

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5473125号
(P5473125)

(45) 発行日 平成26年4月16日(2014.4.16)

(24) 登録日 平成26年2月14日(2014.2.14)

(51) Int.Cl.

F 1

G 11 B 5/455 (2006.01)
G 11 B 5/31 (2006.01)G 11 B 5/455
G 11 B 5/31D
M

請求項の数 6 (全 24 頁)

(21) 出願番号	特願2009-279575 (P2009-279575)
(22) 出願日	平成21年12月9日 (2009.12.9)
(65) 公開番号	特開2011-123935 (P2011-123935A)
(43) 公開日	平成23年6月23日 (2011.6.23)
審査請求日	平成24年7月30日 (2012.7.30)

(73) 特許権者	503116280 エイチジーエスティーネザーランドビーブ イ オランダ国 1101 シーエム アムス テルダム, ルナ アレナ, ヘリケルベルグ ヴェヘ 238
(74) 代理人	110000350 ポレール特許業務法人
(72) 発明者	小野 真 神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株式会社日立製作所 生産技術研究所内
(72) 発明者	上田 文臣 神奈川県小田原市国府津2880番地 株 式会社日立グローバルストレージテクノロ ジーズ内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】磁気ヘッドの製造方法と磁気記録装置の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

磁気記録装置に組み込む磁気ヘッドの製造方法において、複数の磁気ヘッドを第1の被試験ヘッドと無試験候補ヘッドに分類する第1の分類ステップと、該第1の被試験ヘッドに分類された磁気ヘッドの特性値を測定し選別する第1の試験ステップと、

該第1の試験ステップで測定した前記第1の被試験ヘッドの特性値から、前記第1の分類ステップで無試験候補ヘッドに分類された磁気ヘッドの特性値を予測する予測ステップと、

該予測ステップで予測した磁気ヘッドの特性値を用いて、前記第1の分類ステップで分類された複数の無試験候補ヘッドを無試験ヘッドと第2の被試験ヘッドに分類する第2の分類ステップと、

該第2の被試験ヘッドの特性値を測定し選別する第2の試験ステップと、

を有することを特徴とする磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 2】

前記第2の分類ステップにおいて、

前記第1および第2の試験ステップで選別に用いる規格値とは異なる予測用規格値を用いて、前記無試験ヘッドと前記第2の被試験ヘッドとに分類することを特徴とする請求項1記載の磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 3】

前記予測ステップにおいて、前記磁気ヘッドの複数が直列配列されたローバー内で測定された前記第1の被試験ヘッドの特性値と前記ローバー内の他の特性値のそれぞれを用いて補間することで、前記無試験候補ヘッドの特性値を予測することを特徴とする請求項1記載の磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 4】

前記予測ステップにおいて、前記磁気ヘッドの複数が直列配列されたローバー内の前記第1の被試験ヘッドの特性値と、過去に製造された磁気ヘッドの特性値のプロファイルを用いてローバー内の同じ位置に対応する特性値同士の差分に基づいて、前記無試験候補ヘッドの特性値を予測することを特徴とする請求項1記載の磁気ヘッドの製造方法。 10

【請求項 5】

前記被試験ヘッドの特性値に、被試験部品であることを示すフラグ情報が付され、前記被試験ヘッドの特性値から予測した無試験部品の特性値に、無試験部品であることを示すフラグ情報が付され、

前記被試験部品および無試験部品の特性値とそれぞれの部品に対応したフラグ情報が前記複数の磁気ヘッドの各々に付された通し番号を検索キーにして読み出されることを特徴とする請求項1記載の磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 6】

磁気ヘッドを磁気記録装置に組み込む磁気記録装置の製造方法において、
前記磁気ヘッドを形成する基板を準備する工程と、
前記準備した基板を加工して前記磁気ヘッドを前記基板上に形成する加工工程と、
前記磁気ヘッドを磁気記録装置に組み付ける組立工程とを備え、
前記組立工程において、
前記磁気ヘッドを試験し得られた被試験ヘッドの特性値から前記磁気ヘッドの試験を行わない無試験ヘッドの特性値を予測し、該予測した特性値に基づいて前記無試験ヘッドを分類する分類ステップと、

該分類ステップで分類した前記無試験ヘッドを、組合セルールに従って、前記磁気記録装置に組み付ける組立ステップと、

該組立ステップで組み立てた前記磁気記録装置の性能を測定し、選別する試験ステップと、
を有することを特徴とする磁気記録装置の製造方法。 30

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は記録(Write)素子と再生(Read)素子を備えた磁気ヘッドを低成本で製造する方法に関する。また、低成本で製造された磁気ヘッドを組み込む磁気記録装置の製造方法に関する。

【背景技術】**【0002】**

近年、磁気記録装置の面記録密度は、高密度化し、それを実現する磁気ヘッドを選別するためには、高額な試験装置(テスタ)を多数台、購入して、活用しなければならない。一方、磁気記録装置の単価は下落し、製造コストの低減が磁気記録装置のメーカーにとって解決しなければならない重要な課題になっている。 40

【0003】

そこで、発明者らは、従来、磁気ヘッドを磁気ヘッド製造工場から磁気記録装置の組立工場に運ぶ前の選別試験を、全数試験からサンプリング試験に変更し、磁気ヘッド用の試験装置の台数を減らすことで、製造コストを低減することを検討した。

【0004】

同様な課題は、磁気ヘッドの製造工場のみならず、半導体の製造工場でも存在する。例えば、特許文献1には、半導体チップの試験時間を低減するために、ウエハ面内に形成さ 50

れる全チップを試験するのではなく、予め定めた位置に形成されたチップだけをサンプリングで試験し、その試験結果によって、他のチップを試験するかどうかを決定する。その判断基準として、ウエハ毎の歩留りを用い、歩留りが高いウエハは、サンプリング試験の結果だけを信じて出荷する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開平8-274139号公報

【特許文献2】特開2009-205774号公報

【特許文献3】特開2009-211758号公報

10

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

特許文献1は、歩留りの高いウエハはサンプリング試験の結果だけを信じて、同じウエハ面内に形成された半導体チップを良品と仮定して出荷する。しかし、出荷されたチップの中に不良品がかなりの数量、混入することは避けられない。

【0007】

磁気ヘッドをサンプリング試験にした場合、磁気ヘッドの製造工場と磁気記録装置の組立工場の間では、組立工場に運ばれる磁気ヘッドの中に、不良品が混入する割合を定量化して、不良品が混入する割合に基づいて、磁気ヘッドの単価を取り決める必要がある。不良品が混入する割合が高ければ、組み立てた磁気記録装置の不良率が上昇し、磁気記録装置の製造コストが上昇する。一方、磁気ヘッドをサンプリング試験にすることで、全数試験の場合より磁気ヘッドの製造コストを低減でき、磁気ヘッドの単価を低減できる。このようなトレードオフの関係を適切な状態に管理するためには、不良品が混入する割合を可能な限り低減するとともに、その割合を適切な値に調整する必要がある。

20

【0008】

また、磁気ヘッドをサンプリングで試験した場合、特許文献2や特許文献3に記載されているような磁気ヘッドの試験結果をフィードフォワードして磁気記録装置の製造プロセスを制御技術が活用できなくなる課題がある。

【0009】

30

そこで、本発明の目的は、上記の状況において、不良品が混入する割合を低減し、かつその割合を調整できるサンプリング試験の方法を提供する。

【0010】

また、サンプリング試験を行う場合においても、すべての磁気ヘッドの試験結果を予測し、特許文献2や特許文献3の磁気記録装置の製造方法を活用できる方法を提供する。

【課題を解決するための手段】

【0011】

上記課題を解決するために、本発明の請求項1の磁気ヘッドの製造方法は、複数の磁気ヘッドを第1の被試験ヘッドと無試験候補ヘッドに分類する第1の分類ステップと、該第1の被試験ヘッドに分類された磁気ヘッドの特性値を測定し選別する第1の試験ステップと、該第1の試験ステップで測定した第1の被試験ヘッドの特性値から、第1の分類ステップで無試験候補ヘッドに分類された磁気ヘッドの特性値を予測する予測ステップと、該予測ステップで予測した磁気ヘッドの特性値を用いて、第1の分類ステップで分類された複数の無試験候補ヘッドを無試験ヘッドと第2の被試験ヘッドに分類する第2の分類ステップと、該第2の被試験ヘッドの特性値を測定し選別する第2の試験ステップとを有することを特徴とする。

40

【発明の効果】

【0012】

本発明に係る磁気ヘッドの製造方法を適用することで、サンプリング試験であっても不良品が混入して組立工場に運ばれる割合を低く抑えることができ、試験装置への設備投資

50

を低減できる。また、不良品が混入して組立工場に運ばれる割合を調整することができる。また、サンプリング試験の状況においても、磁気ヘッドの試験結果を用いた磁気記録装置の製造技術を活用でき、磁気記録装置の不良率を低く抑えることができる。また、本発明を量産工場に適用することで、例えば、年末など他の季節より需要が増加するときに、従来の全数試験では、高額な試験装置の台数がボトルネックとなり、需要に見合った供給ができなかった課題を解決でき、機会損失を回避できる。

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】磁気ヘッドの試験手順の一例を示す図。

10

【図2】磁気記録装置の概略の一例を示す図。

【図3】磁気記録装置の概略の一例を示す図。

【図4】磁気ヘッドの概略の一例を示す図。

【図5】磁気記録装置の製造工程の概略の一例を示す図。

【図6】ウエハの概略の一例を示す図。

【図7】ローバーの概略の一例を示す図。

【図8】分類ステップS300の手順を示す図。

【図9】予測ステップS600の手順を示す図。

【図10】分類ステップS500ないしはS501の手順を示す図。

【図11】分類ステップS700の手順を示す図。

20

【図12】静的電磁気試験の規格値の一例を示す図。

【図13】サンプリング・ルールの一例を示す図。

【図14】動的電磁気試験の規格値の一例を示す図。

【図15】予測値用の規格値の一例を示す図。

【図16】磁気ヘッド特性テーブルの一例を示す図。

【図17】磁気ヘッド特性テーブルの一例を示す図。

【図18】磁気ヘッド特性テーブルの一例を示す図。

【図19】磁気ヘッド特性テーブルの一例を示す図。

【図20】磁気ヘッド特性テーブルの一例を示す図。

【図21】記録素子の特性値を説明する波形信号の一例を示す図。

30

【図22】静的電磁気試験装置の一例を示す図。

【図23】動的電磁気試験装置の一例を示す図。

【図24】ハードウェア構成の一例を示す図。

【図25】同じローバー上の隣接ヘッドの記録素子の特性値を比較したグラフの一例を示す図。

【図26】同じローバー上の隣接ヘッドの再生素子の特性値を比較したグラフの一例を示す図。

【図27】予測用規格値と第1サンプリング率に対する不良ヘッドの混入率の一例を示す図。

【図28】予測用規格値と第1サンプリング率に対する総合サンプリング率の一例を示す図。

40

【図29】総合サンプリング率を固定したときの不良ヘッドの混入率の一例を示す図。

【図30】不良ヘッドの混入率を固定したときの総合サンプリング率の一例を示す図。

【図31】予測用プロファイルの一例を示す図。

【図32】試験結果データベースのテーブルの一例を示す図。

【図33】磁気ヘッドの組合せの一例を示す図。

【図34】半導体の試験手順の一例を示す図。

【発明を実施するための形態】

【0014】

まず、本発明が係る磁気記録装置や磁気ヘッド、また、それらの製造方法について、概略を説明する。

50

【0015】

図2は、磁気記録装置の概略を示す一例であり、磁気記録装置の筐体の蓋を開け、上方から見た平面図である。ロータリーアクチュエータ82に支持されたサスペンションアーム81の先端に磁気ヘッド70が固定されている。磁気ヘッド70の端部にある記録(Write)素子と再生(Read)素子によって、スピンドルモータ85で回転する磁気ディスク84に情報を書き込んだり、読み出したりする。磁気ヘッド70、サスペンションアーム81、ロータリーアクチュエータ82をまとめて、ヘッド・スタック・アセンブリ83と呼ぶ。

