性信号、あるいはキャリブレーション信号を付加することが、その他の実施の形態例の構成においても可能になる。また、無線信号Sに含まれる情報を暗号化することも、いずれの実施の形態例の構成において可能になる。

なお、これらの様々な信号の生成や暗号化の処理をCPUが行うようにした点についても一例であり、例えば無線送信回路に内蔵された回路が累積送信番号などの生成や、暗号化処理を行うようにしてもよい。

符号の説明

[0124] 10a, 10b, 10c, 10d, 10e, 10f, 10g, 10h, 10i, 10j, 10k, 10m, 10n, 10p, 10q, 10r, 10s, 10t, 10u, 10v…無線センサ装置、11…直流電圧電源、12…抵抗、12a…サーミスタ（温度検出用センサ素子）、12c…電極対（水量検出用センサ素子）、13…蓄積容量、13a…静電容量型高分子湿度センサ素子、14…電圧検出回路、15…無線送信回路、15a…送信処理部、15b…識別信号記憶部、15c…送信制御部、16…アンテナ、17…電源回路、17a…電圧安定化部、17b…電圧安定化制御部、18, 18'…無線送信回路、18a…送信処理部、18b…識別信号記憶部、20…無線受信装置、21…アンテナ、22…無線受信回路、23…識別信号検出部、24…受信間隔判別部、25…物理量計算部、30…情報処理装置、31, 32, 33…抵抗、33a…抵抗変化型高分子湿度センサ素子、41…差動増幅器、42…可変基準電圧源、42a…pH電極電圧源（pH検出用センサ素子）、43, 44…抵抗、50…等価直流電圧源、51…差動増幅器、52…pH電極電圧源（pH検出用センサ素子）、53…抵抗、54…電源端子、55, 56, 57…抵抗、61…ホトダイオード（照度検出用センサ素子）、62…電圧変換用抵抗、63…抵抗、71…太陽電池、72…ダイオード、73…2次電池、74…エネルギーハーベスト電源、75…安定化電源回路、76…スイッチ回路、76…CPU（中央処理ユニット）、81…クランプセンサ、81a…被測定対象ライン、81b…コイル、82…発振器、83…トランジスタ、84…ダイオード、85…MPU、86…コイル、87…クランプセンサ、87a…被測定対象ライン、87b…コイル、91…直流電圧源、92…トランジスタ、93…増幅器、94…交流電圧源、95…増幅器、96…整流素子、97…ドップラーレーダー、98…コンデンサ、99…呼吸・心拍センサ、121…容器、122, 123…電極板、S…無線信号

請求の範囲

- [請求項1] 直流電圧源と抵抗と蓄積容量とが接続された回路部と、
前記回路部により得られた電圧を検出する電圧検出回路と、
前記電圧検出回路が検出した電圧が閾値電圧に達することで、予め設定された識別信号を無線送信する無線送信回路と、
前記直流電圧源の電圧値と、前記抵抗の抵抗値と、前記蓄積容量の容量値と、前記電圧検出回路が検出する閾値との少なくともいずれか1つの値が、検出した物理量に相関して変化するセンサ素子とを備え、
前記センサ素子が検出した物理量に相関した間隔で、前記無線送信回路が前記識別信号を無線送信するようにしたことを特徴とする無線センサ装置。
- [請求項2] 前記回路部に接続された電源回路を備え、
前記電圧検出回路で前記蓄積容量の充電電圧が前記閾値電圧に達したことを検出したとき、前記電源回路が前記無線送信回路に電源を供給して、前記無線送信回路から前記識別信号を無線送信させるようにしたことを特徴とする
請求項1に記載の無線センサ装置。
- [請求項3] 前記センサ素子は、温度の変化により抵抗値が変化する抵抗であり、
前記無線送信回路は、前記センサ素子が検出した温度に相関した間隔で、前記識別信号を無線送信することを特徴とする
請求項1に記載の無線センサ装置。
- [請求項4] 前記センサ素子は、対向した電極対に触れる水量の変化により抵抗値が変化する素子であり、
前記無線送信回路は、前記センサ素子が検出した水量に相関した間隔で、前記識別信号を無線送信することを特徴とする
請求項1に記載の無線センサ装置。

- [請求項5] 前記センサ素子は、湿度の変化により容量値又は抵抗値が変化する素子であり、
前記無線送信回路は、前記センサ素子が検出した湿度に 관련된 間隔で、前記識別信号を無線送信することを特徴とする
請求項 1 に記載の無線センサ装置。
- [請求項6] 前記センサ素子は、pH 値の変化により電圧値が変化する素子であり、
前記無線送信回路は、前記センサ素子が検出した pH 値に 관련된 間隔で、前記識別信号を無線送信することを特徴とする
請求項 1 に記載の無線センサ装置。
- [請求項7] 前記センサ素子は、照度の変化により電流値又は電圧値が変化する素子であり、
前記無線送信回路は、前記センサ素子が検出した照度に 관련된 間隔で、前記識別信号を無線送信することを特徴とする
請求項 1 に記載の無線センサ装置。
- [請求項8] 前記センサ素子は、エネルギーハーベスト電源であり、
前記無線送信回路は、前記エネルギーハーベスト電源の出力に 관련된 間隔で、前記識別信号を無線送信することを特徴とする
請求項 1 に記載の無線センサ装置。
- [請求項9] 前記無線送信回路が無線送信する信号には、累積送信番号を付加するようにしたことを特徴とする
請求項 1 に記載の無線センサ装置。
- [請求項10] 前記無線送信回路が無線送信する信号には、前記センサ素子についての情報を示す属性信号を付加するようにしたことを特徴とする
請求項 1 に記載の無線センサ装置。
- [請求項11] 前記無線送信回路が無線送信する信号には、前記センサ素子が検出した情報の補正又は校正に必要な情報を付加するようにしたことを特徴とする

請求項 1 に記載の無線センサ装置。

[請求項12]

前記センサ素子は、環状の導体に巻かれたコイルであり、
前記センサ素子の出力を所定の周波数で周期的にオン・オフさせて、
前記電圧検出回路に供給して、
前記無線送信回路は、前記環状の導体の近傍に配置した被測定対象
ラインの電流に 관련된 間隔で、前記識別信号を無線送信することを
特徴とする

請求項 1 に記載の無線センサ装置。

[請求項13]

前記センサ素子は、電圧検出対象箇所の電圧に依存して抵抗値が変
化する素子であり、
前記無線送信回路は、前記電圧検出対象箇所の電圧に 관련된 間隔
で、前記識別信号を無線送信することを特徴とする

請求項 1 に記載の無線センサ装置。

[請求項14]

前記センサ素子は、物体又は人体の動きを検出するレーダーであり
、
前記無線送信回路は、前記レーダーが検出した動きに相关して、前
記識別信号を無線送信することを特徴とする

請求項 1 に記載の無線センサ装置。

[請求項15]

物理量の検出に基づいて識別信号を無線送信する無線センサ装置と
、前記無線センサ装置が無線送信する識別信号を受信する無線受信装
置とを備える無線センサシステムであり、
前記無線センサ装置は、
直流電圧源と抵抗と蓄積容量とが接続された回路部と、
前記回路部により得られた電圧を検出する電圧検出回路と、
前記電圧検出回路が検出した電圧が閾値電圧に達することで、予め
設定された識別信号を無線送信する無線送信回路と、
前記直流電圧源の電圧値と、前記抵抗の抵抗値と、前記蓄積容量の
容量値と、前記電圧検出回路が検出する閾値との少なくともいずれか

1つの値が、検出した物理量に相関して変化するセンサ素子とを備え、

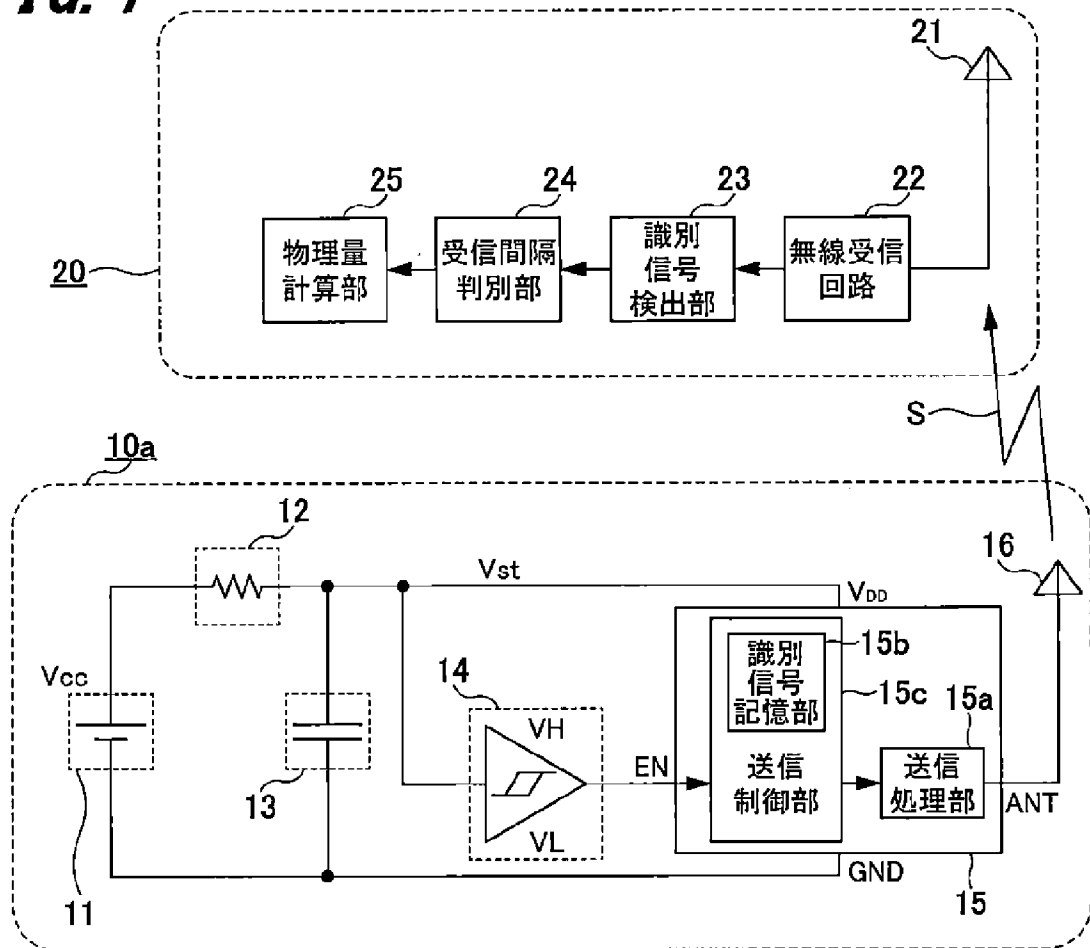
前記無線受信装置は、前記無線センサ装置の無線送信回路が無線送信した識別信号を受信する無線受信回路と、

