

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6217904号
(P6217904)

(45) 発行日 平成29年10月25日(2017.10.25)

(24) 登録日 平成29年10月6日(2017.10.6)

(51) Int.Cl. F I
H03B 5/32 (2006.01) H03B 5/32 E

請求項の数 10 (全 22 頁)

(21) 出願番号	特願2013-123126 (P2013-123126)	(73) 特許権者	000002369
(22) 出願日	平成25年6月11日 (2013. 6. 11)		セイコーエプソン株式会社
(65) 公開番号	特開2014-241508 (P2014-241508A)		東京都新宿区新宿四丁目1番6号
(43) 公開日	平成26年12月25日 (2014. 12. 25)	(74) 代理人	100090387
審査請求日	平成28年3月23日 (2016. 3. 23)		弁理士 布施 行夫
		(74) 代理人	100090398
			弁理士 大淵 美千栄
		(72) 発明者	伊藤 久浩
			長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内
		審査官	橋本 和志

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 発振回路、振動デバイス、電子機器、移動体および振動デバイスの製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

端子間に印加される端子間電圧によって容量値が制御される複数の可変容量素子を並列に接続し、前記複数の可変容量素子の合成容量値の可変特性は、基準容量値を含んで可変となる可変容量回路を含み、前記可変容量回路を負荷容量として発振部を発振させて発振信号を生成する発振回路であって、

前記可変容量回路は、

少なくとも1つの可変容量素子の前記端子間電圧を、可変電圧である第1の電圧とし、他の可変容量素子の前記端子間電圧を、固定電圧である第2の電圧とする制御部を含み、

前記基準容量値は、前記複数の可変容量素子の全ての前記端子間電圧を前記第2の電圧としたときの合成容量値であり、

前記第1の電圧が前記第2の電圧であるときの発振周波数が、前記制御部の制御によらず共通である、発振回路。

【請求項2】

前記第2の電圧は、

前記可変電圧の最小電圧値よりも大きく、かつ前記可変電圧の最大電圧値よりも小さい電圧をとる、

請求項1に記載の発振回路。

【請求項3】

前記制御部は、
前記第 1 の電圧および前記第 2 の電圧の一方を排他的に選択するスイッチを含む、
請求項 1 又は 2 に記載の発振回路。

【請求項 4】

前記制御部は、
前記複数の可変容量素子のそれぞれの前記端子間電圧を、前記第 1 の電圧とするか、前記第 2 の電圧とするか、設定するデータが記憶されている記憶部を含む、
請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載の発振回路。

【請求項 5】

前記制御部は、
入力された制御信号に基づいて、前記複数の可変容量素子のそれぞれの前記端子間電圧を、前記第 1 の電圧とするか、前記第 2 の電圧とするか、制御する、
請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の発振回路。

10

【請求項 6】

前記複数の可変容量素子の各々の一端に前記第 1 の電圧又は前記第 2 の電圧が印加され、
前記複数の可変容量素子の各々の他端に接地電圧が印加され、
前記複数の可変容量素子の前記各々の一端は、固定容量を介して前記発振部に接続されている、請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項に記載の発振回路。

【請求項 7】

請求項 1 乃至 6 のいずれか 1 項に記載の発振回路と、
前記発振部と、
を含む振動デバイス。

20

【請求項 8】

請求項 1 乃至 6 のいずれか 1 項に記載の発振回路を含む電子機器。

【請求項 9】

請求項 1 乃至 6 のいずれか 1 項に記載の発振回路を含む移動体。

【請求項 10】

請求項 1 乃至 6 のいずれか 1 項に記載の発振回路と、前記発振部と、を備える振動デバイスの製造方法であって、
前記第 1 の電圧を変化させて、前記発振信号の周波数を測定する測定ステップと、
基準となる周波数と前記測定ステップで測定された周波数とを比較する比較ステップと、
前記比較ステップの結果に基づいて、前記制御部により前記端子間電圧の制御が行われる調整ステップと、を含む、
振動デバイスの製造方法。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、可変容量回路、発振回路、振動デバイス、電子機器、移動体および振動デバイスの製造方法等に関する。

40

【背景技術】

【0002】

可変容量回路は、可変容量素子を含み、可変容量素子に与える制御電圧を変化させることで容量値を調整することができる。可変容量素子は、例えばバリキャップ (variable capacitance diode) であり、バリキャップは端子間電圧 (一方の端子が接地電圧の場合には制御電圧に等しい) に応じて容量値が変化する。可変容量回路は、例えば発振回路の負荷容量として用いられ、発振信号の周波数 (以下、発振周波数ともいう) を調整するのに用いられることがある。

