

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3940140号

(P3940140)

(45) 発行日 平成19年7月4日(2007.7.4)

(24) 登録日 平成19年4月6日(2007.4.6)

(51) Int. Cl.	F I
GO 1 D 5/244 (2006.01)	GO 1 D 5/244 F
GO 1 D 5/249 (2006.01)	GO 1 D 5/249 H
GO 1 B 7/30 (2006.01)	GO 1 B 7/30 B

請求項の数 13 (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2004-218836 (P2004-218836)	(73) 特許権者	504286472
(22) 出願日	平成16年7月27日(2004.7.27)		ベイ センサーズ アンド システムズ
(65) 公開番号	特開2005-283559 (P2005-283559A)		カンパニー, インコーポレイティド
(43) 公開日	平成17年10月13日(2005.10.13)		アメリカ合衆国, カリフォルニア 913
審査請求日	平成16年7月27日(2004.7.27)		42, シルマー, テルフェア アベニュー
(31) 優先権主張番号	10/813329		13100
(32) 優先日	平成16年3月29日(2004.3.29)	(74) 代理人	100099759
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 青木 篤
		(74) 代理人	100092624
			弁理士 鶴田 準一
		(74) 代理人	100102819
			弁理士 島田 哲郎
		(74) 代理人	100108383
			弁理士 下道 晶久

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 マルチターンPWM生成器、マルチターン角度位置センサ、および、マルチターンパルス幅変調信号を生成する方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数回の360度ターンに対応するパルス幅変調(PWM)出力を生成するマルチターンPWM生成器であって、

基準信号を受信して該基準信号のサイクル数をカウントし、カウントされた前記サイクル数に対応するバイナリ出力を生成するカウンタと、

センサ出力信号を受信して該センサ出力信号の周波数をマルチターンにおけるターン数で分割し、周波数分割された信号を生成する分周器であって、前記センサ出力信号は、前記基準信号と実質的に同じ周波数を有するが、位相が前記基準信号とオフセットし得る分周器と、

前記バイナリ出力を受信し、各々が前記マルチターンのうちの1つに対応する複数のターンインジケータ信号を生成するデマルチプレクサと、

前記ターンインジケータ信号および機械的ターンインジケータ信号を受信し、前記ターンインジケータ信号の中から前記機械的ターンインジケータ信号に対応する1つを選択するマルチプレクサと、

前記ターンインジケータ信号のうちの選択された1つと前記周波数分割された信号とを受信し、前記ターンインジケータ信号のうちの選択された1つと前記周波数分割された信号とを使って前記PWM出力を生成する少なくとも1つのフリップフロップと、を備えることを特徴とするマルチターンパルスPWM生成器。

【請求項2】

前記PWM出力のデューティサイクルは、前記ターンインジケータ信号のうちの選択された1つと前記周波数分割された信号との位相差によって画定される請求項1に記載のマルチターンPWM生成器。

【請求項3】

前記少なくとも1つのフリップフロップは、前記ターンインジケータ信号のうちの選択された1つを受信する第1のフリップフロップと、前記周波数分割された信号を受信する第2のフリップフロップと、を備え、

前記第2のフリップフロップの出力は、第1のフリップフロップに対して入力として提供され、

前記ターンインジケータ信号のうちの選択された1つの各立ち上がりエッジは前記第1のフリップフロップをセットし、前記周波数分割された信号の各立ち上がりエッジは前記第1のフリップフロップをリセットし、

前記第1のフリップフロップの出力は、前記PWM出力である請求項1に記載のマルチターンPWM生成器。

【請求項4】

前記カウンタは、Nを前記ターン数としたとき、「0」から「N-1」まで繰り返しカウントし、リセットする請求項1に記載のマルチターンPWM生成器。

【請求項5】

前記機械的ターンインジケータ信号を格納するラッチをさらに備え、前記ラッチの内容は前記マルチターンPWM生成器の通常動作中は変化しない請求項1に記載のマルチターンPWM生成器。

【請求項6】

前記ターン数は5である請求項1に記載のマルチターンPWM生成器。

【請求項7】

前記カウンタはMビットカウンタであり、ここで前記Mは、Nを前記ターン数としたとき、 $\log_2 N$ を使って計算される請求項1に記載のマルチターンPWM生成器。

【請求項8】

軸の周りの回転を検知するマルチターン角度位置センサであって、

複数の送信機ループアンテナが形成された送信機ディスクと、

複数の受信機ループアンテナが形成された受信機ディスクであって、各前記受信機ループアンテナが前記送信機ループアンテナのうちの1つに対応し、前記送信機ディスクと前記受信機ディスクとは互いに前記軸の周りに実質的に固定される受信機ディスクと、

前記送信機ループアンテナから送信され前記受信機ループアンテナから受信される信号を可変的に減衰するために形成された減衰パターンを有するカプラディスクであって、該カプラディスクは、前記送信機ディスクおよび前記受信機ディスクに対して軸の周りで回転可能であるカプラディスクと、

複数の局発振器信号と基準信号とを生成するデジタル信号生成器と、

前記局発振器信号と前記受信機アンテナループが受信した信号とを受信し、前記軸の回りの前記カプラディスクの角度位置を表すセンサ出力信号を生成するミキサと、

複数の360度ターンに対応するPWM出力を生成するマルチターンPWM生成器であって、該マルチターンPWM生成器は、

基準信号を受信し、該基準信号のサイクル数をカウントして、カウントされた前記サイクル数に対応するバイナリ出力を生成するカウンタと、

前記センサ出力信号を受信し、複数ターンにおけるターン数で前記センサ出力信号の周波数を分割して、周波数分割された信号を生成する分周器であって、前記センサ出力信号は、前記基準信号と実質的に同じ周波数を有するが、位相が前記基準信号とオフセットし得る分周器と、

前記バイナリ出力を受信し、各々が前記マルチターンのうちの1つに対応する複数のターンインジケータ信号を生成するデマルチプレクサと、

前記ターンインジケータ信号および機械的ターンインジケータ信号を受信し、前

10

20

30

40

50

記ターンインジケータ信号の中から前記機械的ターンインジケータ信号に対応する1つを選択するマルチプレクサと、

前記ターンインジケータ信号のうちの選択された1つと前記周波数分割された信号とを受信し、前記ターンインジケータ信号のうちの選択された1つと前記周波数分割された信号とを使って前記PWM出力を生成する少なくとも1つのフリップフロップと、を備えるマルチターンPWM生成器と、を備えることを特徴とするマルチターン角度位置センサ。

