

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3846725号  
(P3846725)

(45) 発行日 平成18年11月15日(2006.11.15)

(24) 登録日 平成18年9月1日(2006.9.1)

|                        |                |
|------------------------|----------------|
| (51) Int. Cl.          | F I            |
| GO 1 D 5/347 (2006.01) | GO 1 D 5/34 G  |
| GO 1 R 23/10 (2006.01) | GO 1 R 23/10 A |
| GO 1 R 23/15 (2006.01) | GO 1 R 23/15 Z |
| GO 1 S 17/02 (2006.01) | GO 1 S 17/02 A |

請求項の数 10 (全 10 頁)

|  |  |
|--|--|
| (21) 出願番号 特願2003-199104 (P2003-199104) | (73) 特許権者 390014306<br>防衛庁技術研究本部長<br>東京都新宿区市谷本村町5番1号 |
| (22) 出願日 平成15年7月18日(2003.7.18)         |  |
| (65) 公開番号 特開2005-37206 (P2005-37206A)  | (73) 特許権者 000003078<br>株式会社東芝<br>東京都港区芝浦一丁目1番1号      |
| (43) 公開日 平成17年2月10日(2005.2.10)         |  |
| 審査請求日 平成15年7月18日(2003.7.18)            | (74) 代理人 100058479<br>弁理士 鈴江 武彦                      |
|  | (74) 代理人 100091351<br>弁理士 河野 哲                       |
|  | (74) 代理人 100088683<br>弁理士 中村 誠                       |
|  | (74) 代理人 100108855<br>弁理士 蔵田 昌俊                      |

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 リモートセンシング装置及びリモートセンシング装置の周波数分析方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

回転中心から放射状に透過 / 不透過のパターンを形成した光学パターン板により光がチョッピングされる測定対象に向けてレーザを送出し、そのレーザ反射光を光受信器によって受信する光学系装置と、前記光受信器によって得られた受信信号を周波数領域の信号に変換する周波数変換器と、前記周波数変換器によって得られた周波数領域の信号を周波数分析する周波数分析器とを具備し、

前記周波数分析器は、前記光学パターン板の回転周波数を  $f_{rs}$ 、回転で光がチョッピングされることによって生じるキャリア周波数を  $f_{rc}$ 、前記光学パターン板に形成されるパターン板の分割数 (1ペアの整数値) を  $n_d$  とするときの第1の関係式  $f_{rc} = f_{rs} \times n_d$  を用いて、前記周波数領域の信号中のキャリア周波数候補値を求め、各候補値を評価して最も可能性が高いキャリア周波数を選定し、第2の関係式  $f_{rs} = f_{rc} / n_d$  を用いて前記回転周波数を求めることを特徴とするリモートセンシング装置。

【請求項2】

前記周波数分析器は、前記周波数領域の信号について、前記光学パターン板の回転周波数領域の最大値を回転周波数の概略値として求め、この概略値から前記キャリア周波数候補値を求めることを特徴とする請求項1記載のリモートセンシング装置。

【請求項3】

前記周波数分析器は、前記キャリア周波数候補値から周波数範囲を制限して不要周波数成分を除去した後に前記キャリア周波数を選定することを特徴とする請求項1記載のリモ

10

20

トセンシング装置。

【請求項 4】

前記周波数分析器は、前記キャリア周波数候補値のうち、左右対称度を評価して、当該左右対称度が最も大きくなる周波数をキャリア周波数として選定することを特徴とする請求項 1 記載のリモートセンシング装置。

【請求項 5】

前記周波数分析器は、キャリア周波数とその側波周波数との差を回転周波数と見なして処理を行うことを特徴とする請求項 1 記載のリモートセンシング装置。

【請求項 6】

回転中心から放射状に透過 / 不透過のパターンを形成した光学パターン板により光がチョッピングされる測定対象に向けてレーザを送出し、そのレーザ反射光を光受信器によって受信する光学系装置と、前記光受信器によって得られた受信信号を周波数領域の信号に変換する周波数変換器と、前記周波数変換器によって得られた周波数領域の信号を周波数分析するリモートセンシング装置の周波数分析方法であって、