前記無線受信回路が受信した識別信号の受信間隔を判別する受信間隔判別部と、

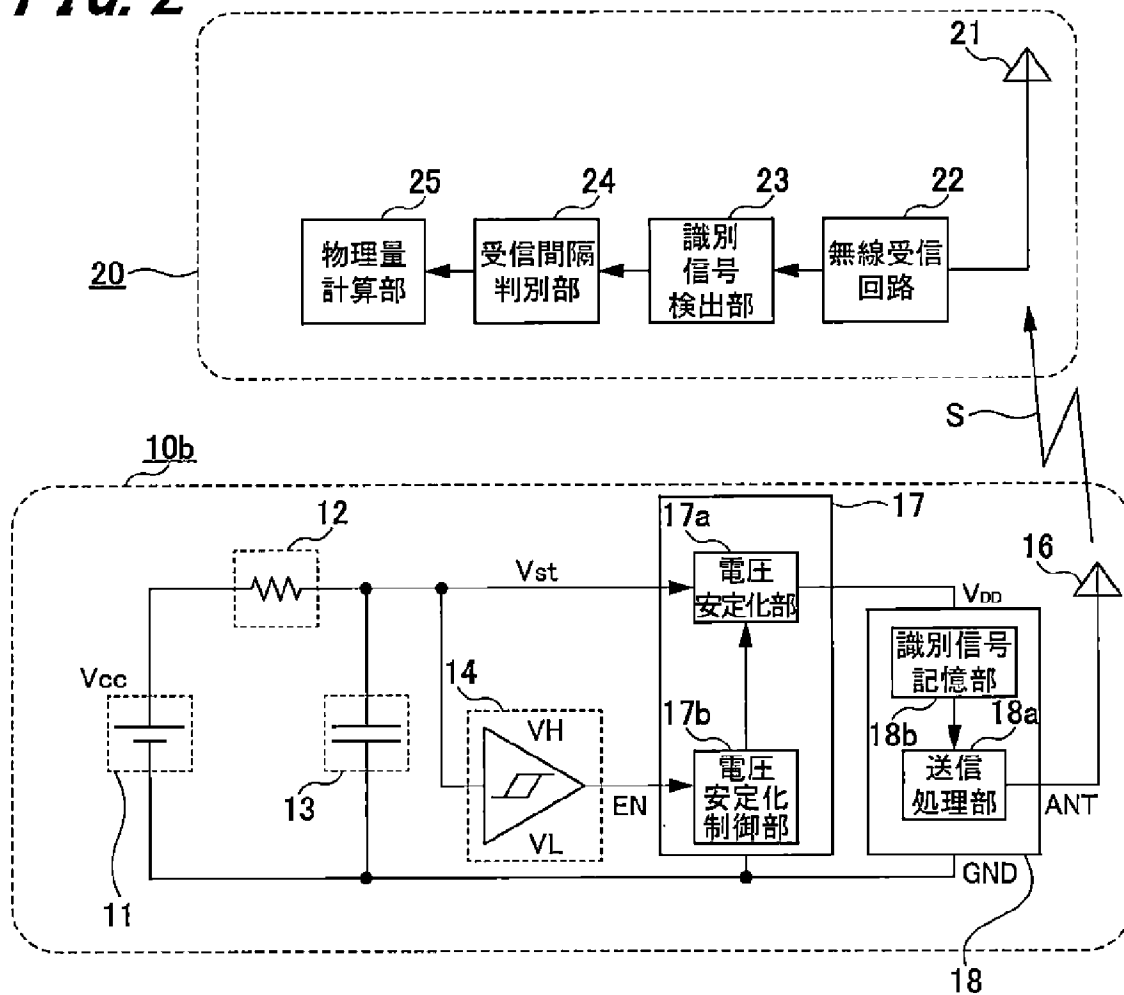
前記受信間隔判別部が判別した受信間隔から、物理量を計算する物理量計算部とを備えたことを特徴とする

無線センサシステム。

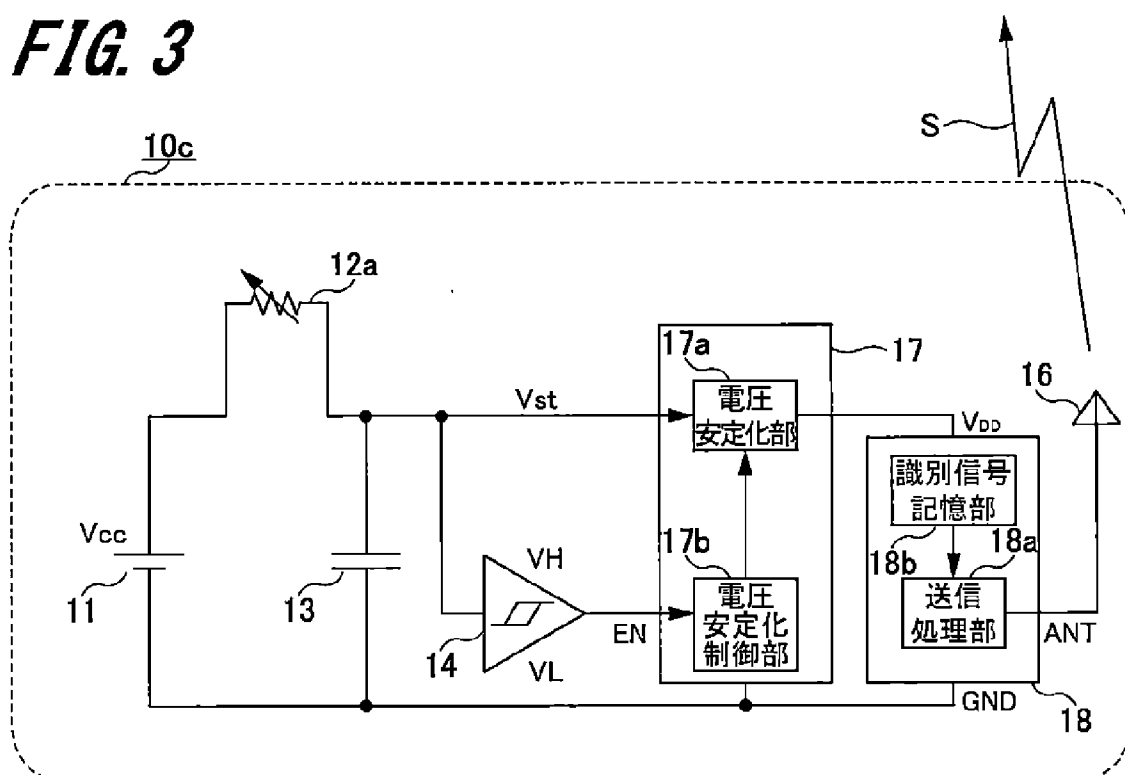
[図1]

FIG. 1

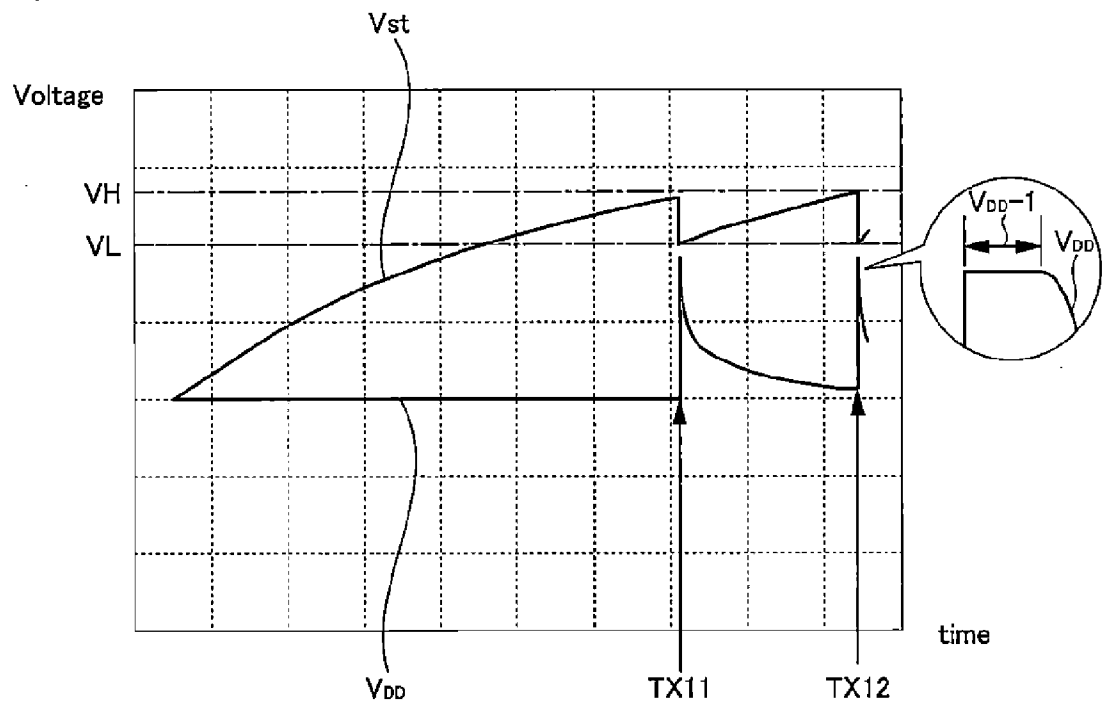
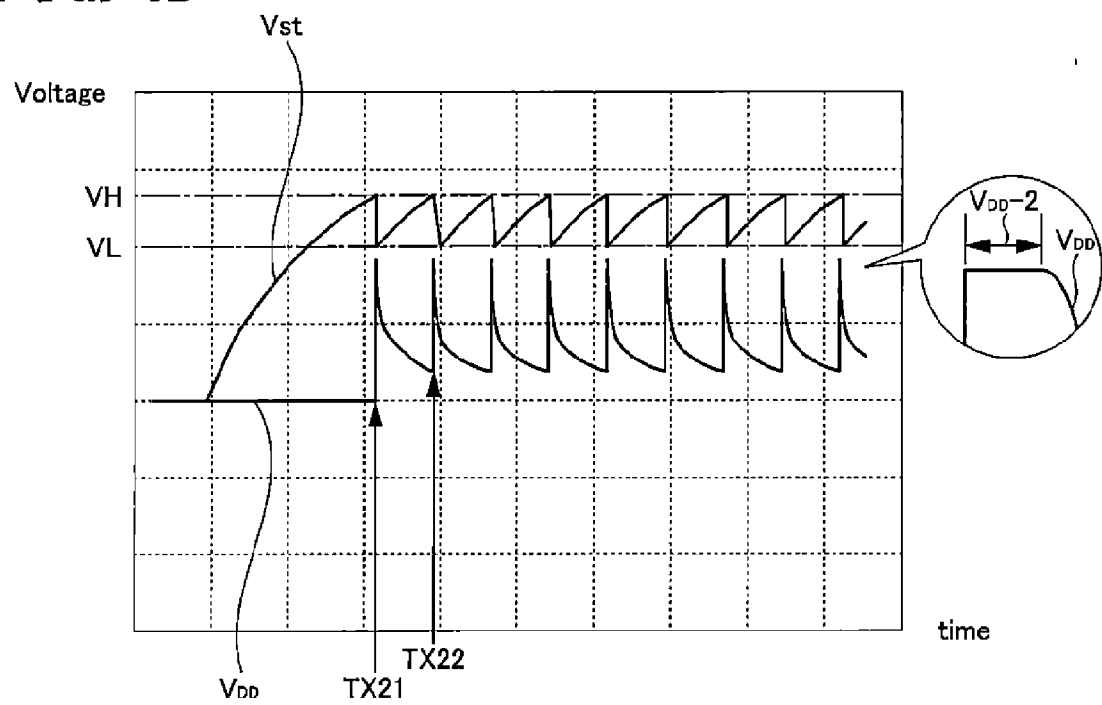
[図2]

