

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2015-114158

(P2015-114158A)

(43) 公開日 平成27年6月22日 (2015.6.22)

(51) Int.Cl. F I テーマコード (参考)  
**GO 1 R 31/26 (2014.01)** GO 1 R 31/26 B 2 G 0 0 3

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 10 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2013-255216 (P2013-255216)                  (22) 出願日 平成25年12月10日 (2013.12.10)</p>	<p>(71) 出願人 000004260                  株式会社デンソー                  愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地                  (74) 代理人 100095795                  弁理士 田下 明人                  (74) 代理人 100143454                  弁理士 立石 克彦                  (72) 発明者 小山 芳紀                  愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会                  社デンソー内                  Fターム(参考) 2G003 AB00 AB01 AD06 AE06 AE09                  AF02 AH01 AH02 AH05</p>
--	---

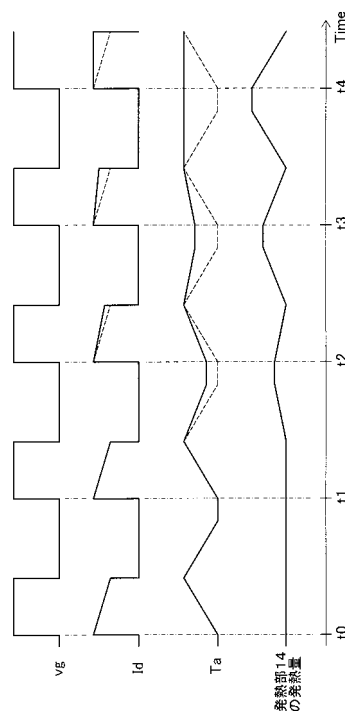
(54) 【発明の名称】 測定装置

(57) 【要約】

【課題】 温度に応じて変化する被測定対象の電気的特性を高精度に測定し得る測定装置を提供する。

【解決手段】 測定用動作時における温度検出部12の検出結果からDUT1の温度変化が調整基準温度変化として温度波形モニタ部13により取得されると、この調整基準温度変化がメモリ13aに記憶される。そして、発熱制御回路16により、メモリ13aに調整基準温度変化が記憶された測定用動作の後になされる同じ測定用動作時に、上記調整基準温度変化に基づいて、DUT1の温度変化を抑制するように発熱部14が制御される。

【選択図】 図4



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

温度に応じて変化する被測定対象（1, 1a, 1b）の測定用動作時における電気的特性を測定するための測定装置（10）であって、

前記被測定対象の温度（Ta, Tb）を検出する温度検出手段（12）と、

前記測定用動作時における前記温度検出手段の検出結果から前記被測定対象の温度変化を調整基準温度変化として取得する取得手段（13）と、

前記取得手段により取得された前記調整基準温度変化が記憶される記憶手段（13a）と、

前記被測定対象の温度を調整する温度調整手段（14）と、

10

前記温度調整手段を制御する制御手段（15, 16）と、を備え、

前記制御手段は、前記記憶手段に前記調整基準温度変化が記憶された前記測定用動作の後になされる同じ測定用動作時に前記調整基準温度変化に基づいて前記被測定対象の温度変化を抑制するように前記温度調整手段を制御することを特徴とする測定装置。

## 【請求項 2】

前記温度調整手段による温度調整状態でなされた前記測定用動作時に前記取得手段にて取得された前記調整基準温度変化が、前記記憶手段に上書きされて記憶されることを特徴とする請求項 1 に記載の測定装置。

## 【請求項 3】

前記温度調整手段は、スイッチング素子であって、

20

前記制御手段は、前記スイッチング素子に入力される駆動信号のデューティ比を制御することで前記温度調整手段の温度を調整することを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の測定装置。

## 【請求項 4】

前記温度調整手段は、パワー素子であって、

前記制御手段は、前記パワー素子に印加するゲート電圧値を制御することで前記温度調整手段の温度を調整することを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の測定装置。

## 【請求項 5】

前記温度調整手段は、パワー素子であって、

前記制御手段は、前記パワー素子に対する印加するゲート電圧の立ち上がりおよび立ち下がりの少なくともいずれか一方を制御することで前記温度調整手段の温度を調整することを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の測定装置。