前記光学パターン板の回転周波数を  $f_{rs}$ 、回転で光がチョッピングされることによって生じるキャリア周波数を  $f_{rc}$ 、前記光学パターン板に形成されるパターン板の分割数（1ペアの整数値）を  $n_d$  とするときの第 1 の関係式  $f_{rc} = f_{rs} \times n_d$  を用いて、前記周波数領域の信号中のキャリア周波数候補値を求める候補値演算ステップと、

前記キャリア周波数候補値をそれぞれ評価して最も可能性が高いキャリア周波数を選定するキャリア周波数選定ステップと、

前記選定キャリア周波数に基づいて第 2 の関係式  $f_{rs} = f_{rc} / n_d$  を用いて前記回転周波数を求める回転周波数演算ステップとを具備することを特徴とするリモートセンシング装置の周波数分析方法。

【請求項 7】

さらに、前記周波数領域の信号について、前記光学パターン板の回転周波数領域の最大値を回転周波数の概略値として求める概略値演算ステップを備え、前記候補値演算ステップは、前記概略値から前記キャリア周波数候補値を求めることを特徴とする請求項 6 記載のリモートセンシング装置の周波数分析方法。

【請求項 8】

さらに、前記キャリア周波数候補値から周波数範囲を制限して不要周波数成分を除去する不要成分除去ステップを備えることを特徴とする請求項 6 記載のリモートセンシング装置の周波数分析方法。

【請求項 9】

前記キャリア周波数選定ステップは、前記キャリア周波数候補値のうち、左右対称度を評価して、当該左右対称度が最も大きくなる周波数をキャリア周波数として選定することを特徴とする請求項 6 記載のリモートセンシング装置の周波数分析方法。

【請求項 10】

さらに、キャリア周波数とその側波周波数との差を回転周波数と見なして処理を行うことを特徴とする請求項 6 記載のリモートセンシング装置の周波数分析方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、回転する光学パターン板に像を結像する機能を有する測定対象にレーザ光を照射し、その反射光から測定対象のパターン板の回転周波数やパターン特性を分析するリモートセンシング装置とその周波数分析方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

従来のレーザ・レーダに代表されるリモートセンシング装置にあっては、測定対象に対してレーザ光を照射し、測定対象からのレーザ反射光を受信し、その反射光を分析することによって測定対象の特徴情報を抽出している。この測定対象が、回転中心から放射状に透

10

20

30

40

50

過／不透過のパターンを形成した光学パターン板を有しており、その光学パターン板を所定の速度で回転させながら像を結像させている場合は、レーザ反射光の受信信号の周波数成分を分析することで、光学パターン板の回転周波数と光チョッピングによって生じるキャリア周波数を抽出することが可能である。

【 0 0 0 3 】

ところで、従来の装置構成では、レーザ反射光の受信信号を周波数変換し、所要の精度に対応した周波数分解能を有するFFT（高速フーリエ変換）を行っている。但し、要求される周波数分解能の精度が高くなるに従って、その分、サンプリング時間を長くとる必要がある。また、キャリア周波数を求める方法としては、単純に最大値を求めるといった簡易的な手法がとられており、変調がかかった反射光を受信する場合には、受信信号に容易には分離できない側波成分が現れてしまう。

10

【 0 0 0 4 】

尚、本発明の先行関連技術として、光学システムからのレーザ反射光がシーカによって変調されており、その信号には光学パターン板の回転周波数やパターン特性などが含まれることを述べた文献がある。

【 0 0 0 5 】

【非特許文献1】

"INFRARED COUNTERMEASURE & COUNTER-COUNTERMEASURE" Presented by Acknowledged Infrared Systems and Modeling Expert: Mr. Joel S. Davis, SAN DIEGO, CA OCTOBER 11-13, 2000, LAS VEGAS, NV OCTOBER 16-18, 2000, ORLANDO, FL OCTOBER 25-27, 2000, WASHINGTON DC OCT 30 - NOV 1, 2000.