【0003】

50

例えば、特許文献1の発明は、発振回路内に可変容量回路を含み、各可変容量素子に印加する固定電圧を切り替えることで、発振周波数についての電圧変動の影響を抑えることができる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2003-258553号公報

【特許文献2】特開2003-324316号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

ここで、例えば発振素子を含む発振器の製造時には、発振素子の個体ばらつきに基づく発振周波数のずれを調整して、所望の周波数を出力させる必要がある。このとき、特許文献1の発振回路では、固定電圧を切り替えると、電圧-発振周波数特性が大きく変わってしまう。そのため、周波数可変幅も大きく変化することがあるので、一般に煩雑な調整手順が必要となり、発振周波数の調整を容易にはできない。

【0006】

また、特許文献2の発振器に用いられる可変容量回路は、可変容量素子に印加する電圧を固定電圧または電源電圧に切り替えて、可変容量の容量値を最大値または最小値に制御するものである。しかし、この電圧の切り替えによって、電圧-発振周波数特性が大きく変わってしまい(例えば、特許文献2の図2(b)参照)、周波数可変幅も大きく変化することがあるので、発振周波数の調整を容易にはできない。

【0007】

ここで、可変容量回路の中には、可変容量素子自体をスイッチ回路によって切り離すことが可能なものも存在する。しかし、切り離す可変容量素子の数を変化させると、やはり電圧-発振周波数特性が大きく変わってしまう。そのため、発振回路の負荷容量として、このような可変容量回路を用いても、発振周波数の調整を容易にはできない。

【0008】

逆に、電圧-発振周波数特性を切り替えたときに、その変化に一定の規則性があれば煩雑な調整手順は不要であると言える。また、特定の周波数(以下、特定周波数ともいう)を中心に発振周波数を変化させることができれば、発振周波数の調整を容易に実行できる。

【0009】

本発明は、以上の事を鑑みてなされたものであり、本発明のいくつかの態様によれば、例えば発振周波数といった容量値の変化に応じて変化する値を、容易に調整可能にする可変容量回路、発振回路、振動デバイス、電子機器、移動体および振動デバイスの製造方法を提供する。

【課題を解決するための手段】

【0010】

本発明は前述の課題の少なくとも一部を解決するものであり、以下の態様又は適用例として実現することが可能である。

【0011】

[適用例1]

本適用例に係る可変容量回路は、端子間に印加される端子間電圧によって容量値が制御される複数の可変容量素子を並列に接続し、前記複数の可変容量素子の合成容量値の可変特性は、基準容量値を含んで可変となる。

【0012】

本適用例に係る可変容量回路によれば、複数の可変容量素子の合成容量値の可変特性(合成容量値の可変幅、合成容量の可変感度)は、基準容量値を含んで可変となる。そのため、本適用例に係る可変容量回路は、合成容量値の可変幅を変えても、ある端子間電圧を

10

20

30

40

50

与えた場合には基準容量値を得ることができるため、容量値の変化に応じて変化する値を容易に調整できる。例えば、本適用例に係る可変容量回路を含む発振回路では、基準容量値に対応して特定周波数が定まり、特定周波数を中心に発振周波数を変化させることができるので、発振周波数の調整が容易になる。さらに、基準容量値に対応して特定周波数が定まるため、特定周波数を中心にして発振周波数可変幅（発振周波数可変感度）を調整することができるので、発振周波数可変幅の調整が容易になる。また、本適用例に係る可変容量回路によれば、複数の可変容量素子を並列に接続した構成をとるため、合成容量の可変幅と可変容量素子の個数とを対応づけることが可能である。

【 0 0 1 3 】

ここで、可変容量素子の端子間電圧は、端子間に印加されて容量値を制御する電圧である。また、基準容量値は、可変容量回路の基準となる容量値であり、電圧 - 合成容量値特性（例えば図 3 参照）が変化しても、ある端子間電圧を与えた場合に得られる容量値である。

10

【 0 0 1 4 】**[適用例 2]**

上記適用例に係る可変容量回路において、前記複数の可変容量素子のうち、少なくとも 1 つの可変容量素子の前記端子間電圧を、可変電圧である第 1 の電圧とし、他の可変容量素子の前記端子間電圧を、固定電圧である第 2 の電圧としてもよい。