30

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、温度に応じて変化する被測定対象の電気的特性を測定する測定装置に関するものである。

## 【背景技術】

## 【0002】

半導体装置のような被測定対象の電気的特性を測定する際、その電気的特性が温度によって変化する場合がある。このため、発熱素子等を有する被測定対象では、その発熱素子等の発熱や周囲の温度によって電気的特性がばらついてしまい、高精度な電気的特性の測定の障害要因となる。

40

## 【0003】

測定時における被測定対象の温度に起因する電気的特性のばらつきを抑制する技術として、例えば、下記特許文献 1 に開示される半導体装置の高温検査方法が知られている。この高温検査方法では、半導体素子に保護ダイオードが設けられる半導体装置が検査対象であり、検査装置は、測定した保護ダイオードの順方向電圧から設定温度と半導体装置の温度との温度差を算出し、この温度差が 0 になるように保護ダイオードに順方向電流を通电して半導体素子を自己発熱させる。この半導体素子の自己発熱により、半導体装置を所望

50

の高温状態に維持することで、検査時における半導体装置の電気的特性のばらつきを抑制する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2006-138711号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

近年、さらなる高機能化・高性能化を図る製品開発のため、開発時に評価される被測定対象の電気的特性をより高精度に測定したいという要望がある。しかしながら、上述のように被測定対象の温度を測定してこの温度と設定温度との温度差が0になるように発熱手段を発熱させる温度制御をフィードバックで行う構成では、被測定対象の温度が急変する場合などには、温度制御に遅れが生じてしまい被測定対象の温度がばらついてしまう。このように被測定対象の温度がばらつくと、その電気的特性もばらついてしまうため、高精度な電気的特性の測定が困難になるという問題がある。

10

【0006】

本発明は、上述した課題を解決するためになされたものであり、その目的とするところは、温度に応じて変化する被測定対象の電気的特性を高精度に測定し得る測定装置を提供することにある。

20

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記目的を達成するため、特許請求の範囲の請求項1に記載の発明は、温度に応じて変化する被測定対象(1, 1a, 1b)の測定用動作時における電気的特性を測定するための測定装置(10)であって、前記被測定対象の温度( $T_a$ ,  $T_b$ )を検出する温度検出手段(12)と、前記測定用動作時における前記温度検出手段の検出結果から前記被測定対象の温度変化を調整基準温度変化として取得する取得手段(13)と、前記取得手段により取得された前記調整基準温度変化が記憶される記憶手段(13a)と、前記被測定対象の温度を調整する温度調整手段(14)と、前記温度調整手段を制御する制御手段(15, 16)と、を備え、前記制御手段は、前記記憶手段に前記調整基準温度変化が記憶された前記測定用動作の後になされる同じ測定用動作時に前記調整基準温度変化に基づいて前記被測定対象の温度変化を抑制するように前記温度調整手段を制御することを特徴とする。

30

なお、特許請求の範囲および上記手段の括弧内の符号は、後述する実施形態に記載の具体的手段との対応関係を示すものである。

【発明の効果】

【0008】

請求項1の発明では、測定用動作時における温度検出手段の検出結果から被測定対象の温度変化が調整基準温度変化として取得手段により取得されると、この調整基準温度変化が記憶手段に記憶される。そして、制御手段により、記憶手段に調整基準温度変化が記憶された測定用動作の後になされる同じ測定用動作時に、上記調整基準温度変化に基づいて、被測定対象の温度変化を抑制するように温度調整手段が制御される。

40

【0009】

これにより、調整基準温度変化が取得される際の測定用動作時に被測定対象の温度が変化する場合でも、その後の同じ測定用動作時には、前回測定された被測定対象の温度変化に基づきその温度変化を小さくするように温度調整手段を制御することで、被測定対象の温度変化を抑制することができる。特に、測定用動作時に検出された温度変化を調整基準とすることから被測定対象の温度の急変等も考慮されるため、温度制御をフィードバック等で行う場合と比較して、被測定対象の温度変化が確実に抑制されるので、被測定対象の電気的特性を高精度に測定することができる。

