

(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2007-147324

(P2007-147324A)

(43) 公開日 平成19年6月14日(2007.6.14)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
GO 1 N 21/954 (2006.01)	GO 1 N 21/954 A	2 F O 6 5
GO 1 B 11/30 (2006.01)	GO 1 B 11/30 A	2 G O 5 1

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2005-338860 (P2005-338860)	(71) 出願人	390014661 株式会社キリンテクノシステム 神奈川県横浜市鶴見区生麦1丁目17番1号
(22) 出願日	平成17年11月24日(2005.11.24)	(71) 出願人	505216449 株式会社 K T S オプティクス 神奈川県横浜市鶴見区生麦1丁目17番1号
		(74) 代理人	100099645 弁理士 山本 晃司
		(74) 代理人	100104499 弁理士 岸本 達人
		(72) 発明者	森 秀夫 神奈川県横浜市鶴見区生麦1丁目17番1号 株式会社K T S オプティクス内 最終頁に続く

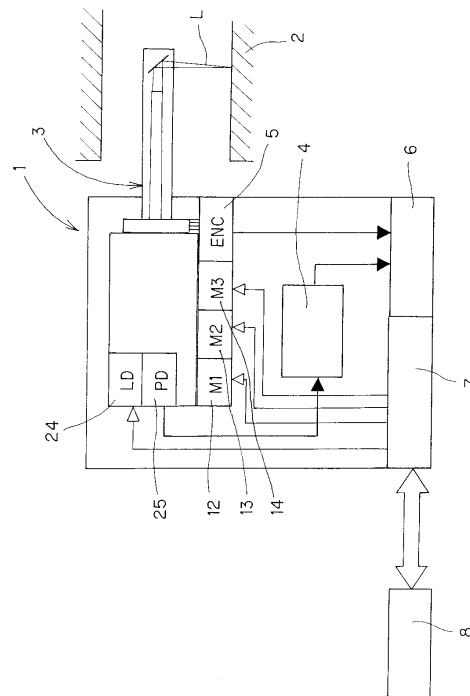
(54) 【発明の名称】 表面検査装置

(57) 【要約】

【課題】被検査物表面の微小サイズの欠陥が検査可能で且つ表面の荒れや汚れ等の影響を受けにくい表面検査装置を提供する。

【解決手段】光源24から投光ファイバ20を介して被検査物の内面に投光された光の反射光を受光ファイバ21を介して受光し、その受光量に基づいて被検査物2の表面に対応した二次元画像を生成する表面検査装置1において、前記投光ファイバ20の周囲に前記受光ファイバ21を複数配置し、且つ前記受光ファイバ21の径を前記投光ファイバ20の径よりも大きくする。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

光源から投光ファイバを介して被検査物の表面に投光された光の反射光を受光ファイバを介して受光し、その受光量に基づいて前記被検査物の表面を検査する表面検査装置において、

前記投光ファイバの周囲に前記受光ファイバが複数配置され、且つ前記受光ファイバの径が前記投光ファイバの径よりも大きいことを特徴とする表面検査装置。

【請求項 2】

前記受光ファイバにより受光された光を光電変換し、光電変換後の電気信号を非線形に増幅する非線形増幅手段を備えていることを特徴とする請求項 1 に記載の表面検査装置。

10

【請求項 3】

前記光電変換後の信号が電圧信号であり、前記非線形増幅手段の増幅率が、低電圧部では大きく、高電圧部では小さいことを特徴とする請求項 2 に記載の表面検査装置。

【請求項 4】

前記非線形増幅手段としてログアンプを設けたことを特徴とする請求項 3 に記載の表面検査装置。

【請求項 5】

前記被検査物の前記表面が円筒体の内面であり、前記投光ファイバを介して投光される光を前記円筒体の内周に沿って回転させる回転手段と、前記円筒体の軸方向に沿って移動させる直線移動手段と、前記回転手段の回転に対応するクロック信号を発生するクロック信号発生手段と、前記増幅された電気信号を前記クロック信号と同期させて A / D 変換する A / D 変換手段と、を更に備えることを特徴とする請求項 2 ~ 4 のいずれか 1 項に記載の表面検査装置。

20

【請求項 6】

前記被検査物がエンジンのシリンダヘッドであり、前記被検査物の前記表面が前記シリンダヘッドの内面であって、前記溝や傷が、前記内面に設けられた凹部の側面と前記凹部に嵌め込まれたパルプシートの側面との隙間であることを特徴とする請求項 1 ~ 5 のいずれか 1 項に記載の表面検査装置。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】**

30

【0001】

本発明は、被検査物表面に存在する異物、微細な溝又は傷を検査する表面検査装置に関する。

【背景技術】**【0002】**

被検査物表面に存在する溝や傷を検査することのできる装置としては、光源から投光ファイバを介して被検査物の表面に投光された光の反射光を受光ファイバを介して受光し、その受光量に基づいて被検査物の表面に対応した二次元画像を生成し表面の溝や傷を検出する表面検査装置が知られている。この装置は、投光ファイバを介して投光される光を円筒体の内周に沿って回転させる回転手段及び円筒体の軸方向に沿って移動させる直線移動手段も備え、平面のみならず円筒体の内面も検査可能となっている（例えば、特許文献 1 参照）。

