(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3696009号
(P3696009)
(45)発行日　平成17年9月14日(2005.9.14)　(24)登録日　平成17年7月8日(2005.7.8)

(51)Int.Cl.[7]　F I
G01R 31/26　G01R 31/26　G

請求項の数 12　(全 18 頁)

(21)出願番号　特願平11-321105
(22)出願日　平成11年11月11日(1999.11.11)
(65)公開番号　特開2001-141775(P2001-141775A)
(43)公開日　平成13年5月25日(2001.5.25)
審査請求日　平成15年1月21日(2003.1.21)

(73)特許権者　000003078
株式会社東芝
東京都港区芝浦一丁目1番1号
(74)代理人　100064285
弁理士　佐藤　一雄
(74)代理人　100088889
弁理士　橘谷　英俊
(74)代理人　100082991
弁理士　佐藤　泰和
(74)代理人　100108785
弁理士　箱崎　幸雄
(72)発明者　岩　佐　知　恵
神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地　株式会社東芝　マイクロエレクトロニクスセンター

最終頁に続く

(54)【発明の名称】半導体試験装置、半導体試験方法および記録媒体

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
第１の数量のテストベクタを含む測定用データを読込む読込み手段と、
半導体装置に前記テストベクタを入力し、前記半導体装置から出力される電流値を前記テストベクタのアドレスに対応づけて測定する測定手段と、
２つの異なる前記アドレスをアドレス対としてこのアドレス対に対応する２つの前記電流値相互間の電流値変化率を前記アドレス対毎にそれぞれ算出する演算手段と、
良品サンプルに前記第１の数量のテストベクタを入力して得られた第１の電流値変化率に基づいて被試験体である半導体装置の良否を判定する基準となる良否判定基準範囲を決定する決定手段と、
被試験体に前記テストベクタを入力して得られた第２の電流値変化率と前記良否判定基準範囲とを前記アドレス対毎に比較し、この比較結果に基づいて前記被試験体が良品であるか不良品であるかを判定する判定手段と、
を備える半導体試験装置。
【請求項２】
前記決定手段は、複数の良品サンプルについて得られた複数の前記第１の電流値変化率に基づいて前記良否判定基準範囲を決定することを特徴とする請求項１に記載の半導体試験装置。
【請求項３】
前記決定手段は、

不良品サンプルに前記第１の数量のテストベクタを入力して得られた第３の電流値変化率と前記良否判定基準範囲とを前記アドレス対毎に比較し、前記良否判定基準範囲の範囲外となる前記第３の電流値変化率に対応する前記アドレス対を前記第１の数量のテストベクタのアドレス対から抽出して、第１の組合わせのアドレス対群として決定する測定範囲決定手段を含み、

前記測定手段は、前記被試験体に前記第１の組合わせのアドレス対群に対応する前記テストベクタを入力することを特徴とする請求項１または２に記載の半導体試験装置。

【請求項４】

前記測定範囲決定手段は、複数の不良品サンプルについて得られた複数の前記第３の電流値変化率と前記良否判定基準範囲とを前記アドレス対毎に比較し、前記良否判定基準範囲の範囲外となる前記第３の電流値変化率が得られた前記不良品サンプルの数量に応じて前記被試験体に入力すべき第２の組合わせのアドレス対群を前記第１の組合わせのアドレス対群から選出することを特徴とする請求項３に記載の半導体試験装置。

【請求項５】

良品サンプルである第１の半導体装置に第１の数量のテストベクタを入力し、前記良品サンプルから出力される電流値を前記テストベクタのアドレスに対応づけて測定し、第１の電流値として出力する工程と、

２つの異なる前記アドレスをアドレス対としてこのアドレス対に対応する２つの前記第１の電流値相互間の変化率を前記アドレス対毎にそれぞれ算出し、第１の電流値変化率として出力する工程と、

前記第１の電流値変化率に基づいて良否判定の基準となる良否判定基準範囲を前記アドレス対毎に決定する工程と、

被試験体である第２の半導体装置に前記第１の数量のテストベクタを入力して前記第２の半導体装置から出力される電流値を前記アドレスに対応づけて測定し、第２の電流値として出力する工程と、

前記アドレス対に対応する２つの前記第２の電流値相互間の変化率を前記アドレス対毎にそれぞれ算出し、第２の電流値変化率として出力する工程と、

前記第２の電流値変化率と前記良否判定基準範囲とを前記アドレス対毎に比較し、この比較結果に基づいて前記第２の半導体装置が良品であるか不良品であるかを判定する工程と、

を備える半導体試験方法。

【請求項６】

前記第１の半導体装置は、複数の良品サンプルでなり、

前記第１の電流値と前記第１の電流値変化率は、前記良品サンプル毎に出力され、

前記良否判定基準範囲は、複数の前記第１の電流値変化率に基づいて決定されることを特徴とする請求項５に記載の半導体試験方法。

【請求項７】

不良品サンプルである第３の半導体装置に前記第１の数量の前記テストベクタを入力し、前記第３の半導体装置から出力される電流値を前記アドレスに対応づけて測定して第３の電流値として出力する工程と、

前記アドレス対に対応する２つの前記第３の電流値相互間の変化率を前記アドレス対毎にそれぞれ算出し、第３の電流値変化率として出力する工程と、

前記第３の電流値変化率と前記良否判定基準範囲とを前記アドレス対毎に比較し、前記良否判定基準範囲の範囲外となる前記第３の電流値変化率に対応する前記アドレス対を第１の組合わせのアドレス対として前記第１の数量でなる前記アドレスから抽出する工程と、

をさらに備え、

前記第２の電流値を測定する工程は、抽出された前記第１の組合わせのアドレス対に対応する前記テストベクタを前記第２の半導体装置に入力して測定する工程であることを特徴とする請求項５または６に記載の半導体試験方法。

