



範囲第2項記載の磁束ロック方法。

【請求項4】疑似ノイズがSQUIDの数よりも多い符号数のm-系列符号である上記特許請求の範囲第1項から第3項の何れかに記載の磁束ロック方法。

【請求項5】臨界温度以下に冷却された容器(1a)(1c)(1e)内に収容されたSQUID(2)に対して入力コイル(2b)により導かれる磁束の変化量を補償すべくモジュレーション・コイル(2c)に対してモジュレーション信号を供給することによりSQUID(2)の超伝導ループ(2a)に供給される磁束を一定量に維持する磁束ロック装置において、複数のSQUID(2)の超伝導ループ(2a)に対して同一の定電圧を印加する定電圧バイアス源(3e)と、各超伝導ループ(2a)に対して入力コイル(2b)により導かれる磁束の変化を補償するための信号により、自己相関特性が強く、かつ正負の符号比率をバランスさせるべく変調された疑似ノイズを互に異なる量だけ位相シフトさせた変調用疑似ノイズに対する変調を行なってモジュレーション信号を得、このモジュレーション信号をモジュレーション・コイル(2c)に供給することにより各SQUID(2)を励磁変調する変調手段(5e)と、各SQUID(2)からの出力電流を加算して取り出す取り出し手段(3d)と、この加算した出力に対して、変調側と同じ位相シフト量の疑似ノイズと変調用として使用されていない位相シフト量の疑似ノイズとの差に基づいて得られ、かつ正負の符号比率をバランスさせるべく変調された疑似ノイズに基づく復調を行なって該当する各SQUID(2)からの出力電流をそれぞれ抽出する復調手段(5a)(5b)(5c)とを含み、この抽出された各出力信号をそれぞれ積算して前記磁束の変化を補償するための信号とすることにより磁束ロック動作を行なわせることを特徴とする磁束ロック装置。

【請求項6】疑似ノイズがSQUIDの数よりも多い符号数のm-系列符号である上記特許請求の範囲第5項記載の磁束ロック装置。

【発明の詳細な説明】

<産業上の利用分野>

この発明は磁束ロック方法およびその装置に関し、さらにに詳細に言えば、冷凍機を用いて臨界温度以下に冷却された容器内にSQUIDを収容して動作させる場合において、入力コイルにより超伝導ループに導かれる磁束の変化を補償すべくモジュレーション・コイルにモジュレーション信号を供給するための磁束ロック方法およびその装置に関する。

<従来の技術、および発明が解決しようとする課題>

従来から非常に高感度の磁束検出を行なうことができるという特質に着目して、種々の分野でSQUIDが応用されている。また、SQUIDには、ジェセフソン接合(以下、JJと略称する)を1つだけ有するrf-SQUIDと、JJを2つ有するdc-SQUIDとがあり、従来はrf-SQUIDが一般的に用いられていたが、最近では薄膜製造技術が進歩して特

性が揃った2つのJJが得られるようになってきたので、磁束検出感度が高いdc-SQUIDが広く用いられるようになってきた。

第6図はdc-SQUID磁束計の原理を説明する電気回路図であり、超伝導ループ(71)の所定箇所(72)に2つのJJ(72)が形成されているとともに、定電流源(70)により2つのJJ(72)を挟んで超伝導ループ(71)にバイアス電流を供給している。そして、測定対象の磁束を検出するためのピックアップ・コイル(74)と接続された入力コイル(73)を超伝導ループ(71)に近接させて設けている。さらに、2つのJJ(72)を挟んで超伝導ループ(71)の出力電圧を変圧する電圧変圧トランス(75)の出力電圧を増幅器(76)により増幅し、発振器(77)から出力される被変調信号に基づいて同期検波器(78)により復調し、積分器(79)により復調信号を積分し、外部磁束に比例した電圧として外部に出力している。また、積分器(79)からの出力信号と発振器(77)からの被変調信号とを加算器(80)により加算し、電圧-電流変換器(81)によりフィードバック電流に変換してモジュレーション・コイル(82)に供給し、ピックアップ・コイル(74)で検出した外部磁束を打ち消すようにしている。