【0016】

図3は、磁気記録装置の概略を示す一例であり、磁気記録装置を側面から見た図である。ヘッド・スタック・アセンブリ83は、磁気記録装置の記憶容量に応じて、1個ないしは複数の磁気ヘッド70とサスペンションアーム81の対を備え、図示した例では、1個のロータリーアクチュエータ82に、4個の磁気ヘッドと4個のサスペンションアームを備えている。また、磁気記録装置は、1枚ないしは複数の磁気ディスク84を備え、図示した例では、2枚の磁気ディスクを備えて、両面に情報を記録する。

10

【0017】

図4は、磁気ヘッドの概略を示す一例である。磁気ヘッド70は、スライダと呼ばれることがある。磁気ヘッド70は、浮上面71にレール72および73を備え、回転する磁気ディスク84に接近した際、空気流入端74から空気流出端75への気流によって、浮上することができる。空気流出端に記録(Write)素子76と再生(Read)素子77を備え、記録素子や再生素子との情報の入出力を行うために電極78を設けている。

20

【0018】

図5は、磁気ヘッド70と磁気ディスク84のそれぞれの製造工程から、磁気記録装置の組立工程までを含む製造工程の概略を示す一例である。ステップS101では、ウエハと呼ばれる基板に、塗布、露光、現像、エッチング、膜付けなどを繰り返す薄膜プロセスで再生素子と記録素子の対を多数個形成する。ステップS102では、ウエハをローバーと呼ばれる棒状にスライシングし、ローバー単位に浮上面71を研磨加工によって形成する。

【0019】

次に、レール72および73を薄膜プロセスと同様に、塗布、露光、現像、エッチングの処理によって形成する。レール72および73を形成後、ローバーを磁気ヘッドごとにスライシングする。ステップS103では、各磁気ヘッドに対して、静的電磁気試験を行い、主に再生素子の特性を測定して、磁気ヘッドを選別する。静的電磁気試験は、磁気ヘッドに磁場を近づけ、その磁場の強度を再生素子が正しくセンシングして、電気信号に変換できるかどうかを評価する試験である。そのため、現状、静的電磁気試験で、記録素子の特性値を測定して、試験することはほとんどできない。

30

【0020】

次にステップS104では、各磁気ヘッドに対して、動的電磁気試験を行い、主に記録素子の特性値を測定し、磁気ヘッドを選別する。動的電磁気試験は、磁気ヘッドを実際に磁気ディスク上で浮上させ、記録素子で磁気ディスクに情報を書き込み、書き込まれた情報を正しく再生素子で読み取れるかどうかを評価する試験である。動的電磁気試験は、磁気ヘッドを実際に磁気ディスク上で浮上させる必要があるため、高額な試験装置が必要となる。動的電磁気試験では、再生素子の特性値も測定できるが、記録素子で書き込んだ情報を読み取るため、測定結果が記録素子の特性値に依存する。そのため、一般的に、静的電磁気試験は再生素子の特性値を測定して選別する試験、動的電磁気試験は記録素子の特性値を測定し選別する試験と位置付けられている。ステップS104の選別で良品として判定された磁気ヘッドは、複数個の磁気ヘッドをまとめて、磁気記録装置の組立工程に運ばれる。

40

【0021】

一方、ステップS105では、ディスクに薄膜プロセスを施して、情報を記録できる磁

50

気ディスクを形成する。従来の面記録方式の磁気ディスクの場合、施す処理は基本的に膜付けだけであったが、近年、開発が進んでいるパターン付き磁気ディスクは、磁気ヘッドと同様に露光やエッチングの処理が加わっている。

【0022】

ステップS106では、電磁気試験が行われ、磁気ディスクを選別する。ステップS106の選別で良品と判定された磁気ディスクは、複数枚の磁気ディスクをまとめて、磁気記録装置の組立工程に運ばれる。

【0023】

ステップS107では、ヘッド・スタック・アセンブリ83が組み立てられる。このとき、特許文献2や特許文献3に記載されているように、ステップ103やステップ104の電磁気試験の結果をもとに、磁気ヘッドの組み合わせを考慮して、組み付けることで、磁気記録装置の良品率を高く維持することができる。10

【0024】

ステップS108では、ヘッド・スタックアセンブリ83、磁気ディスク84、スピンドルモータ85などを筐体に組み付ける。ここでも同様に、磁気ヘッドと磁気ディスクの組み合わせを考慮して、組み付けることで、磁気記録装置の良品率を高く維持することができる。

【0025】

ステップS109では、磁気ディスク84に磁気ヘッドの位置決めに用いるサーボ信号を書き込んだり、磁気ヘッドの磁気記録幅や、磁気ディスクをスピンドルモータで回転させたときの揺らぎなどを基に、磁気記録装置の各種パラメータを調整する。20

【0026】

ステップS110では、磁気記録装置を試験し、選別する。ステップS110で良品と判定された磁気記録装置を出荷する。

【0027】

図6は、多数の磁気ヘッドを形成したウエハの概略を示した一例である。丸い外枠1001がウエハを表す。ウエハには、ウエハ面内の座標を定義するための基準となるノッチ1002がある。ウエハ面内には多数の細長い長方形で図示したローバー(Rowbar)が形成される。各ローバーには、ウエハ面内の座標に基づいて、通し番号が付与される。図示した例では、1枚のウエハに560本のローバーが形成され、R001からR560までの通し番号が付与されている。30

【0028】

図7は、R001からR560で示したローバーの概略を示した一例である。細長いローバーには多数の磁気ヘッドが形成される。図示した例では、1本のローバーに60個の磁気ヘッドが形成され、それぞれC01からC60までの通し番号が付与されている。すなわち、ウエハ面内のローバーの通し番号と、ローバー内の通し番号から、ウエハ面内のどの座標で形成された磁気ヘッドか、一目でわかる仕組みになっている。すなわち、生産されるすべての磁気ヘッドに対して、ウエハの通し番号、ウエハ面内のローバーの通し番号、ローバー内の通し番号を付与することで、すべての磁気ヘッドを通し番号で管理している。40

【0029】

次に、本発明に係る磁気ヘッドの試験方法を説明する。

図1は、磁気ヘッドの静的電磁気試験と動的電磁気試験の手順の一例である。静的電磁気試験ステップS103の中で、まずステップS200で、再生素子の特性値を測定する。再生素子77の特性値とは、再生素子の抵抗値(MRDCR)、再生素子が受信した磁場を電極78から出力する電圧の振幅(AMP)、その振幅の非対称性(ASYM)などである。

【0030】

次に、ステップS300で、磁気ヘッドを測定値と規格値と動的電磁気試験のサンプリング・ルールに基づき、スクラップと被試験ヘッドと無試験候補ヘッドに分類する。次に50

被試験ヘッドと無試験候補ヘッドを動的電磁気試験ステップ S 104 に進める。

【0031】

動的電磁気試験ステップ S 104 の中では、まずステップ S 400 で、ステップ S 300 で被試験ヘッドに分類した磁気ヘッドに対して、記録素子の特性値を測定する。記録素子の特性値とは、磁気ディスクに記録素子で信号を 2 回書き込み、書き込んだ信号を再生素子で読み取り、電極 78 から出力された信号を解析した結果である。具体的には、2 回目の信号波形の平均的な幅 (MWW)、信号波形の上部の幅 (SQZ)、2 回目の信号と、2 回目の信号を書き込んだ後も残っている 1 回目の信号との振幅比 (OW) などである。ここで、振幅比は、2 つの値の比に対して、対数をとり、20 倍してデシベルで表した値である。

10

【0032】

ステップ S 500 では、測定した記録素子の特性値と規格値を比較し、被試験ヘッドをスクラップ、良品 A、良品 B に分類する。一方、ステップ S 600 では、ステップ S 400 で測定した被試験ヘッドの特性値を利用して、無試験候補ヘッドの記録素子の特性値を予測する。

【0033】

ステップ S 700 では、無試験候補ヘッドに対して予測した記録素子の特性値と、予測用の規格値を比較し、被試験ヘッド、良品 C、良品 D に分類する。ステップ S 401 では、ステップ S 400 と同じ方法で被試験ヘッドの記録素子の特性値を測定する。ステップ S 501 では、ステップ S 500 と同じ方法で被試験ヘッドをスクラップ、良品 A、良品 B に分類する。

20

【0034】

以上の手順で良品として分類された良品 A、良品 B、良品 C、良品 D をそれぞれ組立工場に運ぶ。すなわち、良品の磁気ヘッドを組立工場に出荷する。本例では、良品を A、B、C、D の 4 通りに分類したが、この限りではない。また、特性値を実測した磁気ヘッドは良品 A と良品 B、特性値を予測しただけの磁気ヘッドは良品 C と良品 D に分類したが、良品 C を良品 A と混ぜたり、良品 D を良品 B と混ぜてもよい。

【0035】

図 8 は、ステップ S 300 の詳細な手順の一例である。ステップ S 300 では、磁気ヘッドを再生素子の測定値と規格値と動的電磁気試験のサンプリング・ルールに基づき、スクラップと被試験ヘッドと無試験候補ヘッドに分類する。まずステップ S 301 で、ステップ S 200 で測定された再生素子の特性値が記録された磁気ヘッド特性テーブル 1010 を読み込み、ステップ S 302 で、規格値 1020 を読み込む。ステップ S 303 では、磁気ヘッドごとにステップ S 301 で読み込んだ再生素子の測定値とステップ S 302 で読み込んだ規格値を比較し、良品(Pass)か不良品(Fail)かを判定し、磁気ヘッド特性テーブルに判定結果を書き込む。ステップ S 304 では、動的電磁気試験のためのサンプリング・ルール 1030 を読み込む。ステップ S 305 では、ステップ S 303 で良品と判定した磁気ヘッドに対して、被試験ヘッドか無試験候補ヘッドかを分類し、磁気ヘッド特性テーブルに分類結果を書き込む。ステップ S 306 では、磁気ヘッド特性テーブルに基づき、各磁気ヘッドをスクラップか被試験ヘッドか無試験ヘッドか区別してアンロードする。