FIG. 2

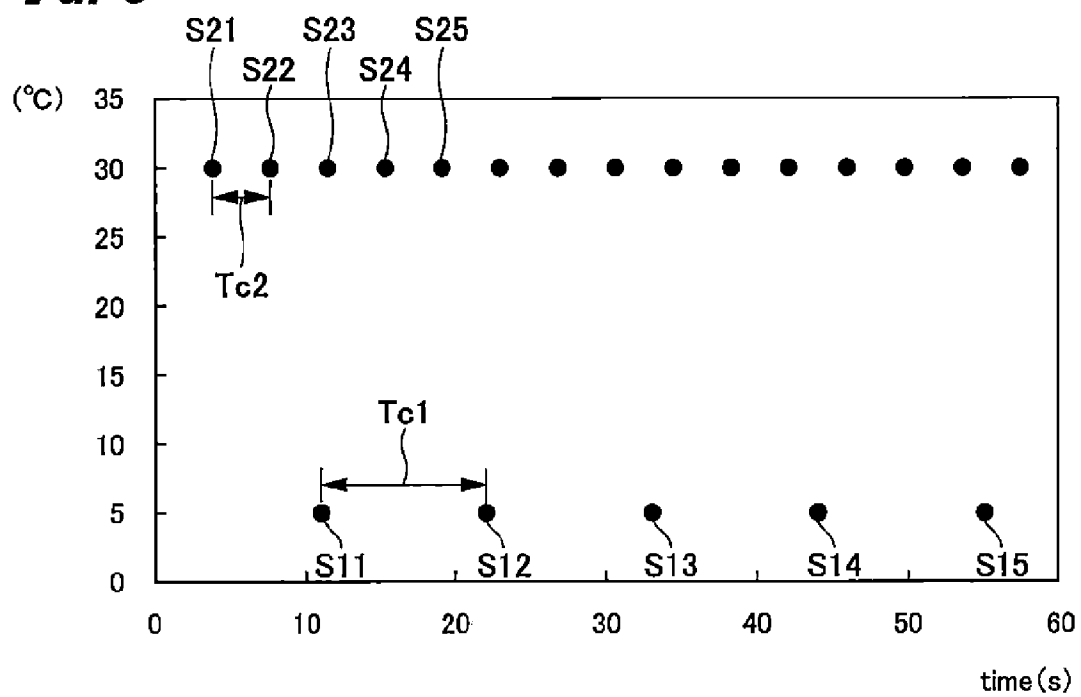
[図3]

FIG. 3

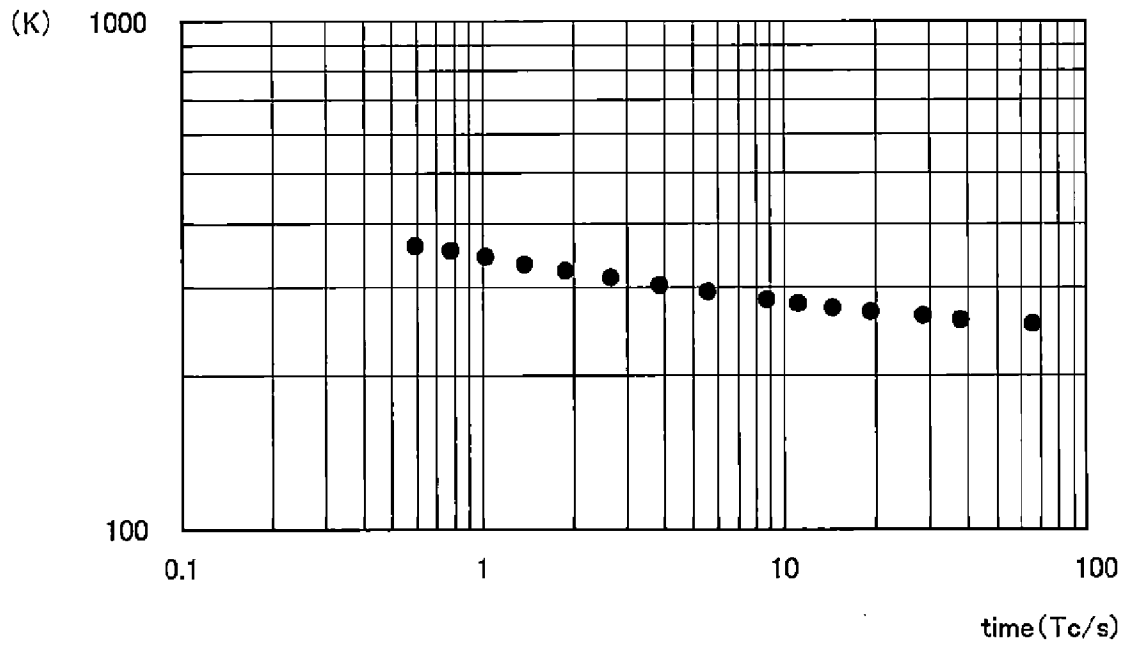
[図4]

FIG. 4A**FIG. 4B**

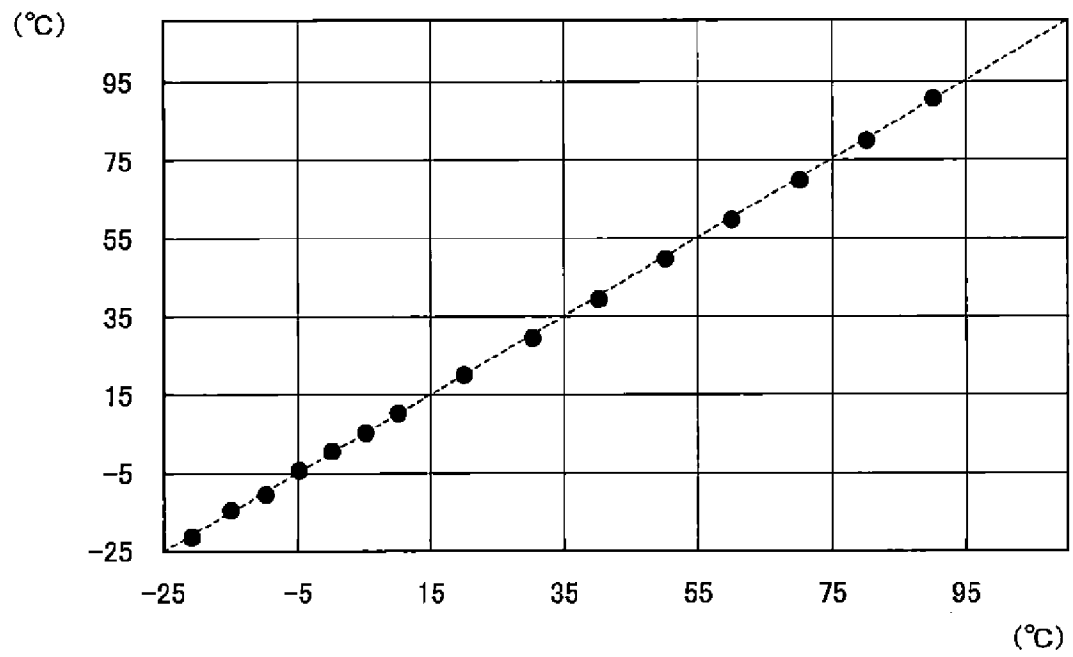
[図5]

FIG. 5

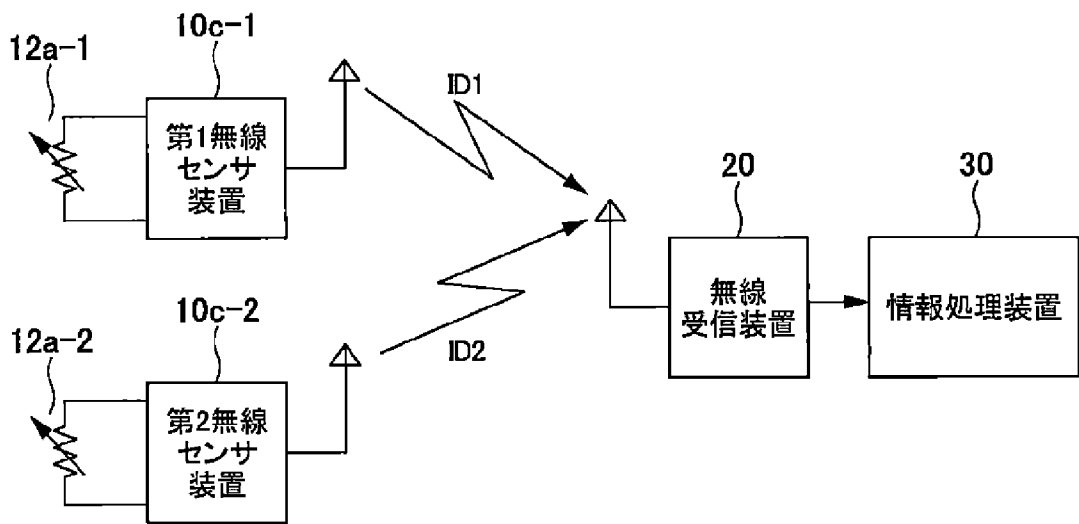
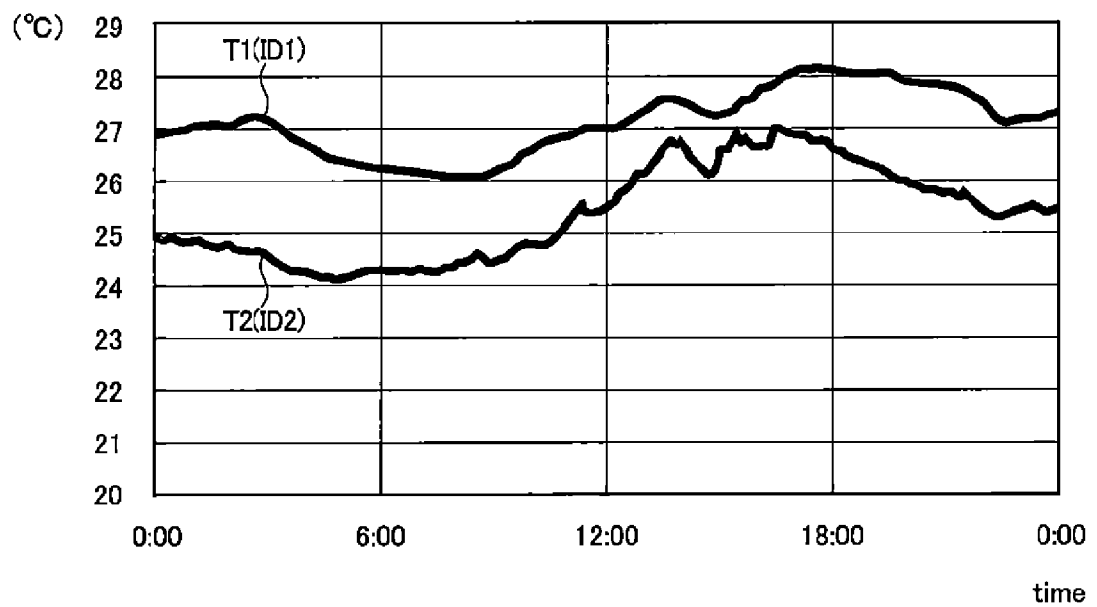
[図6]