20

【 0 0 0 6 】

【発明が解決しようとする課題】

以上述べたように、従来の光学パターン回転板を用いたレーザ送受信によるリモートセンシング装置では、周波数分解能の精度を高めるためにはサンプリング時間を長くとる必要があり、変調がかかった反射光を受信した場合には、受信信号にキャリア周波数から分離が困難な側波成分が現れてしまうといった問題が生じている。

【 0 0 0 7 】

本発明は上記の問題を解決するためになされたもので、サンプリング時間を長くしなくても周波数分解能の精度を高めることができ、さらに変調がかかった反射光受信出力からキャリア周波数と側波成分とを容易に分離することのできるリモートセンシング装置とその周波数分析方法を提供することを目的とする。

30

【 0 0 0 8 】

【課題を解決するための手段】

上記の目的を達成するために本発明に係るリモートセンシング装置は、レーザ送信光を測定対象に向けて送出し、そのレーザ反射光を光受信器によって受信する光学系装置と、前記光受信器によって得られた受信信号を周波数領域の信号に変換する周波数変換器と、前記周波数変換器によって得られた周波数領域の信号の周波数成分を分析する周波数分析器とを具備する。

【 0 0 0 9 】

前記周波数分析器の周波数分析方法としては、前記光学パターン板の回転周波数を  $f_{rs}$ 、回転で光がチョッピングされることによって生じるキャリア周波数を  $f_{rc}$ 、前記光学パターン板の分割数（1ペアの整数値）を  $n_d$  とするときの第1の関係式  $f_{rc} = f_{rs} \times n_d$  を用いて、前記周波数領域の信号中のキャリア周波数候補値を求め、各候補値を評価して最も可能性が高いキャリア周波数を選定し、第2の関係式  $f_{rs} = f_{rc} / n_d$  を用いて前記回転周波数を求めることを特徴とする。

40

【 0 0 1 0 】

【発明の実施の形態】

以下、図面を参照して本発明の実施の形態を詳細に説明する。

【 0 0 1 1 】

50

図 1 は、本発明が適用されるリモートセンシング装置の概略構成を示す図である。図 1 において、11 は測定対象において回転中心から放射状に透過 / 不透過のパターンを形成した光学パターン板である。レーザ 12 から放射されるレーザ送信光は測定対象である光学パターン板 11 によってチョッピングされつつ反射され、そのレーザ反射光はパルス列となって光受信器 13 によって受信される。ここで得られた受信信号は、周波数変換器 14 に入力され、所定の精度を有する F F T によって時間領域の信号から周波数領域の信号に変換される。このようにして得られた周波数領域の信号は周波数分析器 15 により周波数分析が行われる。その分析結果は、表示装置 16 に適宜表示される。

【 0 0 1 2 】

上記構成において、まず本発明の概要について説明する。

10

【 0 0 1 3 】

測定対象である光学パターン板透過光の周波数には、光学パターン板 11 の回転周波数  $f_{rs}$  と、回転で光がチョッピングされることによって生じるキャリア周波数  $f_{rc}$  がある。この 2 種類の周波数は、光学パターン板 11 の構造上の特徴から、以下の関係式が成立する。

【 0 0 1 4 】

$$f_{rc} = f_{rs} \times n_d$$

ここで、 $n_d$  は、光学パターン板 11 に形成される透過 / 不透過のパターンの分割数 ( 1 ペアの整数値 ) である。

【 0 0 1 5 】

本発明は、上記の関係を利用することにより、同じサンプリング時間にて、F F T によって得られる周波数分解能の  $n_d$  倍の周波数精度で周波数分析を行う手法を提案するものである。すなわち、同じ周波数精度を得る場合には、従来の F F T による方法に比べて  $1 / n_d$  サンプル時間周波数分析を行うことができる。

20

【 0 0 1 6 】

また、光学パターン板 11 の回転周波数とキャリア周波数との関係から、その関係を満たさない周波数を不要な周波数成分と見なして除去することにより、分析精度の向上が期待できる。さらに、変調がかかった反射光には、キャリア周波数に対して回転周波数成分の側波成分が現れるが、この関係を用いれば、キャリア周波数と側波成分とを容易に分離することができる。