30

【0036】

図 9 は、ステップ S 600 の詳細な手順の一例である。ステップ S 601 では、ステップ S 300 で更新した磁気ヘッド特性テーブル 1011 を読み込む。次にステップ S 602 では、被試験ヘッドに対して実測された記録素子の特性値から、(数 1)、ないしは(数 2)と(数 3)の組合せで無試験候補ヘッドの記録素子の特性値を予測する。(数 1)を用いる場合、同じローバー上の 2 か所 Ci, Cj (ここで、Ci はローバー上の座標で i 番目の位置を示し、Cj は j 番目の位置を示す。なお、i > j である。) に位置する磁気ヘッドに対して、実測した特性値 m(Ci), m(Cj) (ここで、m(Ci), m(Cj) は、それぞれローバー上の位置 Ci, Cj にて実測した特性値を示す。) から、直線補

40

50

間で C_t (ローバー上の座標で t 番目の位置を示す。) に位置する磁気ヘッドの特性値を予測する。

【0037】

一方、(数2)と(数3)の組合せの場合、予め過去に生産された多数の磁気ヘッドの特性値をウエハ面内の座標ごとに、平均値ないしは中央値としてプロファイル1080を用いて、同じローバー上で実測したすべての磁気ヘッドの特性値と、プロファイル1080から実測した磁気ヘッドと同じ位置の値の差をそれぞれ計算し、差の中央値とプロファイル1080から C_t の位置の値を加算した値を特性値として予測する。次にステップS603では、予測した特性値を磁気ヘッド特性テーブルに書き出す。ここでは、(数1)、ないしは(数2)と(数3)の組合せで無試験候補ヘッドの記録素子の特性値を予測した例を示したが、これらの式に限ったものではない。たとえば、同じローバー上で実測したすべての磁気ヘッドの特性値に、スプライン曲線などの曲線を近似する方式でもよい。ただし、発明者らの実験の結果、スプライン曲線は、ローバー上でステップS300で不良と判定された磁気ヘッドが多い場合に、無試験候補ヘッドの特性値の予測精度が著しく低下する問題があり、お勧めしない。10

【0038】

【数1】

$$p(C_t) = \frac{(C_j - C_t) \cdot m(C_i) + (C_t - C_i) \cdot m(C_j)}{C_j - C_i} \quad (\text{数1})$$
20

【0039】

【数2】

$$p(C_t) = \text{prof}(C_t) + \text{median}(\text{DIF}) \quad (\text{数2})$$

【0040】

【数3】

$$\text{DIF} = \begin{bmatrix} m(C_i) - \text{prof}(C_i) \\ m(C_j) - \text{prof}(C_j) \\ \vdots \\ \vdots \\ m(C_k) - \text{prof}(C_k) \end{bmatrix} \quad (\text{数3})$$
30

【0041】

図10は、ステップS500およびS501の詳細な手順の一例である。S500とS501は同じ手順である。まずステップS502で、磁気ヘッド特性テーブルを読み込み、ステップS503で規格値1051を読み込む。次にステップS504では、被試験ヘッドに対して、磁気ヘッド特性テーブルに記述された特性値とステップS503で読み込んだ規格値を比較し、不良(Fail)フラグ、良品A(Pass-A)フラグ、良品B(Pass-B)フラグのいずれかを付与する。ステップS505では、フラグが付与された磁気ヘッド特性テーブルを更新、登録する。ステップS506では、付与されたフラグに基づき、磁気ヘッドごとに不良ヘッド、良品A、良品Bに分類し、アンロードする。40

【0042】

図11は、ステップS700の詳細な手順を示す一例である。まずステップS701で、磁気ヘッド特性テーブルを読み込み、ステップS702で予測用規格値1051を読み込む。予測用規格値とは、ステップS602で、記録素子の特性値を予測したときの予測誤差を考慮して、本来、不良ヘッドであるにも関わらず、予測誤差によって良品ヘッドと判定されてしまうことを防ぐために、規格値1050より厳しくした規格値である。ステップS703では、磁気ヘッド特性テーブルに記述された予測された特性値と、予測用規50

格値 1 0 5 1 を比較し、無試験候補ヘッドに対して、良品 C (Pass-C) フラグ、良品 D (Pass-D) フラグないしは被試験フラグを付与する。ステップ S 7 0 4 では、フラグを付与した磁気ヘッド特性テーブルを更新、登録する。ステップ S 7 0 5 では、付与されたフラグに基づき、磁気ヘッドごとに良品 C、良品 B、被試験ヘッドに分類し、良品 C や良品 D の磁気ヘッドはアンロードし、被試験ヘッドは、記録素子特性を測定するため、ステップ S 4 0 1 を実行する。

【 0 0 4 3 】

図 1 2 は、再生素子特性の規格値の一例である。1 0 2 0 では、再生素子の抵抗値 (M R D C R)、再生素子が受信した磁場を電極 7 8 から出力する電圧の振幅 (A M P)、その振幅の非対称性 (A S Y M) の 3 種類の再生素子の特性値に対して、良品と判定するための規格値が定義されている。図示した例では、M R D C R が、3 0 0 以上 1 0 0 0 未満、A M P が、5 0 0 0 以上 2 0 0 0 未満、A S Y M が - 1 0 以上 1 0 未満の条件をすべて満たせば良品ヘッド、一つでも規格外であれば、不良品ヘッドと判定することを意味する。

【 0 0 4 4 】

図 1 3 は、動的電磁気試験のためのサンプリング・ルールの一例である。1 0 3 0 は、1 列目が項目、2 列目がデータであり、項目 Measure と項目 Skip は、被試験フラグと無試験候補フラグの頻度を表す。図示した例では、項目 Measure が 1 、項目 Skip が 3 であるため、被試験フラグを 1 個の磁気ヘッドに付与し、続く 3 個の磁気ヘッドに無試験候補フラグを付与することを意味する。また、項目 Start は、0 であれば、C 0 1 から順に検索して、最初に良品フラグが付いた磁気ヘッドに被試験フラグを付与し、1 であれば、C 0 1 から数えて、2 つ目の良品フラグが付いた磁気ヘッドに被試験フラグを付与し、2 であれば、C 0 1 から数えて、3 つ目の良品フラグが付いた磁気ヘッドに被試験フラグを付与する。このように項目 Start で、C 0 1 から順に検索して、最初に被試験フラグを付与する磁気ヘッドを指定する。項目 End は、1 であれば、C 6 0 から順にさかのぼって検索し、最初に良品フラグが付いた磁気ヘッドに他の項目の条件に関わらず、被試験フラグを付与し、0 であれば、項目 Measure 、項目 Skip 、項目 Start の条件にのみ従って被試験フラグを付与する。磁気ヘッド特性テーブル 1 0 1 1 は、図示したサンプリング・ルール 1 0 3 0 で被試験フラグおよび無試験候補フラグを付与した結果である。

【 0 0 4 5 】

図 1 4 は、記録素子特性の規格値の一例である。1 0 5 0 では、記録素子で信号波形を 2 回書き込み、2 回目の信号波形の平均的な幅 (M W W)、2 回目の信号波形の上部の幅 (S Q Z)、1 回目の信号と 2 回目の信号の振幅比 (O W) の 3 種類の記録素子の特性値に対して、良品と判定するための規格値が定義されている。図示した例では、M W W が 1 1 0 以上 1 2 0 未満、S Q Z が 0 以上 2 0 未満、O W が 2 5 以上の条件をすべて満たせば良品 A (Pass-A) のヘッド、M W W が 1 2 0 以上 1 3 0 未満、S Q Z が 0 以上 2 0 未満、O W が 2 5 以上の条件をすべて満たせば良品 B (Pass-B) のヘッド、良品 A にも良品 B にもならないものを不良品ヘッドと判定することを意味する。

【 0 0 4 6 】

図 1 5 は、記録素子特性の予測用の規格値の一例である。1 0 5 1 では、M W W 、S Q Z 、O W の 3 種類の記録素子の特性値に対して、良品と判定するための規格値が定義されている。図示した例では、M W W が 1 1 5 以上 1 2 0 未満、S Q Z が 0 以上 1 8 未満、O W が 3 0 以上の条件をすべて満たせば良品 C (Pass-C) のヘッド、M W W が 1 2 0 以上 1 2 5 未満、S Q Z が 0 以上 1 8 未満、O W が 3 0 以上の条件をすべて満たせば良品 D (Pass-D) のヘッド、良品 C にも良品 D にもならないものを被試験ヘッドと判定することを意味する。1 0 5 1 の予測用規格値は、予測誤差を考慮して、1 0 5 0 の規格値より厳しく設定してある。

【 0 0 4 7 】

図 1 6 から図 2 0 に、各ローバーレベルでの磁気ヘッド特性テーブルの例を示す。この磁気ヘッド特性テーブルに書き込まれる、またはこのテーブルから読み出される各素

10

20

30

40

50

子のデータ（測定値や判定結果など）は、ウエハの通し番号とウエハ面内のローバーの通し番号とローバー内の位置の通し番号の各通し番号を検索キーとして、検索される。

【0048】

図16は、磁気ヘッド特性テーブルの一例であり、ステップS200が完了し、ステップS301で読み込むときの状態である。磁気ヘッド特性テーブルは、ローバー毎に1つのテーブルをもち、各行はローバー内の位置、すなわちC01からC60を表す。1列目は、ローバー内の位置、2列目から4列目はステップ200で測定された再生素子の特性値である。図示した例では、特性値が3種類ある場合を例として示したが、これに限ったものではなく、数十種類あることが一般的である。5列目以降は、ステップS301で読み込むときには空欄である。

10

【0049】

図17は、磁気ヘッド特性テーブルの一例であり、ステップS306で更新、登録するときの状態である。磁気ヘッド特性テーブル1011は、1010の5列目と6列目に付与されたフラグが入力されている。5列目には、ステップS303で付与された良品(Pass)フラグないしは不良品(Fail)フラグが入力されている。すなわち、2列目から4列目の再生素子の特性値と、規格値1020を比較し、3種類の特性値すべてが規格内であれば、良品(Pass)フラグ、3種類の特性値が一つでも規格外であれば、不良品(Fail)フラグが入力されている。6列目には、ステップS305で付与された被試験(Measure)フラグないしは無試験候補(Skip)フラグが入力されている。すなわち、サンプリング・ルール1030に基づいて、5列目で良品(Pass)フラグが付いた行に被試験(Measure)フラグないしは無試験候補(Skip)フラグが入力され、5列目に不良品(Fail)フラグが付いた行には何も入力されていない。