FIG. 6

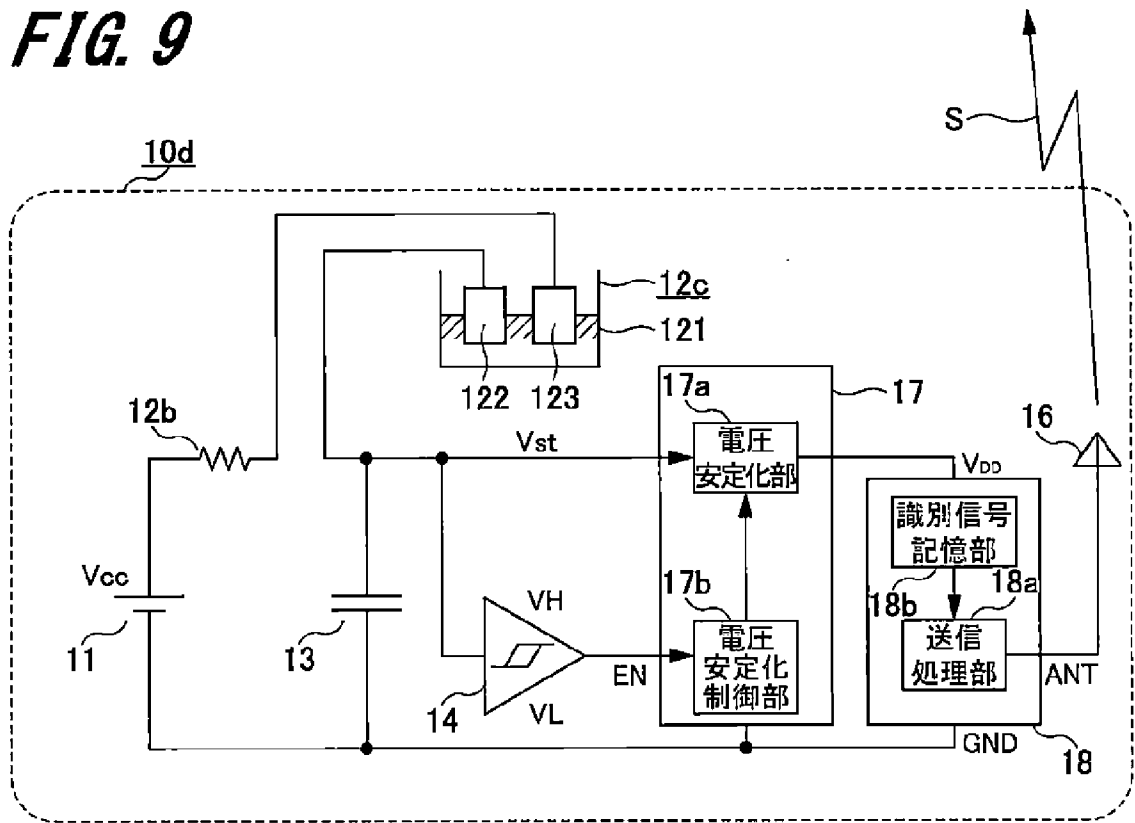
[図7]

FIG. 7

[図8]

FIG. 8A**FIG. 8B**

[図9]

FIG. 9

[図10]

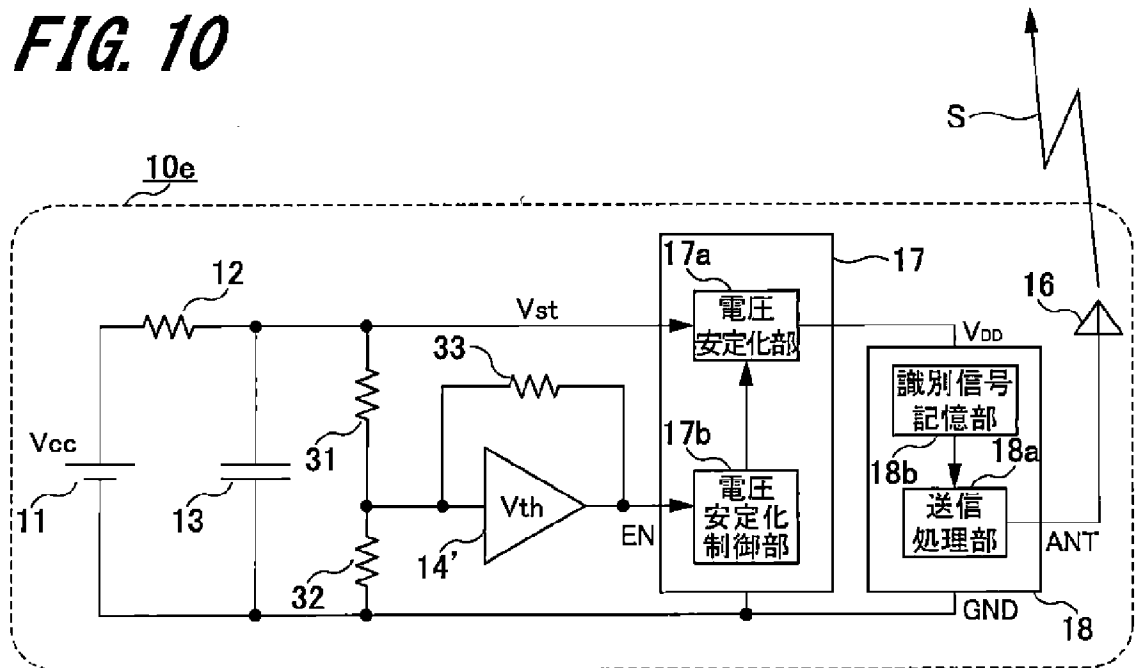
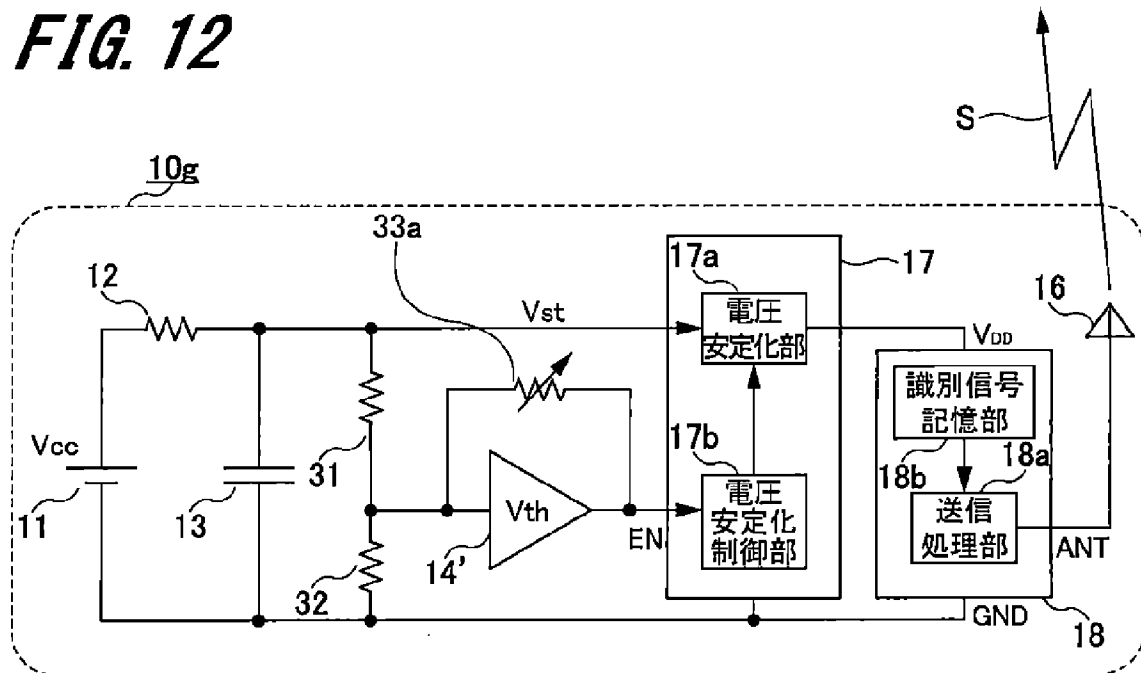
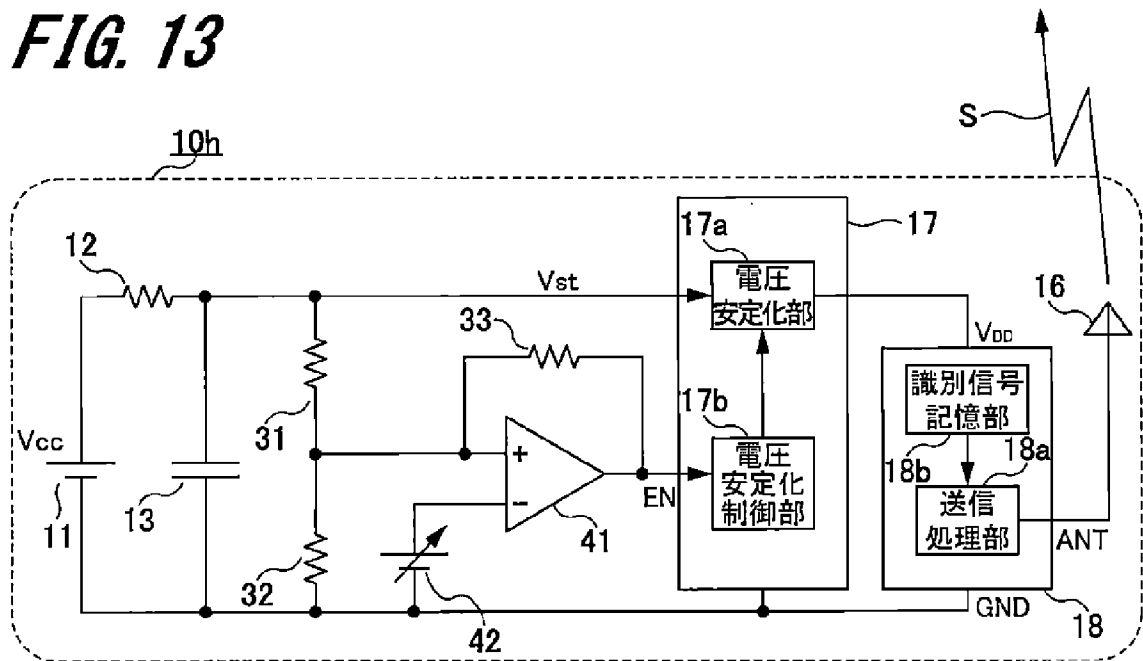
FIG. 10