30

【 0 0 1 7 】

( 第 1 の実施形態 )

図 2 は、本発明を適用した場合の周波数分析器 15 の処理手順を示すフローチャートである。図 2 において、まず、光学パターン板 11 の回転周波数の概略値を演算し ( ステップ S 1 1 )、その回転周波数概略値からキャリア周波数の可能性のある候補を選択し、その候補値を演算する ( ステップ S 1 2 )。続いて、ステップ S 1 2 で得られたキャリア周波数候補値を基に、周波数分析器 15 によって周波数領域信号から不要な周波数成分を除去し ( ステップ S 1 3 )、キャリア周波数候補から評価関数を用いてキャリア周波数を選定すると共に、その値から回転周波数を演算し ( ステップ S 1 4 )、これによって得られたキャリア周波数及び回転周波数の結果を表示装置 16 へ送出的る。

40

【 0 0 1 8 】

上記処理手順における具体的な動作内容を説明する。

【 0 0 1 9 】

図 3 はレーザ反射光の時間変化をモデル化して示すもので、光学パターン板 11 が、図 3 ( a ) に示すように、半円領域と残りが均等に分割形成された複数の光学パターンにより形成されている場合、レーザ反射光には、図 3 ( b ) に示すように、光学パターン板 11 の回転周波数成分とキャリア周波数成分が重畳されている。光学パターン板 11 からのレーザ反射光は、周波数変換器 14 によって周波数領域の信号に変換される。

【 0 0 2 0 】

図 4 に図 3 の反射光時間変化モデルの F F T 結果を示す。光学パターン板 11 の用途及び

50

製造上の制約で回転周波数  $f_{rs}$  と光学パターン板分割数  $n_d$  は、ある範囲に限定される。そこで、ステップ S 1 1 にて回転周波数領域の最大値を光学パターン板 1 1 の回転周波数概略値  $f_{rs}'$  とする。この周波数は、周波数変換固有の周波数精度となっている。

【 0 0 2 1 】

次に、ステップ S 1 2 にて  $f_{rc} = f_{rs} \times n_d$  の関係と  $n_d$  の候補値  $n$  が有限の整数値をとることを用いて、光学パターン板 1 1 のキャリア周波数の候補値  $f_{rc}'(n)$  を演算する。この演算は  $f_{rs}' \times n$  の近傍の周波数変換された値の最大値を求めるなどによって行う。

【 0 0 2 2 】

さらに、ステップ S 1 3 にて、図 5 に示すように  $f_{rs}' \times n \pm f (= f_{rc}'(n) \pm f, f_{rc}'(n+1) \pm f, f_{rc}'(n+2) \pm f, \dots)$  の範囲で周波数範囲を制限することによって、通常の周波数変換では除去できない不要周波数成分を除去する。

【 0 0 2 3 】

最後に、ステップ S 1 4 において、候補値  $f_{rc}'(n)$  を後述の第 2 の実施形態で述べる評価関数を用いて評価し、もっともキャリア周波数である可能性が高いものを  $f_{rc}$  として選定する。また、このときの  $n$  の値が光学パターン板 1 1 の分割数  $n_d$  であるから、光学パターン板 1 1 の回転周波数  $f_{rs}$  は

$$f_{rs} = f_{rc} / n_d$$

から求められる。

【 0 0 2 4 】

ここで求められた光学パターン板 1 1 の回転周波数は、周波数変換で求められたキャリア周波数を  $n_d$  で割っている。このため、周波数精度も周波数変換を行った際の  $1/n_d$  に向上している。別の見方をすると、所要の周波数精度を得ようとする場合、周波数変換（例えば FFT）だけで周波数を求める場合の  $1/n_d$  のサンプリング時間で計測することができる。

【 0 0 2 5 】

（第 2 の実施形態）

第 1 の実施形態の中で、キャリア周波数候補値  $f_{rc}'(n)$  からキャリア周波数を選定する手段について説明する。

【 0 0 2 6 】

光学パターン板 1 1 からの反射光は、光学パターン板 1 1 の用途によっては、スリットパターンによって変調された反射光が帰ってくる場合もあり得る。反射光が AM 変調の場合と FM 変調の場合の FFT 結果のシミュレーション例をそれぞれ図 6 及び図 7 に示す。