20

【0050】

図18は、磁気ヘッド特性テーブルの一例であり、ステップS400の記録素子の特性値の測定が完了し、ステップS601で読み込むときの状態である。磁気ヘッド特性テーブル1012の右端から5列目が、磁気ヘッド特性テーブル1011の左端から6列目に相当する。磁気ヘッド特性テーブル1012は、右端から5列目に被試験ヘッド(Measure)フラグが付与された行に、ステップS400での測定結果であるMWWが右端から4列目、SQZが右端から3列目、OWが右端から2列目に入力されている。

30

【0051】

図19は、磁気ヘッド特性テーブルの一例であり、被試験ヘッドに対してステップS500、および無試験候補ヘッドに対してステップS700が両方とも完了したときの状態である。磁気ヘッド特性テーブル1013は、1012に対して、右端から5列目の無試験候補ヘッド(Skip)フラグが付与された行に、右端から4列目、3列目、2列目に（数1）で予測した特性値が入力されている。例えば、磁気ヘッドの位置C03のMWWは、C02のMWWとC06のMWWの値を用いて、 $((6 - 3) \times 133.26 + (3 - 2) \times 134.11) \div (6 - 2)$ を計算して、133.473が入力されている。また、最右列には、規格値1050ないしは規格値1051と、特性値を比較して、分類したフラグが入力されている。すなわち、被試験ヘッド(Measure)フラグが付与された行には、ステップS504で付与された不良品(Fail)フラグ、良品A(Pass-A)フラグ、良品B(Pass-B)フラグのいずれか一つが付与され、無試験候補ヘッド(Skip)フラグが付与された行には、ステップS703で付与された良品C(Pass-C)フラグ、良品D(Pass-D)フラグ、被試験ヘッド(Measure)フラグのいずれか一つが付与されている。

40

【0052】

図20は、磁気ヘッド特性テーブルの一例であり、ステップS501が完了したときの状態である。磁気ヘッド特性テーブル1014では、ステップ703で被試験ヘッド(Measure)フラグが付与された磁気ヘッドに対して、ステップS401で記録素子の特性を実測した結果が、予測値に上書きされ、上書きされた特性値と、図14で示す規格値1050を比較して、最右列に、不良品(Fail)フラグ、良品A(Pass-A)フラグ、良品B(Pass-B)フラグのいずれかが、被試験ヘッド(Measure)フラグに代わって入力されている。例えば

50

、磁気ヘッド特性テーブル 1013 の磁気ヘッドの位置 C03 の MWW は、予測値として 133.473 が入力されていたが、磁気ヘッド特性テーブル 1014 では、ステップ S401 で実測された 132.11 が上書きされている。また、磁気ヘッド特性テーブル 1013 の磁気ヘッドの位置 C03 の最右列は、被試験ヘッド(Measure) フラグが入力されていたが、磁気ヘッド特性テーブル 1014 では、ステップ S501 での分類結果として不良品ヘッド(Fail) フラグに上書きされている。

【0053】

図 21 は、記録素子の特性値の測定方法の一例である。縦軸は信号波形の強度(電圧)、横軸は磁気ディスクの半径方向の信号幅であり、太い実線の曲線 1401 は、記録素子で 2 回目に書き込んだ信号波形であり、破線の曲線 1402、1403 は、記録素子で 1 回目に書き込んだ信号波形が 2 回目の書き込みの影響で山が小さくなつた状態である。MWW は、曲線 1401 の高さが半分の位置の幅を測定した結果である。また、SQZ は、曲線 1401 の高さが半分の位置での接線 1404、1405 に対して、波形の頂上で接線間の距離を測定した結果である。また、OW は、曲線 1401 の高さと、曲線 1402、1403 の高さの平均値との比率に対して、対数をとり、20 倍した値である。

【0054】

図 22 は、静的電磁気試験装置の概略の一例である。静的電磁気試験装置 1101 は、静的電磁気試験ユニット 1102、ステップ S102 で加工された複数の磁気ヘッドを投入するローダー 1103、ステップ S300 で分類された磁気ヘッドを払い出すアンローダー 1104、1105、1106 を備える。静的電磁気試験ユニット 1102 は、各磁気ヘッドの通し番号(シリアル番号)、すなわちウエハの通し番号とウエハ面内のローバーの通し番号とローバー内の位置の通し番号の組合せからなる通し番号を光学的に読み取る通し番号読み取り部 1111、ローダー 1103 から磁気ヘッドを通し番号読み取り部や試験部に移動したり、磁気ヘッドを試験部からアンローダー 1104、1105、1106 に移動したりするロボットハンドラ 1112、磁気ヘッドに対して再生素子の特性値を測定する試験部 1113、静的電磁気試験装置の全体や各部分を制御したり、測定した特性値を記憶したり、ステップ S300 の分類処理を実行したりする制御 & 記憶部 1114、ローカルエリアネットワーク 1301 を介して他の装置やデータベース装置とデータの送受信を行うネットワークインターフェース部 1115 を備えている。

【0055】

図 23 は、動的電磁気試験装置の概略の一例である。動的電磁気試験装置 1201 は、動的電磁気試験ユニット 1202、ステップ S300 で被試験ヘッドと判定した複数の磁気ヘッドを投入するローダー 1203、ステップ S300 で無試験候補ヘッドと判定した複数の磁気ヘッドを投入するローダー 1204、ステップ S500、ステップ S501 およびステップ S700 で分類された磁気ヘッドを払い出すアンローダー 1205、1206、1207、1208、1209 を備える。動的電磁気試験ユニット 1202 は、各磁気ヘッドの通し番号(シリアル番号)、すなわちウエハの通し番号とウエハ面内のローバーの通し番号とローバー内の位置の通し番号の組合せからなる通し番号を光学的に読み取る通し番号読み取り部 1211、ローダー 1203 や 1204 から磁気ヘッドを通し番号読み取り部や試験部に移動したり、磁気ヘッドを試験部からアンローダー 1205、1206、1207、1208、1209 に移動したりするロボットハンドラ 1212、磁気ヘッドに対して記録素子の特性値を測定する試験部 1213、動的電磁気試験装置の全体や各部分を制御したり、測定した特性値を記憶したり、ステップ S500、ステップ S700、ステップ S501 の分類処理を実行したり、ステップ S600 の無試験候補ヘッドの特性値を予測したりする制御 & 記憶部 1214、ローカルエリアネットワーク 1301 を介して他の装置やデータベース装置とデータの送受信を行うネットワークインターフェース部 1215 を備えている。動的電磁気試験装置 1201 は、ローダー 1203 にセットした複数の磁気ヘッドをロボットハンドラ 1212 で一つずつ保持し、通し番号読み取り部 1211 で通し番号を読み取り、試験部 1213 で特性値を測定する。すなわち、ローダー 1203 にセットした複数の磁気ヘッドに対してステップ S400 を実行する。ロ

10

20

30

40

50

ーダー 1204 にセットした複数の磁気ヘッドは、ローダー 1203 にセットした複数の磁気ヘッドの特性値を測定した後に、ロボットハンドラ 1212 で一つずつ保持し、通し番号読み取り部 1211 で通し番号を読み取り、分類する。ステップ S700 で良品 C (Pass-C) ないしは良品 D (Pass-D) と判定された磁気ヘッドは、試験部 1213 には移動せずに、アンローダー 1207 ないしは 1208 へ払いだされる。そのため、試験時間を大幅に短縮でき、動的電磁気試験装置の台数が少なくても磁気ヘッドを生産できる。

【0056】

上記の図 22、23 で示したように、図 1 で示す各処理ステップは、制御 & 記憶部 1114 あるいは 1214 を含むシステムにより、データベース、例えば、図 16 乃至 20 で示す磁気ヘッド特性テーブルの管理を行い、それを用いて判定などを行うことで各処理の実行を実現している。10

【0057】

図 24 は、本発明が係るハードウェア構成の概略の一例である。磁気ヘッドの製造工場には、静的電磁気試験装置 1101、動的電磁気試験装置 1201 および各種の製造装置 1302 があり、それぞれローカルエリアネットワーク 1301 を介して接続されている。また、磁気記録装置の組立工場には、ヘッド組立装置 1304、ヘッド・ディスク組立装置 1305、機能調整装置 1306、試験装置 1307 があり、それぞれローカルエリアネットワーク 1301 を介して接続されている。静的電磁気試験装置 1101 で測定された磁気ヘッドの特性値や、動的電磁気試験装置 1201 で測定されたり、予測された磁気ヘッドの特性値は、ローカルエリアネットワーク 1301 を介して、磁気ヘッド試験結果データベース装置 1303 に格納される。また、磁気ヘッド試験結果データベース装置 1303 に格納された特性値は、ヘッド組立装置 1304、ヘッド・ディスク組立装置 1305、機能調整装置 1306 から通し番号を検索キーとして読みだされ、製造時のプロセス制御に活用される。20

【0058】

図 25 は、本発明のきっかけとなった実験結果の一例である。図示した例は、横軸はローバー上の C06 に位置する磁気ヘッドの MWW、縦軸は同じローバー上の C07、すなわちすぐ隣に位置する磁気ヘッドの MWW をとり、多数の磁気ヘッドのペアについて打点した散布図である。相関係数は 0.8 を超え、誤差は 6 nm 以下である。このような散布図を C01 と C02、C02 と C03、C03 と C04、C04 と C05、C05 と C06、. . . 、C58 と C59、C59 と C60 のようにすぐ隣り同士でペアで描き、相関係数を調べたところ、図示した MWW に限らず、SQZ や OW についても相関係数が 0.8 を超えた。すなわち、記録素子の特性値は、同じローバー上の隣接する磁気ヘッドで類似しており、隣接ヘッドの特性値から予測できると結論づけた。30

【0059】

図 26 は、本発明のきっかけとなった実験結果の一例である。図示した例は、横軸にローバー上の C06 に位置する磁気ヘッドの MRDCR、縦軸に同じローバー上の C07、すなわちすぐ隣に位置する磁気ヘッドの MRDCR をとり、多数の磁気ヘッドのペアについて打点した散布図である。相関係数は 0.4 より低かった。このような散布図を C01 と C02、C02 と C03、C03 と C04、C04 と C05、C05 と C06、. . . 、C58 と C59、C59 と C60 のようにすぐ隣り同士でペアで描き、相関係数を調べたところ、図示した MRDCR に限らず、AMP や ASYM についても相関係数が 0.4 より低かった。すなわち、再生素子の特性値は、同じローバー上の隣接する磁気ヘッドであまり類似しているとは言えず、隣接ヘッドの特性値から予測するには精度が低いと結論づけた。40

【0060】

図 27 は、第 1 サンプリング率と予測用の規格値に対する不良ヘッドが磁気記録装置の組立工場に運ばれてしまう割合を示す一例である。図示した例 1070 は、実際に生産された磁気ヘッドに対して実験した結果である。最左列は、予測用の規格値における上限値 (UpperLimit) から下限値 (LowerLimit) までの幅で、図示した例は、MWW の上限値から下50