このように磁束ロック・ループ(以下、FLLと略称する)にdc-SQUIDを組み込めば、第7図に示すように、磁束-電圧変換係数が鎖交磁束の大きさによって周期的に変化することに起因してそのままでは超伝導ループの鎖交磁束を計測できないという不都合を解消でき、変換率が最大の点に磁束を保持し続けることにより鎖交磁束の計測を可能にすることができる。即ち、ピックアップ・コイル(74)および入力コイル(73)を介して超伝導ループ(71)に外部から加えられる磁束と同じ大きさでかつ逆向きの磁束をモジュレーション・コイル(82)を介してフィードバックすることにより外部磁束をキャンセルし、モジュレーション・コイル(82)に供給されるフィードバック電流をモニターすることにより外部磁束を計測できる。

しかし、上記SQUIDおよびFLLをマルチ・チャンネル化する場合には、チャンネル数の増加に応じて配線本数が大巾に増加し(nチャンネルの場合には配線本数が6n本になり)、サーマル・コンタクトが大巾に不備となるから、コネクタ部が著しく大型化するのみならず、液体ヘリウムを用いる冷凍システムにおいては液体ヘリウムの損失量が大きくなり、冷凍機を用いる冷凍システムにおいては冷凍機の冷凍能力を大きくしなければならないという不都合がある。さらに、複数の測定系統が近接状態で配置されることになるのであるから、チャンネル間のクロストークが無視し得ない大きさになってしまい、測定精度が低下してしまうという不都合もある。

<発明の目的>

この発明は上記の問題点を鑑みてなされたものであり、

複数個のSQUIDを同一の冷凍容器内に収容して動作させる場合に、各SQUIDを磁束ロック状態に動作させるための磁束ロック方法およびその装置を提供することを目的としている。

<課題を解決するための手段>

上記の目的を達成するための、この発明の磁束ロック方法は、複数のSQUIDの超伝導ループに対して同一の定電圧を印加するとともに、各超伝導ループに対して入力コイルにより導かれる磁束の変化を補償するための信号により、自己相関特性が強い疑似ノイズを互に異なる量だけ位相シフトさせた変調用疑似ノイズに対する変調を行なってモジュレーション信号を得、モジュレーション・コイルに供給することにより各SQUIDを励磁変調し、各SQUIDからの出力信号を加算して取り出し、この加算した出力に対して、変調側と同じ位相シフト量の疑似ノイズに基づく復調を行なって該当する各SQUIDからの出力信号をそれぞれ抽出し、この抽出された各出力信号を積分して前記磁束の変化を補償するための信号とすることにより磁束ロック動作を行なわせる方法である。

但し、変調用疑似ノイズおよび復調用疑似ノイズとしては、正負の符号比率をバランスさせるべく変調されたものであればよい。この場合において、復調用疑似ノイズとしては、変調用疑似ノイズと変調用として使用されていない位相シフト量の疑似ノイズとの差に基づいて得られるものであることが好ましい。

また、これらの場合において、疑似ノイズとしてm - 系列符号を用いることが好ましく、用いられるm - 系列符号はSQUIDの数よりも多い符号数のm - 系列符号でなければならない。

上記の目的を達成するための、この発明の磁束ロック装置は、各超伝導ループに対して入力コイルにより導かれる磁束の変化を補償するための信号により、自己相関特性が強く、かつ正負の符号比率をバランスさせるべく変調された疑似ノイズを互に異なる量だけ位相シフトさせた変調用疑似ノイズに対する変調を行なってモジュレーション信号を得、モジュレーション・コイルに供給することにより各SQUIDを励磁変調する変調手段と、各SQUIDからの出力電流を加算して取り出す取り出し手段と、この加算した出力に対して、変調側と同じ位相シフト量の疑似ノイズと変調用として使用されていない位相シフト量の疑似ノイズとの差に基づいて得られ、かつ正負の符号比率をバランスさせるべく変調された疑似ノイズに基づく復調を行なって該当する各SQUIDからの出力電流をそれぞれ抽出する復調手段とを含み、この抽出された各出力信号を積分して前記磁束の変化を補償するための信号とすることにより磁束ロック動作を行なわせるようにしている。