40

【特許文献 1】特開平 11 - 281582 号公報

【発明の開示】**【発明が解決しようとする課題】****【0003】**

この表面検査装置により、微細な溝や傷を検出するためには、投光ファイバを細くして光の照射スポットを小さくし、分解能を向上させることが必要である。しかし、照射スポットを小さくしていくと、表面の荒れや汚れによる光の散乱の影響を受けやすくなり、検出したい溝とこれらの荒れや汚れとの区別がしにくくなるという問題が生じてくる。この

50

ため、従来の表面検査装置を微細な溝の検出に用いることは困難である。

【0004】

そこで、本発明は、表面の荒れや汚れ等の影響を受けにくく、被検査物表面の微細な溝等の欠陥が検査可能な表面検査装置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】

【0005】

本発明の表面検査装置は、光源(24)から投光ファイバ(20)を介して被検査物(2)の表面に投光された光(L)の反射光を受光ファイバ(21)を介して受光し、その受光量に基づいて前記被検査物(2)の表面を検査する表面検査装置(1)において、前記投光ファイバ(20)の周囲に前記受光ファイバ(21)を複数配置し、前記受光ファイバ(21)の径を前記投光ファイバ(20)の径よりも大きくすることにより上記課題を解決する。

10

【0006】

上述のように、表面検査装置において、分解能を向上させるために投光ファイバを細くしていくと、表面の浅い部分に存在する荒れや汚れによる光の散乱が反射光に及ぼす影響が大きくなっていく。しかし、この場合であっても、溝や傷の部分からの反射光と比べると、正反射の量が多くまた投光位置からの散乱光の広がりも小さい。本発明の表面検査装置は、投光ファイバの周囲に、複数の受光ファイバが配置され且つ受光ファイバの径は投光ファイバよりも大きいこと、受光面積が従来と比べて広い。従って、正反射量が多く且つ散乱光の広がりが比較的狭い、荒れや汚れ部分からの反射光の場合、反射光全体のうちのかなりの割合の反射光を拾うことが可能となる。これに対して、表面の溝や傷部分からの散乱光は、正反射光が少なくまた散乱光が大きく広がっているため、受光面積を拡大しても、表面の荒れや汚れの場合と比べて受光量の増加の割合は少ない。すなわち、本発明の表面検査装置によると、溝や傷の部分からの受光量はあまり増加させずに、荒れや汚れの部分からの受光量のみ大きく増加することができる。従って、荒れや汚れが存在する部分と、溝や傷が存在する部分とを明確に区別することが可能となる。

20

【0007】

また、本発明の一形態においては、前記受光ファイバ(21)により受光された光を光電変換し、光電変換後の信号を非線形に増幅する非線形増幅手段(4)を備えてもよい。

上述のように、受光面積を大きくすることで、分解能を向上させても、溝や傷の部分から表面の荒れや汚れから区別すること可能になる。しかし、その場合であっても、分解能を向上させるほど、光電変換後の、溝や傷の部分から受光された光に対応する出力信号と、表面の荒れや汚れの部分から受光された光に対応する出力信号との境界は、表面が滑らかで汚れのない部分から受光された光に対応する出力信号と比べて信号強度の低い部分に存在するようになる。従って、本形態のように、出力信号の低い範囲において大きく増幅されるように、光電変換後の信号を非線形に増幅すれば、表面の溝や傷と表面の荒れや汚れとをより容易に区別することが可能となる。

30

【0008】

前記光電変換後の信号が電圧信号であり、前記非線形増幅手段(4)の増幅率を、低電圧部では大きく、高電圧部では小さくすることができる。また前記非線形増幅手段としてログアンプを設けることもできる。これによると、上述したように、出力電圧の低い低電圧部において大きく増幅されるように光電変換後の電圧信号を非線形に増幅すれば、表面の溝や傷と表面の荒れや汚れとをより容易に区別することが可能となる。

40

【0009】

前記被検査物が円筒体(2)の内面であり、前記投光ファイバ(20)から投光される光を前記円筒体(2)の内周に沿って回転させる回転手段(12)と、前記円筒体(2)の軸方向に沿って移動させる直線移動手段(13)と、前記回転手段(12)の回転に対応するクロック信号を発生するクロック信号発生手段(5)と、前記増幅された電気信号を前記クロック信号と同期させてA/D変換するA/D変換手段(6)と、を備えることもできる。これによると、信号発生手段からクロック信号に基づき、増幅された電気信号

50

を A / D 変換するので、二次元画像が回転むらの影響を受けにくくなる。

【 0 0 1 0 】

前記被検査物をエンジンのシリンダヘッドとし、前記被検査物の前記表面を前記シリンダヘッドの内面とし、前記溝や傷を、前記内面に設けられた凹部の側面と前記凹部に嵌め込まれたバルブシートの側面との隙間としてもよい。これによると、エンジンのシリンダヘッドの内面の、微細な表面の溝や傷を、表面の荒れや汚れの影響を受けることなく検査可能となる。