限値までの幅である。最上行は、第1サンプリング率、すなわちサンプリング・ルール1030に基づき、ステップS300で分類する被試験ヘッドの数と無試験候補ヘッドの数の和を分母として、被試験ヘッドの数を分子にしたときの割合である。最左列と最上行に対応するセルに、不良ヘッドの混入率が記述されている。不良ヘッドの混入率とは、良品A、良品B、良品C、良品Dのいずれかに分類され、磁気記録装置の組立工場に運ばれる磁気ヘッドを分母として、もしすべての磁気ヘッドに対してステップS400ないしはステップS401で行う記録素子の特性値の実測をしたならば、混入しないであろう不良ヘッドの数を分子とした場合の不良ヘッドの混入率である。不良ヘッドの混入率は、その値が小さいほど、磁気記録装置の組立工場に不良ヘッドを流さないことを意味する。このようなテーブル1070は、新製品の開発後期から量産初期の生産量が少ない時期に、作成しておくとよい。10

【0061】

図28は、第1サンプリング率と予測用の規格値に対する総合サンプリング率を示す一例である。総合サンプリング率とは、ステップS300で分類する被試験ヘッドの数と無試験候補ヘッドの数、すなわち、動的電磁気試験装置のローダーにセットする磁気ヘッドの総数を分母として、その総数から良品C(Pass-C)ないしは良品D(Pass-D)に分類された数をひいた数を分子、すなわちステップS400ないしはステップS401を通過した磁気ヘッドの数を分子としたときの割合である。総合サンプリングの値が小さいほど、動的電磁気試験装置内で記録素子の特性値を実測する磁気ヘッドの数が少なく、動的電磁気試験装置1201の台数を減らして生産できることを意味する。このようなテーブル1071は、新製品の開発後期から量産初期の生産量が少ない時期に、作成しておくとよい。20

【0062】

図29は、図27、28のそれぞれに示す1070と1071から求めた、総合サンプリング率を固定したときの不良ヘッドが混入する割合の一例である。図示した例は、総合サンプリング率を70%以下としたときの予測値の規格値、サンプリング・ルール、不良ヘッドの混入率の関係を示している。左から1列目は、予測用の規格値における上限値(UpperLimit)から下限値(LowerLimit)までのMWWの幅である。2列目は、第1サンプリング率、すなわちサンプリング・ルール1030に基づき、ステップS300で分類する被試験ヘッドの数と無試験候補ヘッドの数の和を分母として、被試験ヘッドの数を分子にしたときの割合である。3列目は、不良ヘッドの混入率であり、良品A、良品B、良品C、良品Dのいずれかに分類され、磁気記録装置の組立工場に運ばれる磁気ヘッドを分母として、もしすべての磁気ヘッドに対してステップS400ないしはステップS401で行う記録素子の特性値の実測をしたならば、混入しないであろう不良ヘッドの数を分子とした場合の不良ヘッドの混入率である。このようなテーブル1072を新製品の開発後期から量産初期の生産量が少ない時期に作成し、生産量の計画値と動的電磁気試験装置の台数を考慮して、サンプリング・ルールや予測用の規格値を定める。たとえば、生産量と動的電磁気試験装置の台数から、総合サンプリング率を70%以下に抑えなければならないならば、不良ヘッドの混入率が一番小さくなる、予測用の規格値の幅を18nm、第1サンプリング率を50%の条件に設定するとよいことがわかる。30

【0063】

図30は、図27、28のそれぞれに示す1070と1071から求めた、不良ヘッドの混入率を固定したときの総合サンプリング率の一例である。図示した例は、不良ヘッドの混入率を1%以下としたときの予測用の規格値、サンプリング・ルール、総合サンプリング率の関係を示している。左から1列目は、予測用の規格値における上限値(UpperLimit)から下限値(LowerLimit)までのMWWの幅である。2列目は、サンプリング・ルール1030に基づき、ステップS300で分類する被試験ヘッドの数と無試験候補ヘッドの数の和を分母として、被試験ヘッドの数を分子にしたときの割合である。3列目は、総合サンプリング率であり、ステップS300で分類する被試験ヘッドの数と無試験候補ヘッドの数、すなわち、動的電磁気試験装置のローダーにセットする磁気ヘッドの総数を分母として、その総数から良品C(Pass-C)ないしは良品D(Pass-D)に分類された数をひいた数を4050

分子、すなわちステップ S 4 0 0 ないしはステップ S 4 0 1 を通過した磁気ヘッドの数を分子としたときの割合である。このようなテーブル 1 0 7 3 を新製品の開発後期から量産初期の生産量が少ない時期に作成し、磁気記録装置の組立工場の歩留りを考慮して、サンプリング・ルールや予測用の規格値を定める。たとえば、組立工場の歩留りから、不良ヘッドの混入率を 1 % 以下に抑えなければならないならば、総合サンプリング率が一番小さくなる、予測用の規格値の幅を 1 8 n m、第 1 サンプリング率を 5 0 % の条件に設定するといことがわかる。その場合、総合サンプリング率が 6 9 . 8 % になるため、生産量の計画値から、その生産に必要なだけの台数の動的電磁気試験装置を用意すればよいことがわかる。

【 0 0 6 4 】

10

図 3 1 は、記録素子の特性値の予測用プロファイルの一例である。(数 1) を用いて記録素子の特性値を予測する場合は必要ないが、(数 2) と(数 3) の組合せで予測する場合に用いる。図示した例 1 0 8 0 は、MWW 用の例であり、縦にローバー内の磁気ヘッドの位置 C 0 1 から C 6 0 が並び、横にウエハ面内のローバーの位置 R 0 0 1 から R 5 6 0 が並び、それぞれの対応するセルに過去に生産された磁気ヘッドの MWW の平均値ないしは中央値が格納されている。例えば、ステップ S 6 0 0 であるウエハから切り出されたローバーが R 0 0 3 であれば、R 0 0 3 の列のデータを(数 2) や(数 3) における p r o f (ローバー内の位置) に代入して用いる。図示した例 1 0 8 0 は、MWW の予測用プロファイルであるが、S Q Z や O W にも同様なプロファイルがある。

【 0 0 6 5 】

20

図 3 2 は、図 2 4 中に示す磁気ヘッド試験結果データベース装置 1 3 0 3 に格納された静的電磁気試験の結果や動的電磁気試験の結果を検索した一例である。図示した例 1 0 9 0 は、ある日に磁気ヘッド製造工場から磁気記録装置の組立工場に運ばれた磁気ヘッドの実績データを検索した例である。左から 1 列目は、ウエハの通し番号、2 列目はウエハ面内のローバーの通し番号、3 列目はローバー内の磁気ヘッドの位置、4 列目は静的電磁気試験の結果、5 列目は動的電磁気試験の結果、6 列目は記録素子の特性値が実測値か特性値かのフラグ、7 列目以降は、静的電磁気試験装置で測定された再生素子の特性値や、動的電磁気試験装置で測定された記録素子の特性値や、動的電磁気試験装置で予測された記録素子の特性値である。この検索結果の特長は、6 列目のフラグである。6 列目のフラグが存在することで、検索された特性値が実測値か予測値か区別ができる、不良解析のように実測値だけを使いたいときは実測値だけを切り出せばよく、プロセス制御のように実測値も予測値も同じように活用したいときは、混ぜて活用できる。

【 0 0 6 6 】

30

図 3 3 は、ステップ S 1 0 7 での磁気ヘッドの組合せ方法の 4 つの例である。図示したうち、最上段は、組合せ方法 1 5 0 1 、 1 5 0 2 、 1 5 0 3 、 1 5 0 4 を説明するために、磁気記録装置内の磁気ヘッド 7 0 を、その配置に基づいて、上から 7 0 a 、 7 0 b 、 7 0 c 、 7 0 d と区別した例である。組合せ方法 1 5 0 1 は、記録素子の特性値を実測して、良品 A と良品 B に分類した磁気ヘッドと、特性値を予測しただけで、実測せずに良品 C と良品 D に分類した磁気ヘッドを、実測か予測かに関わらず、特性値に応じて、良品 A と良品 C を製品 1 (Product Type 1) に組み付け、良品 B と良品 D を製品 2 (Product Type 2) に組み付ける方法である。この組合せ方法 1 5 0 1 は、実測か予測かを区別しないため、組立工場の作業がほかの組合せ方法より簡易である特長がある。組合せ方法 1 5 0 2 は、磁気記録装置の内側の 7 0 b 、 7 0 c に実測した良品 A ないしは良品 B を組み付け、外側の 7 0 a 、 7 0 d には実測か予測かの区別なく組み付ける方法である。この組合せ方法 1 5 0 2 は、予測しただけで実測していない良品 C や良品 D を磁気記録装置の内側に組み付けたくない場合に有効である。組合せ方法 1 5 0 3 は、例えば、MWW が太めの磁気ヘッドを磁気記録装置の内側の 7 0 b 、 7 0 c に組み付け、MWW が細めの磁気ヘッドを磁気記録装置の外側の 7 0 a 、 7 0 d に組み付ける方法である。組合せ方法 1 5 0 4 は、良品 A を製品 6 (Product Type 6) 、良品 B を製品 7 (Product Type 7) 、良品 C を製品 8 (Product Type 8) 、良品 D を製品 9 (Product Type 9) にそれぞれ区別して組み付ける方法である

40

50

。磁気ヘッド製造工場で分類した結果を素直に利用した方法といえる。本例では、4つの組合せ方法を説明したが、これに限ったものではない。磁気ヘッドの組合せ方法は、磁気記録装置内の磁気ヘッドの配置、磁気記録装置の歩留り、磁気ヘッドの特性値の関係から最も歩留りがよくなる組合せを選べばよい。

【0067】

以上、磁気記録装置ならびにその部品である磁気ヘッドの製造を例に実施形態を説明してきた。ただし、本発明の考え方は、磁気記録装置ならびにその部品である磁気ヘッドの製造に限らず、同様に1つの基板から複数の製品を取得できる半導体、太陽電池、プロジェクタ用の液晶ディスプレイなどにも応用できる。

【0068】

図34は、図1を半導体向けに応用した電気試験方法である。半導体はウエハ面内に多数のチップを形成し、チップ形成が完成した段階で電気試験を行う。電気試験の後に、ダイシングして、ウエハからチップを切り出し、ボンディングやモールディングを行い、製品が完成する。チップに対する電気試験は、まずDC(Direct Current)項目を測定して良品と不良品に選別する。次に、DC項目の選別で良品と判定されたチップに対して、AC(Alternate Current)項目を測定して良品と不良品を選別する。ここで、短絡や断線といったDC項目の試験で見つけられる不良は、ウエハ面内でランダムな位置に発生することが多く、トランジスタのタイミング不良のようなAC項目の試験で見つけられる不良は、ウエハ面内である傾向をもつ。そのため、本発明のコンセプトでは、DC項目は全チップを測定し、AC項目はサンプリング試験でよいと考えることができる。