【請求項9】

複数回の360度ターンに対応するマルチターンパルス幅変調(PWM)信号を生成する方法であって、

10

基準信号を受信して該基準信号のサイクル数をカウントするステップであって、カウントされた前記サイクル数に対応するバイナリ出力を生成するステップと、

センサ出力信号の周波数をマルチターンにおけるターン数で分割し、周波数分割された信号を生成するステップであって、前記センサ出力信号は、前記基準信号と実質的に同じ周波数を有するが、位相が前記基準信号とオフセットし得るステップと、

前記バイナリ出力を使って、各々が前記マルチターンのうちの1つに対応する複数のターンインジケータ信号を生成するステップと、

前記ターンインジケータ信号の中から機械的ターンインジケータ信号に対応する1つを選択するステップと、

前記ターンインジケータ信号のうちの選択された1つと前記周波数分割された信号とを使って前記PWM出力を生成するステップと、を備えることを特徴とする、マルチターンパルス幅変調(PWM)信号を生成する方法。

20

【請求項10】

前記PWM出力のデューティサイクルは、前記ターンインジケータ信号のうちの選択された1つと前記周波数分割された信号との位相差によって画定される請求項9に記載の方法。

【請求項11】

前記PWM出力を生成するステップは、

前記ターンインジケータ信号のうちの選択された1つの各立ち上がりエッジを使ってフリップフロップをセットするステップと、

30

前記周波数分割された信号の各立ち上がりエッジを使って前記フリップフロップをリセットするステップと、を備え、

前記フリップフロップの出力は前記PWM出力である請求項9に記載の方法。

【請求項12】

前記カウントするステップは、Nを前記ターン数としたとき、「0」から「N-1」まで繰り返しカウントし、リセットする請求項9に記載の方法。

【請求項13】

ラッチに前記機械的ターンインジケータ信号を格納するステップをさらに備え、前記ラッチの内容は前記マルチターンPWM生成器の通常動作中は変化しない請求項9に記載の方法。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、角度位置センサのためのパルス幅変調(PWM)回路、特に非接触型マルチターン角度位置センサに関する。

【背景技術】

【0002】

近年、自動車産業においては、電気的な安定制御、横揺れ防止システム、良好な燃料効率(すなわち、エンジンパワーの低減)の要請から、パワーステアリングにおいて、電気モータが油圧ポンプに取って代わってきている。このような電気モータのためのメイン

50

テアリング角度センサは、マルチターン回転位置センサが必要である。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

現在のステアリング角度センサ技術は、ターンカウンタコードを単一ターンの光学エンコーダ情報に結びつける特別なアルゴリズムを必要とするマルチターンカウンタを有する光エンコーダを含んでいる。マルチ機械ターンを単一ターン回転に変換するために使用される別の技術は、ギア減速比（本願の場合、5：1）技術である。しかし、この方法は、センサの分解能や線形精度性能を低下させる。一例として、線形性のエラーが1%であるセンサは、5：1のギア減速比では5%のエラーになり、単一ターンユニットで0.01度のステップサイズは、5ターンユニットでは0.05度/ステップサイズになる。

10

【0004】

したがって、自動車およびその他の用途に対してより良好な分解能および線形精度性能を有するマルチターン回転位置センサを提供することが望まれる。

【課題を解決するための手段】

【0005】

本発明の典型的な実施例では、複数の360度ターンに対応するPWM出力を生成するマルチターンパルス幅変調（PWM）生成器が提供される。カウンタは、基準信号を受信し、この基準信号のサイクル数をカウントして、カウントされたサイクル数に対応するバイナリ出力を生成する。分周器は、センサ出力信号を受信し、このセンサ出力信号の周波数を複数ターンにおけるターン数で分割して、周波数分割された信号を生成する。センサ出力信号は、基準信号と実質的に同じ周波数を有するが、位相が基準信号とオフセットし得る。デマルチプレクサは、バイナリ出力を受信し、各々が複数ターンのうちの1つに対応した複数のターンインジケータ信号を生成する。マルチプレクサは、ターンインジケータ信号および機械的ターンインジケータ信号を受信し、これらターンインジケータ信号の中から機械的ターンインジケータ信号に対応する1つを選択する。少なくとも1つのフリップフロップは、ターンインジケータ信号のうちの選択された1つおよび周波数分割された信号を受信し、ターンインジケータ信号のうちの選択された1つおよび周波数分割された信号を使ってPWM出力を生成する。

20

【0006】

本発明の別の典型的な実施例では、軸の周りの回転を検知するためのマルチターン角度位置センサが提供される。このセンサは、複数の送信機ループアンテナが形成された送信機ディスクと、複数の受信機ループアンテナが形成された受信機ディスクとを含む。各受信機ループアンテナは、送信機ループアンテナのうちの1つに対応する。送信機ディスクおよび受信機ディスクは、互いに軸の周りに実質的に固定される。センサはまた、送信機ループアンテナから送信され受信機ループアンテナによって受信される信号を可変的に減衰するために形成された減衰パターンを有するカプラディスクを含む。カプラディスクは、送信機ディスクおよび受信機ディスクに対して軸の周りで回転可能である。デジタル信号生成器は、複数の局部発振器信号および基準信号を生成する。ミキサは、局部発振器信号と受信機ループアンテナによって受信された信号とを受信し、軸の周りのカプラディスクの角度位置を表すセンサ出力信号を出力する。マルチターンPWM生成器は、複数回の360度ターンに対応するPWM出力を生成する。

30

40

【0007】

本発明のさらに別の典型的な実施例では、複数回の360度ターンに対応するマルチターンパルス幅変調（PWM）信号を生成する方法を提供する。基準信号のサイクル数がカウントされて、カウントされたサイクル数に対応するバイナリ出力を生成する。センサ出力信号の周波数は複数ターンにおけるターン数によって分割され、これによって周波数分割された信号が生成されるが、ここで、センサ出力信号は、基準信号と実質的に同じ周波数を有するが、位相が基準信号とオフセットし得る。複数のターンインジケータ信号がバイナリ出力を使って生成されるが、各ターンインジケータ信号は、複数ターンのうちの1

50

つに対応する。ターンインジケータ信号の中から機械的ターンインジケータ信号に対応する1つが選択される。PWM出力は、ターンインジケータ信号のうちの選択された1つと周波数分割された信号とを使って生成される。