但し、疑似ノイズとしてm - 系列符号を用いることが好ましく、用いられるm - 系列符号はSQUIDの数よりも多い符号数のm - 系列符号でなければならない。

<作用>

以上の磁束ロック方法であれば、臨界温度以下に冷却された容器内に収容されたSQUIDに対して入力コイルにより導かれる磁束の変化量を補償すべくモジュレーション・コイルに対してモジュレーション信号を供給することによりSQUIDの超伝導ループに供給される磁束を一定量に維持する場合において、複数のSQUIDの超伝導ループに対して同一の定電圧を印加するとともに、各SQUIDからの出力電流を加算して取り出すようにしているので、SQUIDの数の増加に拘らず、定電圧印加のための配線および出力電流取り出しのための配線を本数を必要最少限の本数(4本)に抑制できる。したがって、全体として配線本数の増加を著しく抑制させることができ、コネクタ部の大型化を抑制できるとともに、サーマル・コンタクトの不備を著しく抑制できる。また、実際に磁束の測定を行なう場合には、加算された状態で取り出された信号から各SQUID毎の信号を抽出しなければならないのであるが、この発明においては、磁束の変化を補償するための信号により変調用疑似ノイズに対する変調を行なった状態でモジュレーション・コイルに供給し、加算状態で取り出された信号に対して変調側と同じ位相シフト量の疑似ノイズに基づく復調を行なうようにしているので、疑似ノイズの自己相関特性の強さに起因して確実に各SQUID毎の出力電流を分離できる。また、位相シフト量が異なる疑似ノイズに対応する信号を確実に排除できるので、クロス・トークの影響をも確実に排除できる。そして、変調用疑似ノイズおよび復調用疑似ノイズが、正負の符号比率をバランスさせるべく変調されたものであれば、疑似ノイズ自体は正負の符号比率がバランスしていないが、変調を施すことにより正負の符号比率をバランスさせることができ、磁束ロック動作を良好に行なわせることができる。この場合において、復調用疑似ノイズが、変調用疑似ノイズと変調用として使用されていない位相シフト量の疑似ノイズとの差に基づいて得られるものである場合には、変調用として使用されていない疑似ノイズを基準信号として用いることにより多値信号を確実に復元でき、高精度の磁束検出信号を得ることができる。

また、これらの場合において、疑似ノイズがSQUIDの数よりも多い符号数のm - 系列符号である場合には、SQUIDの数に対応する符号長の疑似ノイズを簡単に生成でき、しかも位相シフトを簡単にこなうことができるのであるから、SQUIDの数の増減に簡単に対処できる。但し、m - 系列符号以外の疑似ノイズであっても、自己相関特性が強いものであれば採用することが可能である。以上の構成の磁束ロック装置であれば、臨界温度以下に冷却された容器内に収容されたSQUIDに対して入力コイルにより導かれる磁束の変化量を補償すべくモジュレーション・コイルに対してモジュレーション信号を供給することによりSQUIDの超伝導ループに供給される磁束を

一定量に維持する場合において、複数のSQUIDの超伝導ループに対して定電圧バイアス源により同一の定電圧を印加するとともに、各SQUIDからの出力電流を取り出し手段により加算して取り出すのであるから、SQUIDの数の増加に拘らず、定電圧印加のための配線および出力電流取り出しのための配線の本数を必要最少限の本数(4本)に抑制できる。したがって、全体として配線本数の増加を著しく抑制させることができ、コネクタ部の大型化を抑制できるとともに、サーマル・コンタクトの不備を著しく抑制できる。また、実際に磁束の測定を行なう場合には、加算された状態で取り出された信号から各SQUID毎の信号を抽出しなければならないのであるが、この発明においては、変調手段において磁束の変化を補償するための信号により変調用疑似ノイズに対する変調を行なった状態でモジュレーション・コイルに供給し、取り出し手段により加算状態で取り出された信号に対して復調手段において変調側と同じ位相シフト量の疑似ノイズに基づく復調を行なうようにしているので、疑似ノイズの自己相関特性の強さに起因して確実に各SQUID毎の出力電流を分離できる。また、位相シフト量が異なる疑似ノイズに対応する信号を確実に排除できるので、クロス・トークの影響をも確実に排除できる。