【 0 0 2 7 】

図 6 において、( a ) は AM 変調された反射光、( b ) ~ ( d ) はそれぞれ AM 変調率  $m_a (= V_s / V_c)$  が 0.1, 0.5, 1.0 の場合の周波数分布を示している。また、図 7 において、( a ) は FM 変調された反射光、( b ) ~ ( d ) はそれぞれ FM 変調指数  $m_f (= f_s / f_d)$  が 0.1, 1.0, 2.0 の場合の周波数分布を示している。

【 0 0 2 8 】

図 6、図 7 からわかるように、変調率や変調指数が大きい場合は側波成分が大きくなり、キャリア成分と側波成分の分離が困難になる場合もあり得る。そこで、キャリア周波数に対して側波成分は、常に左右対称の形をとっている特徴を利用し、左右対称度が最も大きくなる周波数をキャリア周波数として選択する。左右対称度の評価するためのキャリア周波数分布の一例を図 8 に示す。この場合は、

$$E_n = [\{V(f_{n+1}) - V(f_{n-1})\}^2 + \{V(f_{n+2}) - V(f_{n-2})\}^2] / V(f_n)^2$$

と定義したときの  $E_n$  が最も小さくなる  $f_n$  を左右対称度がよいと判定する。

【 0 0 2 9 】

（第 3 の実施形態）

第 1 の実施形態では、図 2 のステップ S 1 1 ~ S 1 4 で示される処理手順にて光学パターンのキャリア周波数と回転周波数を求めたが、図 7 に示した FM 変調の反射光のように、

10

20

30

40

50

回転周波数成分が小さく回転周波数の概略値の演算が困難な場合には、以下のような処理手順が有効である。

【0030】

図9はその処理の流れを示すフローチャートである。まず、光学パターン板11のキャリア周波数を演算し(ステップS21)、このキャリア周波数から回転周波数の可能性のある候補値を演算する(ステップS22)。続いて、ステップS22で得られた回転周波数候補値を基に回転周波数を選択し(ステップS23)、得られたキャリア周波数、回転周波数の結果を表示装置16に出力する(ステップS24)。

【0031】

次に、図10を参照して上記処理手順を具体的に説明する。

10

【0032】

前述のように、反射光がFM変調を受けていると、回転周波数成分が得られない場合がある。この場合は、図10に示すように、側波周波数とキャリア周波数の差が回転周波数となることを利用する。ステップS21にてキャリア周波数領域の最大値を光学パターン板11のキャリア周波数 $f_{rc}$ とする。この周波数は、周波数変換固有の周波数精度となっている。

【0033】

次に、ステップS22にて、 $f_{rc} = f_{rs} \times n_d$ の関係と $n_d$ の候補値 $n$ が有限の整数値をとることを用いて、回転周波数の候補値 $f_{rs}'(n)$ を $f_{rs}'(n) = f_{rc} / n$ で求める。ステップS23にて、この候補値 $f_{rs}'(n)$ をもとに、 $f_{rc}' - f_{rs}'(n)$ の周波数の振幅の最も

20

【0034】

光学パターン板11の回転周波数 $f_{rs}$ は

$$f_{rs} = f_{rc} / n_d$$

から求められる。ここで求められた光学パターン板の回転周波数は、周波数変換で求められたキャリア周波数 $f_{rc}$ を $n_d$ で割っているため、周波数精度も周波数変換を行った際の $1/n_d$ に向上している。

【0035】

【発明の効果】

以上のように本発明によれば、サンプリング時間を長くしなくても周波数分解能の精度を高めることができ、さらに変調がかかった反射光受信出力からキャリア周波数と側波成分とを容易に分離することのできるリモートセンシング装置とその周波数分析方法を提供することができる。

30

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明に係るリモートセンシング装置の実施形態の概略構成を示すブロック図。