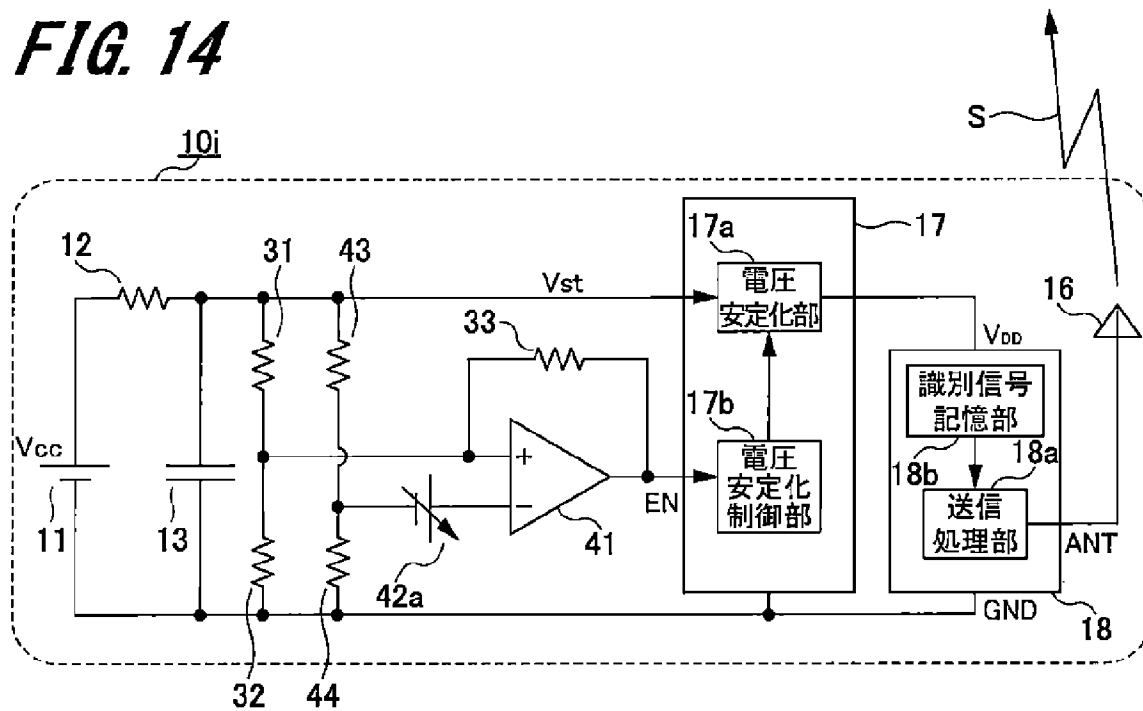
FIG. 11



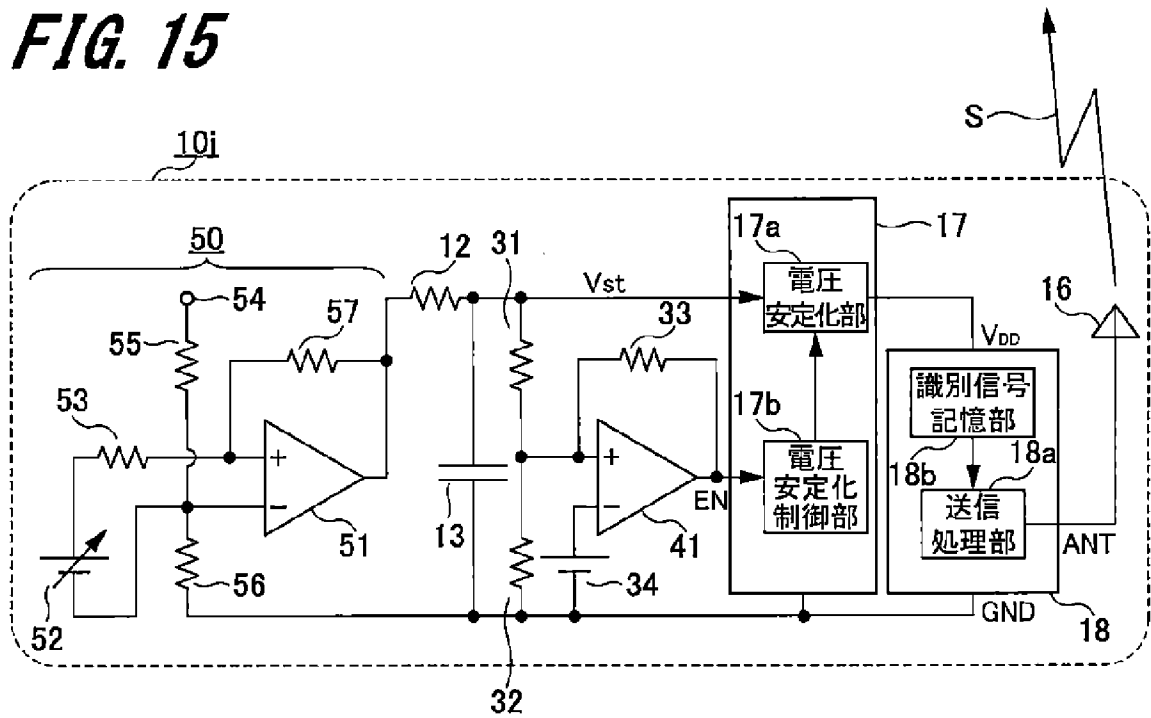
[図13]

FIG. 13

[図14]

FIG. 14

[図15]

FIG. 15

[図16]

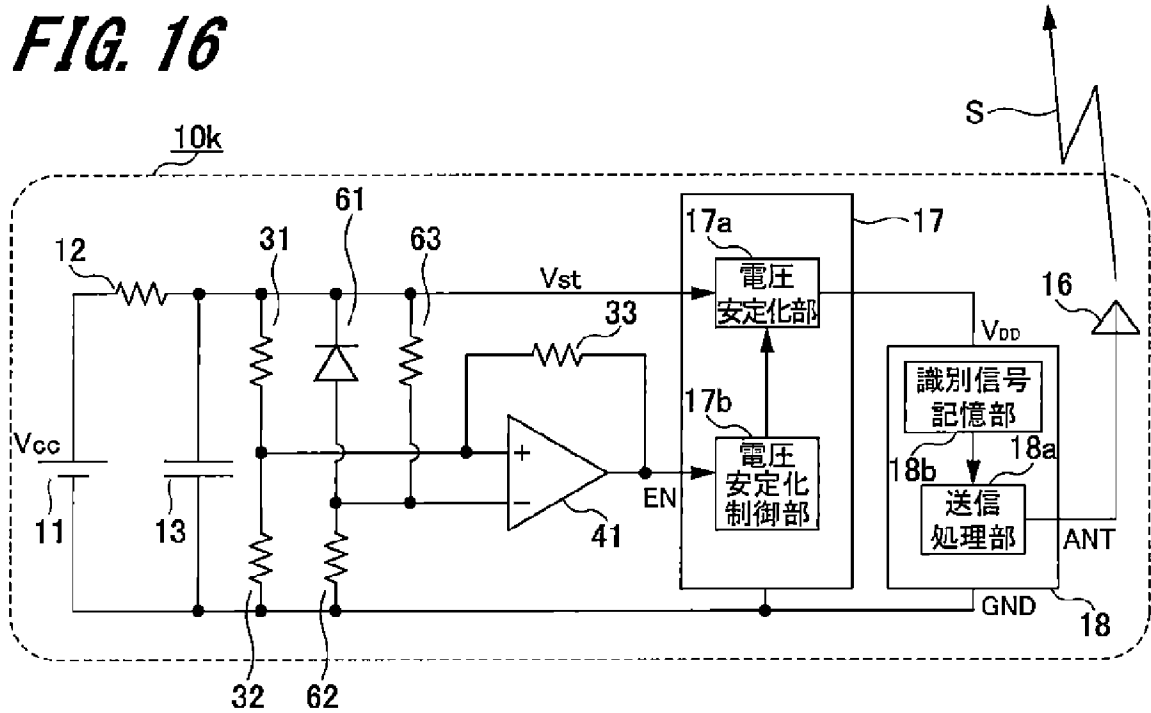
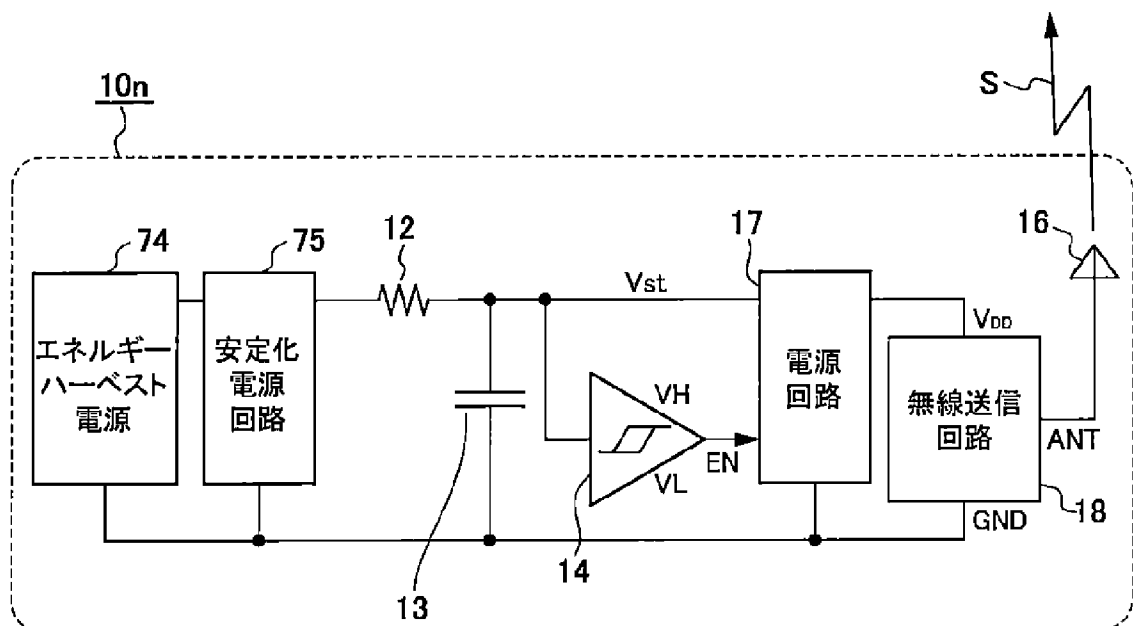
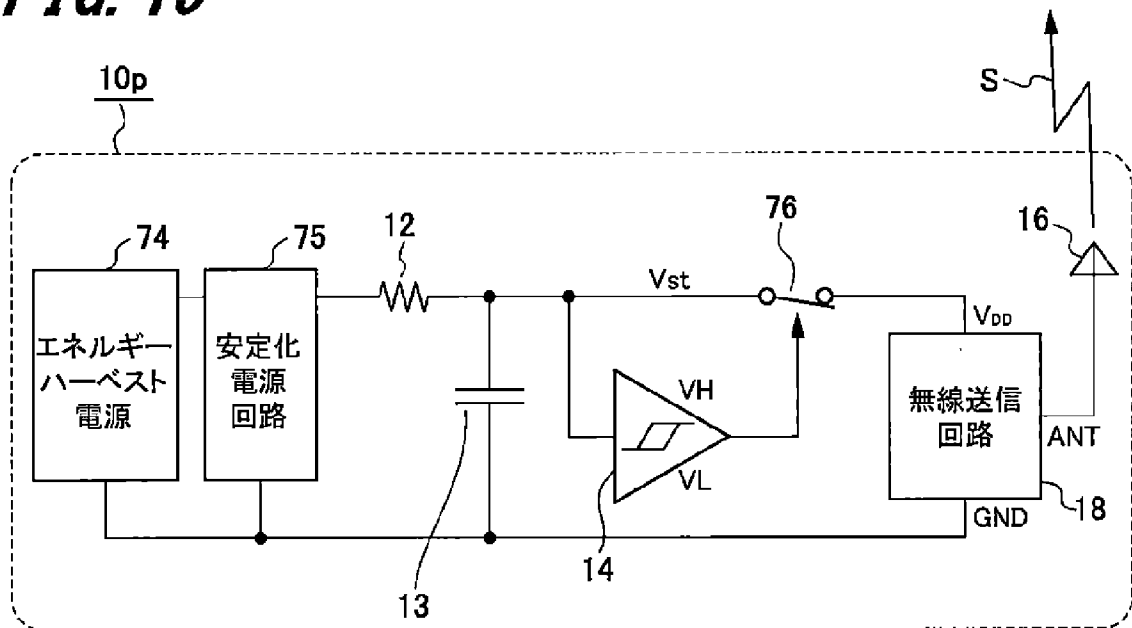
FIG. 16