また、この場合において、疑似ノイズがSQUIDの数よりも多い符号数のm - 系列符号である場合には、SQUIDの数に対応する符号長の疑似ノイズを簡単に生成でき、しかも位相シフトを簡単にこなうことができるのであるから、SQUIDの数の増減に簡単に対処できる。但し、m - 系列符号以外の疑似ノイズであっても、自己相関特性が強いものであれば採用することが可能である。

さらに詳細に説明すると、m - 系列符号とは、ある長さの段数を有するシフト・レジスタ、または遅延素子により構成される帰還型符号発生器で発生できる符号のうち最も長い符号系列であり、最大周期系列または最長符号とも呼ばれている。このm - 系列符号はj進符号の形をとり得るが、2進符号を例にとれば、

① 系列の1周期での“1”の出現回数と“0”の出現回数とは1ビットの差しかない。即ち、 $2^n - 1$ ビット長のm系列符号であれば、“1”の出現回数が $2^{n-1}$ 回であり、“0”の出現回数が $2^{n-1} - 1$ 回である。具体的には、n = 3の場合を考えれば、“1011100”のように“1”の出現回数が1回だけ多くなる。

② “0”“1”の統計的分布は一定である。そして、連なりの相対的位置は符号系列毎に異なるが、各長さの連なりの出現回数は同じ長さの系列では一定である。

③ m - 系列符号の自己相関は、0ビット・シフトに対しては $2^n - 1$ (系列長と等しい)であり、 $0 \pm 1$ の範囲のビット・シフト部分を除いて-1である(これらは一致している部分の個数をカウントすることにより得られるのであり、-1は不一致の数が一致の数よりも1だけ多いことを示している)。そして、 $0 \pm 1$ の範囲のビツ

ト・シフト部分では自己相関値は-1から $2^n - 1$ まで直線的に変化する。(第5図参照)

④ m - 系列符号の位相をシフトしたものと元の系列符号との2を法とする和は元の系列符号を別の大きさだけシフトしたものとなる。

⑤ n段発生器のとり得る内部状態の全てが符号系列の1周期中のあるクロック時刻に出現する。即ち、各状態は1回だけ、かつ1クロック時間だけ出現する。

という性質を有していることが知られている。即ち、ノイズとは自己相関特性が強く、少しでも位相がずれると相関値が殆ど無視し得る値になることが知られているが、上記m - 系列符号も、符号長が長くなればなるほど上記の性質に近づいてゆくので、疑似ノイズとして使用される。

そして、本件発明者がm - 系列符号に代表される疑似ノイズについて鋭意研究を重ねた結果、例えば、m - 系列符号については、符号“0”を“-1”に置換し、同一のm - 系列符号の互に位相が異なるものを複数個加算して得られた符号と元の符号との相互相関が個々のm系列符号と基準m - 系列符号との相互相関の和に等しくなることを見出し、さらに、相互相関のピーク値、最低値は加算する個数に対応して変動するが、ピーク値と最低値との差はビット長に基づいて定まる一定値であることを見出し、これらの知見に基づいて本件発明を完成させたのである。即ち、例えば、第4図A1に示す基準m - 系列符号(ビット長が $2^3 - 1$ の符号“1011100”)を例にとれば、+1ビット、+2ビット、+4ビットだけ位相シフトさせたm - 系列符号はそれぞれ“0101110”“0010111”“1100101”(第4図B1,C1,D1参照)になり、+1ビット、+2ビット、+4ビットだけ位相シフトさせたm - 系列符号を全て加算して得られる符号は第4図E1に示す状態になる。そして、これらと基準m - 系列符号との相互相関をとれば、+1ビット、+2ビット、+4ビットだけ位相シフトさせたm系列符号については、第4図A2に示す自己相関を基準としてそれぞれ+1ビット、+2ビット、+4ビットだけ位相シフトした位置に同じ値のピークが得られる(第4図B2,C2,D2参照)。また、第4図E1に示す符号と基準m - 系列符号との相互相関をとれば、+1ビット、+2ビット、+4ビットずつ位相シフトした位置に、第4図A2よりも低いピークが得られる(第4図E2参照)。第4図E2に示す相互相関のピークの値は5であり、第4図B2,C2,D2に示す相互相関のピークの値7(= $2^3 - 1$ )よりも2だけ小さくなっている。そして、ピークから1ビット以上離れた箇所の値も第4図E2が-3であり、第4図B2,C2,D2の-1と比較して2だけ小さくなっている。即ち、第4図B2,C2,D2の相互相関を単純に加算することにより第4図E2と等しい相互相関が得られる。そして、何れの相互相関においても、最大値と最小値との差は8(= $2^3$ )になっている。さらに、0ビットだけ位相シフトしたもののから+6ビットだけ位相シフ