【図2】 第1の実施形態として、図1の周波数分析器の処理手順を示すフローチャート。

【図3】 第1の実施形態において、レーザ反射光の時間変化をモデル化して示す光学パターンと周波数分布図。

40

【図4】 図3の反射光時間変化モデルのFFT結果を示す周波数分布図。

【図5】 第1の実施形態において、不要周波数を除去する処理を説明するための周波数分布図。

【図6】 第2の実施形態を説明するために、AM変調における変調率に対するFFTシミュレーション例を示す図。

【図7】 第2の実施形態を説明するために、FM変調における変調指数に対するFFTシミュレーション例を示す図。

【図8】 第2の実施形態を説明するために、左右対称度の評価関数の一例を説明するための周波数分布図。

【図9】 本発明の第3の実施形態として、図1の周波数分析器の処理手順を示すフロー

50

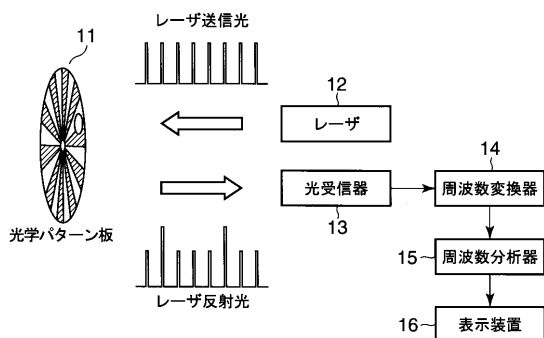
チャート。

【図10】 第3の実施形態の処理手順を具体的に説明するためにレーザー反射光のFFT結果を示す周波数分布図。

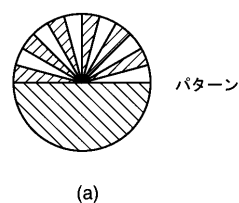
【符号の説明】

11...光学パターン板、12...レーザー、13...光受信器、14...周波数変換器、15...周波数分析器、16...表示装置。

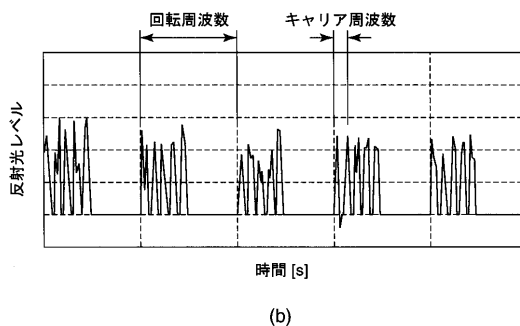
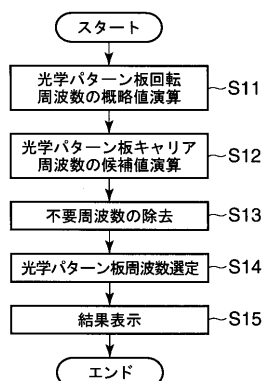
【図1】