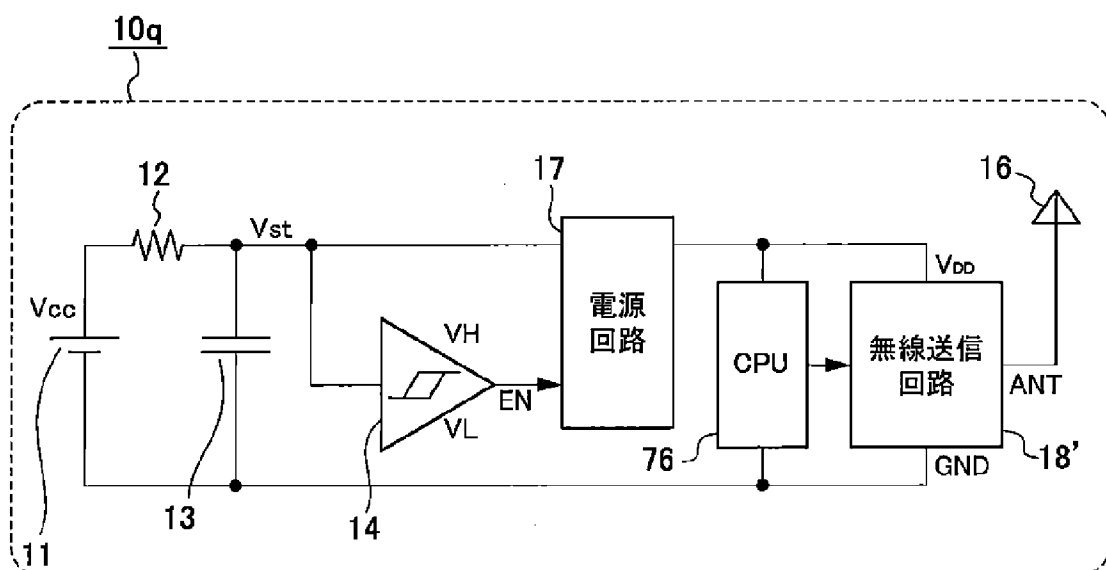
FIG. 17



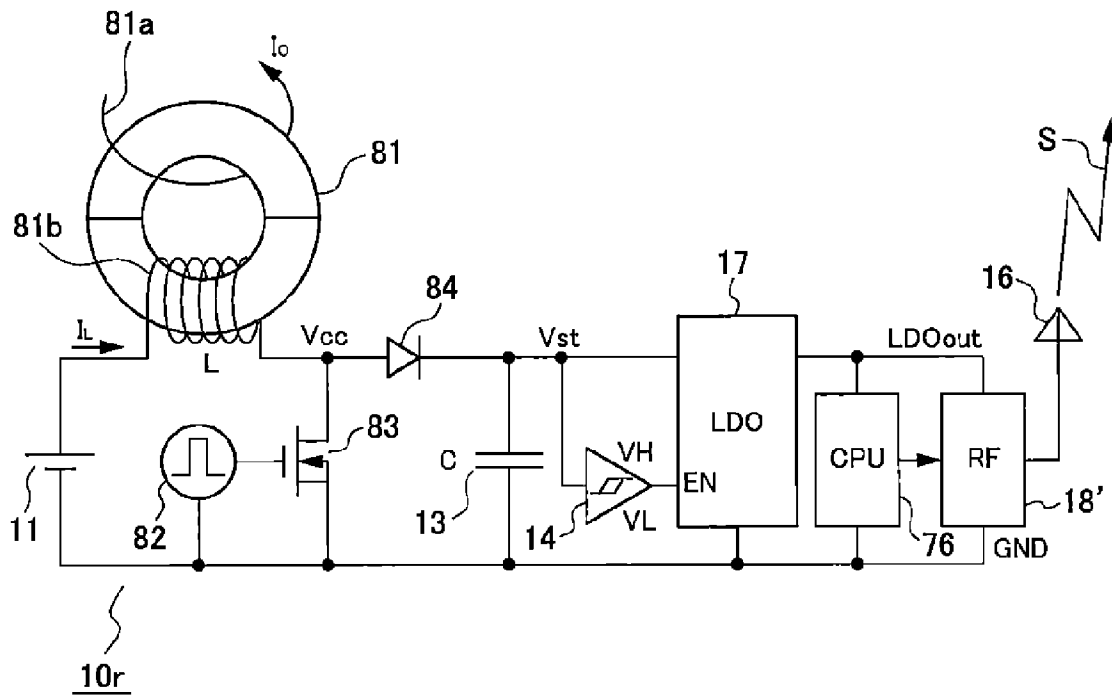
[図19]

FIG. 19

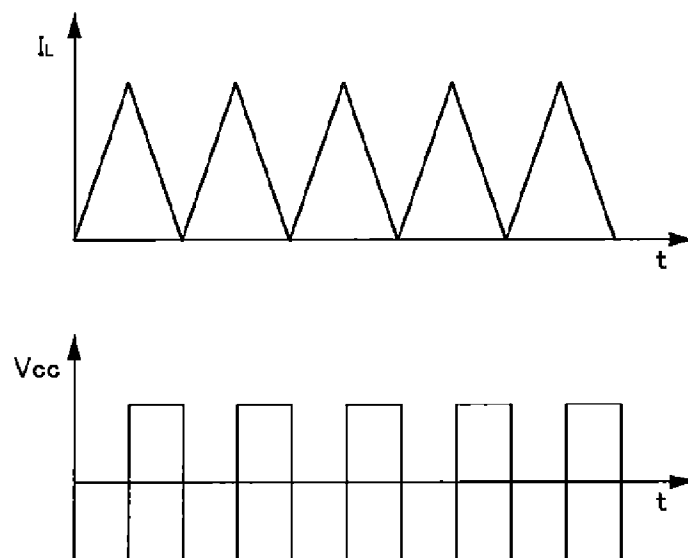
[図20]

FIG. 20

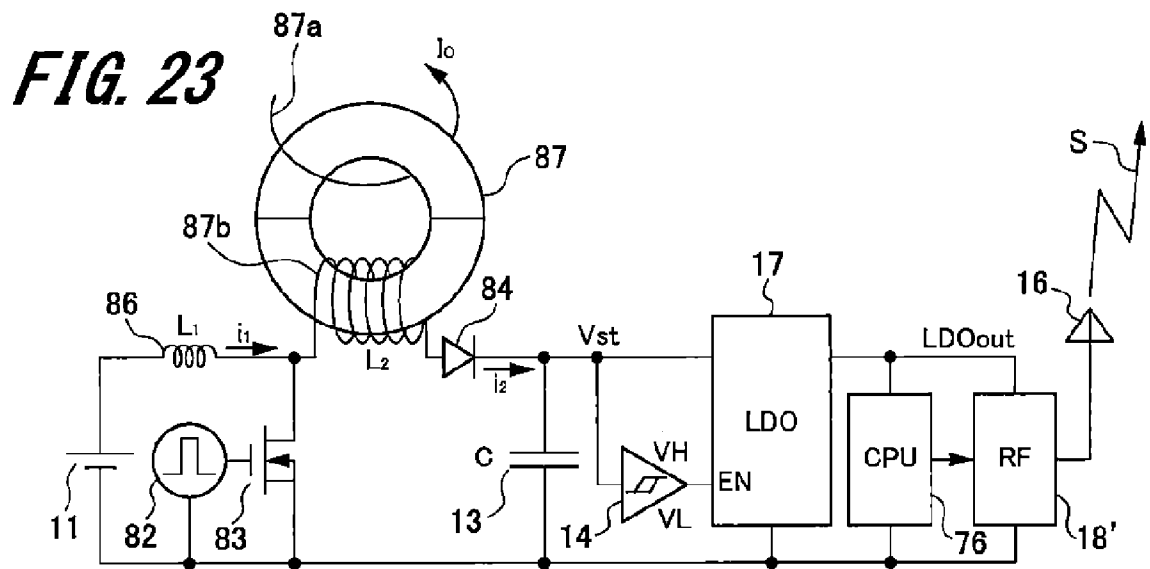
[図21]