【発明を実施するための最良の形態】

【0008】

本発明のこれらの態様および他の態様は、以下の議論および添付の図面を考慮して容易に理解できよう。

【0009】

本発明の典型的な実施例では、非接触型角度位置センサ（NCAPS）に対し、プログラム可能なマルチターン（MT）のPWM回路が提供される。本発明のマルチターン非接触型角度位置センサ（MT-NCAPS）は、「誘導型減衰カプラを有する角度位置センサ」と題された米国特許第6,304,076号公報に開示された角度位置センサに基づき、その全ての内容については参照することで本願明細書に編入される。以下に説明される典型的な実施例では、マルチターンのPWM回路は、単一ターンのNCAPSとともに、PWM信号のフルサイクル（0度～360度）のマルチターン出力を作り出す。NCAPSおよびMT-NCAPSは、ここでは単に「角度位置センサ」と言うことができる。

【0010】

図1を参照すると、角度位置センサ10は、送信機12、受信機16およびそれらの間に入るカプラディスク14を含む。図2から分かるように、送信機12および受信機16には両方とも、それぞれ複数のループアンテナ22が形成されている。このループアンテナは、送信機および受信機の各ディスクの周りに円形パターンで分節的に配置される独立した螺旋状の誘導コイルから構成される。図2の6個のアンテナ22は、ディスクの360度全体を完全に取り巻いている。送信機／受信機上の6個のループアンテナは、隣接するチャンネル間の所望の位相分割に依存し、他の実施例では異なってもよい。

【0011】

送信機12および受信機16は実質的に交互に固定される。カプラディスク14は、角度センサが使われる装置の機械的ターンに従って回転する。送信機12における各ループアンテナ22は信号を送信するのに使われるが、その信号は受信機において対応するループアンテナ22によって受信される。信号経路に干渉（減衰）物体が存在しないとき、受信信号の振幅は最大である。しかしながら、減衰物体がこの経路において干渉を引き起こすことに使われるのならば、受信信号の振幅は減衰する。受信信号は、干渉物体によってもたらされる干渉量に比例して減衰する。

【0012】

図3は、カプラパターン34が形成されたディスクを有するカプラディスク30を示す。カプラパターン34は、角度位置センサ10においては干渉（減衰）物体として、可変減衰を提供する。ディスク32は、例えば、プラスチックのような絶縁物質で作られる。カプラパターン34は銅のような金属で作られる。

【0013】

理論上は、単一チャンネルは、位置情報および／または角度変位情報を検出し提供するよう適合すべきである。しかし、検出した振幅は、送信機12と受信機16との分離によっても影響を受け、また、送信信号の電力レベルによっても影響を受けるが、この不確実性の結果生じるエラーでは、自動車、産業および／または航空宇宙産業といった重要な用途に受け入れられ得る性能を提供できない。したがって、振幅一位相変換技術を有するマルチチャンネルシステムは、振幅情報を位相情報へ変換する角度位置センサで使われる。

【0014】

隣接するチャンネル間における角度の位相分離は、Nをチャンネル数として $\Delta\theta = 2\pi/N$ で定義される。したがって、図2に例示された角度位置センサでは、 $N=6$ なので $\Delta\theta = \pi/3$ である。図4の角度位置センサの機能ブロック図100では、角度位置センサ10は、水晶発振器102によって生成された周波数Fcを受信する。周波数Fcは、例えば1MHzでよい。他の実施例で、異なる周波数を使ってもよい。周波数Fcは、ディジタ

10

20

30

40

50

ル信号生成器104に提供されるが、このデジタル信号生成器104は複数の局部発振器信号 $LO_1 \sim LO_N$ を生成する。デジタル信号生成器104はまた、基準信号 S を生成するが、この基準信号 S は、ゼロ度のときの中間周波数(IF)信号を表す。基準信号 S は、例えば2.22 KHzの周波数を有してもよく、あるいは他の適切な周波数を有してもよい。局部発振器信号は、周波数 F_c とほとんど同じ周波数である。しかし、これらは、互いに $\Delta\theta$ だけ位相がオフセットしており、 $N=6$ の場合60度(すなわち $\pi/3$)である。局部発振器信号のそれぞれは、例えば、 ω_c を送信信号周波数、 ω_0 を所定の IF としたとき $LO_i = \cos \omega_c t - \cos [\omega_0 t + 2\pi(i/N)]$ で表すことができる。

【0015】

一方で、 N 個の受信信号 $R_1 \sim R_N$ は、角度位置センサ10によって生成される。カプラパターン34は送信機12および受信機16のループアンテナ22間の信号送信を干渉させ減衰させるので、受信信号はカプラディスク14の角度位置に基づいて異なる振幅を有する。各受信器(R_i)における信号振幅は、例えば、 $A_i = A \cos [\theta + 2\pi(i/N)]$ として $R_i(t) = A_i \cos(\omega_c t)$ によって定義される。換言すれば、 A は送信機12におけるループアンテナ22のそれぞれによって送信された信号の振幅であるが、カプラディスク14によって提供された可変減衰のために、受信機16におけるループアンテナ22によって受信された信号の振幅は、互いに異なり、 $A_i = A \cos [\theta + 2\pi(i/N)]$ によって与えられ、カプラディスク14の角度ポジション(θ)に依存したものとなる。

【0016】

受信信号 $R_1 \sim R_N$ は、はじめに局部発振器信号 $LO_1 \sim LO_N$ と混合される。まず、受信信号はマルチプレクサ106、108および110によって対応する局部発振器信号と乗算され、それぞれ、 IF 信号 $IF_1 \sim IF_N$ が生成される。ミキサのダウン変換処理に基づいて、 LO 、 IF および RF (送信周波数)間の関係は、 $IF = RF - LO$ として規定される。損失のないミキサを仮定すると、 IF 信号のそれぞれは、 $IF_i = A_i \cos [\omega_0 t + 2\pi(i/N)]$ で表すことができる。

【0017】

その後、 IF 信号は、加算増幅器112を使って、信号の位相シフト変化がカプラディスクの角度位置に依存するような単一の正弦波信号に変換される。チャネルのそれぞれによって受信された信号は互いに供給電圧に比例しているので、送信信号の振幅の変化は、結果的には位相情報には影響しない。増幅器112の出力における信号は、 $IF = 1/2 A \cos(\omega_0 t - \theta)$ によって与えられる。この式から、増幅器112の出力信号は、カプラディスク12の角度位置を表す位相関係であり、送信信号の振幅変化に依存しないということがわかる。加算増幅器112の信号出力は、ローパスフィルタ/増幅器114およびコンパレータ116を通して、結合された受信信号 R (これ以降、「受信信号」とも称する。)を生成する。