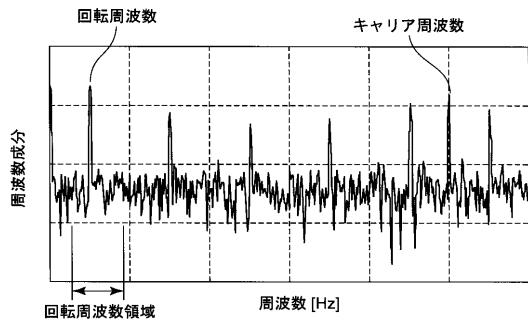
【図3】



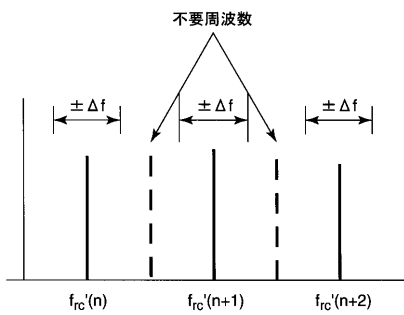
【図2】



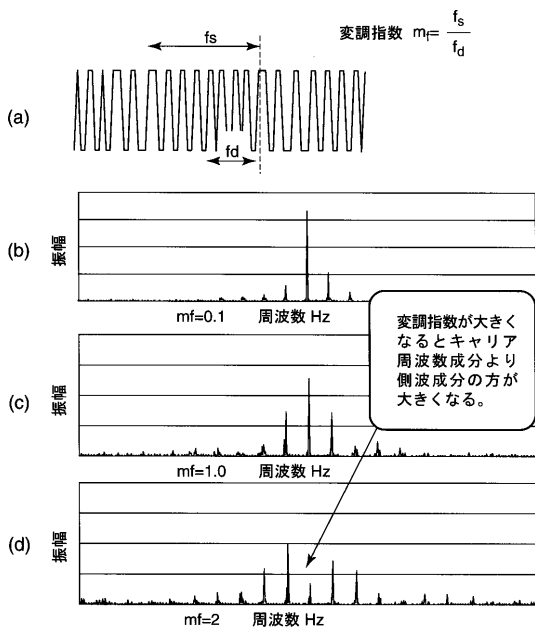
【 図 4 】



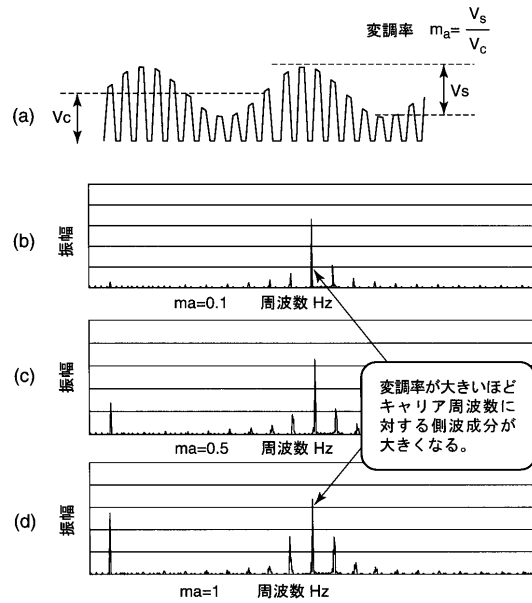
【 図 5 】



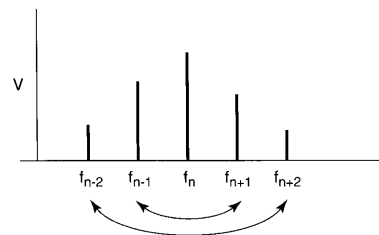
【 図 7 】



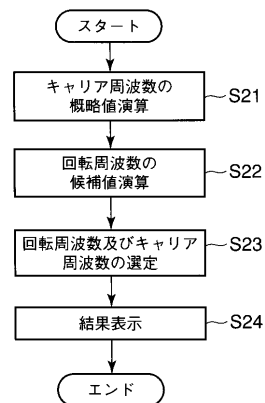
【 図 6 】



【 図 8 】

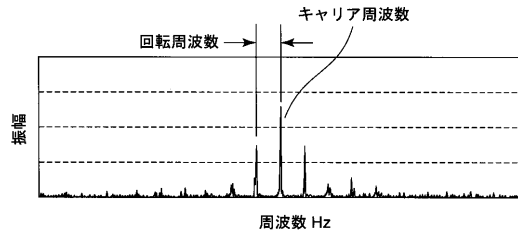


【 図 9 】





【 図 1 0 】



---

フロントページの続き

- (74)代理人 100084618  
弁理士 村松 貞男
- (74)代理人 100092196  
弁理士 橋本 良郎
- (72)発明者 長南 隆夫  
神奈川県横須賀市小矢部1丁目14番6号
- (72)発明者 土志田 実  
神奈川県横浜市鶴見区東寺尾6-39-15
- (72)発明者 原崎 亜紀子  
神奈川県川崎市中原区田尻町7-8
- (72)発明者 鳴海 昇  
神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝小向工場内

審査官 井上 昌宏

- (56)参考文献 特開2002-334492(JP,A)  
特開2001-289673(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
G01D5/00~5/62