【請求項８】
前記第３の半導体装置は、複数の不良品サンプルでなり、
前記第３の電流値と、前記第３の電流値変化率は、前記不良品サンプル毎に出力され、
複数の前記不良品サンプルについて得られた前記第３の電流値変化率と前記良否判定基準範囲とを前記アドレス対毎に比較する工程と、
前記良否判定基準範囲の範囲外となる前記第３の電流値変化率が得られた前記不良品サンプルの数量に応じて前記第１の組合わせのアドレス対から第２の組合わせのアドレス対を選出する工程と、
をさらに備え、
前記第２の電流値を測定する工程は、前記第２の組合わせのアドレス対に対応する前記テストベクタを前記第２の半導体装置に入力して測定する工程であることを特徴とする請求項７に記載の半導体試験方法。
【請求項９】
テストベクタを含む測定用データを読込む読込み手段と、半導体装置に前記テストベクタを入力し前記半導体装置から出力される電流値を測定する測定手段と、前記電流値に基づいて前記被試験体が良品であるか不良品であるかを判定する判定手段と、を備える半導体テストシステムに用いられ、
良品サンプルである第１の半導体装置に第１の数量のテストベクタを入力し、前記良品サンプルから出力される電流値を前記テストベクタのアドレスに対応づけて測定し、第１の電流値として出力する手順と、
２つの異なる前記アドレスをアドレス対としてこのアドレス対に対応する２つの前記第１の電流値相互間の変化率を前記アドレス対毎にそれぞれ算出し、第１の電流値変化率として出力する手順と、
前記第１の電流値変化率に基づいて良否判定の基準となる良否判定基準範囲を前記アドレス対毎に決定する手順と、
被試験体である第２の半導体装置に前記第１の数量のテストベクタを入力して前記第２の半導体装置から出力される電流値を前記アドレスに対応づけて測定し、第２の電流値として出力する手順と、
前記アドレス対に対応する２つの前記第２の電流値相互間の変化率を前記アドレス対毎にそれぞれ算出し、第２の電流値変化率として出力する手順と、
前記第２の電流値変化率と前記良否判定基準範囲とを前記アドレス対毎に比較し、この比較結果に基づいて前記第２の半導体装置が良品であるか不良品であるかを判定する手順と、
を含む半導体試験方法をコンピュータに実行させるプログラムを記録したコンピュータ読取り可能な記録媒体。
【請求項１０】
前記第１の半導体装置は、複数の良品サンプルでなり、
前記第１の電流値と前記第１の電流値変化率は、前記良品サンプル毎に出力され、
前記良否判定基準範囲は、複数の前記第１の電流値変化率に基づいて決定されることを特徴とする請求項９に記載の記録媒体。
【請求項１１】
前記半導体試験方法は、
不良品サンプルである第３の半導体装置に前記第１の数量の前記テストベクタを入力し、前記第３の半導体装置から出力される電流値を前記アドレスに対応づけて測定して第３の電流値として出力する手順と、
前記アドレス対に対応する２つの前記第３の電流値相互間の変化率を前記アドレス対毎にそれぞれ算出し、第３の電流値変化率として出力する手順と、
前記第３の電流値変化率と前記良否判定基準範囲とを前記アドレス対毎に比較し、前記良否判定基準範囲の範囲外となる前記第３の電流値変化率に対応する前記アドレス対を第１の組合わせのアドレス対として前記第１の数量でなる前記アドレスから抽出する手順と

、をさらに含み、

前記第２の電流値を測定する手順は、抽出された前記第１の組合わせのアドレス対に対応する前記テストベクタを前記第２の半導体装置に入力して測定する手順であることを特徴とする請求項９または１０に記載の記録媒体。

【請求項１２】

前記第３の半導体装置は、複数の不良品サンプルでなり、

前記第３の電流値と前記第３の電流値変化率は、前記不良品サンプル毎に出力され、

前記半導体試験方法は、

複数の前記不良品サンプルについて得られた前記第３の電流値変化率と前記良否判定基準範囲とを前記アドレス対毎に比較する手順と、

前記良否判定基準範囲の範囲外となる前記第３の電流値変化率が得られた前記不良品サンプルの数量に応じて前記第１の組合わせのアドレス対から第２の組合わせのアドレス対を選出する手順と、をさらに含み、

前記第２の電流値を測定する手順は、前記第２の組合わせのアドレス対に対応する前記テストベクタを前記第２の半導体装置に入力して測定する手順であることを特徴とする請求項１１に記載の記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【０００１】

【発明の属する技術分野】

本発明は、半導体の試験装置、試験方法および記録媒体に関し、特に、実装後の半導体装置の静止電源電流を測定してその良否を判定するＩｄｄＱテスト（Idd Quiescent power current test）を対象とする。

【０００２】

【従来の技術】

近年、半導体デバイスの微細化に伴い、１チップ内に膨大な規模の回路が形成されるようになってきている。このように複雑化したデバイスで不良が発生するとこれを検知することは大変困難なことである。特に、故障を検出するためのテストパターンであるテストベクタの作成においては、人手により、または自動テストパターン生成ツール（ＡＴＰＧ）により作成する場合でも、検出率の高いテストベクタを作成することは大変な労力と時間が必要である。既存のテストベクタを使用して、さらに高い故障検出率を得るテスト手法としてＩｄｄＱテストが注目されている。

【０００３】

従来、ＩｄｄＱ測定を行うための測定ポイントは、既存のテストベクタを用いる場合は、回路設計者の判断により回路内で適当と思われる測定ポイントを選択し、これに対応するテストベクタを採用していた。また、最近行われている有効な方法としては、市販のＩｄｄＱ測定ポイント抽出ツールを用いて行っていた。

【０００４】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、近年の複雑化した半導体集積回路において、回路設計者の判断でＩｄｄＱ測定において適当と思われるポイントを選択することは、非常に困難であり、推測により選択した測定ポイントが故障の検出にあたって必ずしも有効なものではなかった。その結果、本来有効な測定ポイントを見逃し、あまり検出効果がない測定ポイントでの測定を行うことに時間が費やされていた。また、市販のＩｄｄＱ測定ポイント抽出ツールを用いるためには、ツールを実行するための環境を整備することが必要である。即ち、まずツールを準備する必要があり、ツールをインストールするためのマシン・ディスクが必要であり、さらに、回路やパターン等の情報をツール実行用のフォーマットに変換する必要があった。このツール実行用のフォーマット変換には特に多くの作業が必要であり、そのための専用ツールを開発する必要すら生じている。この一方、市販のＩｄｄＱ測定ポイント抽出ツールは、コンピュータ上でシミュレーションを実行した結果、有効であると推測した測定ポイントを抽出しているにすぎない。このため、抽出した測定ポイントの全てが実際に

有効であるとは言えない。実際の量産を経た後に問題となる不良品は、現象および不良の原因と考えられる回路部分が限定されることが多い。これに対して、上述したコンピュータシミュレーションにより抽出された測定ポイントは、回路全体を対象とした測定が条件となっているため、既に故障部分が限定された不良品を判別するためには、必要のない測定ポイントか含まれており、ＩｄｄＱ測定において無駄な時間を費やしていた。また、ＩｄｄＱ測定による不良品の判断基準としては電流値が用いられ、ある基準となる電流値を判定基準電流値として、これを超える値のサンプルを不良品として判別し、それ以外は良品と判断していた。このため、故障の現象が電流的傾向（電流値変化率）の異常として現れるサンプルであっても、各測定ポイントにおける電流値が上記判定基準値を超えないものであれば良品と判断され、不良の検出が見逃されていた。

【０００５】

本発明は上記事情に鑑みてなされたものであり、その目的は、故障検出率が高く、かつ、スループットに優れた半導体試験装置、半導体試験方法および記録媒体を提供することにある。

【０００６】

【課題を解決するための手段】

本願発明者は、複数の測定ポイントで測定した電流値についてその測定ポイント間での変化率が良品と不良品とで異なる点に着目し、以下の手段により上記課題の解決を図る半導体試験装置、半導体試験方法および記録媒体を案出した。

【０００７】

即ち、本発明によれば、

第１の数量のテストベクタを含む測定用データを読込む読込み手段と、半導体装置に上記テストベクタを入力し、上記半導体装置から出力される電流値を上記テストベクタのアドレスに対応づけて測定する測定手段と、２つの異なる上記アドレスをアドレス対としてこのアドレス対に対応する２つの上記電流値相互間の電流値変化率を上記アドレス対毎にそれぞれ算出する演算手段と、良品サンプルに上記第１の数量のテストベクタを入力して得られた第１の電流値変化率に基づいて被試験体である半導体装置の良否を判定する基準となる良否判定基準範囲を決定する決定手段と、被試験体に上記テストベクタを入力して得られた第２の電流値変化率と上記良否判定基準範囲とを上記アドレス対毎に比較し、この比較結果に基づいて上記被試験体が良品であるか不良品であるかを判定する判定手段と、を備える半導体試験装置が提供される。