FIG. 21

[図22]

FIG. 22

[図23]



[図24]

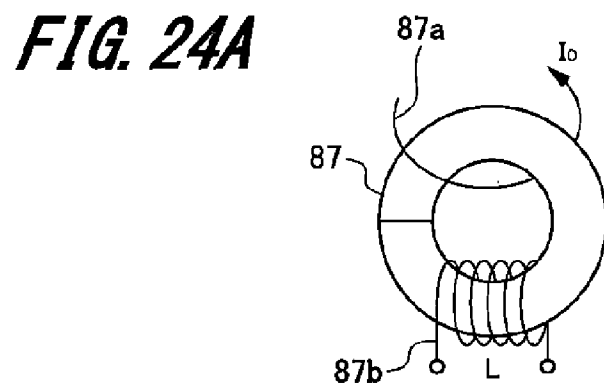
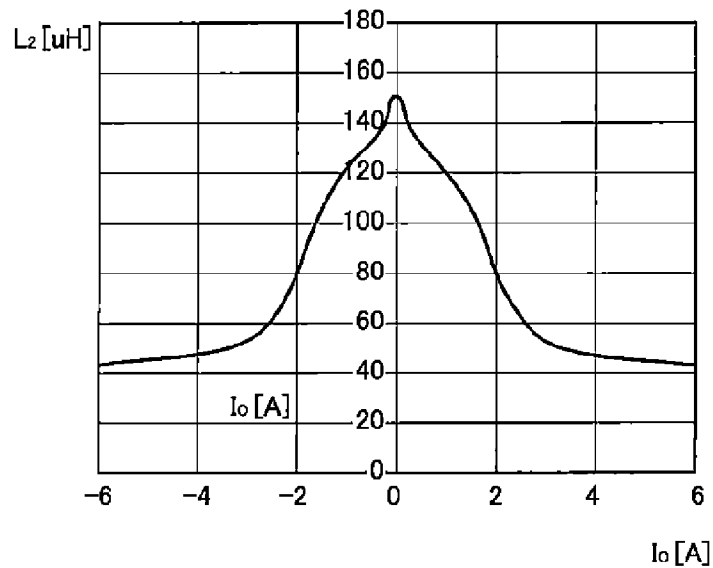
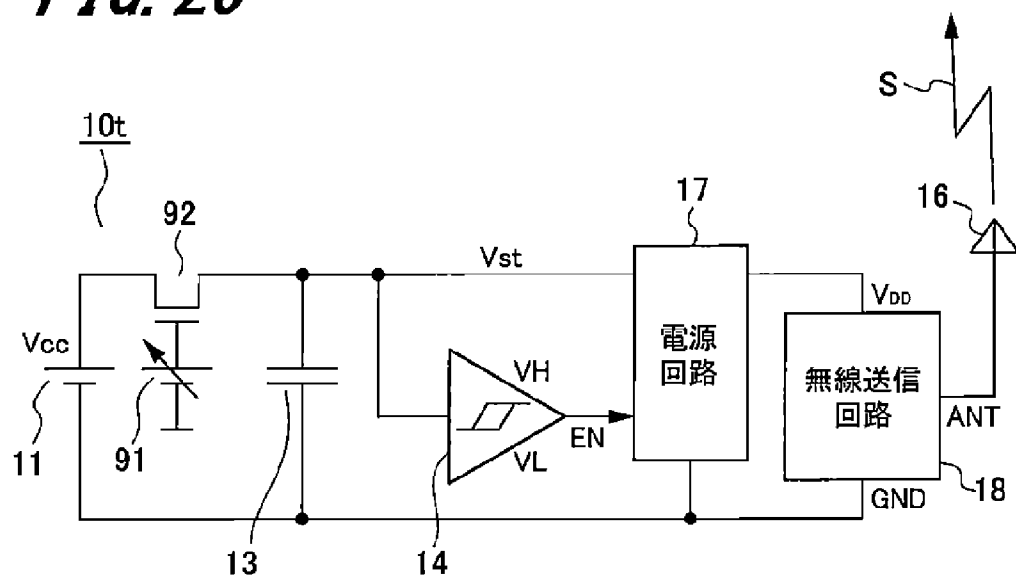
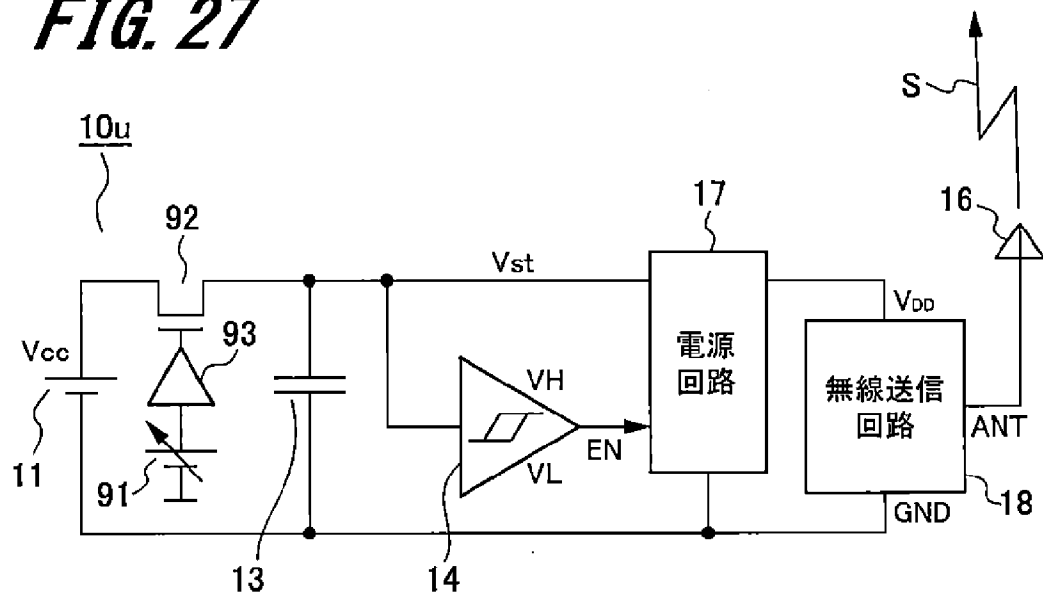
**FIG. 24B**

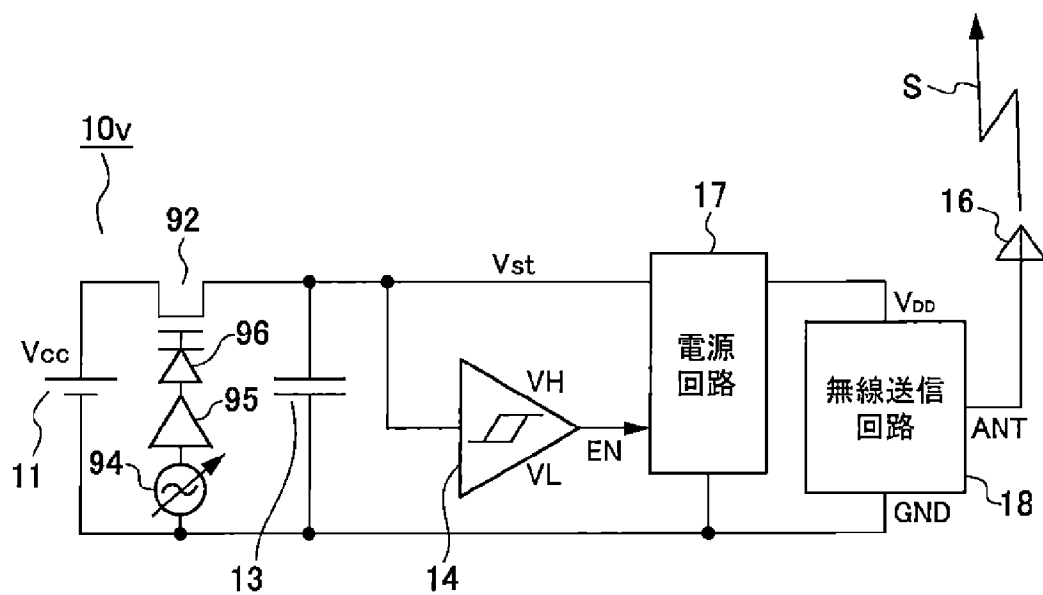
FIG. 25



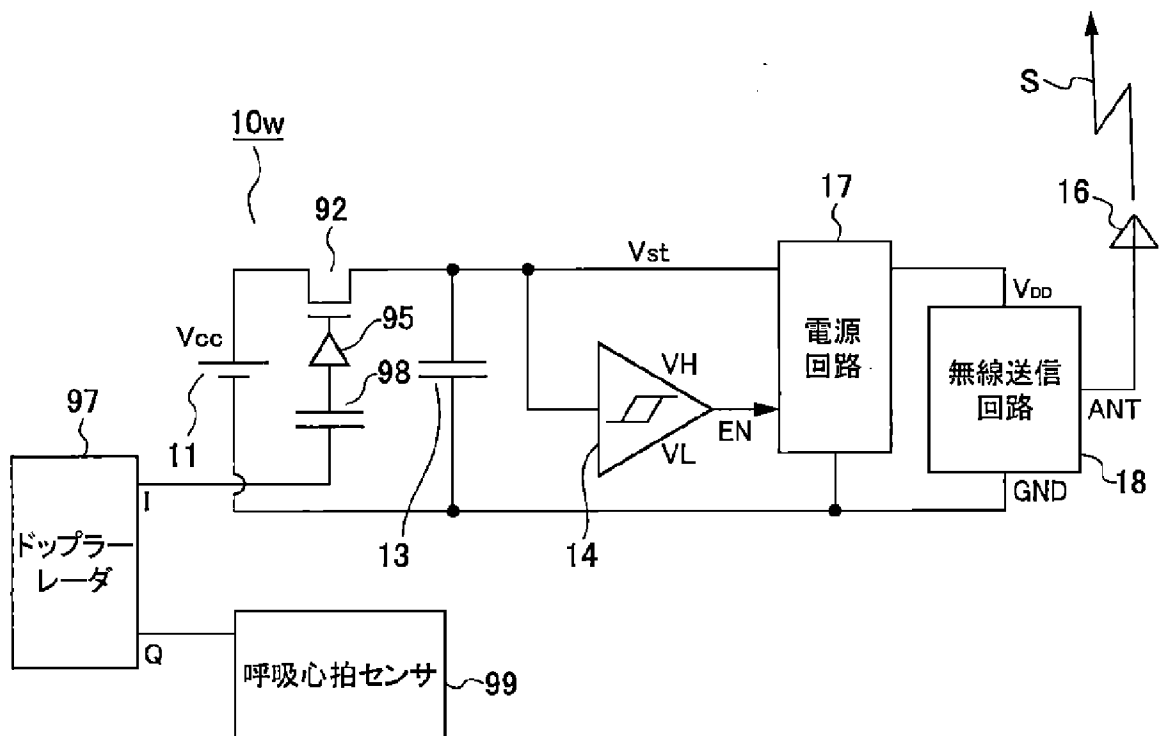
[図27]