50

## 【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】本実施形態に係る測定装置の概略構成を示すブロック図である。

【図2】DUTとして採用されるNMOSトランジスタの基本構成を示す説明図である。

【図3】DUTの電気的特性測定時の流れを例示するフローチャートである。

【図4】発熱制御によるNMOSトランジスタの特性変化を示すタイムチャートである。

【図5】DUTとして採用される基準電圧発生回路および他の回路を示す説明図である。

【図6】発熱制御による基準電圧発生回路の特性変化を示すタイムチャートである。

## 【発明を実施するための形態】

【0011】

10

以下、本発明に係る測定装置を具現化した一実施形態について、図面を参照して説明する。

図1に示す測定装置10は、温度に応じて変化する被測定対象（Device Under Test：以下、DUT1ともいう）の電気的特性を高精度に測定するための装置である。この測定装置10は、測定回路11と、温度検出部12と、温度波形モニタ部13と、発熱部14と、変換回路15と、発熱制御回路16とを備えている。

【0012】

測定回路11は、DUT1に対して所定の制御信号を出力することで当該DUT1に所定の測定用動作を実施させるとともに、この測定用動作時にDUT1から出力される特性信号を取得することで当該DUT1の電気的特性を高精度に測定するための回路として構成されている。

20

【0013】

温度検出部12は、DUT1の温度を検出する温度検出手段として機能するもので、DUT1の近傍に配置されて、DUT1の温度に応じた温度信号を温度波形モニタ部13に出力するように構成されている。

【0014】

温度波形モニタ部13は、DUT1の温度変化を取得する取得手段として機能するもので、測定回路11から制御信号が入力される測定用動作時に、温度検出部12により検出されるDUT1の温度変化を、調整基準温度変化として取得するように構成されている。この温度波形モニタ部13はメモリ13aを備えており、このメモリ13aには、上述のように取得された調整基準温度変化に関するデータが記憶されるように構成されている。なお、メモリ13aは、「記憶手段」の一例に相当し得る。

30

【0015】

発熱部14は、その発熱に応じてDUT1の温度を調整する温度調整手段として機能するものがある。本実施形態では、発熱部14は、例えば、スイッチング素子により構成されており、スイッチング素子に入力される駆動信号のデューティ比を制御することで、その発熱量が調整される。具体的には、デューティ比を高くすることでスイッチング素子による発熱量が高められ、デューティ比を低くすることでスイッチング素子による発熱量が低められる。

【0016】

40

変換回路15は、メモリ13aに記憶される調整基準温度変化に関するデータに基づいて、この調整基準温度変化を抑制するために発熱部14を発熱させる際に当該発熱部14に入力する駆動信号を作成する回路として構成されている。また、発熱制御回路16は、変換回路15にて作成された駆動信号に基づいて発熱部14の発熱を制御する回路として構成されている。なお、変換回路15および発熱制御回路16は、「制御手段」の一例に相当し得る。

【0017】

次に、上述のように構成される測定装置10を用いて、DUT1としてNMOSトランジスタ1aの電気的特性を測定する場合について、図2～図4を参照して説明する。図2は、DUT1として採用されるNMOSトランジスタ1aの基本構成を示す説明図である

50

。図3は、DUT1の電気的特性測定時の流れを例示するフローチャートである。図4は、発熱制御によるNMOSトランジスタ1aの特性変化を示すタイムチャートである。なお、図4では、発熱部14を用いた発熱制御がなされない状態を破線にて示す。

【0018】

図2に示すNMOSトランジスタ1aは、ゲート制御により負荷電流 $I_d$ が制御され、その温度に応じて電流能力( $I_d$ )が特性変動しやすい。すなわち、例えば、NMOSトランジスタ1aの温度 $T_a$ が上昇すると、負荷電流 $I_d$ が低下するという特性を有する。このため、NMOSトランジスタ1aの電気的特性を高精度に測定するためには、測定用動作時におけるNMOSトランジスタ1aの温度変動をなくすように温度 $T_a$ を一定に保つ必要がある。

10

【0019】

そこで、本実施形態では、NMOSトランジスタ1aを組み込んだ測定装置10を用いることで、所定の測定用動作を実施させるための所定の制御信号としてパルス状のゲート電圧 $v_g$ が印加されるときにNMOSトランジスタ1aの温度 $T_a$ を一定に保ち、この温度一定の状態にNMOSトランジスタ1aの電気的特性を測定する。