【０００８】

上記半導体試験装置によれば、良品サンプルから得られた第１の電流値変化率に基づいて良否判定基準範囲が決定され、この良否判定基準範囲と被試験体から得られた第２の電流値変化率とを比較するので、従来の試験装置では検出できなかった不良品を検出することができる。

【０００９】

上記決定手段は、複数の良品サンプルについて得られた複数の上記第１の電流値変化率に基づいて上記良否判定基準範囲を決定することが望ましい。

【００１０】

上記決定手段は、複数の上記第１の電流値変化率について上記アドレス対毎に最大値と最小値を抽出し、これに基づいて良品変化率範囲を上記アドレス対毎に決定する。さらに、上記決定手段は、上記良品変化率範囲に所定の誤差を考慮することにより上記良否判定基準範囲を決定する。

【００１１】

また、上記決定手段は、不良品サンプルに上記第１の数量のテストベクタを入力して得られた第３の電流値変化率と上記良否判定基準範囲とを上記アドレス対毎に比較し、上記良否判定基準範囲の範囲外となる上記第３の電流値変化率に対応する上記アドレス対を上記第１の数量のテストベクタのアドレス対から抽出して、第１の組合わせのアドレス対群として決定する測定範囲決定手段を含み、上記測定手段は、上記被試験体に上記第１の組合

わせのアドレス対群に対応する上記テストベクタを入力することが好ましい。

【００１２】

これにより、故障検出の見込みが極めて小さいアドレスを量産用のアドレスから除外することができる。この結果、実質的に有効な測定ポイントに対応するテストベクタを抽出することができる。

【００１３】

上記測定範囲決定手段は、複数の不良品サンプルについて得られた複数の上記第３の電流値変化率と上記良否判定基準範囲とを上記アドレス対毎に比較し、上記良否判定基準範囲の範囲外となる上記第３の電流値変化率が得られた上記不良品サンプルの数量に応じて上記被試験体に入力すべき第２の組合わせのアドレス対群を上記第１の組合わせのアドレス対群から選出するとさらに良い。

【００１４】

これにより、量産テストに用いるテストベクタを検出効率の高い順から選定することができる。この結果、測定ポイントを要求仕様に応じてさらに絞り込むことができる。

【００１５】

また、本発明によれば、

良品サンプルである第１の半導体装置に第１の数量のテストベクタを入力し、上記良品サンプルから出力される電流値を上記テストベクタのアドレスに対応づけて測定し、第１の電流値として出力する工程と、２つの異なる上記アドレスをアドレス対としてこのアドレス対に対応する２つの上記第１の電流値相互間の変化率を上記アドレス対毎にそれぞれ算出し、第１の電流値変化率として出力する工程と、

上記第１の電流値変化率に基づいて良否判定の基準となる良否判定基準範囲を上記アドレス対毎に決定する工程と、被試験体である第２の半導体装置に上記第１の数量のテストベクタを入力して上記第２の半導体装置から出力される電流値を上記アドレスに対応づけて測定し、第２の電流値として出力する工程と、上記アドレス対に対応する２つの上記第２の電流値相互間の変化率を上記アドレス対毎にそれぞれ算出し、第２の電流値変化率として出力する工程と、上記第２の電流値変化率と上記良否判定基準範囲とを上記アドレス対毎に比較し、この比較結果に基づいて上記第２の半導体装置が良品であるか不良品であるかを判定する工程と、を備える半導体試験方法が提供される。

【００１６】

上記半導体試験方法において、上記第１の半導体装置は、複数の良品サンプルでなり、上記第１の電流値と上記第１の電流値変化率は、上記良品サンプル毎に出力され、上記良否判定基準範囲は、複数の上記第１の電流値変化率に基づいて決定されることが望ましい。

【００１７】

また、上記半導体試験方法においては、不良品サンプルである第３の半導体装置に上記第１の数量の上記テストベクタを入力し、上記第３の半導体装置から出力される電流値を上記アドレスに対応づけて測定して第３の電流値として出力する工程と、上記アドレス対に対応する２つの上記第３の電流値相互間の変化率を上記アドレス対毎にそれぞれ算出し、第３の電流値変化率として出力する工程と、

上記第３の電流値変化率と上記良否判定基準範囲とを上記アドレス対毎に比較し、上記良否判定基準範囲の範囲外となる上記第３の電流値変化率に対応する上記アドレス対を第１の組合わせのアドレス対として上記第１の数量でなる上記アドレスから抽出する工程と、さらに備え、上記第２の電流値を測定する工程は、抽出された上記第１の組合わせのアドレス対に対応する上記テストベクタを上記第２の半導体装置に入力して測定する工程であると好適である。

【００１８】

また、上記第３の半導体装置は、複数の不良品サンプルでなり、上記第３の電流値と、上記第３の電流値変化率は、上記不良品サンプル毎に出力され、複数の上記不良品サンプルについて得られた上記第３の電流値変化率と上記良否判定基準範囲とを上記アドレス対毎に比較する工程と、上記良否判定基準範囲の範囲外となる上記第３の電流値変化率が得ら

れた上記不良品サンプルの数量に応じて上記第１の組合わせのアドレス対から第２の組合わせのアドレス対を選出する工程と、をさらに備え、上記第２の電流値を測定する工程は、上記第２の組合わせのアドレス対に対応する上記テストベクタを上記第２の半導体装置に入力して測定する工程であると良い。

【００１９】

また、本発明によれば、

テストベクタを含む測定用データを読込む読込み手段と、半導体装置に上記テストベクタを入力し上記半導体装置から出力される電流値を測定する測定手段と、上記電流値に基づいて上記被試験体が良品であるか不良品であるかを判定する判定手段と、を備える半導体テストシステムに用いられ、良品サンプルである第１の半導体装置に第１の数量のテストベクタを入力し、上記良品サンプルから出力される電流値を上記テストベクタのアドレスに対応づけて測定し、第１の電流値として出力する手順と、２つの異なる上記アドレスをアドレス対としてこのアドレス対に対応する２つの上記第１の電流値相互間の変化率を上記アドレス対毎にそれぞれ算出し、第１の電流値変化率として出力する手順と、上記第１の電流値変化率に基づいて良否判定の基準となる良否判定基準範囲を上記アドレス対毎に決定する手順と、被試験体である第２の半導体装置に上記第１の数量のテストベクタを入力して上記第２の半導体装置から出力される電流値を上記アドレスに対応づけて測定し、第２の電流値として出力する手順と、上記アドレス対に対応する２つの上記第２の電流値相互間の変化率を上記アドレス対毎にそれぞれ算出し、第２の電流値変化率として出力する手順と、上記第２の電流値変化率と上記良否判定基準範囲とを上記アドレス対毎に比較し、この比較結果に基づいて上記第２の半導体装置が良品であるか不良品であるかを判定する手順と、を含む半導体試験方法をコンピュータに実行させるプログラムを記録したコンピュータ読取り可能な記録媒体が提供される。