【 0 0 1 1 】

なお、以上の説明では本発明の理解を容易にするために添付図面の参照符号を括弧書きにて付記したが、それにより本発明が図示の形態に限定されるものではない。

10

【 発明の効果 】

【 0 0 1 2 】

以上、本発明の表面検査装置によると、表面の微細な溝や傷と表面の荒れや汚れとの差を明確にすることができ、溝や傷を明確に検出することが可能となる。従って、例えば、自動車部品等の検査基準の厳しい製造ラインに組み込んで、微細欠陥の検出に使用することが可能となり、製品精度及びスループットを向上することができる。

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 1 3 】

図 1 は、本発明の表面検査装置の一形態の概略図である。なお、本形態では、以下、被検査物として円筒体の内面を検査する表面検査装置について説明するが、本発明はこれに限定されず、平面状の被検査物の表面を検査するものであってもよい。図示したように、本発明の表面検査装置 1 は、被検査物である円筒体 2 の内部に挿入され、円筒体 2 の内面に光 L を投光しつつその反射光を受光する検査部 3 と、受光した光を非線形に増幅する非線形増幅器手段である非線形増幅器 4 と、その非線形増幅部 4 から送られる信号を、クロック信号発生手段であるエンコーダ 5 からのサンプリングクロック信号により A / D 変換する A / D 変換手段である A / D 変換器 6 と、検査部 3 及び A / D 変換器 6 に対する各種制御を行う制御部 7 と、それらの各種制御及びその他の後述する処理を行う演算処理部 8 と、を備える。

20

【 0 0 1 4 】

図 2 は検査部 3 の概略構成を示した図である。図示したように、検査部 3 は、光源であるレーザダイオード（以下、LD と表記する）24 と、受光した光を光電変換して受光量に応じた電圧を発生するフォトディテクタ（以下、PD と表記する）25 と、LD 24 から及び PD 25 へ光を伝達するセンサヘッド 10 と、センサヘッド 10 の外部を囲む外筒 11 と、外筒 11 を回転させる回転手段である回転機構 12 と、外筒 11 を進退移動させる直線移動手段である直線移動機構 13 と、回転に合わせてサンプリングクロック信号を発生するエンコーダ 5 と、センサヘッド 10 を移動させて光の焦点合わせを行うセンサヘッド調整機構 14 と、を備える。

30

【 0 0 1 5 】

センサヘッド 10 は、投光ファイバ 20 及び受光ファイバ 21 と、それらの投光ファイバ 20 及び複数の受光ファイバ 21 を保持する保持筒 22 と、保持筒 22 の先端に取り付けられ、投光ファイバ 20 からの光を外部に対して集光し、外部からの光を内部に対して集光する凸レンズ 23 とを備える。そして投光ファイバ 20 の基端は LD 24 に接続され、受光ファイバ 20 の基端は PD 25 に接続されている。そして LD 24 で発生された光は投光ファイバ 20 を介して凸レンズ 23 へ投光され、凸レンズ 23 から入射した光は受光ファイバ 21 を介して PD 25 に伝達される。

40

【 0 0 1 6 】

図 3 (a) は投光ファイバ 20 と受光ファイバ 21 との保持筒 22 内での断面図を示したものである。図示したように、一本の投光ファイバ 20 の周りに 4 本の受光ファイバ 21 が配置され、また投光ファイバ 20 の径に比べて受光ファイバ 21 の径が大きいので、投光面積に比べて受光面積が大きい。なお、投光ファイバの周り配置する受光ファイバの

50

数は4本に限定されず、複数であれば良く、例えば図3(b)に示したように、一本の投光ファイバの周りに3本の受光ファイバを配置することもできる。

【0017】

図2に戻り、センサヘッド10の外側を覆う外筒11は、センサヘッド10と同軸に配置され、その先端の側部には光を通すための投/受光部30が開口されている。また、外筒11内部の先端部には反射鏡31が当該外筒11の軸線Cに対して45度の角度で取り付けられている。この反射鏡31により、センサヘッド10の凸レンズ23を通った光は直角に曲げられ、投/受光部30を通して円筒体2の内面の検査領域Rに投光されるようになっていく。また検査領域Rからの反射光も投/受光部30を通して反射鏡31によって直角に曲げられ凸レンズ23を通して受光ファイバ21へ伝達される。

10

【0018】

一方、外筒11の基端側に取り付けられた回転機構12は回転モータを含んでおり、この回転機構12によって外筒11が回転されると、その外筒11に固定された反射鏡31も共に回転し、検査領域Rの位置が円筒体2の内面の周方向に沿って回転する。そして、外筒11が一回転すると、検査領域Rは円筒体2の内面を一周し、その回転に合わせて、エンコーダ5からサンプリングクロック信号が発生される。

【0019】

また、検査部3には、リニアモータ等の直線移動機構13が取り付けられており、外筒11が円筒体2の軸方向Cに沿って進退移動することができるようになっていく。これにより、投/受光部30からの光は円筒体2の内面を周方向に沿って走査すると共に軸方向

20

【0020】

図1に戻り、受光ファイバ21から伝達された光は、PD25により光電変換され、受光量に応じた電圧に変換される。そしてPD25に接続されている非線形増幅器4は、PD25からの電圧を非線形に増幅するものであり、ログアンプ(図示せず)を有し、ここで、電圧の低い部分が大きく増幅され、電圧の高い部分は小さく増幅される。