【0018】

単一ターンの角度位置センサのPWM出力は、図4に示すようにPWM生成器118において受信信号 R と基準信号 S とを比較することによって生成される。単一ターンの角度位置センサに対して、PWM生成器は単に、 RS フリップフロップのようなフリップフロップでもよい。図5(A)は10%のデューティサイクルに対する S 、 R およびPWM出力を例示し、図5(B)は40%のデューティサイクルに対する S 、 R およびPWM出力を例示する。PWM出力は、PWM-アナログ変換器120にも提供される。単一ターンの角度位置センサに対するアナログPWM出力ののこぎり波230が図8に例示される。

【0019】

マルチターンの角度位置センサに対しては、図4のPWM生成器118は、マルチターンPWM出力を生成する回路に置き換えられる。このような回路は、図6に、マルチターンPWM生成器200として例示される。マルチターンPWM生成器200は、マルチターンカウンタ回路を使って信号 S と信号 R とを結合することによって単一ターンのPWM

10

20

30

40

50

生成器と同じ分解能および精度を有するマルチターンPWM出力を生成する。

【0020】

マルチターンPWM生成器200は、Mビットカウンタ202を含むが、これは、基準信号Sのサイクル数を受信してカウントすることができる。例えば、Mビットカウンタ202は、 $2^M - 1$ に達したときは0にリセットすることによって0から $2^M - 1$ まで繰り返しカウントすることができる。Mビットカウンタ202はまた、カウンタがリセットされるとき最大の数をプログラミングすることによって0から $2^M - 1$ 未満までの数を繰り返しカウントすることができる。Mビットカウンタ202の出力すなわちM個ビット $Q_1 \sim Q_M$ は、Nビットデプレクサ204に提供される。数Nはマルチターン角度位置センサのターン数を表し、MはバイナリフォーマットにおいてNを表すのに使われるビット数である。それゆえ、MとNとの間の関係は、一般的に $M = \lceil \log_2 N \rceil$ で表される。

10

【0021】

Nビットデマルチプレクサ204は、 $Q_1 \sim Q_M$ を逆多重化してN個のターンインジケータ信号 $T_1 \sim T_N$ を生成するが、そのそれぞれは機械的ターンインジケータ206の考えられ得る位置のうちの1つを示している。例えば、ターンインジケータ信号 T_1 は1番目のターンであり、ターンインジケータ信号 T_N はN番目のターンである。機械的マルチターンインジケータ206は、パワーアップの時間におけるその初期位置に対応するMビット出力を生成する。初期位置インジケーション（すなわちMビット出力）は、ラッチ208によってラッチされる。初期位置インジケーションは、通常のシステム動作中は一定のままである。ラッチ208は、システムのパワーダウンおよびその後続くパワーアップの時にリセットされる。

20

【0022】

初期位置インジケーションは、Nターンインジケータ信号のうちの1つを選択する選択入力としてNビットマルチプレクサ210に提供される。初期位置インジケーションは、通常動作中は一定のままであるので、選択されたターンインジケーション信号もまた通常動作中は一定のままである。例えば、初期ターンインジケーションがターン数3を示す場合、T3信号が選択され、システムがパワーダウンされるまで選択されたままである。

【0023】

受信信号Rは、分周器214においてN（ターン数）によって周波数分割され、周波数 R/N を有する周波数分割された受信信号が生成される。そして、周波数分割された受信信号Fおよび選択されたターンインジケータ信号は、フリップフロップ212および216のペアに提供され、マルチターンのPWM出力が生成される。選択されたターンインジケータ信号はクロック入力としてフリップフロップ212に提供され、周波数分割された受信信号はクロック入力としてフリップフロップ216に提供される。第1のフリップフロップ212のイネーブル入力、第2のフリップフロップ216の反転出力 $P2^{\sim}$ （ただし、「 $\sim$ 」はP2の「反転」を意味する「バー（bar）」である。）に関係している。第2のフリップフロップ216のイネーブル入力、第1のフリップフロップ212の出力P1に関係しており、また、これはマルチターンPWM出力である。

30

【0024】

マルチターンPWM生成器200の機能についてはおそらく、図7を参照すればより詳しく説明できよう。図7は、 $N=5$ の場合についての5ターンのPWM生成器200'を例示する。図7の5ターンのPWM生成器200'は、図6のマルチターンPWM生成器200の特別な場合である。そのようなものとして、5ターンのPWM生成器200'の信号、構成部品、配線および機能は、マルチターンPWM生成器200の対応する信号、構成部品、配線および機能と実質的に同じである。それゆえに、5ターンのPWM生成器200'の構成部品を示すのに使われる参照符号は、図6の対応する構成部品を示すのに使われる参照符号に単にプライム（'）を付したものとする。

40

【0025】

$N=5$ であるので、上述のNとMとの関係に基づき、 $M = \lceil \log_2 N \rceil = \lceil \log_2 5 \rceil = 3$ である。したがって、3ビットカウンタ202'は、5ビットデマルチプレクサ204'に

50

提供される3ビット出力 Q_1 、 Q_2 および Q_3 を生成するのに使われる。5ビットデマルチプレクサ204'は、5個のターンインジケータ信号を生成するが、そのそれぞれは、基準信号Sの5クロックサイクルに相当する周期を有する。5ターンのPWM生成器200'に対して、単一の角度位置センサおよびその他適当なセンサは、1個の0%~100%のフルデューティサイクルを完結するために、5回転しなければならない。例えば、図8は、アナログフォーマットでの単一ターンの角度位置センサのPWMのこぎり波出力波形と5ターンの角度位置センサのPWMのこぎり波出力波形との関係を示す。図8には、単一ターンのPWM出力230が0%~100%の5個のフルデューティサイクルを完結する間に、5ターンPWM出力240は1つのフルデューティサイクルを完結することが示されている。