【0020】

以下、具体的なNMOSトランジスタ1aの電気的特性の測定処理方法について、図面を参照して説明する。

まず、被測定対象であるNMOSトランジスタ1aを、図1に示すDUT1として組み込んだ測定装置10を用意する。そして、測定回路11によりゲート電圧 $v_g$ が印加されることでNMOSトランジスタ1aにて所定の測定用動作が開始されると(図3のS101でYes:図4の $t_0$ )、温度検出部12の検出結果に基づいて、測定用動作時を含めた1ターン分( $t_0 - t_1$ 間)のNMOSトランジスタ1aの温度 $T_a$ の変化が調整基準温度変化として取得される(S103)。そして、この調整基準温度変化に関するデータがメモリ13aに記憶される(S105)。

20

【0021】

また、調整基準温度変化が取得されると、変換回路15により、この調整基準温度変化を抑制するために発熱部14を発熱させる際に当該発熱部14に入力するための駆動信号が作成される(S107)。

【0022】

そして、ゲート電圧 $v_g$ が再度印加されることでNMOSトランジスタ1aにて次のターンの測定用動作が開始されると(S109でYes:図4の $t_1$ )、変換回路15にて作成された駆動信号に基づく発熱制御回路16による制御により、発熱部14が上記調整基準温度変化を抑制するようにその発熱量を変化させるように発熱する(S111)。

30

【0023】

この発熱部14の発熱量は、上述したようにデューティ比の制御によりなされるもので、ゲート電圧 $v_g$ が印加されないためにNMOSトランジスタ1a自体の発熱量が低くなっている期間に、高くなるように発熱制御される。これにより、測定用動作時を含めた1ターン分(図4の $t_1 - t_2$ 間)にてNMOSトランジスタ1a自体の発熱量が低い期間での温度 $T_a$ が底上げされ、その温度 $T_a$ の変化が小さくなる。その結果、測定回路11にて測定されるNMOSトランジスタ1aの電流能力( $I_d$ )に関する特性変動が抑制されることとなる。

40

【0024】

この発熱制御された1ターン分(図4の $t_1 - t_2$ 間)においてもNMOSトランジスタ1aの温度 $T_a$ の変化が調整基準温度変化として取得され(S113)、この調整基準温度変化に関するデータがメモリ13aに上書きされて記憶される(S115)。そして、変換回路15により、この最新の調整基準温度変化を抑制するために発熱部14を発熱させる際に当該発熱部14に入力するための駆動信号が作成される(S117)。

【0025】

そして、測定処理が終了していないことから(S119でNo)、ゲート電圧 $v_g$ が再

50

度印加されることでNMOSトランジスタ1aにて次のターンの測定用動作が開始されると(S109でYes:図4のt2)、変換回路15にて作成された駆動信号に基づく発熱制御回路16による制御により、発熱部14が上記調整基準温度変化を抑制するようにその発熱量を変化させて発熱する(S111)。

#### 【0026】

このため、NMOSトランジスタ1aの温度変化がより小さくなり(図4のt2-t3間)、測定回路11にて測定されるNMOSトランジスタ1aの電流能力(I<sub>d</sub>)に関する特性変動がさらに抑制されることとなる。このような処理を繰り返すことで、NMOSトランジスタ1aの温度変化が徐々に小さくなり(図4のt3-t4間)、測定回路11にて測定されるNMOSトランジスタ1aの電流能力(I<sub>d</sub>)に関する特性変動がさらに抑制されることとなる。これにより、その温度T<sub>a</sub>に応じて電流能力(I<sub>d</sub>)が特性変動しやすいNMOSトランジスタ1aであっても、その電気的特性を高精度に測定することができる。

10

#### 【0027】

次に、上述のように構成される測定装置10を用いて、DUT1として基準電圧発生回路1bの電気的特性を測定する場合について、図5および図6を参照して説明する。図5は、DUT1として採用される基準電圧発生回路1bおよび他の回路Bを示す説明図である。図6は、発熱制御による基準電圧発生回路1bの特性変化を示すタイムチャートである。なお、図6では、発熱部14を用いた発熱制御がなされない状態を破線にて示す。