【0021】

なお、この非線形増幅器4の次に、高速フーリエ変換装置、ローパスフィルタ及び逆フーリエ変換装置を配置することもできる。あるいは、非線形増幅器4の次にローパスフィルタのみ配置することもできる。これによると、高周波領域に多く表れる表面の荒れや汚れによる光の散乱の影響や、他のノイズの影響を排除することができる。例えば、高速フーリエ変換装置、ローパスフィルタ及び逆フーリエ変換装置を配置した場合、一周の検査時間20msとしたときに、その1/100である0.2ms、周波数にして5000Hz以上をローパスフィルタでカットすると効果的である。

30

【0022】

非線形増幅器4は直接、又は高速フーリエ変換装置、ローパスフィルタ及び逆フーリエ変換装置、若しくはローパスフィルタを介在させて、更にA/D変換器6に接続され、このA/D変換期で信号は、エンコーダ5から発生されるサンプリングクロックに従ってサンプリングされてA/D変換される。サンプリングされたデジタル信号は、制御部7を介して後述する演算処理部8の記憶装置に記録される。なお、制御部7は、LD24、回転機構12、直線移動機構13、センサヘッド調整機構14の制御も行う。

40

【0023】

図4は制御部7と接続されている演算処理部8の構成図を示したものである。図示したように、この演算処理部8は、演算装置40と、演算装置40に対する入力装置41としてのキーボード41a及びマウス41bと、必要に応じて出力装置42としてのモニタ42a及びプリンタ42bとを備えている。また、演算装置40は、例えばマイクロプロセッサ及びその動作に必要な記憶装置43(RAM及びROM)等の周辺装置を備えたコンピュータユニットで構成される、例えばパーソナルコンピュータを使用することができる。

【0024】

50

この演算装置 40 は、円筒体 2 の内面の周方向の位置を x 座標とし、円筒体 2 の内面の長手方向位置を y 座標とした二次元平面において、上述したように回転移動に合わせてサンプリングされて記憶装置 43 に記憶された受光量に相当するデジタル信号を画素の輝度の強弱として表す表示制御手段 44 を更に備える。また、その表示された二次元画像を 2 値化及びエッジ処理等する画像処理手段 45 も備えている。

【0025】

更に、この演算装置 40 は、円筒体 2 の内面に設けられた溝の幅を求めるための溝幅決定手段 46 も備える。この溝幅決定手段 46 は、受光量を画素の輝度の強度で表した二次元画像を 2 値化し、その画像を更にエッジ処理した画像を、y 方向に延びる直線に沿って複数に分割し、分割区間毎に溝幅を決定するものである。なお、本形態においてはエッジ処理した画像を分割するが、これに限定されず、受光量をその強度で表した二次元画像又は、それを 2 値化した画像を分割してもよい。

10

【0026】

図 5 は、溝幅決定手段 46 が分割区間毎に溝幅を決定するアルゴリズムを示したフローチャートである。このフローチャートでは、まずステップ 1 において、作業者が入力装置 41 から入力する分割数等の指示に基づいて二次元画像平面を y 方向に延びる直線に沿って複数に分割する。ステップ 2 では一の分割区間内において、x 軸座標を一点に固定し、y 軸に沿って溝の一方から溝に向かって移動し、画素の輝度が隣接画素間で特定の閾値を超えて変化する一点を検索し、そのときの y 座標を溝の一侧縁部に対応する y 座標として記憶する。ステップ 3 では、同じ x 軸座標上において、y 軸に沿って溝の他方から溝に向かって移動し、受光量に相当する画素の輝度が隣接画素間で特定の閾値を超えて変化する他点を検索し、そのときの y 座標を溝の他側縁部に対応する y 座標として記憶する。ステップ 4 において、予め作業者によって設定された、一の分割区間で検索すべき x 座標の数だけ両側縁部の y 座標を求めたか検討する。そして、まだ所定の数、求めていない場合は、ステップ 5 に進み、同一の分割区間で x 座標を移動して、またステップ 2 に戻る。そしてステップ 2 からステップ 4 に至る動作を繰り返す。所定の数 x 座標についてそれぞれ両側縁部の y 座標を求めたら次のステップ 6 へと進む。ステップ 6 では、ステップ 2 で記憶した複数の一侧縁部の y 座標を集計し、そのうちの、集計数が最も多い y 座標を一侧縁部の代表座標とする。ステップ 7 では、同様にステップ 3 で記憶した複数の他側縁部の y 座標を集計し、そのうちの集計数が最も多い y 座標の他側縁部の代表座標とする。ステップ 8 において、その一侧縁部の代表座標と他側縁部の代表座標の差を求め、その差をその分割区間における代表的な溝幅として記憶する。ステップ 9 において全分割区間について代表的な溝幅を決定したか検討し、全分割区間について決定されていない場合は、ステップ 10 により分割区間を移動して再度のステップ 2 に戻り、同様の作業を行う。全分割区間について代表的な溝幅を決定すると、フローチャートは終了する。そしてその計算結果は適宜モニタ等の出力装置から出力される。

20

30

【0027】

次に、本形態の表面検査装置で、自動車のエンジンのシリンダヘッドの、内面に形成された凹部の側面とその凹部に取り付けられたリング状のバルブシートの側面との隙間の幅を検査し、その幅を測定する場合について説明する。