【００２０】

本発明にかかる記録媒体によれば、汎用のコンピュータを有する半導体試験装置を用いて、スループットに優れかつ従来の試験方法では検出できなかった不良品を検出できる上述の半導体試験方法を実施することができる。

【００２１】

上記半導体試験方法において、上記第１の半導体装置は、複数の良品サンプルでなり、上記第１の電流値と上記第１の電流値変化率は、上記良品サンプル毎に出力され、上記良否判定基準範囲は、複数の上記第１の電流値変化率に基づいて決定されることが望ましい。

【００２２】

また、上記半導体試験方法においては、不良品サンプルである第３の半導体装置に上記第１の数量の上記テストベクタを入力し、上記第３の半導体装置から出力される電流値を上記アドレスに対応づけて測定して第３の電流値として出力する手順と、上記アドレス対に対応する２つの上記第３の電流値相互間の変化率を上記アドレス対毎にそれぞれ算出し、第３の電流値変化率として出力する手順と、上記第３の電流値変化率と上記良否判定基準範囲とを上記アドレス対毎に比較し、上記良否判定基準範囲の範囲外となる上記第３の電流値変化率に対応する上記アドレス対を第１の組合わせのアドレス対として上記第１の数量でなる上記アドレスから抽出する手順と、がさらに含まれ、上記第２の電流値を測定する手順は、抽出された上記第１の組合わせのアドレス対に対応する上記テストベクタを上記第２の半導体装置に入力して測定する手順であると好適である。

【００２３】

また、上記第３の半導体装置は、複数の不良品サンプルでなり、上記第３の電流値と上記第３の電流値変化率は、上記不良品サンプル毎に出力され、上記半導体試験方法には、複数の上記不良品サンプルについて得られた上記第３の電流値変化率と上記良否判定基準範囲とを上記アドレス対毎に比較する手順と、上記良否判定基準範囲の範囲外となる上記第３の電流値変化率が得られた上記不良品サンプルの数量に応じて上記第１の組合わせのアドレス対から第２の組合わせのアドレス対を選出する手順と、がさらに含まれ、上記第２の電流値を測定する手順は、上記第２の組合わせのアドレス対に対応する上記テストベク

タを上記第２の半導体装置に入力して測定する手順であるとさらに良い。
【００２４】
【発明の実施の形態】
以下、本発明の実施形態のいくつかを試験方法、試験装置、および記録媒体の順で詳細に説明する。
【００２５】
（１）半導体試験方法の実施の一形態
本発明にかかる半導体試験方法の実施の一形態について図面を参照しながら説明する。本実施形態の第１の特徴は、異なる測定ポイントで得られた電流値相互間の変化率を半導体装置の良否判定基準として用いることにより故障検出率を向上させる点にある。また本実施形態の第２の特徴は、良品および不良品の各サンプルに対して多数のポイントにわたるＩｄｄＱ測定を行い、得られた測定結果情報を統計的に処理することにより、量産テストに有効な測定ポイントを抽出することにより、量産テストにおいて故障検出の見込みが低い測定ポイントを除外してＩｄｄＱテストのスループットを高める点にある。
【００２６】
まず、本実施形態の試験方法の概略を図１および図２のフローチャートを参照しながら説明する。
【００２７】
まず、図１に示すように、測定に必要なデータを読込む（ステップＳ１０）。測定用データには、既存のテストプログラムやテストベクタデータの他、予め用意した良品サンプルおよび不良品サンプルに関するデータ（サンプル名など）を含む。
【００２８】
続いて、電流値測定装置を用いて上述の良品サンプルと不良品サンプルのそれぞれについて多数の測定ポイント（以下、単に多ポイントという）にわたってＩｄｄＱ測定を行い（ステップＳ２０、Ｓ３０）、各測定ポイントにそれぞれ対応するテストベクタのアドレス毎に測定結果を取得する（ステップＳ。４０、５０）。
【００２９】
次に、これらの測定結果から各サンプル毎に電流値変化率を２つの測定アドレス（以下、アドレス対という）毎に算出し（ステップＳ６０）、良品サンプルの電流値変化率（第１の電流値変化率）と不良品サンプルの電流値変化率（第３の電流値変化率）に分けて抽出する（ステップＳ７０、８０）。
【００３０】
続いて良品サンプルの電流値変化率のデータから良品の電流値変化率の最大値と最小値とを各アドレス対毎に抽出し、これらに基づいて良品として許容できる変化率の範囲（以下、良品変化率範囲という）を取得する（ステップＳ９０）。
【００３１】
次に、各アドレス毎に不良品の電流値変化率を良品変化率範囲と比較し（ステップＳ１００）する。
【００３２】
次に、図２に示すように、比較の結果、良品変化率範囲の範囲外となる電流値変化率に対応するアドレス対を抽出し、故障検出に有効なアドレス対の組合わせ（以下、有効アドレス対という）として取得する（ステップＳ１１０）。
【００３３】
次に、良品変化率範囲に基づいて、抽出した有効アドレス対毎に量産テストにおける良否判定基準となる良否判定基準範囲Ｌを決定する（ステップＳ１２０）。
【００３４】
次に、不良品の電流値変化率と良否判定基準範囲Ｌとを比較して（ステップＳ１３０）、良否判定基準範囲Ｌの範囲外となる電流値変化率が得られた不良品の数量に基づいて上述した有効アドレス対から量産テスト用のアドレス対を要求仕様に応じて選出する（ステップＳ１４０）。