10

【0069】

そこで、ステップS1060で、ウエハ面内の全チップに対してDC項目を測定し、ステップS1061で、DC項目に対して、不良品、良品で被AC項目測定チップ、良品でAC項目測定のスキップ候補チップに分類する。ステップS1062では、被AC項目測定チップに対して、AC項目を測定し、ステップS1063で、ステップ1062の測定結果と規格値を比較して、良品と不良品に分類する。一方、ステップS1064では、スキップ候補チップに対して、ステップS1062の結果を用いて、AC項目の測定結果を予測する。ステップS1065では、ステップS1064の予測結果と予測用規格値を比較して、良品と被AC項目測定チップに分類する。ステップS1066で、被AC項目測定チップに対して、AC項目を測定し、ステップS1067で、ステップS1066の測定結果と規格値を比較して、良品と不良品に分類する。以上のように、ステップS1063、ステップS1065、ステップS1067のいずれかで良品と判定したチップは、ボンディングやモールディングを行う組立工場に運ぶ。

20

【符号の説明】

【0070】

70, 70a, 70b, 70c, 70d...磁気ヘッド(スライダ)、71...浮上面、72, 73...レール、74...空気流入端、75...空気流出端、76...記録素子、77...再生素子、78...電極、81...サスペンションアーム、82...ローター・アクチュエータ、83...ヘッド・スタック・アセンブリ、84...磁気ディスク、85...スピンドルモータ、1001...ウエハ、1002...ノッチ、1010~1014...磁気ヘッド特性テーブル、1020...再生素子特性の規格値、1030...サンプリング・ルール、1401~1403...信号波形、1404, 1405...接線、1050...記録素子特性の規格値、1051...予測用規格値、1060, 1061...隣接ヘッドの特性値を比較した散布図例、1070, 1071...予測用規格値と第1サンプリング率の関係例、1072...総合サンプリング率を固定したときの関係例、1073...不良ヘッドの混入率を固定したときの関係例、1080...予測用プロファイル例、1090...データベース検索例、1101...静的電磁気試験装置、1102...静的電磁気試験ユニット、1103...ローダー、1104~1106...アンローダー、1111...通し番号読み取り部、1112...ロボットハンドラ、1113...試験部、1114...制御&記憶部、1115...ネットワークインターフェース部、1201...動的電磁気試験装置、1202...動的電磁気試験ユニット、1203, 1204...ロード

30

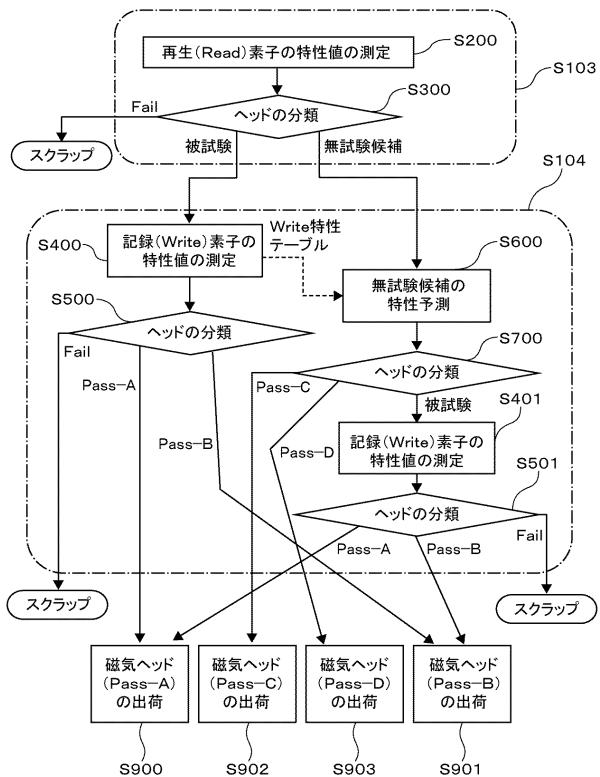
40

50

ダー、1205～1209…アンローダー、1211…通し番号読み取り部、1212…ロボットハンドラ、1213…試験部、1214…制御&記憶部、1215…ネットワークインターフェース部、1302…各種の製造装置、1303…磁気ヘッド試験結果データベース装置、1304…ヘッド組立装置、1305…ヘッド・ディスク組立装置、1306…機能調整装置、1307…試験装置、1501～1504…磁気ヘッドの組合せ方法、C01～C60…ローバー内の磁気ヘッド位置、R001～R560…ウエハ面内のローバーの通し番号、S101…ウエハの薄膜プロセス・ステップ、S102…ヘッド加工ステップ、S103…静的電磁気試験ステップ、S104…動的電磁気試験ステップ、S105…ディスクの薄膜プロセス・ステップ、S106…電磁気試験、S107…ヘッド組立ステップ、S108…ヘッド・ディスク組立ステップ、S109…機能調整ステップ、S110…磁気記録装置の試験ステップ、S200…再生素子の特性値の測定ステップ、S300…ヘッドの分類、S400…記録(Write)素子の特性値の測定、S500…無試験候補の特性予測、S600…ヘッドの分類、S700…記録(Write)素子の特性値の測定、S800…ヘッドの分類、S900…ヘッドの出荷、S100…ヘッドの出荷、S101…ヘッドの出荷、S102…ヘッドの出荷、S103…ヘッドの出荷、S104…ヘッドの出荷、S105…ヘッドの出荷、S106…ヘッドの出荷、S107…ヘッドの出荷、S108…ヘッドの出荷、S109…ヘッドの出荷、S110…ヘッドの出荷、S200…ヘッドの出荷、S300…ヘッドの出荷、S400…ヘッドの出荷、S500…ヘッドの出荷、S600…ヘッドの出荷、S700…ヘッドの出荷、S800…ヘッドの出荷、S900…ヘッドの出荷、S901…ヘッドの出荷、S902…ヘッドの出荷、S903…ヘッドの出荷。
10