トしたものであっても、相互相関のピークの値は1であり、ピークの値自体は加算される系列符号の数に対応して変動するが、ピーク値の符号が負になることはない。

本件発明は上記の知見に基づいて完成されたものであり、複数の多値データであるモジュレーション信号および所定の基準データにより自己相関特性が強い疑似ノイズを変調し、各疑似ノイズの位相がそれぞれ異なるように位相シフトを施した状態で各SQUIDのモジュレーション・コイルに供給し、全てのSQUIDの超伝導ループからの出力電流を加算して取り出すことにより出力電流取り出し線をデータ数に拘らず1つ（アース線をも含めれば2つ）にすることができる。そして、各磁束ロック・ループ側においては、再生したいモジュレーション信号に対応する位相シフトの疑似ノイズを用いて相互相関をとり、しかも再生された所定の基準データの相関値との差およびピーク値と最低値との差に基づく演算を行なうことにより、元のモジュレーション信号を再生することができる。

<実施例>

以下、実施例を示す添付図面によって詳細に説明する。第3図はSQUIDを用いる磁束測定装置に適用される冷凍容器の構成を概略的に示す縦断面図であり、真空容器(1a)の内部に300Kの冷凍機(1b)を収容し、冷凍機(1b)に輻射シールド(1c)を支承させている。そして、輻射シールド(1c)で包囲される空間内に70Kの冷凍機(1d)を収容し、冷凍機(1d)にも輻射シールド(1e)を支承させている。さらに、輻射シールド(1e)で包囲される空間内に4.2Kの冷凍機(1f)を収容し、冷凍機(1f)に複数のSQUID(2)を並列接続状態で支承させている。そして、SQUID(2)と真空容気(1a)外の測定装置(4)とを接続する信号線(3)が設けられている。

第1図はこの発明の磁束ロック装置の一実施例を示す電気回路図であり、各SQUID(2)の超伝導ループ(2a)を並列接続しているとともに、入力コイル(2b)、モジュレーション・コイル(2c)にそれぞれ独立して信号が供給されている。そして、並列接続されている複数の超伝導ループ(2a)にバイアス電圧線(3a)を介して定電圧バイアス源(3e)によりバイアス電圧を印加するとともに、入力コイル(2b)、モジュレーション・コイル(2c)に入力電流線(3b)、モジュレーション電流線(3c)を介して入力電流、モジュレーション電流を供給する。さらに、並列接続された複数の超伝導ループ(2a)からの出力電流をそのまま加算して電流取り出し線(3d)により取り出し、オペアンプ(4a)により電圧信号に変換して増幅器(4b)により増幅し、各SQUID毎に設けられ磁束ロックのための制御ブロック(5)に印加している。各制御ブロック(5)は、 $C(t) = C_0(t) \{ m_k(t) - m_0(t) \}$ なる系列符号が、伝達

時間を補償するための遅延回路(5a)を通して供給されるとともに、増幅器(4b)からの出力信号が供給される乗算器(5b)と、乗算器(5b)からの出力信号を積分する積分器(5c)と、積分器(5c)からの出力信号を電流信号に変換する電圧-電流変換器(以下、V/Iコンバータと略称する)(5d)と、V/Iコンバータ(5d)から出力される電流信号に $m_k(t)C_0(t)$ なる系列符号電流信号に変換して重畳するV/Iコンバータ(5e)とを有しており、重畳された電流信号をモジュレーション・コイル(2c)に供給するようにしている。尚、 $m_k(t)$ はあるm-系列符号をkクロック位相シフトした信号を示し、 $m_0(t)$ はどのSQUIDの変調にも使用されていない位相シフトのm-系列符号を示し、 $C_0(t)$ はm-系列符号の基本クロックの整数倍のクロックを示し(第2図(B)参照)、 $C_0(t)$ の変化点はm-系列符号の変化点と同期しており、かつ一致している(第2図(A)(B)参照)。また、上記m-系列符号は“+1”、“-1”の2値をとる2進符号である。したがって、第2図(A)に示すように、m-系列符号自体は正負の比率が