【００３５】
最後は、このようにして得られた量産テスト用アドレス対の情報と良否判定基準範囲Ｌの情報とを用いて量産テストにおけるＩｄｄＱ測定を実施する（ステップＳ１５０）。
【００３６】
上述の手順を図面を参照しながらより具体的に説明する。
【００３７】
まず、一般的なテストベクタの情報を図３を用いて説明する。テストベクタ情報は、テストベクタ（グループ）名５１と、入力パターンである入力信号群と出力パターンである出力信号群でなるテストベクタ５３とを含む。同図（ａ）はテストベクタ名ＡＡＡが与えられたテストベクタ情報の一例を示し、また、同図（ｂ）は、テストベクタ名ＢＢＢが与えられたテストベクタ情報の一例を示す。各テストベクタにはアドレス（ステップまたはサイクルとも呼ばれる）５５が付せられる。
【００３８】
多ポイントで測定する場合、これらのテストベクタのうち、どのアドレスのテストベクタを用いるかについては、ランダムなアドレスで測定しても、また、所定の方法で抽出されたアドレスで測定しても良い。但し、より信頼性の高いデータを取得するために、できる限り多くのポイントで測定するのが望ましいことは勿論である。なお、出力信号群は、ロジックテストにおける期待値の信号であるため、本実施形態では、テストベクタ５３のうち、入力信号群のみを用いる。
【００３９】
このようなテストベクタ（第１の数量のテストベクタ）を用いて取得した測定結果の具体例を図４および図５に示す。図４は３つの良品サンプルＰＡ、ＰＢ、ＰＣについて取得した測定結果を示し、また、図５は３つの不良品サンプルＦＡ、ＦＢ、ＦＣについて取得した測定結果を示す。両図に示すように、多ポイント測定により、各サンプル毎にパターン名（ＰＡＴ）、アドレス番号（ＡＤＲ）、電流値（ＩｄｄＱ）の情報が得られる。
【００４０】
図６は、図４および図５に示す測定結果情報に基づいて、連続するアドレス（アドレス対群）とそれぞれに対応する電流値との関係を視覚的に現したグラフである。同図（ａ）は良品サンプルＰＡ、ＰＢ、ＰＣの電流値と各測定ポイントとの関係、（ｂ）は不良品サンプルＦＡ、ＦＢ、ＦＣの電流値と各測定ポイントとの関係を示す。
【００４１】
同図（ａ）と（ｂ）との対比において明らかなように、同図に示す例においては良品の電流値が安定している区間（パターン名ＡＡＡのＡＤＲ８７～パターン名ＢＢＢのＡＤＲ３０）内で不良品の電流値が不安定となっている部分、即ち、電流値の変化が大きくなっている部分があることが分る。
【００４２】
ここで、本実施形態において特徴的な電流値変化率の考え方の一例を、図７に示す。変化率とは、どのくらい変化するかということであり、本実施形態では、任意のアドレス対の組合わせについて、各アドレスに対応する測定ポイントで取得された電流値をａ，ｂとするとき、電流値変化率Ｃを（ｂ－ａ）／ａまたは（ａ－ｂ）／ｂと定義する。なお、電流値変化率の定義は、同図に示す方法に限ることなく、例えば微分値など、被試験体の種類や要求仕様に応じて決定できるのは勿論である。
【００４３】
図７に示す定義に従って電流値変化率を算出する手順（図１、ステップＳ６０）について図８のフローチャートを参照しながら具体的に説明する。
【００４４】
まず、多ポイントＩｄｄＱ測定（図１、ステップＳ２０およびＳ３０）により得られた各アドレス毎の電流値データに基づいて、アドレス対の組合わせを決定する（ステップＳ６１）。次に、各アドレス対において、各測定アドレスでの電流値データａ，ｂを図７に示す計算式に代入して（ステップＳ６２）、各アドレス対毎に電流値変化率Ｃを取得する（

ステップＳ６３）。

【００４５】

次に、良品変化率範囲の算出方法（図１、ステップＳ９０）を説明する。

【００４６】

図９は、図４に示す良品サンプルにおける電流値変化率を各アドレス対毎に示す説明図である。同図の基準範囲の欄に示すように、３つの良品サンプルＰＡ、ＰＢ、ＰＣにおいて同一のアドレス対に対応する電流値変化率のうち、最小値をＣｓ、最大値をＣｌとすると、任意のアドレス対における良品変化率範囲C_Pは、Ｃｓ＜C_P＜Ｃｌとなる。

【００４７】

ここで、不良品サンプルの電流値変化率のうち、この良品変化率範囲C_P内に属する電流値変化率に対応するアドレス対については、量産テストにおいて故障を検出する可能性が極めて小さいものと判断できる。

【００４８】

そこで、良品変化率範囲C_Pと不良品サンプルの電流値変化率とを各アドレス対毎に比較し（図１、ステップＳ１００）、不良品の電流値変化率のうち、良品変化率範囲C_P内に属さないものに対応するアドレス対（第１の組合わせのアドレス対）を抽出することにより（図２ステップＳ１１０）、故障検出が見込める有効アドレス対を選定することができる。

【００４９】

このようにして有効アドレス対を選定した後は、選定されたアドレス対のそれぞれについて量産テストに用いる良否判定基準範囲Ｌを決定する（図２、ステップＳ１２０）。

【００５０】

図１０に良品判定基準範囲Ｌの一定義例を示す。量産テストは一般に誤差を考慮して実施するため、図１０に示す例においては、図９の電流値変化率を用いて算出した良品変化率範囲C_Pに誤差αを考慮して定義する。誤差αは、本実施形態では（最大値Ｃｌ－最小値Ｃｓ）／２とする。

【００５１】

さらに、本実施形態によれば、このように定義した良否判定基準範囲Ｌと不良品サンプルの電流値変化率とを比較することにより、量産テストにおける測定ポイントを要求仕様に応じてさらに絞り込むこともできる。

【００５２】

図１１は、図９に示す良品サンプルの各アドレス対に対応して図５に示す不良品サンプルの電流値の変化率を算出した結果を含む説明図である。同図においては、算出された不良品の電流値変化率を良否判定基準範囲Ｌとの比較で示している。

【００５３】

同図に示す例においては、ＰＡＴ＝ＡＡＡでのアドレス対２１，４３間、ＰＡＴ＝ＢＢＢでのアドレス対２８，３０間における電流値変化率は、いずれも良否判定基準範囲Ｌ内に含まれるため、これらのアドレス対で量産テストを実施しても故障の検出が見込めないことが分る。従って、これらのアドレス対は、上述した第１の組合わせのアドレス対には含まれない。

【００５４】

この一方、ＰＡＴ＝ＡＡＡでのアドレス対１０９，１１１間、ＰＡＴ＝ＡＡＡのアドレス１１３とＰＡＴ＝ＢＢＢのアドレス１７とのアドレス対間、ＰＡＴ＝ＢＢＢでのアドレス対１７，１９間、アドレス対２１，２４間、アドレス対２４，２６間、ＰＡＴ＝ＣＣＣでのアドレス対３６，３７間、アドレス対３７，４９間における電流値変化率は、いずれも不良品１サンプルが良否判定基準範囲Ｌの範囲外となり、従って、これらのアドレス対によれば、１つの不良品サンプルに対応する不良品を検出することが期待できる。

【００５５】

また、ＰＡＴ＝ＡＡＡでのアドレス対４３，６５間、６５，８７間、８７，１０９間、１１１，１１３間、ＰＡＴ＝ＢＢＢでのアドレス対２６，２８間、ＰＡＴ＝ＢＢＢのアドレ

ス３０とＰＡＴ＝ＣＣＣのアドレス３３とのアドレス対間、ＰＡＴ＝ＣＣＣでのアドレス対３３，３６間における電流値変化率は、それぞれ不良品２サンプルが良否判定基準範囲Ｌの範囲外となる。このことから、これらのアドレス対によれば、２つの不良品サンプルに対応する不良品を検出することが期待できる。

【００５６】

さらに、ＰＡＴ＝ＢＢＢ１９，２１間の電流値変化率は、不良品３サンプルが全て良否判定基準範囲Ｌの範囲外となるので、この１対のアドレス対で３つの不良品サンプルに対応する不良品の検出が見込め、このアドレス対を用いた量産テストが最も効率的であることが分る。

【００５７】

このように、アドレス対の組合わせに応じて不良品を検出できる可能性が異なるため、要求仕様に応じてアドレス対（第３の組合わせのアドレス対）を選択した上で上述の良否判定基準範囲Ｌの情報を用いて量産テストでのＩｄｄＱ測定を実施すれば（図２、ステップＳ１３０）、電流値を判定基準とした従来のＩｄｄＱ測定による試験方法では検出できなかった不良品を高いスループットで検出できる。これにより従来検出できなかった故障を解析することが可能になり、設計部門、プロセス部門に対してより迅速にフィードバックできる。この結果、不良原因解明のための解析効率を向上させ、不具合に対する早期改善を図ることができる。