20

#### 【0028】

図5に示す基準電圧発生回路1bは、一定値となる電圧V<sub>bg</sub>を出力するための回路であって、その温度に応じて特性変動しやすい。すなわち、例えば、基準電圧発生回路1bの温度T<sub>b</sub>が上昇すると、電圧V<sub>bg</sub>が上昇するという特性を有する。一方で、この基準電圧発生回路1bには、SW回路や発振回路、出力バッファ等の他の回路Bを隣接配置する必要がある。この他の回路Bは、一般にその動作状態に応じて発熱しやすいため、基準電圧発生回路1bの温度T<sub>b</sub>を変動させる要因となる。

#### 【0029】

そこで、本実施形態では、基準電圧発生回路1bおよび他の回路Bを組み込んだ測定装置10を用いることで、他の回路Bの発熱状態にかかわらず基準電圧発生回路1bの温度T<sub>b</sub>を一定に保ち、この温度一定の状態では基準電圧発生回路1bの電気的特性を測定する。

30

#### 【0030】

以下、具体的な基準電圧発生回路1bの電気的特性の測定処理方法について、図面を参照して説明する。

まず、被測定対象である基準電圧発生回路1bおよび他の回路Bを、図1に示すDUT1として組み込んだ測定装置10を用意する。そして、測定回路11からの制御信号に応じて、基準電圧発生回路1bにて所定の測定用動作として電圧V<sub>bg</sub>の出力が開始されるととともに(図6のt0)、この測定用動作とともに他の回路Bが動作しこの動作に伴う発熱が生じる。この際、温度検出部12の検出結果に基づいて、この他の回路Bが発熱している期間と発熱していない期間とを含めた1ターン分(図6のt0-t1間)の基準電圧発生回路1bの温度T<sub>b</sub>の変化が調整基準温度変化として取得されて、メモリ13aに記憶される。また、変換回路15により、この調整基準温度変化を抑制するために発熱部14を発熱させる際に当該発熱部14に入力するための駆動信号が作成される。

40

#### 【0031】

そして、他の回路Bが再び発熱状態になると(図6のt1)、変換回路15にて作成された駆動信号に基づく発熱制御回路16による制御により、発熱部14が上記調整基準温度変化を抑制するようにその発熱量を変化させるように発熱する。これにより、上記1ターン分(図6のt1-t2間)にて他の回路Bの発熱量が低い期間での温度T<sub>b</sub>が底上げされ、その温度T<sub>b</sub>の変化が小さくなる。その結果、測定回路11にて測定される基準電圧発生回路1bから出力される電圧V<sub>bg</sub>の特性変動が抑制されることとなる。

50

## 【 0 0 3 2 】

この発熱制御された1ターン分(図6の $t_1 - t_2$ 間)においても基準電圧発生回路1bの温度 $T_b$ の変化が調整基準温度変化として取得され、この調整基準温度変化に関するデータがメモリ13aに上書きされて記憶される。そして、変換回路15により、この最新の調整基準温度変化を抑制するために発熱部14を発熱させる際に当該発熱部14に入力するための駆動信号が作成される。

## 【 0 0 3 3 】

そして、再び他の回路Bが発熱状態となると(図6の $t_2$ )、変換回路15にて作成された駆動信号に基づく発熱制御回路16による制御により、発熱部14が上記調整基準温度変化を抑制するようにその発熱量を変化させて発熱する。

10

## 【 0 0 3 4 】

このため、基準電圧発生回路1bの温度変化がより小さくなり(図6の $t_2 - t_3$ 間)、測定回路11にて測定される基準電圧発生回路1bの電圧 $V_{bg}$ に関する特性変動がさらに抑制されることとなる。このような処理を繰り返すことで、基準電圧発生回路1bの温度変化が徐々に小さくなり(図6の $t_3 - t_4$ 間)、測定回路11にて測定される基準電圧発生回路1bの電圧 $V_{bg}$ に関する特性変動がさらに抑制されることとなる。これにより、その温度 $T_b$ に応じて電圧 $V_{bg}$ が変動してしまう基準電圧発生回路1bであっても、その電気的特性を高精度に測定することができる。