FIG. 27

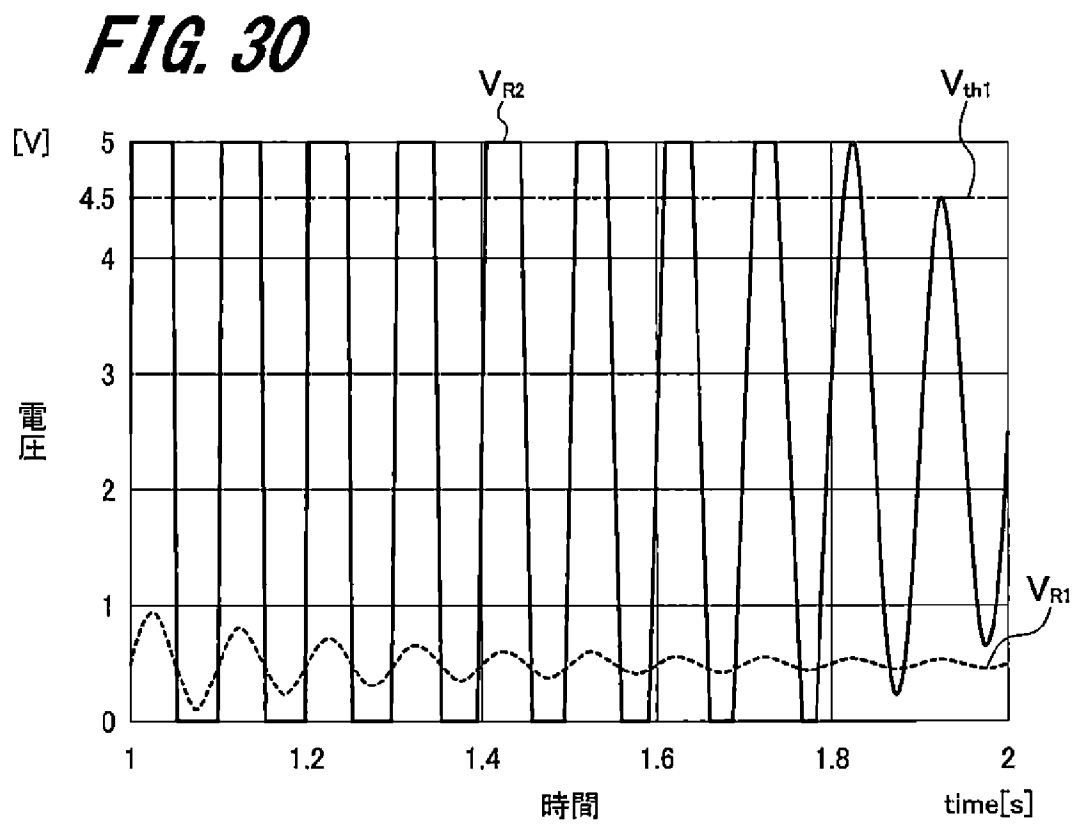
[図28]

FIG. 28

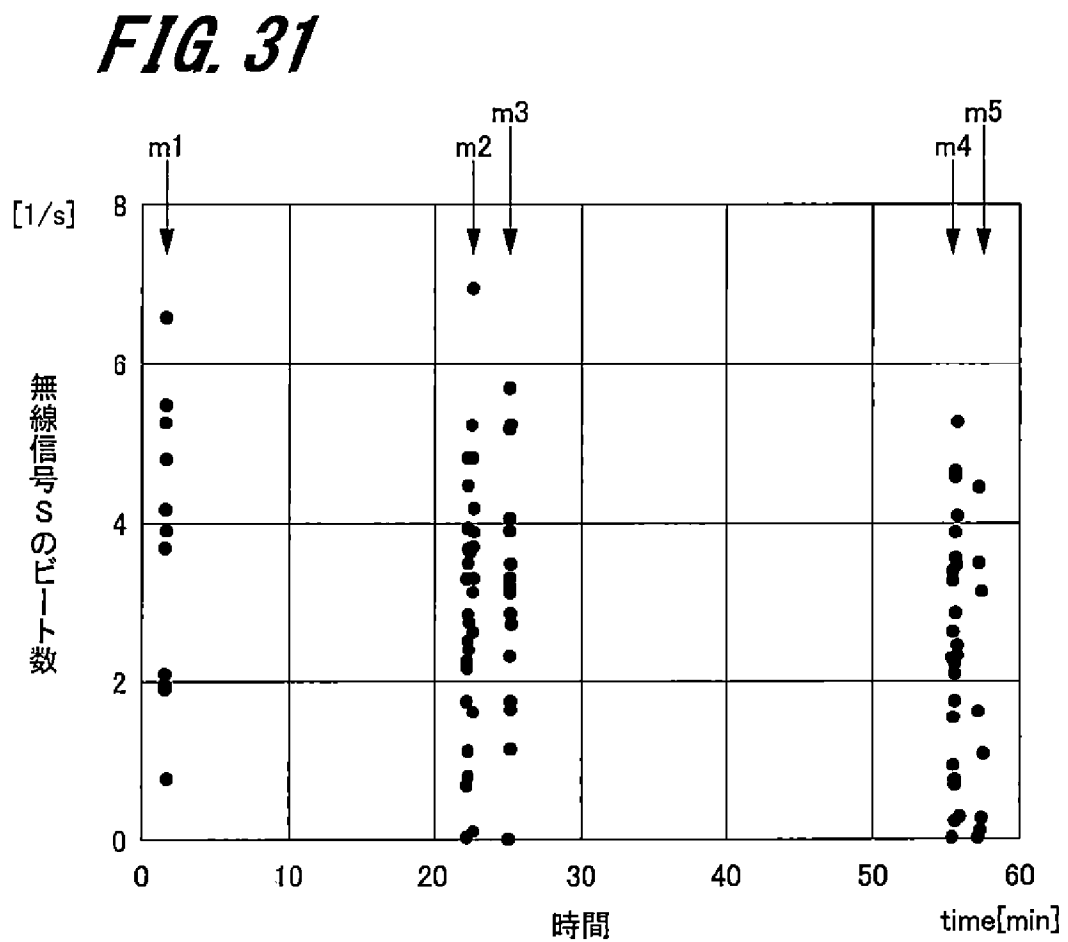
[図29]

FIG. 29

[図30]



[図31]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/036434

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G08C15/00 (2006.01) i, G08C17/02 (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)

G08C15/00, G08C 17/02

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 1971-2017

Registered utility model specifications of Japan 1996-2017

Published registered utility model applications of Japan 1994-2017

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.
Y	JP 2014-96017 A (NATIONAL INSTITUTE OF ADVANCED INDUSTRIAL SCIENCE AND TECHNOLOGY) 22 May 2014, paragraphs [0025]-[0028], [0063]-[0068], [0088], fig. 3 (Family: none)	1-15
Y	JP 2008-97423 A (YAMATAKE CORP.) 24 April 2008, paragraph [0003] (Family: none)	1-15
Y	JP 2015-40799 A (FUJI ELECTRIC CO., LTD.) 02 March 2015, paragraph [0027] (Family: none)	2



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

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2017/036434

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 58-15134 A (OMRON TATEISI ELECTRONICS CO.) 28 January 1983, page 3, upper right column, lines 2-8 (Family: none)	3, 13-14
Y	JP 60-210725 A (TOYOTA CENTRAL RESEARCH AND DEVELOPMENT LABORATORIES, INC.) 23 October 1985, page 3, upper left column, line 11 to upper right column, line 4 (Family: none)	4, 13-14
Y	JP 2-45746 A (SEIKO EPSON CORP.) 15 February 1990, page 2, upper right column, line 16 to lower left column, line 5 (Family: none)	5
Y	JP 48-33525 B1 (MATSUSHITA ELECTRIC INDUSTRIAL CO., LTD.) 15 October 1973, column 2, lines 9-26, column 3, lines 44 to column 4, line 5 & GB 1288958 A, page 2, line 42 to page 5, line 54 & DE 1954058 A1 & FR 2021598 A1 & NL 6915960 A	6
Y	JP 7-6893 A (SUZUKI, Harumi) 10 January 1995, paragraphs [0015], [0029] (Family: none)	7
Y	JP 2014-62775 A (RION CO., LTD.) 10 April 2014, paragraphs [0017], [0024]-[0032] (Family: none)	8
Y	JP 11-146090 A (FUJITSU DENSO LTD.) 28 May 1999, paragraph [0017] (Family: none)	9
Y	JP 2005-221386 A (HITACHI, LTD.) 18 August 2005, paragraphs [0032]-[0033] (Family: none)	11

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. G08C15/00(2006.01)i, G08C17/02(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. G08C15/00, G08C17/02

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	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017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
Y	JP 2014-96017 A（独立行政法人産業技術総合研究所）2014.05.22, 段落 0025-0028, 0063-0068, 0088, 図3（ファミリーなし）	1-15
Y	JP 2008-97423 A（株式会社山武）2008.04.24, 段落 0003（ファミリーなし）	1-15
Y	JP 2015-40799 A（富士電機株式会社）2015.03.02, 段落 0027（ファミリーなし）	2

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

11.12.2017

国際調査報告の発送日

19.12.2017

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

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）

菅藤 政明

2 F

9305

電話番号 03-3581-1101 内線 3216

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 請求項の番号
Y	JP 58-15134 A (立石電機株式会社) 1983. 01. 28, 3 頁右上欄 2-8 行 (ファミリーなし)	3, 13-14
Y	JP 60-210725 A (株式会社豊田中央研究所) 1985. 10. 23, 3 頁左上欄 11 行-同頁右上欄 4 行 (ファミリーなし)	4, 13-14
Y	JP 2-45746 A (セイコーエプソン株式会社) 1990. 02. 15, 2 頁右上欄 16 行-同頁左下欄 5 行 (ファミリーなし)	5
Y	JP 48-33525 B1 (松下電器産業株式会社) 1973. 10. 15, 2 欄 9-26 行, 3 欄 44 行-4 欄 5 行 & GB 1288958 A, 2 頁 42 行-5 頁 54 行 & DE 1954058 A1 & FR 2021598 A1 & NL 6915960 A	6
Y	JP 7-6893 A (鈴木晴美) 1995. 01. 10, 段落 0015, 0029 (ファミリーなし)	7
Y	JP 2014-62775 A (リオン株式会社) 2014. 04. 10, 段落 0017, 0024-0032 (ファミリーなし)	8
Y	JP 11-146090 A (富士通電装株式会社) 1999. 05. 28, 段落 0017 (ファミリーなし)	9
Y	JP 2005-221386 A (株式会社日立製作所) 2005. 08. 18, 段落 0032-0033 (ファミリーなし)	11