バランスしていないが、m-系列符号と $C_0(t)$ とを乗算して得た符号は、第2図(C)に示すように、正負の比率がバランスする。尚、第1図中において冷凍容器を破線で示している。

上記の構成の磁束ロック装置の動作は次のとおりである。

複数のSQUID(2)の超伝導ループ(2a)にはバイアス電圧線(3a)を通して同一のバイアス電圧が印加され、入力コイル(2b)には入力電流線(3b)を通してそれぞれ入力電流が供給され、モジュレーション・コイル(2c)にはモジュレーション電流線(3c)を通してそれぞれモジュレーション電流が供給される。したがって、各超伝導ループ(2a)に対して入力コイル(2b)により与えられる磁束の変化をキャンセルすべくモジュレーション電流がモジュレーション・コイル(2c)に供給されることにより、磁束ロック動作が達成できる。

この場合において、モジュレーション電流はそのままモジュレーション・コイル(2c)に供給されるのではなく、正負のバランスをとるべく $C_0(t)$ が乗算された所定クロック位相シフトのm-系列符号が重畳された状態で供給されるのであるから、該当する超伝導ループ(2a)から取り出される電流信号も正相か逆相の $C_0(t)$ が乗算された所定のクロック位相シフトのm-系列符号が重畳された状態である。但し、各超伝導ループ(2a)からの出力電流がそのまま取り出されるのではなく、全ての超伝導ループ(2a)からの出力電流が加算された状態で取り出されるのであるから、各SQUID毎の出力電流を抽出しなければならない。このために、かく磁束ロック・ループ(5)に乗算器(5b)を設け、加算電流と系列符号 $C(t)$ との相関をとって、積分器(5c)により1周期分積分することにより元のモジュレーション電流

を得るようにしている。  
 そして、この場合において、バイアス電圧線(3a)および電流取り出し線(3d)は、並列接続されるSQUID(2)の数に拘らず2本ずつであるから、従来は $8n$ 本(但し、 $n$ は直列接続されるSQUID(2)の個数)の線が必要であったのが、 $4 + 2n$ 本で減少できる。この結果、従来のSQUID特性試験装置と同程度のサーマル・コンタクトが得られる状態であれば、著しく多数のSQUID(2)を直列接続して冷凍容器内に収容でき、同時に磁束測定可能なSQUID(2)の数を著しく増加させることができる。

また、クロス・トルクの影響が $m$ -系列符号の全範囲にわたって拡散するため、磁束測定精度の低下を著しく抑制できる。

尚、この発明は上記の実施例に限定されるものではなく、例えば、乱数、パロワ系列符号等、 $m$ -系列符号以外の疑似ノイズであって自己相関特性が強いものを用いることが可能であるほか、この発明の要旨を変更しない範囲内において種々の設計変更を施すことが可能である。

<発明の効果>

以上のように第1図の発明は、磁束の変化を補償するための信号で疑似ノイズを変調してモジュレーション・コイルに供給し、同一の電圧がバイアスとして与えられている複数個のSQUIDからの出力電流を加算状態で取り出し、変調側と同一位相シフトの疑似ノイズを用いて復調することによりモジュレーション電流を得るのであるから、SQUIDに対する配線本数を大巾に減少させることができ、冷凍能力を高めることなく簡単に多重化でき、さらにクロス・トルクの影響を拡散できるという特有の効果を奏する。

第2の発明は、疑似ノイズ自体では正負のバランスがとれていなくても、正負のバランスがとれた状態でモジュレーション・コイルにモジュレーション電流を供給できるという特有の効果を奏する。