40

【0028】

図 6 (a) は自動車のエンジンのシリンダヘッドの概略図である。エンジンのシリンダヘッド 2 は、通常アルミニウム合金等で製造されており、燃焼室内に吸入空気を供給するための吸気ポート 101 と、燃焼後の排気ガスを排出するための排気ポート 102 とが形成されている。各ポート 101, 102 は、それぞれバルブ 103 によって開閉されるようになっており、また各ポート 101, 102 の先端には、凹部 104 が設けられ、この凹部 104 には、バルブの気密性と耐久性を確保するために、鉄系の焼結材料等で作られたリング状のバルブシート 105 が嵌め込まれている。このバルブシート 105 と凹部 104 とは隙間なく嵌合されていることが望ましいが、製造上の誤差等によって、実際には多少の隙間 G が発生する。そして、この隙間 G が大きくなると所望のエンジン性能を得る

50

ことができないため、この隙間Gの幅を正確に測定し、一定の値以上の隙間を有する不良品は排除することが必要である。このような隙間Gは、図示したようにシリンダヘッド2の内面に存在し、直接目視することができない。このため、従来は、作業者が手作業により隙間Gに薄板材からなるシムを差し込み、シムが入ればその厚さの隙間Gが存在すると判断する方法が広く用いられている。しかし、この方法は、作業者の熟練度の影響が大きく、客観性に欠け、更に、手作業であるため、全品検査が困難であった。

【0029】

本形態の表面検査装置による、このようなシリンダヘッド2の内面に形成された凹部の側面とその凹部に取り付けられたリング状のバルブシート105の側面との間の幅の検査及びその幅の決定は、以下のように行う。まず、バルブ103が取り付けられていない状態 10
で、吸気ポート101又は排気ポート102のいずれか検査を行うポート内に、シリンダヘッド2の軸線と外筒11の軸線Cとを一致させて、投/受光部30がバルブシートの位置105にくるようにして表面検査装置1の外筒11を配置する。なお、図6(b)は吸気ポート101に表面検査装置1を挿入する場合を示した。次に、図2に示したセンサヘッド調整機構14によってセンサヘッド10を移動させ、シリンダヘッド2の内面に光Lの焦点を合わせる。これにより、LD24からの光は、投光ファイバ20を通過して、凸レンズ23により集光されて反射鏡31に到り、直角に光路が変更されて投/受光部30からバルブシート105の内面の検査領域Rに投光される。

【0030】

この状態で、回転機構12及び直線移動機構13を駆動させると、シリンダヘッド2の内面に投光ファイバ20からの光が順次投光されて、内面の全周から反射光が受光ファイバ21に受光される。そして外筒11は回転し且つ軸方向Cに進み、バルブシート105の内面からシリンダヘッド2の内面にわたる所定範囲内の検査が可能になる。 20

【0031】

反射された光Lは投/受光部30を通過して反射鏡31で直角に曲げられて、凸レンズ23で集光され、受光ファイバ21に受光される。この場合、シリンダヘッド2の表面は比較的滑らかであるため、投光ファイバ20から投光された光の大部分が正反射して受光ファイバ21によって受光される。バルブシート105の表面は、シリンダヘッド2の内面と比較すると表面がざらついているため、投光ファイバ20を細くして照射スポット径を小さくすると光の散乱の影響が出てくる。溝Gの部分においては、光の散乱がバルブシート105の部分より更に大きく、光の正反射もほとんどない。 30

【0032】

ここで、投光ファイバ20の周囲に受光ファイバ21を4つ配置し且つ受光ファイバ21の径を投光ファイバ20より大きくすることにより受光面積が拡大されている。このため、バルブシート105の部分から受光ファイバ21によって受光される光の量は増加するが、一方、溝の部分から受光される光の量はあまり増加しない。従って、バルブシートの表面の部分と溝の部分との差が明確になる。

【0033】

次に、シリンダヘッド2の内面を螺旋状にスキャンしながら受光ファイバ21を介して得られた上述の信号をPD25によって光電変換して受光量に応じた電圧に変換し、非線形増幅器4によって増幅する。図7はPD25からの非線形増幅器4に入力される信号と、非線形増幅器4のログアンプによって非線形に増幅した後の出力電圧の関係を示したグラフである。図7のAで示した部分は、溝の部分のPD25からの信号の部分である。一方、図7のBで示した部分は、バルブシート部分のPD25からの信号を含む、溝部以外の信号の部分である。ここで、PD25からの入力信号における溝からの信号部分Aとそれ以外の信号部分Bとは、上述のように受光ファイバ21の受光面積を大きくすることで、ある程度の差を生じているが、更にこの差を拡大できれば、より明確に両者を区別することができる。一方、この差の部分は、入力信号全体のうちの信号の少ない位置に存在している。従って、PDからの入力信号を非直線アンプあるいはログアンプで対数的に増幅することにより、この差の部分が拡大され、両者の間の出力電圧の差が大きくなり、表面 50