10

【0026】

図7を再び参照すると、3ビットバイナリカウンタ202'は、5まで数え上げ、カウンタオーバーで再度、再スタートする。5ビットデマルチプレクサ204'は、3ビットバイナリカウンタ202'の3ビット出力 Q_1 、 Q_2 および Q_3 を受信し、5個のターンインジケータ信号 T_1 、 T_2 、 T_3 、 T_4 および T_5 を生成する。ターンインジケータ信号のそれぞれは、機械的位置インジケータ206'の5つの位置のうちの1つの出力信号を表す。機械的マルチターンインジケータ206'は、パワーアップの時における初期位置に対応する3ビット出力を生成する。そして、初期位置インジケーション（すなわち3ビット出力）は、ラッチ208'によってラッチされる。初期位置インジケーションは、通常のシステム動作中は一定のままである。ラッチ208は、システムのパワーダウンおよびその後続くパワーアップの時にリセットされる。

20

【0027】

5個のターンインジケータ信号 T_1 、 T_2 、 T_3 、 T_4 および T_5 は、5ビットマルチプレクサ210'に供給されるが、5ビットマルチプレクサ210'は、パワーアップ時のバイナリフォーマットでの機械的位置インジケータの実際のターンによって決定される1つのターンインジケータ信号Tを出力する。ラッチ208'は、出力ターンインジケータ信号Tを選択するために、5ビットマルチプレクサ210'に機械的ターンインジケーションを提供する。

【0028】

受信信号Rは分周器214'によって5で分割され、周波数分割された受信信号Fが生成されるが、この信号は、ターンインジケータ信号Tと組み合わされて5ターンのPWM出力を生成するのに使われる。ターンインジケータ信号Tのプラスの過渡（すなわち立ち上がりエッジ）ごとにフリップフロップ212'の出力をセットし、周波数分割された受信信号Fのプラスの過渡（すなわち立ち上がりエッジ）ごとにフリップフロップ216'をトリガしてこれをリセットする。このやり方では、結合された受信信号Rの位相は、5ターンPWM出力の0%~100%の1個のフルサイクルを完結するためには、 $5 \times (2\pi)$ だけシフトしなければならない（すなわち、カプラディスクは5回転しなければならない。）。これにより、単一ターン（0度~360度）の角度位置センサの動作の5回転に基づく5ターンのPWM信号出力が生成される。

30

【0029】

図9は、図7の5ターンPWM生成器200'の完全なタイミング図を例示する。基準信号Sおよび受信信号Rは実質的に同じ周波数を有するが、位相が互いにオフセットしていることが分かる。3ビットカウンタ202'の出力は、初期に全てゼロにセットされる。3ビットカウンタ202'は、説明した典型的な実施例においては3ビット同期カウンタであるので、 Q_1 は基準信号Sの各立ち上がりエッジでトグルし、 Q_2 は Q_1 がハイの時のみ基準信号Sの立ち上がりエッジでトグルし、 Q_3 は Q_1 および Q_2 の両方がハイの時のみ基準信号Sの立ち上がりエッジでトグルする。ビット Q_1 、 Q_2 および Q_3 はまた、3ビットカウンタ202'のリセット時にトグルしてもよい。

40

【0030】

3ビットカウンタ202'は、(Q_3 、 Q_2 、 Q_1)が100（バイナリ4）に達するま

50

で基準クロック信号Sの連続クロックパルスごとにインクリメントしつづける。基準クロック信号Sの次のクロックパルス時に、3ビットカウンタ202'は、ゼロにリセットされる。カウンタが0から4までカウントするので、5個のターンインジケータ信号(T_1 、 T_2 、 T_3 、 T_4 および T_5)が、5ビットデマルチプレクサによって生成される。ターンインジケータ信号のそれぞれは、機械的位置インジケータの5つの位置のうちの1つを表す。

【0031】

5ビットデマルチプレクサ204'の5個の信号出力は、5ビットマルチプレクサ210'によって受信され、機械的ターンインジケータ206'の出力によって選択されるが、これは、パワーアップ時の機械的ターンインジケータの実際のターン位置を示す。換言すれば、ターンインジケータ信号 T_1 は機械的ターン位置インジケータの1番目のターンに対応し、ターンインジケータ信号 T_2 は機械的ターン位置インジケータの2番目のターンに対応し、ターンインジケータ信号 T_3 は機械的ターン位置インジケータの3番目のターンに対応し、ターンインジケータ信号 T_4 は機械的ターン位置インジケータの4番目のターンに対応し、ターンインジケータ信号 T_5 は機械的ターン位置インジケータの5番目のターンに対応する。したがって、ターンインジケータ信号の選択された1つは、パワーアップ時における実際の機械的位置に基づいた5ターンPWM生成器のための基準パルスとして使われる。

【0032】

周波数分割された受信信号Fは、分周器214'において受信信号Rを分割することによっても生成される。周波数分割された受信信号Fは、上述のターンインジケータ信号の選択された1つとともに、5ターンPWM出力を生成する。図9に示されるPWM出力波形は、機械的マルチターンインジケータ206'がパワーアップ時の1回目のターンにおけるスタート位置を示すとき、生成される。 T_1 は1回目のターンにおける信号出力を表すので、5ターンPWM生成器200'の基準信号として選択される。したがって、5ターンPWM出力は信号 T_1 と信号Fとを結合することによって生成される。

【0033】

したがって、本発明の典型的な実施例では、単一サイクルのPWM(0度~360度)をマルチターンのPWMに変換するPWM回路が提供される。PWM回路は、中心位置からステアリングホイールの±2.5ターンのロックトゥロック(lock-to-lock)範囲を有するステアリング角度センサとして使うために、NCAPSと連結して使うことができる。例えば、5ターン角度位置センサが、5回の完全回転をすることができる自動車のステアリングホイールで使われる場合、3回目のターンは、ホイールがまっすぐであることを示す中心位置にステアリングホイールがあることを示すであろう。1回目のターンはめいっぱい左に切られたドライビングホイールを示し、5回目のターンはめいっぱい右に切られたドライビングホイールを示す。

【0034】

図10では、本発明の典型的な実施例において、MT-NCAPS300のPWM出力が、PWMコンバータ302に連結されている。MT-NCAPS300は、例えば、図6のマルチターンPWM生成器200もしくは図7のマルチターンPWM生成器200'がPWM生成器118として使われるとき、図4の角度位置センサ100と実質的に同じ構造を有してもよい。PWMコンバータ302は、0%~100%のデューティサイクルを有するPWM出力を受信し、このPWM出力を、例えば5%~95%などといったような所望のスタート点およびストップ点を有したデューティサイクル範囲に変換する。PWMコンバータ302は、例えば、2003年8月8日に発行された「デジタルプログラマブルパルス幅変調(PWM)コンバータ」と題された米国特許第6,545,621号公報に開示されたデジタルプログラマブルPWMコンバータと実質的に同じであってもよく、その全ての内容については参照することで本願明細書に編入される。