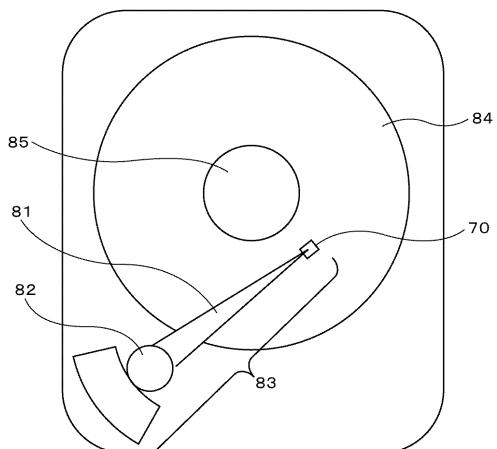
【図1】

図1



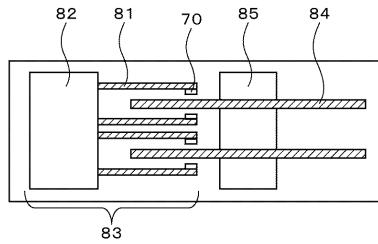
【図2】

図2



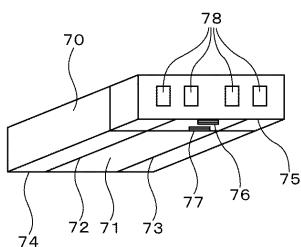
【図3】

図3



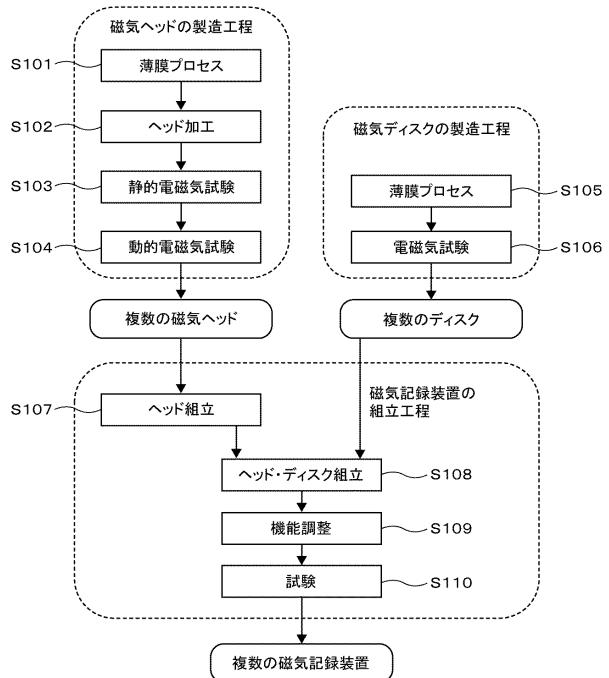
【図4】

図4



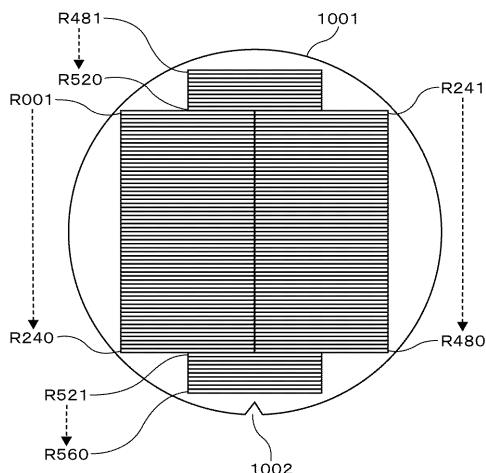
【図5】

図5



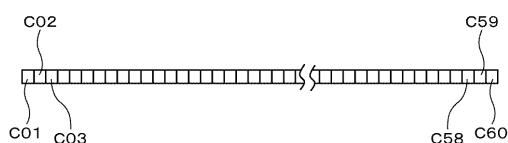
【図6】

図6



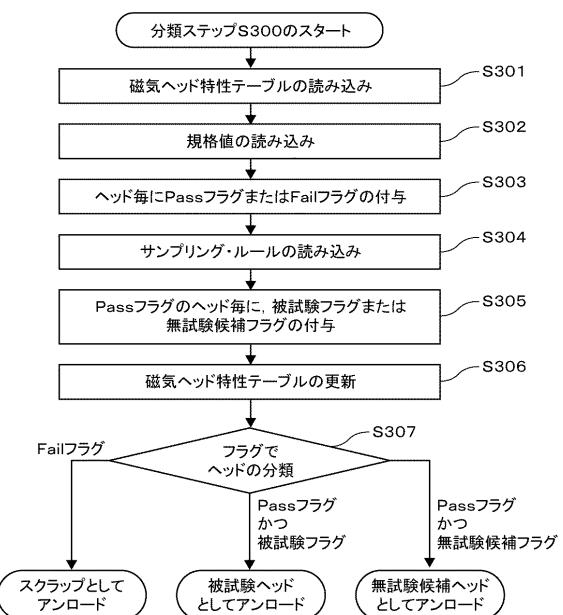
【図7】

図7



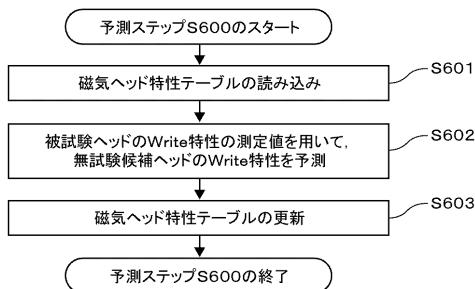
【図8】

図8



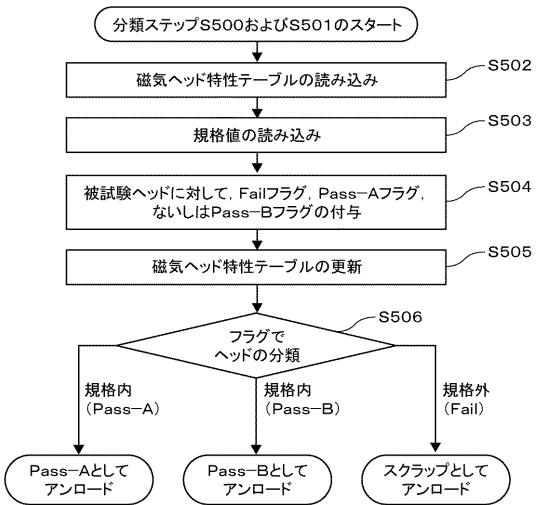
【図 9】

図 9



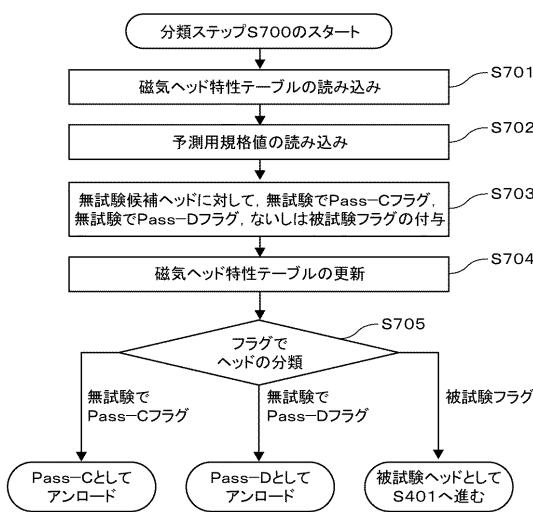
【図 10】

図 10



【図 11】

図 11



【図 12】

図 12

Parameter	LowerLimit	UpperLimit
MRDCR	300	1000
AMP	5000	20000
ASYM	-10	10

【図 13】

図 13

1030

Item	Data
Measure	1
Skip	3
Start	0
End	1

【図 14】

図 14

1050

Parameter	Pass-A LowerLimit	Pass-A UpperLimit	Pass-B LowerLimit	Pass-B UpperLimit
MWW	110	120	120	130
SQZ	20	20	0	20
OW	25		25	

【図15】

図15

Parameter	Pass-C LowerLimit	Pass-C UpperLimit	Pass-D LowerLimit	Pass-D UpperLimit
MWW	115	120	120	125
SQZ	0	18	0	18
OW	30		30	

【図16】

図16

Position	Static Test Measurement			Static Test Judge	Sampling Flag	Dynamic Test Judge
	MRDCR	AMP	ASYM			
C01	1144.6	9566	8.999			
C02	634.2	10248	-6.219	Pass	Measure	
C03	605.7	9510	-2.393	Pass	Skip	
C04	590.9	8513	-9.568	Pass	Skip	
C05	577.1	11479	1.221	Pass	Skip	
C06	625.2	10154	-3.351	Pass	Measure	
C07	565.1	10271	7.022	Pass	Skip	
C08	559.9	4531	3.724	Fail		
C09	528.6	11240	0.726	Pass	Skip	
C10	453.5	12085	-1.022	Pass	Skip	
C11	404.4	9039	2.795	Pass	Measure	
C12	471.3	12376	0.856	Pass	Skip	
C13	423.1	9468	3.919	Pass	Skip	
C14	448.9	10894	-15.315	Fail		
C15	403.8	15145	9.953	Pass	Skip	
C16	400.2	11841	3.058	Pass	Measure	

【図17】

図17

Position	Static Test Measurement			Static Test Judge	Sampling Flag	Dynamic Test Judge
	MRDCR	AMP	ASYM			
C01	1144.6	9566	8.999	Fail		
C02	634.2	10248	-6.219	Pass	Measure	
C03	605.7	9510	-2.393	Pass	Skip	
C04	590.9	8513	-9.568	Pass	Skip	
C05	577.1	11479	1.221	Pass	Skip	
C06	625.2	10154	-3.351	Pass	Measure	
C07	565.1	10271	7.022	Pass	Skip	
C08	559.9	4531	3.724	Fail		
C09	528.6	11240	0.726	Pass	Skip	
C10	453.5	12085	-1.022	Pass	Skip	
C11	404.4	9039	2.795	Pass	Measure	
C12	471.3	12376	0.856	Pass	Skip	
C13	423.1	9468	3.919	Pass	Skip	
C14	448.9	10894	-15.315	Fail		
C15	403.8	15145	9.953	Pass	Skip	
C16	400.2	11841	3.058	Pass	Measure	

【図18】

図18

Position	Static Test Judge	Sampling Flag	Dynamic Test Measurement			Dynamic Test Judge
			MWW	SQZ	OW	
C01	Fail					
C02	Pass	Measure	133.26	3.84	39.98	
C03	Pass	Skip				
C04	Pass	Skip				
C05	Pass	Skip				
C06	Pass	Measure	134.11	4.8	38.39	
C07	Pass	Skip				
C08	Fail					
C09	Pass	Skip				
C10	Pass	Skip				
C11	Pass	Measure	127.71	11.72	40.53	
C12	Pass	Skip				
C13	Pass	Skip				
C14	Fail					
C15	Pass	Skip				
C16	Pass	Measure	92.2	14.97	3.6	

【図19】

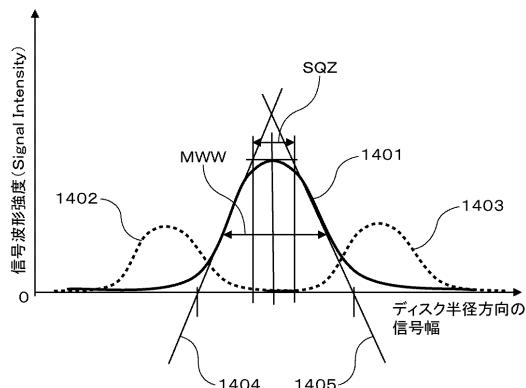
図19

Position	Static Test Judge	Sampling Flag	Dynamic Test Measurement			Dynamic Test Judge
			MWW	SQZ	OW	
C01	Fail					
C02	Pass	Measure	133.26	3.84	39.98	Fail
C03	Pass	Skip	133.473	4.08	39.5825	Measure
C04	Pass	Skip	133.685	4.32	39.185	Measure
C05	Pass	Skip	133.898	4.56	39.7875	Measure
C06	Pass	Measure	134.11	4.8	38.39	Fail
C07	Pass	Skip	132.83	6.184	38.818	Measure
C08	Fail					
C09	Pass	Skip	130.27	8.952	39.674	Measure
C10	Pass	Skip	128.99	10.336	40.102	Measure
C11	Pass	Measure	127.71	11.72	40.53	Pass-A
C12	Pass	Skip	125.654	12.37	39	Measure
C13	Pass	Skip	123.598	13.02	37.47	Pass-C
C14	Fail					
C15	Pass	Skip	119.486	14.32	34.41	Pass-D
C16	Pass	Measure	117.43	14.97	36	B

Position	Static Test Judge	Sampling Flag	Dynamic Test Measurement			Dynamic Test Judge
			MWW	SQZ	OW	
C54	Skip	118.21	35.11	Pass		
C55	Pass	Measure	118.16	16.95	35.06	Pass-B
C56	Pass	Skip	117.465	17.335	34.865	Pass-D
C57	Pass	Skip	116.77	17.72	34.67	Pass-D
C58	Pass	Skip	116.075	18.105	34.475	Measure
C59	Pass	Measure	115.38	18.49	34.28	Pass-B
C60	Fail					

【図21】

図21



【図20】

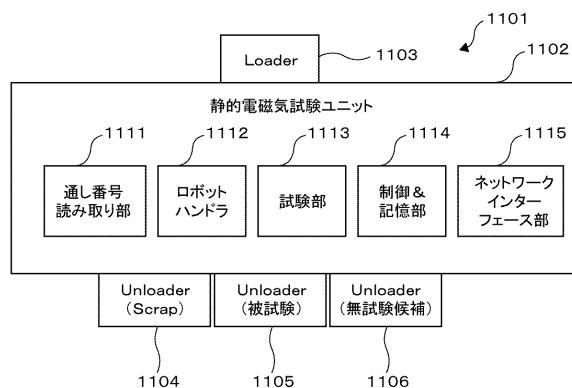
図20

Position	Static Test Judge	Sampling Flag	Dynamic Test Measurement			Dynamic Test Judge
			MWW	SQZ	OW	
C01	Fail					
C02	Pass	Measure	133.26	3.84	39.98	Fail
C03	Pass	Skip	132.11	5.13	38.13	Fail
C04	Pass	Skip	128.51	8.31	37.15	Pass-A
C05	Pass	Skip	125.83	7.01	38.54	Pass-A
C06	Pass	Measure	126.71	4.8	38.39	Fail
C07	Pass	Skip	126.87	6.18	37.81	Pass-A
C08	Fail					
C09	Pass	Skip	127.43	8.88	38.35	Pass-A
C10	Pass	Skip	126.53	10.13	40.01	Pass-A
C11	Pass	Measure	127.71	11.72	40.53	Pass-A
C12	Pass	Skip	124.88	12.37	39.33	Pass-A
C13	Pass	Skip	123.598	13.02	37.47	Pass-C
C14	Fail					
C15	Pass	Skip	119.486	14.32	34.41	Pass-D
C16	Pass	Measure	117.43	14.97	36	B

Position	Static Test Judge	Sampling Flag	Dynamic Test Measurement			Dynamic Test Judge
			MWW	SQZ	OW	
C54	Skip	118.21	35.11	Pass		
C55	Pass	Measure	118.16	16.95	35.06	Pass-B
C56	Pass	Skip	117.465	17.335	34.865	Pass-D
C57	Pass	Skip	116.77	17.72	34.67	Pass-D
C58	Pass	Skip	115.89	17.77	35.31	Pass-B
C59	Pass	Measure	115.38	18.49	34.28	Pass-B
C60	Fail					