の溝や傷を表面の荒れや汚れから更に区別しやすくなる。また、ログアンプの後に高速フーリエ変換装置、ローパスフィルタ及び逆フーリエ変換装置、あるいは、ローパスフィルタが配置されている場合、高周波領域に多く表れる表面の荒れや汚れによる光の散乱の影響や、他のノイズの影響が排除される。

【0034】

この出力電圧を、A/D変換器6にて、エンコーダ5から発生されるサンプリングクロックに従ってサンプリングしてA/D変換する。そして演算処理部8の表示制御手段44によって、シリンダヘッド2の周方向をx軸とし、軸方向をy軸とした、格子状の画像データに変換することにより、シリンダヘッド2の内面を展開したような二次元画像を得ることができる。ここで、回転機構に取り付けられたエンコーダから直接サンプリングクロック信号を発生させるので、光の回転と受光データとを同期させることができ、二次元画像が回転むらの影響を受けにくい。

10

【0035】

図8は、エアシリンダの内面のバルブシートが取り付けられた部分を本発明の表面検査装置1で検査した二次元画像である。図中Aはシリンダヘッド2の内面であり、表面は比較的滑らかであるため反射光量が多く白くなっている。また、図中Bはバルブシート105の内面であり、この部分はシリンダヘッド2の内面と比較すると表面がざらついているため、反射光量が少なく、黒っぽくなっている。そして図中Gは、シリンダヘッド2とバルブシート105との間の隙間であり、この部分からの反射光はほとんどないため、黒くなっている。なお、図示しないが、受光ファイバの数が複数でなく且つ増幅器も線形である従来の表面検査装置の場合、同様の二次元画像において、シリンダヘッド2の内面は真っ白であり、バルブシート105と溝の部分は共に真っ黒となり、両者を区別することはできない。しかし、本形態の表面検査装置によると、図8で示したように、バルブシートの部分Bと、溝の部分Gとの間には、明暗に差が生じ、両者を区別することが可能となる。

20

【0036】

より明確に溝Gを特定するために、図8の画像の画素の明るさを算出し、溝Gの部分の輝度とバルブシートBの部分の輝度との間に閾値を設定し、画素の明るさが閾値以上なら白色を画素に設定し、閾値以下の場合、画素に黒色を設定する2値化処理を行う。この処理によって得られた画像が図9であり、溝Gを明確に特定することができる。更にその画像をエッジ処理し、溝Gの一侧縁部g1と他側縁部g2とを黒点で表示したものが図10である。なお、この2値化処理及びエッジ処理は任意であって、これらの処理を行わずに、上述のように図5のデータから直接、溝Gの縁部の座標を求めることもできる。

30

【0037】

次に、この画像を、図10で示したようにx軸に沿って均等に1~10の区間に分割する(S1)。そして、第1区間Z内において、x座標を一点に固定し、y座標に沿って、図中y座標aの位置から溝に向かって一侧縁部g1に相当する黒点を検索し、その点のy座標を求めて記憶する(S2)。次に、図中y座標bの位置から溝に向かって他側縁部g2に相当する黒点を検索し、その点のy座標を求めて記憶する(S2)。この場合、y座標上に、ノイズ等の影響から溝の縁部に対応しない点も存在するが、適宜排除する。

40

【0038】

そして第1区間Z内において、所定数の両側縁部のy座標を求め(S4, S5)検索された複数の一点のy座標のうちの、最も多くの点が占めた座標を一侧縁部の代表座標とする(S6)。同様に検索された複数の他点のy座標のうちの、最も多くの点が占めた座標の他側縁部の代表座標とする(S7)。次いで一侧縁部の代表座標と他側縁部の代表座標との差を求め、その値を第1区間の代表溝幅とする(S8)。更に、第2区間から第10区間第1区間までについても同様の計算を行い(S9, S10)、区間毎の代表幅を求める。以上、本形態の溝幅決定手段46によると、自動的に且つ客観的に溝Gの区間毎の代表幅を決定することができる。

【0039】

50

なお、例えばバルブシートが斜めに入っている場合等、溝の幅が一定でない場合ある。この場合、周方向全体で溝幅を計算すると、平均的な値となってしまうが、バルブシートの場合等平均値よりも最大溝幅が問題となる場合もある。本形態によると等間隔の複数の領域で分割して計算しているため、溝幅が一定でない場合、分割区間毎に溝幅を求めることができ、最大溝幅及び最小溝幅も求めることができる。またバルブが傾いているか否かを判断することもできる。ただし、本形態はこれに限定されるものではなく、分割をせずに全体についての代表的溝幅を決定することもでき、また、溝の一点における溝幅のみ求めることもできる。

【0040】

以上、本形態の表面検査装置2によると、受光ファイバ21の受光面積が拡大され、また非線形増幅器を有するため、エンジンのシリンダヘッドの側面と、バルブシートの側面との間の微細な隙間と、バルブシートの表面の荒れや汚れとの差を明確にすることができ、その微細な隙間を明確に検出することが可能となる。従って、本形態の表面検査装置は、自動車部品等の検査基準の厳しい製造ラインに組み込めることができ、全品検査も可能となり、製品精度、品質及びスループットの向上が可能となる。

10

【0041】

なお、本発明の好適な形態について説明したが、本発明は、上述した形態に限定されることなく、種々の形態にて実施してよい。例えば、上述したように、本形態では、被検査物として円筒体の内面を検査する表面検査装置について説明したが、これに限定されず、平面状の被検査物の表面を検査するものであってもよい。