【0035】

本発明の実施例の技術的特徴は下記のとおりである。

10

20

30

40

50

【0036】

(1) 複数回の360度ターンに対応するパルス幅変調(PWM)出力を生成するマルチターンPWM生成器であって、

基準信号を受信して該基準信号のサイクル数をカウントし、カウントされた前記サイクル数に対応するバイナリ出力を生成するカウンタと、

センサ出力信号を受信して該センサ出力信号の周波数をマルチターンにおけるターン数で分割し、周波数分割された信号を生成する分周器であって、前記センサ出力信号は、前記基準信号と実質的に同じ周波数を有するが、位相が前記基準信号とオフセットし得る分周器と、

前記バイナリ出力を受信し、各々が前記マルチターンのうちの1つに対応する複数のターンインジケータ信号を生成するデマルチプレクサと、 10

前記ターンインジケータ信号および機械的ターンインジケータ信号を受信し、前記ターンインジケータ信号の中から前記機械的ターンインジケータ信号に対応する1つを選択するマルチプレクサと、

前記ターンインジケータ信号のうちの選択された1つと前記周波数分割された信号とを受信し、前記ターンインジケータ信号のうちの選択された1つと前記周波数分割された信号とを使って前記PWM出力を生成する少なくとも1つのフリップフロップと、を備えることを特徴とするマルチターンパルスPWM生成器。

【0037】

(2) 前記PWM出力のデューティサイクルは、前記ターンインジケータ信号のうちの選択された1つと前記周波数分割された信号との位相差によって画定される上記(1)に記載のマルチターンPWM生成器。 20

【0038】

(3) 前記少なくとも1つのフリップフロップは、前記ターンインジケータ信号のうちの選択された1つを受信する第1のフリップフロップと、前記周波数分割された信号を受信する第2のフリップフロップと、を備え、

前記第2のフリップフロップの出力は、第1のフリップフロップに対して入力として提供され、

前記ターンインジケータ信号のうちの選択された1つの各立ち上がりエッジは前記第1のフリップフロップをセットし、前記周波数分割された信号の各立ち上がりエッジは前記第1のフリップフロップをリセットし、 30

前記第1のフリップフロップの出力は、前記PWM出力である上記(1)に記載のマルチターンPWM生成器。

【0039】

(4) 前記カウンタは、Nを前記ターン数としたとき、「0」から「N-1」まで繰り返しカウントし、リセットする上記(1)に記載のマルチターンPWM生成器。

【0040】

(5) 前記機械的ターンインジケータ信号を格納するラッチをさらに備え、前記ラッチの内容は前記マルチターンPWM生成器の通常動作中は変化しない上記(1)に記載のマルチターンPWM生成器。 40

【0041】

(6) 前記ターン数は5である上記(1)に記載のマルチターンPWM生成器。

【0042】

(7) 前記カウンタはMビットカウンタであり、ここで前記Mは、Nを前記ターン数としたとき、 $\log_2 N$ を使って計算される上記(1)に記載のマルチターンPWM生成器。

【0043】

(8) 軸の周りの回転を検知するマルチターン角度位置センサであって、

複数の送信機ループアンテナが形成された送信機ディスクと、

複数の受信機ループアンテナが形成された受信機ディスクであって、各前記受信機ルー 50

プアンテナが前記送信機ループアンテナのうちの1つに対応し、前記送信機ディスクと前記受信機ディスクとは互いに前記軸の周りに実質的に固定される受信機ディスクと、

前記送信機ループアンテナから送信され前記受信ループアンテナから受信される信号を可変的に減衰するために形成された減衰パターンを有するカプラディスクであって、該カプラディスクは、前記送信機ディスクおよび前記受信機ディスクに対して軸の周りで回転可能であるカプラディスクと、

複数回の局部発振器信号と基準信号とを生成するデジタル信号生成器と、

前記局部発振器信号と前記受信機アンテナループが受信した信号とを受信し、前記軸の回りの前記カプラディスクの角度位置を表すセンサ出力信号を生成するミキサと、

複数回の360度ターンに対応するPWM出力を生成するマルチターンPWM生成器であって、該マルチターンPWM生成器は、 10

基準信号を受信し、該基準信号のサイクル数をカウントして、カウントされた前記サイクル数に対応するバイナリ出力を生成するカウンタと、

前記センサ出力信号を受信し、複数ターンにおけるターン数で前記センサ出力信号の周波数を分割して、周波数分割された信号を生成する分周器であって、前記センサ出力信号は、前記基準信号と実質的に同じ周波数を有するが、位相が前記基準信号とオフセットし得る分周器と、

前記バイナリ出力を受信し、各々が前記マルチターンのうちの1つに対応する複数のターンインジケータ信号を生成するデマルチプレクサと、

前記ターンインジケータ信号および機械的ターンインジケータ信号を受信し、前記ターンインジケータ信号の中から前記機械的ターンインジケータ信号に対応する1つを選択するマルチプレクサと、 20

前記ターンインジケータ信号のうちの選択された1つと前記周波数分割された信号とを受信し、前記ターンインジケータ信号のうちの選択された1つと前記周波数分割された信号とを使って前記PWM出力を生成する少なくとも1つのフリップフロップと、を備えるマルチターンPWM生成器と、を備えることを特徴とするマルチターン角度位置センサ

【0044】

(9) 前記PWM出力のデューティサイクルは、前記ターンインジケータ信号のうちの選択された1つと前記周波数分割された信号との位相差によって画定される上記(8)に記載のマルチターン角度位置センサ。 30

【0045】

(10) 前記少なくとも1つのフリップフロップは、前記ターンインジケータ信号のうちの選択された1つを受信する第1のフリップフロップと、前記周波数分割された信号を受信する第2のフリップフロップと、を備え、

前記第2のフリップフロップの出力は、第1のフリップフロップに対して入力として提供され、

前記ターンインジケータ信号のうちの選択された1つの各立ち上がりエッジは前記第1のフリップフロップをセットし、前記周波数分割された信号の各立ち上がりエッジは前記第1のフリップフロップをリセットし、 40