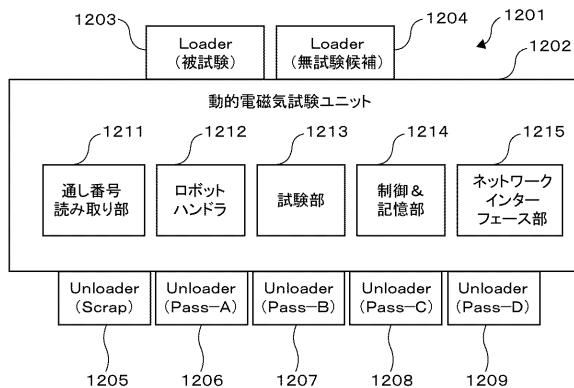
【図22】

図22



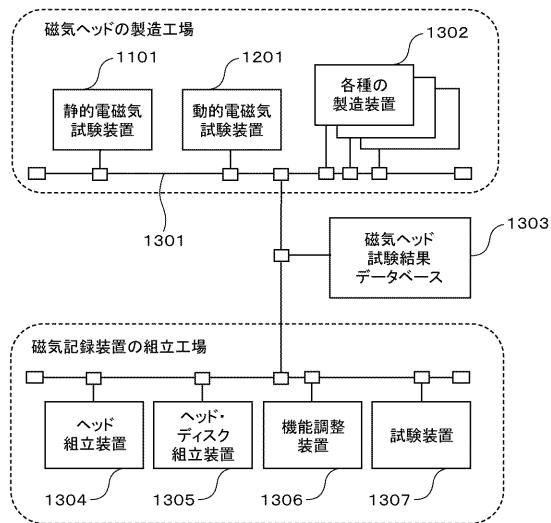
【図23】

図23



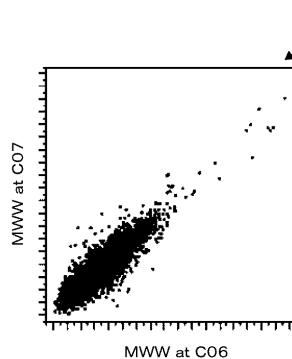
【図24】

図24



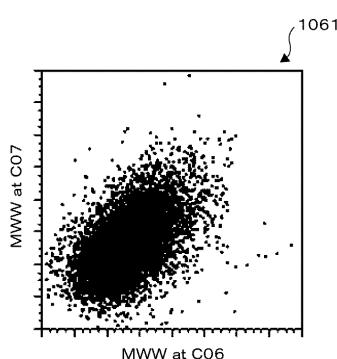
【図25】

図25



【図26】

図26



【図27】

図27

図27は、サンプリング率と厳密基準範囲に関する表です。

	50	33.3	25	20	16.7	14.3	12.5	11.1	10	9.09	8.33
First Sampling Rate (%)	1.25	2.25	2.91	3.37	3.81	4.09	4.24	4.45	4.51	4.69	4.8
Strict Criteria Range (nm)	1.96	1.2	2.17	2.83	3.28	3.72	4.01	4.15	4.37	4.43	4.6

	50	33.3	25	20	16.7	14.3	12.5	11.1	10	9.09	8.33
First Sampling Rate (%)	1.25	2.25	2.91	3.37	3.81	4.09	4.24	4.45	4.51	4.69	4.8
Strict Criteria Range (nm)	19.6	1.2	2.17	2.83	3.28	3.72	4.01	4.15	4.37	4.43	4.6

【図28】

図28

	50	33.3	25	20	16.7	14.3	12.5	11.1	10	9.09	8.33
Strict Criteria Range(nm)	20	67.3	56.2	51	48.1	45.8	44.6	43.6	42.8	42.3	41.7
19.6	67.7	56.8	51.7	48.8	46.6	45.4	44.4	43.6	43.2	42.6	41.9
19.2	68.2	57.5	52.4	49.6	47.4	46.3	45.3	44.5	44.1	43.5	42.8
18.8	68.7	58.2	53.2	50.5	48.3	47.1	46.2	45.4	45	44.4	43.8
18.4	69.2	58.9	54	51.3	49.1	48	47	46.3	45.9	45.3	44.7
18	69.8	59.6	54.7	52.1	50	48.9	48	47.2	46.9	46.3	45.6
17.6	70.3	60.3	55.5	53	50.9	49.8	48.9	48.2	47.8	47.3	46.6
17.2	70.8	61	56.3	53.8	51.7	50.8	49.8	49.1	48.8	48.2	47.6
16.8	71.4	61.7	57.1	54.7	52.6	51.7	50.7	50.1	49.8	49.2	48.6
16.4	71.9	62.5	58	55.6	53.6	52.7	51.7	51.1	50.8	50.3	49.6
16	72.5	63.2	58.8	56.5	54.5	53.6	52.6	52.1	51.8	51.3	50.6
15.6	73.1	64	59.7	57.4	55.5	54.6	53.6	53.1	52.8	52.4	51.6
15.2	73.7	64.8	60.5	58.3	56.4	55.6	54.6	54.1	53.9	53.4	52.7
14.8	74.3	65.6	61.4	59.2	57.4	56.6	55.6	55.2	54.9	54.5	53.7
14.4	74.8	66.4	62.3	60.2	58.4	57.6	56.6	56.3	56	55.5	54.8
14	75.5	67.2	63.9	61.7	59.7	57.7	56.7	56.3	56	55.5	54.9

【図29】

図29

Strict Criteria Range(nm)	First Sampling Rate(%)	Failure Rate in Shipment(%)
18	50	1
12.8	33.3	1.21
11.2	25	1.53
10.8	20	1.91
10.4	16.7	2.24
10	14.3	2.35
9.6	12.5	2.45
9.6	11.1	2.66
9.6	10	2.73
9.6	9.09	2.9
9.2	8.33	2.99

【図30】

図30

4.8	91.1	88.1	86.6	85.8	85.3	85	84.5	84.6	84.5	84.2	83.9
4.4	91.8	89.1	87.7	87	86.5	86.3	85.8	85.8	85.8	85.5	85.2
4	92.5	90	88.8	88.2	87.7	87.5	87	87.1	87.1	86.8	86.6
3.6	93.3	91	89.9	89.3	89	88.8	88.3	88.4	88.3	88.1	87.9
3.2	94	92	91.1	90.5	90.2	90	89.6	89.7	89.6	89.4	89.2
2.8	94.7	93	92.2	91.7	91.4	91.3	90.9	90.9	90.9	90.8	90.5
2.4	95.5	94	93.3	92.9	92.6	92.5	92.2	92.2	92.2	92.1	91.9
2	96.3	95	94.4	94	93.9	93.7	93.5	93.5	93.5	93.4	93.2

【図31】

図31

【図32】

図32

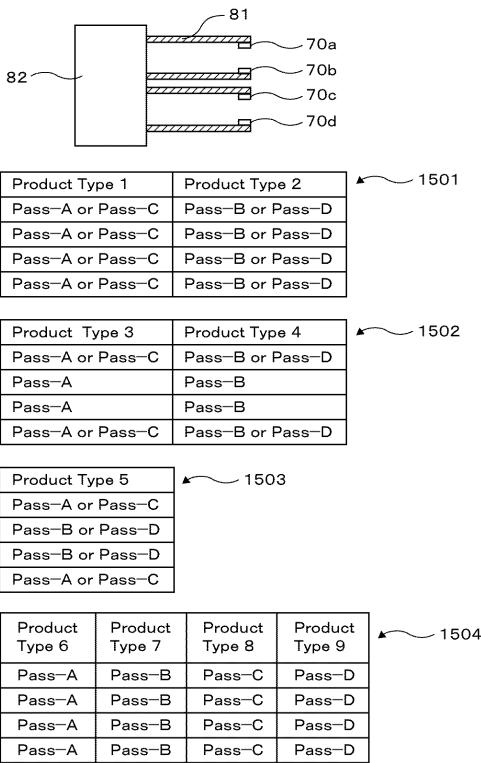
Wafer	Row	Position	Static Test Judge	Dynamic Test Judge	Predict Flag	MRDCR	OW
AA1234	R050	C57	Pass	Pass-D	Predict	453.4	34.67
AA1234	R050	C58	Pass	Pass-B	Measure	391.3	34.475
AA1234	R050	C59	Pass	Pass-B	Measure	363.4	34.28
AA1234	R050	C60	Fail			1053.3	
AA1251	R134	C01	Fail			1303.1	
AA1251	R134	C02	Pass	Pass-A	Measure	434.5	29.31
AA1251	R134	C03	Pass	Pass-C	Predict	513.1	29.717
AA1251	R134	C04	Pass	Pass-C	Predict	731.5	30.123
AA1251	R134	C05	Pass	Pass-A	Measure	459.1	30.53
AA1157	R358	C57	Pass	Pass-B	Predict	860.1	40.1
AA1157	R358	C58	Pass	Fail	Measure	519.3	40.2
AA1157	R385	C59	Pass	Fail	Measure	602.3	18.5
AA1157	R385	C60	Fail			1588.3	19.5

Position	MWW			
	R001	R002	R003	R004
C01	138	134	133	134
C02	136	133	133	13
C03	134	133	132	13
C04	133	132	132	133
C05	133	132	131	133
C06	133	131	131	131
C07	132	131	130	130
C08	132	130	129	130
C09	132	129	129	129
C10	131	129	129	129
C11	131	129	129	12
C12	131	129	128	12
C13	130	128	128	128
C14	130	128	128	128
C15	129	128	127	127
C16	129	127	127	126

C55	119	119	120	12
C56	119	119	119	11
C57	119	118	119	118
C58	118	118	119	117
C59	118	118	119	117
C60	118	118	119	117

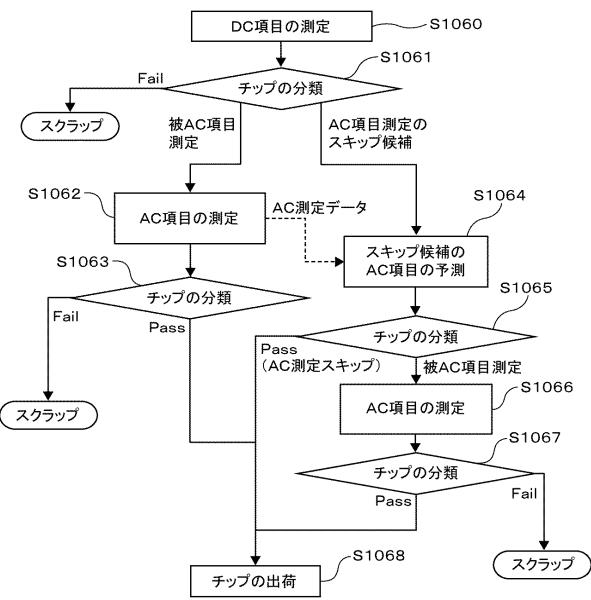
【図33】

図33



【図34】

図34



フロントページの続き

審査官 斎藤 真

(56)参考文献 特開平02-310805(JP,A)
特開2006-085865(JP,A)
特開2009-170063(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 11 B 5 / 00 - 5 / 024
G 11 B 5 / 31 - 5 / 39
G 11 B 5 / 455
G 11 B 5 / 84 - 858