20

【図面の簡単な説明】

【0042】

【図1】本発明の表面検査装置の一形態の概略図。

【図2】検査部の一形態の構成図を示した図。

【図3】投光ファイバと受光ファイバの断面図。

【図4】本発明の表面検査装置の演算装置の構成図。

【図5】分割区間毎に溝幅を決定するアルゴリズムを示したフローチャート。

【図6】自動車のシリンダヘッドの概略図。

【図7】非線形増幅器での非線形増幅を示したグラフ。

【図8】エンジンシリンダの内周の凹部とバルブシートとの間の隙間を本発明の表面検査装置で検査した二次元画像。

30

【図9】図8の画像を2値化処理した画像。

【図10】図9の画像をエッジ処理して分割した画像。

【符号の説明】

【0043】

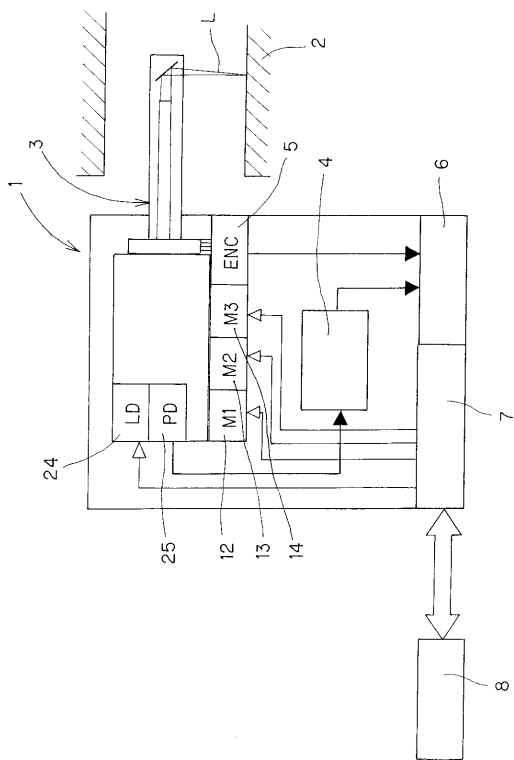
- 1 表面検査装置
- 2 被検査物（円筒体，シリンダヘッド）
- 4 非線形増幅器（非線形増幅手段）
- 5 エンコーダ（クロック信号発生手段）
- 6 A/D変換部
- 12 回転機構（回転手段）
- 13 直線移動機構（直線移動手段）
- 20 投光ファイバ
- 21 受光ファイバ
- 30 投/受光部
- 46 溝幅決定手段
- C 軸線
- G 溝
- L 光
- g 1 一点