【００５８】

さらに、測定に用いるテストベクタのアドレス対は、適宜組合わせることができるので、試験に要する時間を要求仕様に応じて柔軟に調整することができる。

【００５９】

（２）半導体試験装置の実施の一形態

次に、本発明にかかる半導体試験装置の実施の一形態について図面を参照しながら説明する。

【００６０】

図１２は、本実施形態の半導体試験装置の概略構成を示すブロック図である。同図に示す半導体試験装置１は、データ読込み部１０と、決定手段である測定ポイント決定部２０と、ＩｄｄＱ測定部３０と、結果表示部４０とを備え、上述した本発明にかかる半導体試験方法に従って動作する。

【００６１】

データ読込み部１０は、テストプログラム、テストベクタ、並びに、良品および不良品サンプルに関するデータを読込んで測定ポイント決定部２０に供給する。

【００６２】

図１３は、測定ポイント決定部２０の詳細な構成を示すブロック図である。同図に示すように、測定ポイント決定部２０は、データ取得部２４、テスタ２２、メモリ２５、電流値変化率算出部２６、基準範囲決定部２７、データ比較部２８および、測定範囲決定手段である測定ポイント群決定部２９を含む。

【００６３】

データ取得部２４は、データ読込み部１０からテストプログラム、テストベクタデータ等の供給を受け、これらのデータに基づいてテスタ２２が予め準備された良品サンプルおよび不良品サンプルに対して多ポイントでのＩｄｄＱ測定を実行する。測定結果である電流値は、各テストベクタのアドレスと対応づけられてメモリ２５に格納される。電流値変化率算出部２６は、メモリ２５から電流値およびテストベクタアドレスなどのデータを引出して各アドレス対毎に電流値変化率を良品および不良品のそれぞれについて算出し、良品サンプルの算出結果を基準範囲決定部２７に供給し、また、不良品サンプルの算出結果をデータ比較部２８に供給する。

【００６４】

基準範囲決定部２７は、電流値変化率算出部２６から良品の電流値変化率の算出結果を受けて良品変化率範囲$Ｃ_{Ｐ}$と良否判定基準範囲Ｌを算出し、データ比較部２８に供給する。

【００６５】
データ比較部２８は、電流値変化率算出部２６から供給された不良品サンプルの電流値変化率と、基準範囲決定部２７から供給された良否判定基準範囲Ｌとを各アドレス対毎に相互に比較し、良否判定基準範囲Ｌの範囲外となる電流値変化率が得られた不良品サンプルのサンプル名とそのときのテストベクタのアドレス対とを測定ポイント群決定部２９に供給する。
【００６６】
測定ポイント群決定部２９は、データ比較部２８から供給されたデータに基づいて、良否判定基準範囲Ｌの範囲外となる不良品サンプルがより多くなるアドレス対を予め設定された被試験体の要求仕様に応じて検索し、量産テスト用のアドレス対群（第１または第２の組合わせのアドレス対）として抽出し、この量産テスト用アドレス対群を良否判定基準範囲Ｌとともに出力する。
【００６７】
図１２に戻り、ＩｄｄＱ測定部３０は、量産テスタ３２とデータ取得部３４と良否判定部３６とを含む。
【００６８】
データ取得部３４は、測定ポイント決定部２０から量産テスト用アドレス対群および良否判定基準範囲Ｌのデータの供給を受け、量産テスタ３２および良否判定部３６に量産テスト用アドレス対群を供給し、また、良否判定部３６に良否判定基準範囲Ｌのデータを供給する。
【００６９】
量産テスタ３２は、データ取得部３４から供給された量産テスト用アドレス対群のデータに基づいて、量産された被試験体のＩｄｄＱ測定を実行し、測定結果をデータ取得部３４に供給する。データ取得部３４はまた演算手段をも構成し、量産テスタ３２によるＩｄｄＱ測定の結果から被試験体毎に各アドレス対に対応して電流値変化率（第２の電流値変化率）を算出し、算出結果を良否判定部３６に供給する。
【００７０】
良否判定部３６は、データ取得部３４から供給された電流値変化率のデータと良否判定基準範囲Ｌのデータに基づいて各被試験体について良否を判定し、被試験体から得られた電流値変化率のうち、良否判定基準範囲Ｌの範囲外となる電流値変化率がある場合に、その被試験体を不良品と判別する。不良品でない場合は、次の被試験体の試験に進む。
【００７１】
結果表示部４０は、良否判定部３６から受けた判定結果を図示しないＣＲＴ（Cathode Ray Tube）などに表示する。
【００７２】
（３）記録媒体
（１）において前述した実施形態の半導体試験方法の一連の手順は、コンピュータに実行させるプログラムとしてフロッピーディスクやＣＤ－ＲＯＭ等の記録媒体に収納し、コンピュータに読込ませて実行させても良い。これにより、本発明にかかる半導体試験方法をワークステーション等の汎用コンピュータを備える試験装置を用いて実現することができる。記録媒体は、磁気ディスクや光ディスク等の携帯可能なものに限定されず、ハードディスク装置やメモリなどの固定型の記録媒体でも良い。また、前述した半導体試験方法の一連の手順を組込んだプログラムをインターネット等の通信回線（無線通信を含む）を介して頒布しても良い。さらに、前述した半導体試験方法の一連の手順を組込んだプログラムを暗号化したり、変調をかけたり、圧縮した状態で、インターネット等の有線回線や無線回線を介して、あるいは記録媒体に収納して頒布しても良い。
【００７３】
【発明の効果】
以上詳述したとおり、本発明は、以下の効果を奏する。
【００７４】

即ち、本発明にかかる半導体試験装置によれば、良品サンプルから得られた第１の電流値変化率に基づいて良否判定基準範囲を決定する決定手段と、被試験体から得られた第２の電流値変化率と上記良否判定基準範囲とをアドレス対毎に比較する判定手段とを備えるので、従来の試験装置では検出できなかった不良品を優れたスループットで検出することができる。

【００７５】

また、本発明にかかる半導体試験方法によれば、良品サンプルから得られた第１の電流値変化率に基づいて良否判定基準範囲をアドレス対毎に決定する工程と、被試験体から得られた第２の電流値変化率と上記良否判定基準範囲とを上記アドレス対毎に比較する工程とを備えるので、電流値を判定基準とした従来のＩｄｄＱ測定による試験方法では検出できなかった不良品を高いスループットで検出することができる。これにより、不良原因解明のための解析効率を向上させ、不具合に対する早期改善を図ることができる。また、量産テスト用のアドレス対は適宜組合わせることができるので、試験に要する時間を要求仕様に応じて柔軟に調整することができる。