前記第1のフリップフロップの出力は、前記PWM出力である上記(8)に記載のマルチターン角度位置センサ。

【0046】

(11) 前記カウンタは、Nを前記ターン数としたとき、「0」から「N-1」まで繰り返しカウントし、リセットする上記(8)に記載のマルチターン角度位置センサ。

【0047】

(12) 前記マルチターンPWM生成器は前記機械的ターンインジケータ信号を格納するラッチをさらに備え、前記ラッチの内容は前記マルチターンPWM生成器の通常動作中は変化しない上記(8)に記載のマルチターン角度位置センサ。

【0048】

(13) 前記PWM出力をアナログ信号出力に変換するアナログコンバータをさらに備える上記(8)に記載のマルチターン角度位置センサ。

【0049】

(14) 前記PWM出力は0%~100%のデューティサイクルを有し、前記センサは、前記PWM出力が0%~100%のデューティサイクルを有するように変換するPWMコンバータをさらに備える上記(8)に記載のマルチターン角度位置センサ。

【0050】

(15) 複数回の360度ターンに対応するマルチターンパルス幅変調(PWM)信号を生成する方法であって、

基準信号を受信して該基準信号のサイクル数をカウントするステップであって、カウントされた前記サイクル数に対応するバイナリ出力を生成するステップと、

センサ出力信号の周波数をマルチターンにおけるターン数で分割し、周波数分割された信号を生成するステップであって、前記センサ出力信号は、前記基準信号と実質的に同じ周波数を有するが、位相が前記基準信号とオフセットし得るステップと、

前記バイナリ出力を使って、各々が前記マルチターンのうちの1つに対応する複数のターンインジケータ信号を生成するステップと、

前記ターンインジケータ信号の中から機械的ターンインジケータ信号に対応する1つを選択するステップと、

前記ターンインジケータ信号のうちの選択された1つと前記周波数分割された信号とを使って前記PWM出力を生成するステップと、を備えることを特徴とする、マルチターンパルス幅変調(PWM)信号を生成する方法。

【0051】

(16) 前記PWM出力のデューティサイクルは、前記ターンインジケータ信号のうちの選択された1つと前記周波数分割された信号との位相差によって画定される上記(15)に記載の方法。

【0052】

(17) 前記PWM出力を生成するステップは、

前記ターンインジケータ信号のうちの選択された1つの各立ち上がりエッジを使ってフリップフロップをセットするステップと、

前記周波数分割された信号の各立ち上がりエッジを使って前記フリップフロップをリセットするステップと、を備え、

前記フリップフロップの出力は前記PWM出力である上記(15)に記載の方法。

【0053】

(18) 前記カウントするステップは、Nを前記ターン数としたとき、「0」から「N-1」まで繰り返しカウントし、リセットする上記(15)に記載の方法。

【0054】

(19) ラッチに前記機械的ターンインジケータ信号を格納するステップをさらに備え、前記ラッチの内容は前記マルチターンPWM生成器の通常動作中は変化しない上記(15)に記載の方法。

【0055】

(20) 複数回の360度ターンに対応するパルス幅変調(PWM)出力を生成するマルチターンPWM生成器であって、

基準信号および機械的ターンインジケータ信号を受信し、前記基準信号を使って、前記機械的ターンインジケータ信号に対応するターンインジケータ信号を生成する回路手段と、

センサ出力信号を受信し、該センサ出力信号の周波数を複数ターンにおけるターン数で分割して、周波数分割された信号を生成する分周器であって、前記センサ出力信号は、前記基準信号と実質的に同じ周波数を有するが、位相が前記基準信号とオフセットし得る分周器と、

前記ターンインジケータ信号と前記周波数分割された信号とを受信し、前記ターンイン

10

20

30

40

50

ジケータ信号と前記周波数分割された信号とを使って前記PWM出力を生成する少なくとも1つのフリップフロップと、を備えることを特徴とするマルチターンPWM生成器。

【0056】

本発明のある典型的な実施例が詳細に説明され添付の図面に示されたが、このような実施例は単に例示的なものであり、広範な本発明を制限するものではないということを理解すべきである。種々の修正が、広範な本発明の範囲を逸脱することなく、上述した本発明の例示した実施例および他の実施例に対して作られることが認められよう。上述の観点から、本発明は、開示された特定の実施例もしくは構成に限定されず、添付の請求項によって定義された発明の範囲および精神の範囲内であらゆる変形、適用もしくは修正をカバーすることを指向していることを理解できよう。

10

【産業上の利用可能性】

【0057】

例えば、本発明の典型的な実施例がNCAPSに関して説明されているが、本発明のプログラム可能なMT-PWM回路は、互換性のあるPWM出力を有するあらゆる回転センサもしくは線形センサで使うことができる。

【図面の簡単な説明】

【0058】

【図1】本発明の典型的な実施例を実施するために使うことができる角度位置センサの側面図である。

【図2】図1の送信機および受信機の両部分の平面図である。

20

【図3】図1のカプラディスクの平面図である。

【図4】本発明の典型的な実施例を実施するために使うことができる角度位置センサの機能ブロック図である。

【図5】単一ターンの角度位置センサがそれぞれ(A)10%および(B)40%のデューティサイクルであることを例示するタイミング図である。

【図6】本発明の典型的な実施例におけるマルチターンPWM生成器のブロック図である。

【図7】ターン数N=5であるときにおける、図6のマルチターンPWM生成器のブロック図である。

【図8】単一ターンのPWM出力のこぎり波と5ターンのPWM出力との関係を示す図である。

30

【図9】図7の典型的な実施例における5ターン角度位置センサのタイミング図である。

【図10】本発明の別の典型的な実施例におけるマルチターンPWM生成システムのブロック図である。

【符号の説明】

【0059】

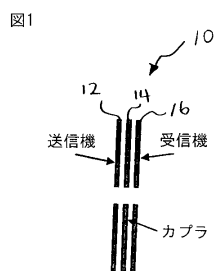
- 10 角度位置センサ
- 12 送信機
- 14 カプラディスク
- 16 受信機
- 22 ループアンテナ
- 34 カプラパターン
- 104 デジタル信号生成器
- 106、108、110 マルチプレクサ
- 112 加算増幅器
- 114 ローパスフィルタ／増幅器
- 116 コンパレータ
- 118 PWM生成器
- 120 PWM-アナログ変換器
- 200 マルチパターンPWM生成器