## 【 0 0 3 5 】

以上説明したように、本実施形態に係る測定装置10では、測定用動作時における温度検出部12の検出結果からDUT1の温度変化が調整基準温度変化として温度波形モニタ部13により取得されると、この調整基準温度変化がメモリ13aに記憶される。そして、発熱制御回路16により、メモリ13aに調整基準温度変化が記憶された測定用動作の後になされる同じ測定用動作時に、上記調整基準温度変化に基づいて、DUT1の温度変化を抑制するように発熱部14が制御される。

20

## 【 0 0 3 6 】

これにより、調整基準温度変化が取得される際の測定用動作時にDUT1の温度が変化する場合でも、その後の同じ測定用動作時には、前回測定されたDUT1の温度変化に基づきその温度変化を小さくするように発熱部14を制御することで、DUT1の温度変化を抑制することができる。特に、測定用動作時に検出された温度変化を調整基準とすることからDUT1の温度の急変等も考慮されるため、温度制御をフィードバック等で行う場合と比較して、DUT1の温度変化が確実に抑制されるので、DUT1の電気的特性を高精度に測定することができる。

30

## 【 0 0 3 7 】

特に、発熱部14による温度調整状態でなされた測定用動作時に温度波形モニタ部13にて取得された調整基準温度変化が、メモリ13aに上書きされて記憶されるため、この繰り返し処理によりDUT1の温度変化が徐々に小さくなる。これにより、測定回路11にて測定されるDUT1の電気的特性をさらに抑制することができる。

## 【 0 0 3 8 】

また、発熱制御回路16により、発熱部14として構成されるスイッチング素子に入力される駆動信号のデューティ比が制御されることで当該発熱部14の温度が調整される。これにより、細やかで広範囲な発熱制御が可能となるだけでなく、デューティ比と発熱量との関係が簡易であるため、DUT1の温度を容易に制御することができる。

40

## 【 0 0 3 9 】

上記実施形態の変形例として、発熱部14による発熱制御は、スイッチング素子に入力される駆動信号のデューティ比を制御することで、その発熱量が調整されることに限らず、例えば、発熱部14として、パワーMOSトランジスタ等のパワー素子を採用し、このパワー素子に印加するゲート電圧値を発熱制御回路16により制御することで当該発熱部14の温度を調整してもよい。この構成では、回路規模を小さくできるだけでなく、ゲート電圧値を一定として発熱制御する場合と比較して、その発熱に関する高温域を広範囲に

50

制御できるという特有の効果を奏する。

【0040】

また、発熱部14としてパワー素子を採用する場合には、このパワー素子に印加するゲート電圧の立ち上がりおよび立ち下がりの少なくともいずれか一方を発熱制御回路16等により制御することで当該発熱部14の温度を調整してもよい。ゲート電圧の立ち上がり（立ち下がり）の傾きが小さくなるほど（なだらかになるほど）パワー素子の発熱量が高くなるため、発熱量を高くする場合にはゲート電圧の立ち上がり（立ち下がり）の傾きを小さくし、発熱量を低くする場合にはゲート電圧の立ち上がり（立ち下がり）の傾きを大きくする。この構成では、発熱部14の温度特性が比較的小さくなるだけでなく、より細やかで広範囲な発熱制御を実施できるという特有の効果を奏する。

10

【0041】

なお、本発明は上記実施形態および変形例に限定されるものではなく、例えば、以下のように具体化してもよい。

(1) 測定装置10にて電気的特性が測定されるDUT1として、上述したNMOSトランジスタ1aや基準電圧発生回路1bが採用されることに限らず、温度に応じて電気的特性が変化する素子や回路などの被測定対象を採用することができる。

【0042】

(2) 本発明に係る測定装置10は、被測定対象の開発時の電気的特性を高精度に測定するための装置として用いられることに限らず、被測定対象とともに出荷製品に組み込まれて、被測定対象の電気的特性の温度依存性を抑制するための装置として用いられてもよい。