【００７６】

また、本発明にかかる記録媒体によれば、上述した効果を奏する半導体試験方法を汎用のコンピュータを有する半導体試験装置を用いて実施することができる。

【図面の簡単な説明】

【図１】本発明にかかる半導体試験方法の実施の一形態を説明するフローチャートである。

【図２】本発明にかかる半導体試験方法の実施の一形態を説明するフローチャートである。

【図３】テストベクタの一例の説明図である。

【図４】図１および図２に示す方法により多ポイントにわたって良品サンプルをＩｄｄＱ測定した結果を示す説明図である。

【図５】図１および図２に示す方法により多ポイントにわたって不良品サンプルをＩｄｄＱ測定した結果を示す説明図である。

【図６】多ポイントにわたるＩｄｄＱ測定により得られた電流値と測定ポイントとの関係を示す説明図である。

【図７】電流値変化率の一定義例を示す説明図である。

【図８】電流値変化率の算出方法を示すフローチャートである。

【図９】良品の電流値変化率の一例を示す説明図である。

【図１０】良否判定基準範囲の一定義例を示す説明図である。

【図１１】不良品の電流値変化率の一例を示す説明図である。

【図１２】本発明にかかる半導体試験装置の実施の一形態の概略構成を示すブロック図である。

【図１３】図１２に示す半導体試験装置の測定ポイント決定部の具体的構成を示すブロック図である。

【符号の説明】

１　半導体試験装置

１０　データ読込み部

２０　測定ポイント決定部

２２　テスタ

２４，３４　データ取得部

２５　メモリ

２６　電流値変化率算出部

２７　基準範囲決定部

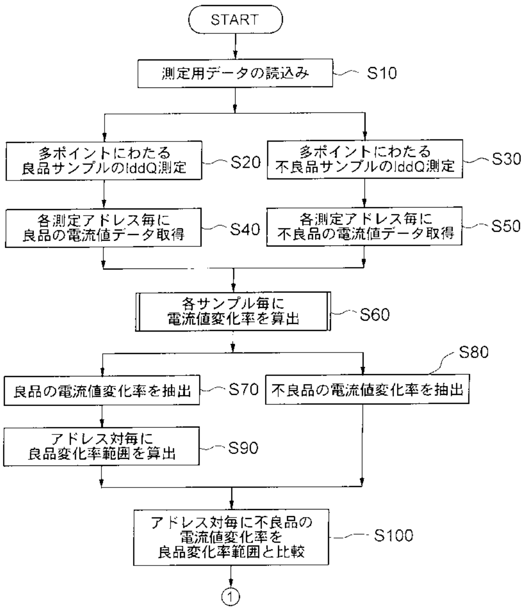
２８　データ比較部

２９　測定ポイント群決定部

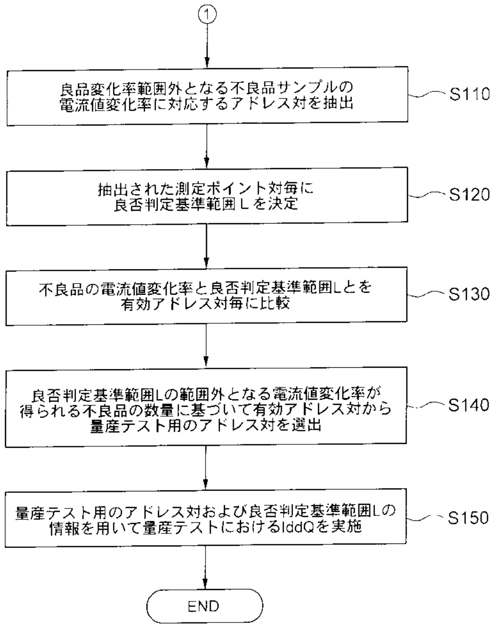
３０　ＩｄｄＱ測定部

３２　量産テスタ
３６　良否判定部
４０　結果表示部

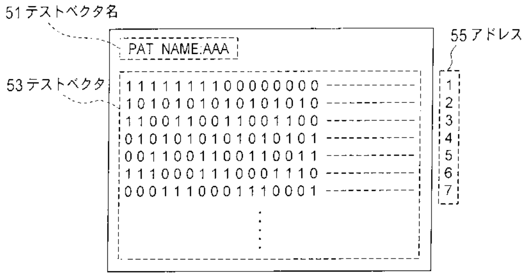
【図１】



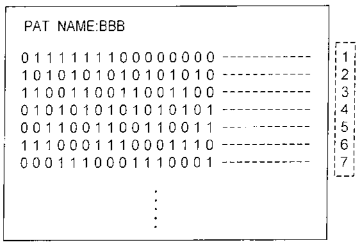
【図２】



【図３】

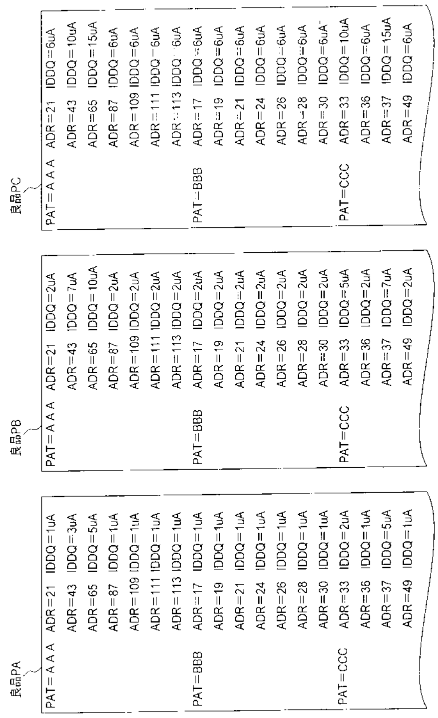


(a)

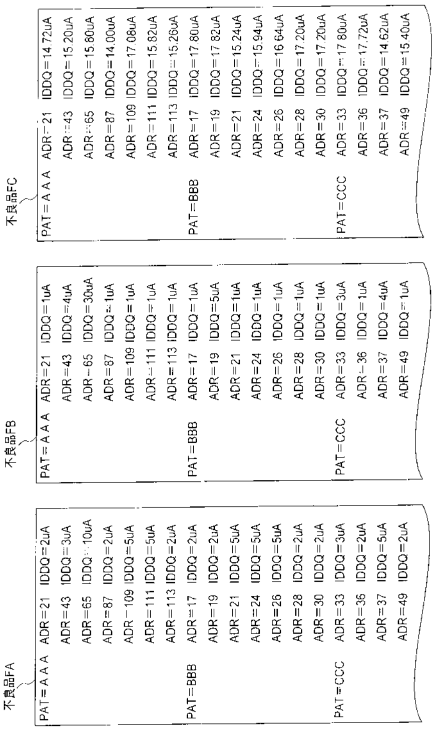


(b)

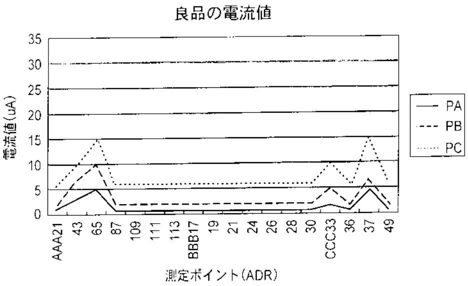
【図４】



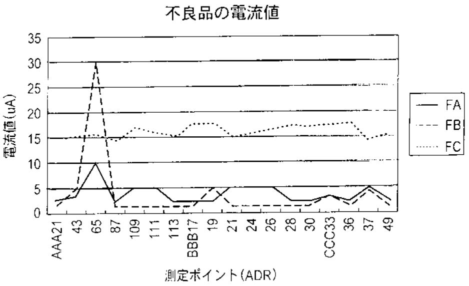
【図５】



【図６】



(a)



(b)