40

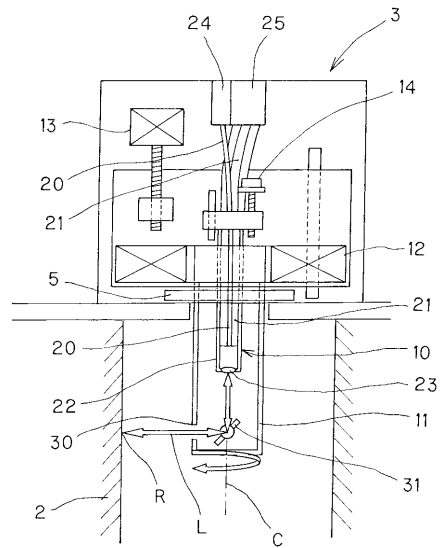
50

g 2 他点

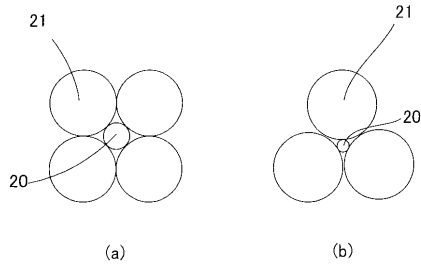
【図 1】



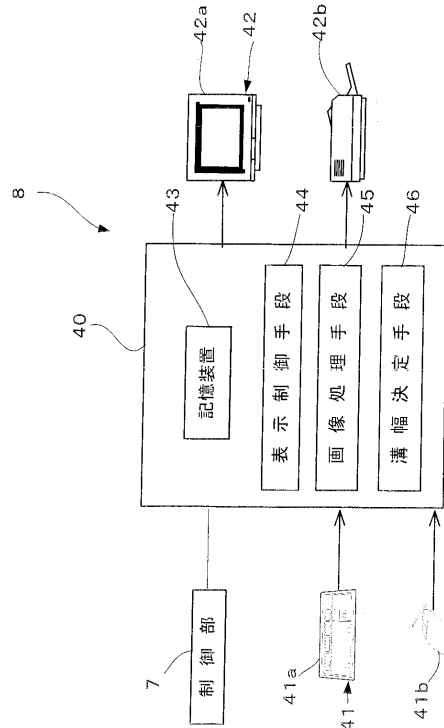
【図 2】



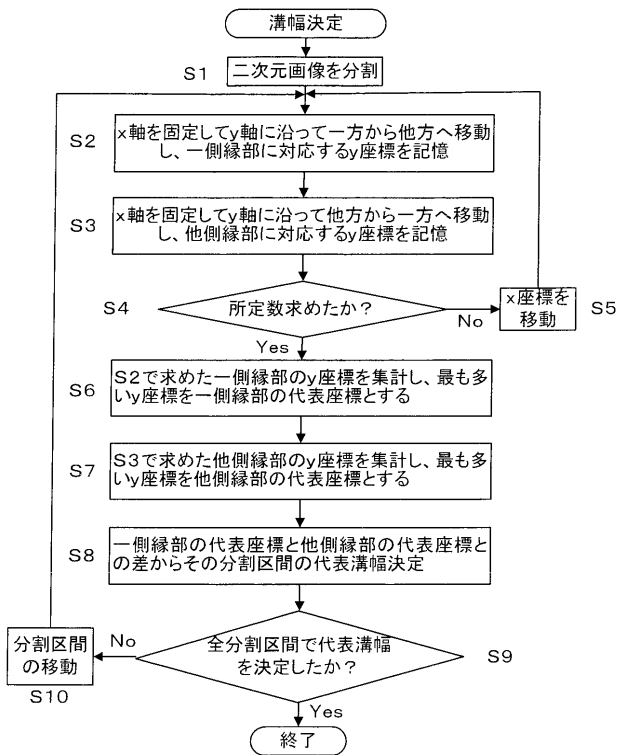
【 図 3 】



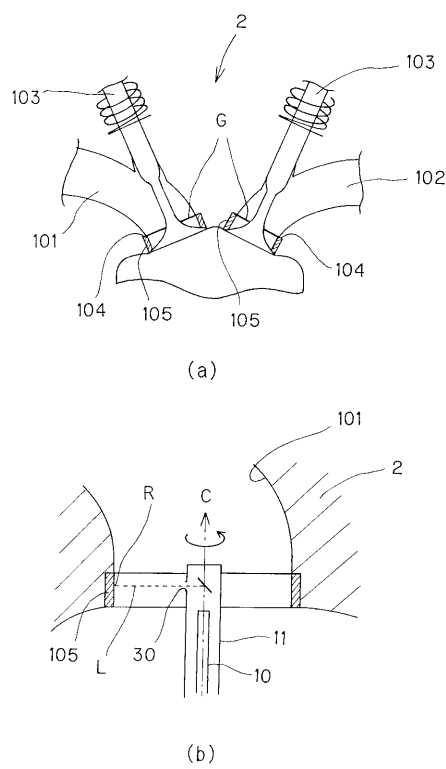
【 図 4 】



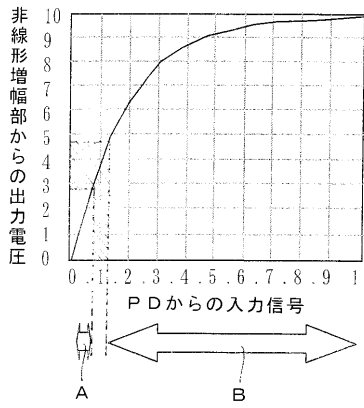
【 図 5 】



【 図 6 】



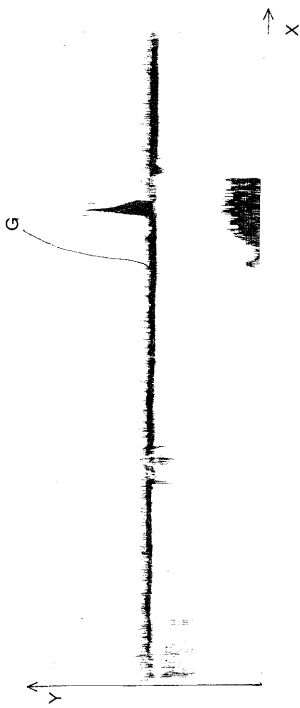
【 図 7 】



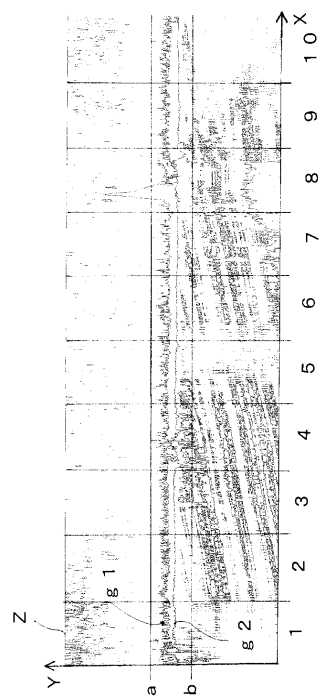
【 図 8 】



【 図 9 】



【 図 10 】



フロントページの続き

F ターム(参考) 2F065 AA49 BB08 CC11 DD04 DD11 FF04 FF17 FF41 GG06 JJ18
LL02 LL04 LL12 MM07 MM08 PP22 QQ01 QQ03 QQ04 QQ16
QQ24 QQ25 QQ31 QQ32 QQ33 RR09 UU05 UU06
2G051 AA82 AB02 BA10 BB11 BB17 BC06 CA01 CB01 CB05 CC01
CC17 EA11 EA12 EA25 EB01 EC05