40

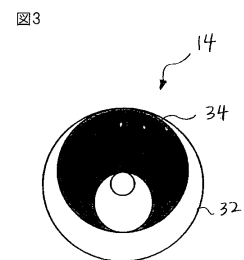
50

202	Mビットカウンタ
204	Nビットデマルチプレクサ
206	機械的ターンインジケータ
208	ラッチ
210	Nビットマルチプレクサ
212	第1のフリップフロップ
214	分周器
216	第2のフリップフロップ
300	マルチターン非接触型角度位置センサ (MT-NCAPS)
302	PWMコンバータ

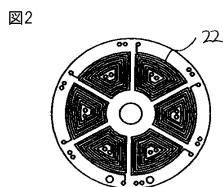
【図1】



【図3】

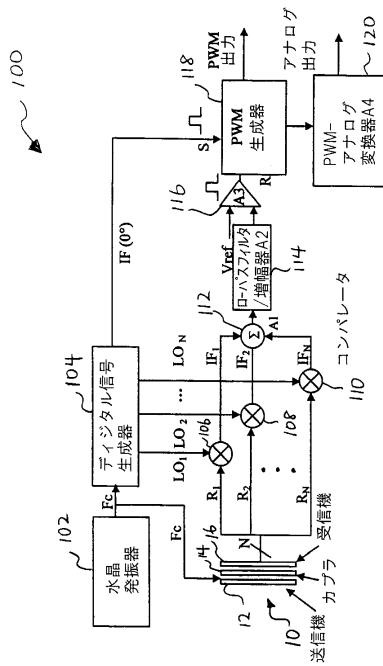


【図2】



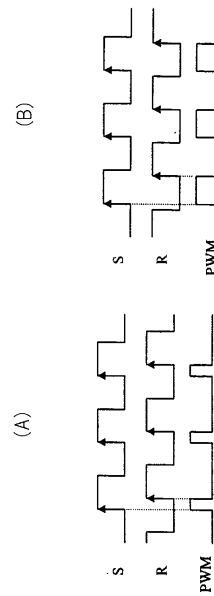
【図 4】

図4



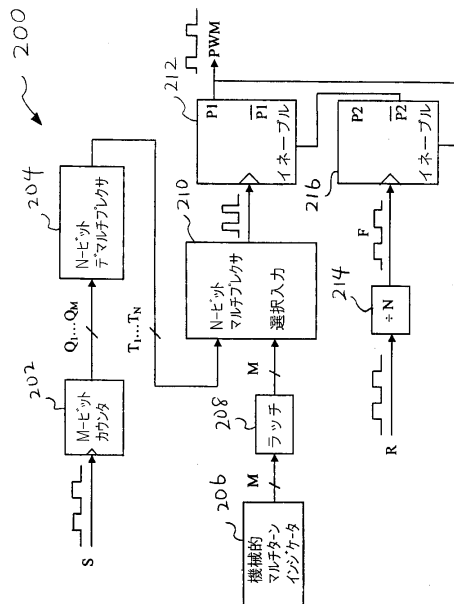
【図 5】

図5



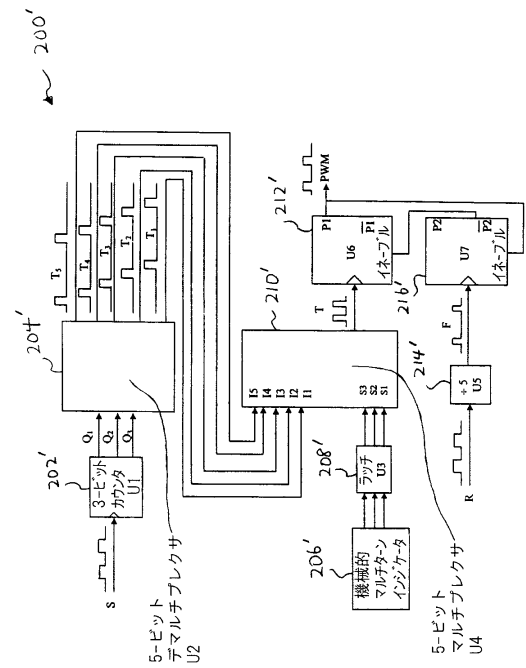
【図 6】

図6



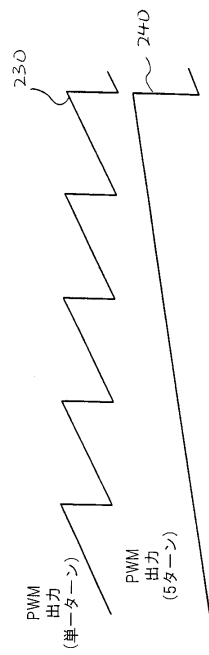
【図 7】

図7



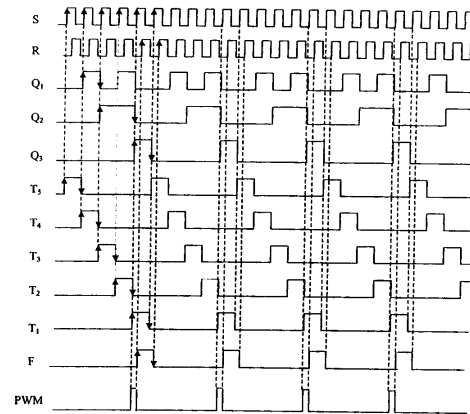
【図 8】

図8



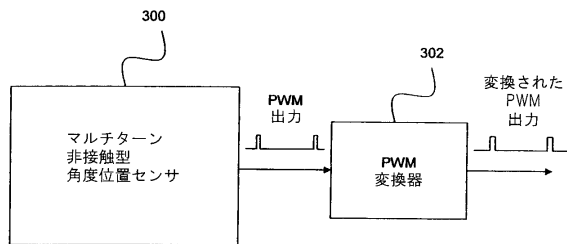
【図 9】

図9



【図 10】

図10



フロントページの続き

(74)代理人 100082898

弁理士 西山 雅也

(72)発明者 アサド エム. マドニ

アメリカ合衆国, カリフォルニア 90064, ロサンゼルス, ウッドバイン ストリート 3281

(72)発明者 ジム ビー. ボン

アメリカ合衆国, カリフォルニア 91342, シルマー, テルフェア アベニュー 13100

(72)発明者 フィリップ ボン

アメリカ合衆国, カリフォルニア 91342, シルマー, テルフェア アベニュー 13100

審査官 山下 雅人

(56)参考文献 特開2001-82915 (JP, A)

特表平09-506181 (JP, A)

特開平09-196659 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01D 5/244 - 5/245

G01D 5/249

G01B 7/30