【図7】

電流値変化率Cの一定義例

b>aの場合

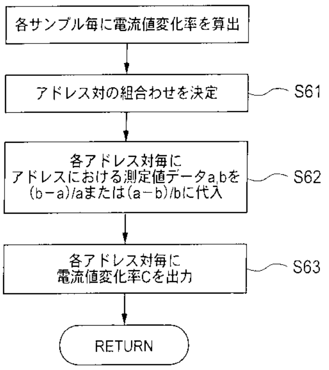
$$C=\frac{b-a}{a}$$

a>bの場合

$$C=\frac{b-a}{b}$$

a:変化前の電流値
b:変化後の電流値

【図8】



【図9】

良品の各測定ポイントにおける電流値変化率の一例

連続する2測定ポイントの組み合わせ(アドレス対)		変化率			基準範囲				
		PA	PB	PC	最小値Cs	最大値C1	α	Cs-α	C1+α
PAT=AAA	ADR=21,43	2	2.5	0.7	0.7	2.5	0.9	-0.2	3.4
	ADR=43,65	0.7	0.4	0.5	0.4	0.7	0.15	0.25	0.85
	ADR=65,87	-4	-4	-1.5	-4	-1.5	1.25	-5.25	-0.25
	ADR=87,109	0	0	0	0	0	0	0	0
	ADR=109,111	0	0	0	0	0	0	0	0
	ADR=111,113	0	0	0	0	0	0	0	0
	ADR=113,PAT=BBB ADR=17	0	0	0	0	0	0	0	0
PAT=BBB	ADR=17,19	0	0	0	0	0	0	0	0
	ADR=19,21	0	0	0	0	0	0	0	0
	ADR=21,24	0	0	0	0	0	0	0	0
	ADR=24,26	0	0	0	0	0	0	0	0
	ADR=26,28	0	0	0	0	0	0	0	0
	ADR=28,30	0	0	0	0	0	0	0	0
	ADR=30,PAT=CCC ADR=33	1	1.5	0.7	0.7	1.5	0.4	0.3	1.9
PAT=CCC	ADR=33,36	−1	−1.5	−0.7	−1.5	−0.7	0.4	−1.9	−0.3
	ADR=36,37	4	2.5	1.5	1.5	4	1.25	0.25	5.25
	ADR=37,49	−4	−2.5	−1.5	-4	−1.5	1.25	-5.25	-0.25

α:(最大値−最小値)/2

【図10】

基準変化率Lの範囲

$$Cs-\alpha < L < C1+\alpha$$

Cs:良品サンプルについての電流値変化率の最小値
C1:良品サンプルについての電流値変化率の最大値
α:誤差(=(C1−Cs)/2)

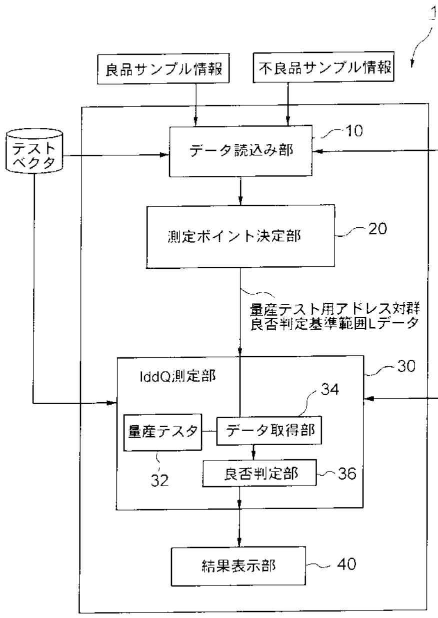
【図11】

不良品の各測定ポイントにおける電流値変化率の一例

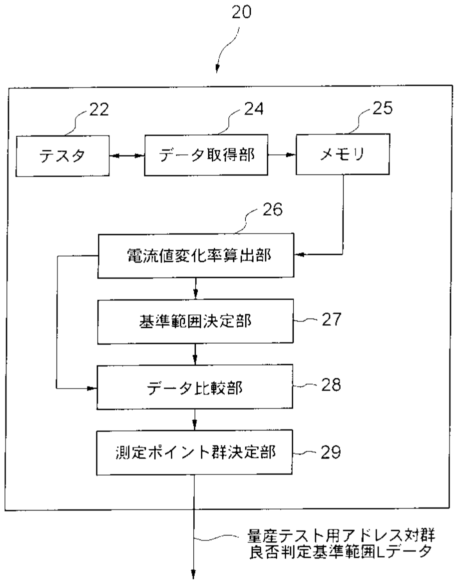
連続する2測定ポイントの組み合わせ(アドレス対)		変化率C/判定基準範囲L(Cs−α＜L＜C1+α)との関係						判定基準範囲L	
		FA	範囲外	FB	範囲外	FC	範囲外	Cs-α	C1+α
PAT=AAA	ADR=21,43	0.5		3		0.03		-0.2	3.4
	ADR=43,65	2.3	＞L	14	＞L	0.04		0.25	0.85
	ADR=65,87	-4		-60	＜L	-0.13	＞L	−5.25	−0.25
	ADR=87,109	1.5	＞L	0		0.22	＞L	0	0
	ADR=109,111	0		0		0.08	＞L	0	0
	ADR=111,113	-1.5	＜L	0		0.04	＞L	0	0
	ADR=113,PAT=BBB ADR=17	0		0		0.17	＞L	0	0
PAT=BBB	ADR=17,19	0		4	＞L	0		0	0
	ADR=19,21	1.5	＞L	-4	＜L	-0.17	＜L	0	0
	ADR=21,24	0		0		0.05	＞L	0	0
	ADR=24,26	0		0		0.04	＞L	0	0
	ADR=26,28	-1.5	＜L	0		0.03	＞L	0	0
	ADR=28,30	0		0		0		0	0
	ADR=30,PAT=CCC ADR=33	0.5		2	＞L	0.03	＜L	0.3	1.9
PAT=CCC	ADR=33,36	-0.5		−2	＜L	0	＞L	−1.9	−0.5
	ADR=36,37	1.5		3		-0.21	＜L	0.25	5.25
	ADR=37,49	-1.5		−3		0.05	＞L	-5.25	-0.25

Cs:最小値,C1:最大値,α=(C1−Cs)/2

【図１２】


1
良品サンプル情報
不良品サンプル情報
テスト
ベクタ
データ読込み部
10
テスト
プログラム
測定ポイント決定部
20
量産テスト用アドレス対群
良否判定基準範囲Lデータ
IddQ測定部
30
34
量産テスタ
データ取得部
良否判定部
36
32
結果表示部
40

【図１３】


20
22
24
25
テスタ
データ取得部
メモリ
26
電流値変化率算出部
基準範囲決定部
27
データ比較部
28
測定ポイント群決定部
29
量産テスト用アドレス対群
良否判定基準範囲Lデータ

フロントページの続き

審査官　武田　知晋

(56)参考文献　特開平０６－１８１２４７（ＪＰ，Ａ）
特開平１０－０３８９８３（ＪＰ，Ａ）
特開平０６－１１８１３１（ＪＰ，Ａ）
特開平０９－２１２３８３（ＪＰ，Ａ）
特開平０１－１１４７７０（ＪＰ，Ａ）
特開２０００－２０６１７４（ＪＰ，Ａ）
特開２０００－０８８９１４（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.^{7}，ＤＢ名)
G01R 31/26