20

【0043】

(3) 発熱部14に代えて、DUT1を加熱または冷却可能な温度調整手段を採用してもよい。

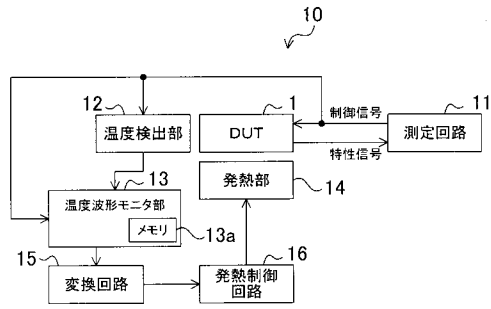
【符号の説明】

【0044】

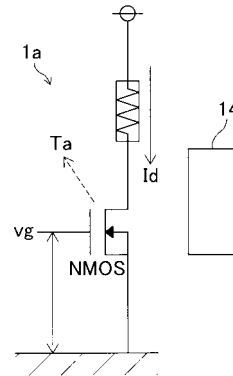
- 1 ... DUT (被測定対象)
- 10 ... 測定装置
- 11 ... 測定回路
- 12 ... 温度検出部 (温度検出手段)
- 13 ... 温度波形モニタ部 (取得手段)
- 13a ... メモリ (記憶手段)
- 14 ... 発熱部 (温度調整手段)
- 15 ... 変換回路 (制御手段)
- 16 ... 発熱制御回路 (制御手段)

30

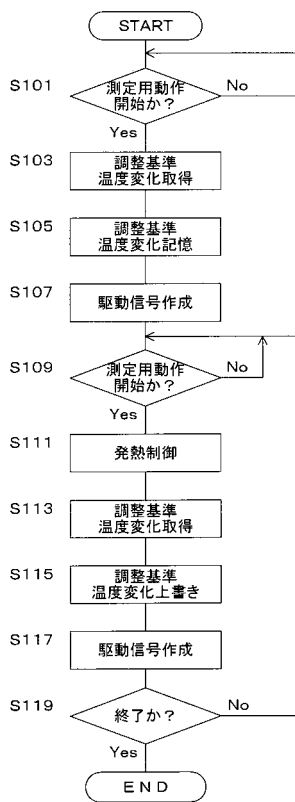
【 図 1 】



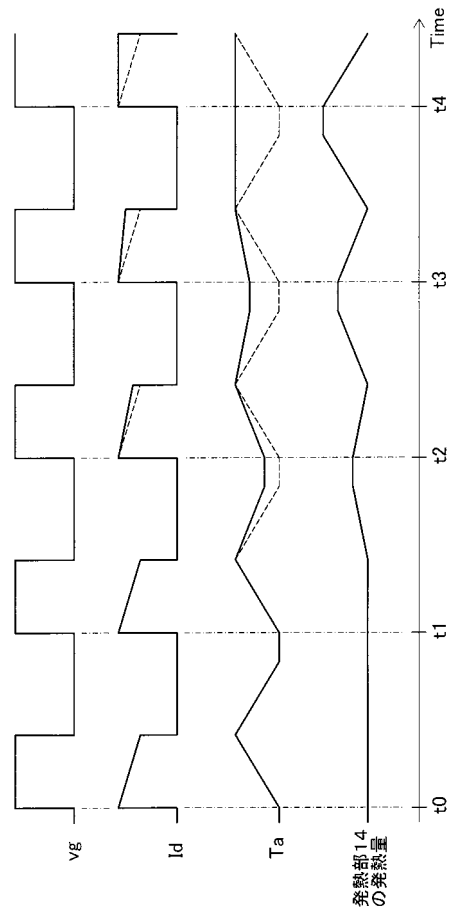
【 図 2 】



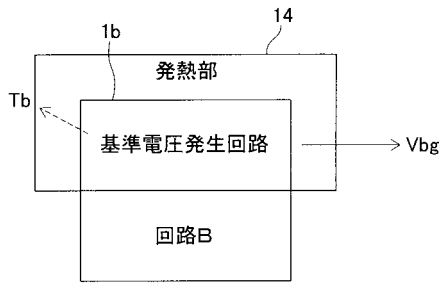
【 図 3 】



【 図 4 】



【 図 5 】



【 図 6 】