\* 第3の発明は、多値データとしてのモジュレーション電流を確実に復元できるという特有の効果を奏する。

第4の発明は、SQUIDの数に対応する符号長の疑似ノイズを簡単に生成でき、しかも位相シフトを簡単に行なうことができ、この結果、SQUIDの数の増減に簡単に対処できるという特有の効果を奏する。

第5の発明は、SQUIDに対する配線本数を大巾に減少させることができ、冷凍能力を高めることなく簡単に多重化でき、さらにクロス・トルクの影響を拡散できるという特有の効果を奏する。

第6の発明は、SQUIDの数に対応する符号長の疑似ノイズを簡単に生成でき、しかも位相シフトを簡単に行なうことができ、この結果、SQUIDの数の増減に簡単に対処できるという特有の効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

第1図はこの発明の磁束ロック装置の一実施例を示す電気回路図、

第2図は系列符号を説明する図、

第3図はSQUIDを用いる磁束測定装置に適用される冷凍容器の構成を概略的に示す縦断面図、

第4図は $m$ -系列符号について新たに見出した性質を説明する概略図、

第5図は $m$ -系列符号に関する既知の性質を説明する図、

第6図はdc-SQUID磁束計の原理を説明する電気回路図、

第7図はSQUIDの磁束-電圧変換係数を示す図。

(1a).....真空容器、(1c)(1e).....輻射シールド、

(2).....SQUID、(2a).....超伝導ループ、

(2b).....入力コイル、

(2c).....モジュレーション・コイル、

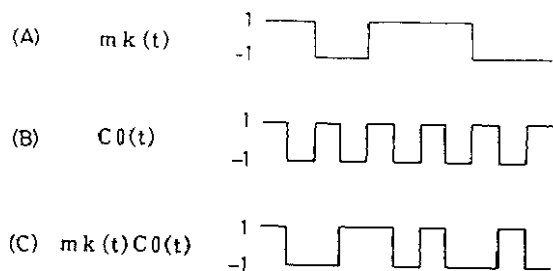
(3d).....電流取り出し線、

(3e).....定電圧バイアス源、

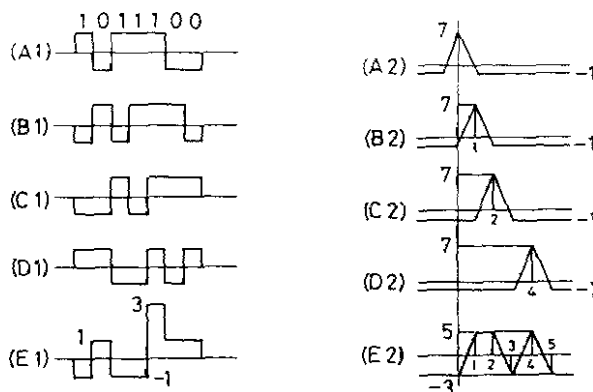
(5a).....遅延回路、(5b).....乗算器、

(5c).....積分器、(5e).....V/Iコンバータ

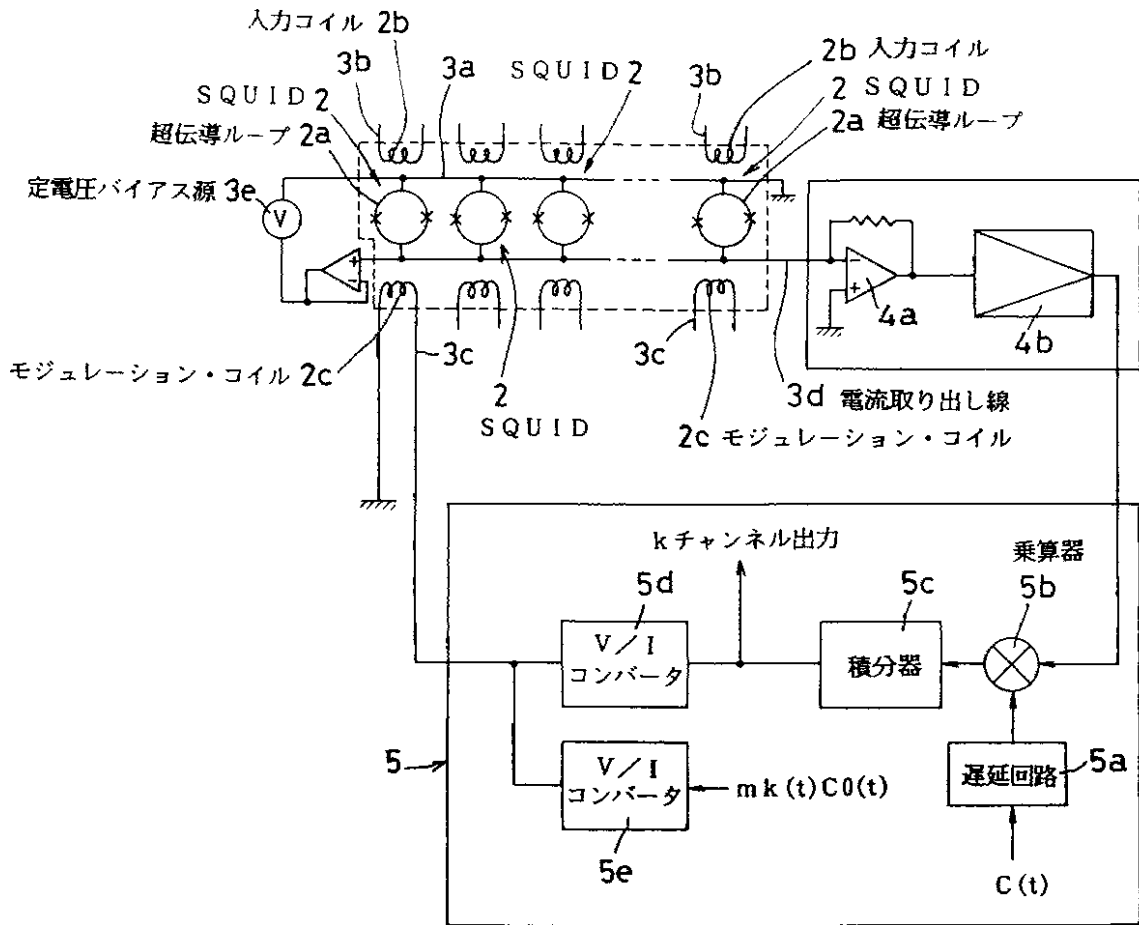
【第2図】



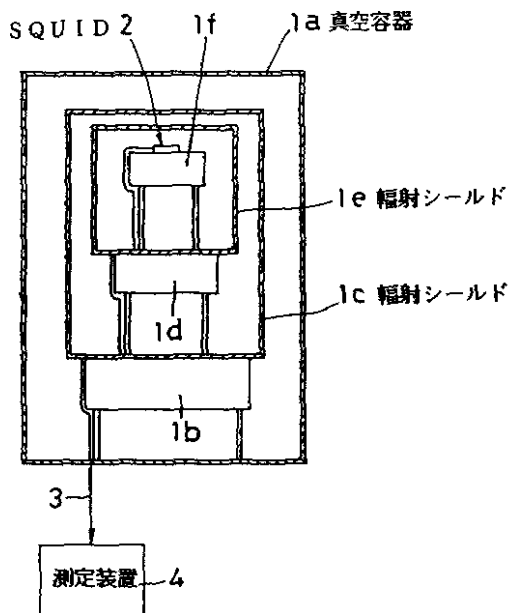
【第4図】



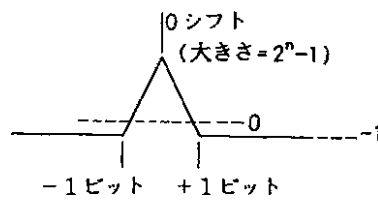
【第1図】



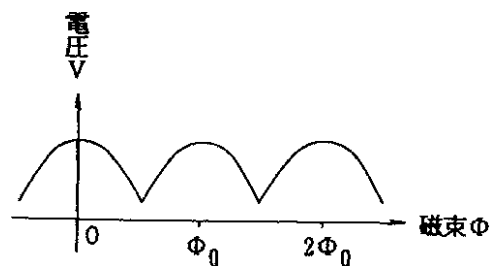
【第3図】



【第5図】



【第7図】



【第6図】