【 0 0 1 5 】

本適用例に係る可変容量回路によれば、複数の可変容量素子のうち、一部について端子間電圧を第 1 の電圧とし、残りについて端子間電圧を第 2 の電圧とする。第 1 の電圧は可変電圧であり、第 2 の電圧は固定電圧である。端子間電圧を第 2 の電圧とした可変容量素子は、第 1 の電圧の変化によっても容量値が変化しない固定容量と扱うことができる。そのため、複数の可変容量素子のうち、いくつの端子間電圧を第 1 の電圧とするかによって、合成容量値の調整量が増える。例えば、いくつの端子間電圧を第 1 の電圧とするかを指定するデータがメモリー等に記憶されている場合、そのデータを書き換えることで合成容量値の調整量の変更が可能である。

20

【 0 0 1 6 】

ここで、可変電圧とは動的に変更可能な電圧のことであり、第 1 の電圧は前記の制御電圧に対応させることができる。固定電圧とは可変電圧でない電圧であり、第 2 の電圧は少なくとも可変容量回路を含むデバイス等の使用時にはある電圧に固定されている。

30

【 0 0 1 7 】**[適用例 3]**

上記適用例に係る可変容量回路において、前記第 2 の電圧は、前記可変電圧の最小電圧値よりも大きく、かつ前記可変電圧の最大電圧値よりも小さい電圧をとってもよい。

【 0 0 1 8 】

本適用例に係る可変容量回路によれば、第 2 の電圧は、可変電圧（第 1 の電圧）の最小電圧値よりも大きく、かつ可変電圧の最大電圧値よりも小さい電圧をとる。可変電圧である第 1 の電圧は、最小電圧値と最大電圧値との間で動的に変更可能であり、固定電圧である第 2 の電圧は、最小電圧値よりも大きく最大電圧値よりも小さいある電圧（例えばちょうど中間の電圧）をとる。このとき、基準容量値を、最小電圧値よりも大きく、かつ最大電圧値よりも小さいある電圧に対応させることができる。したがって、第 1 の電圧によって、可変容量回路の合成容量値を、基準容量値を中心にして前後に調整することができるので、例えば発振周波数を基準容量値に対応した特定周波数を中心にして調整を行うことができる。そして、このことに基づいて例えば発振周波数の調整を容易に行うことができる。ここで、最小電圧値、最大電圧値は、例えば可変容量素子の仕様で定まる下限の電圧値、上限の電圧値であってもよい。

40

【 0 0 1 9 】**[適用例 4]**

上記適用例に係る可変容量回路において、前記基準容量値は、前記複数の可変容量素子

50

の全ての前記端子間電圧を前記第 2 の電圧としたときの合成容量値であってもよい。

【 0 0 2 0 】

本適用例に係る可変容量回路によれば、基準容量値は全ての可変容量素子の端子間電圧を第 2 の電圧としたときの合成容量値である。そのため、可変電圧である第 1 の電圧を、第 2 の電圧と同じにしたときに基準容量値が得られる。そして、このことに基づいて例えば発振周波数の調整を容易に行うことができる。

【 0 0 2 1 】

[適用例 5]

上記適用例に係る可変容量回路において、前記複数の可変容量素子のそれぞれの前記端子間電圧を、前記第 1 の電圧とするか、前記第 2 の電圧とするか、制御する制御部を含んでもよい。

10

【 0 0 2 2 】

本適用例に係る可変容量回路によれば、制御部によって端子間電圧を第 1 の電圧とするか、第 2 の電圧とするかを変更可能である。そのため、制御部によって合成容量値の調整量を変えることができるので、例えば発振周波数の調整を容易にかつ効率的に行うことができる。

【 0 0 2 3 】

[適用例 6]

上記適用例に係る可変容量回路において、前記制御部は、前記第 1 の電圧および前記第 2 の電圧の一方を排他的に選択するスイッチを含んでもよい。

20

【 0 0 2 4 】

本適用例に係る可変容量回路によれば、制御部はスイッチによって端子間電圧について、前記第 1 の電圧とするか、前記第 2 の電圧とするかを制御できる。そのため、制御部は、複雑な回路を要することなく、複数の可変容量素子のそれぞれの端子間電圧を制御できる。

【 0 0 2 5 】

[適用例 7]

上記適用例に係る可変容量回路において、前記制御部は、前記複数の可変容量素子のそれぞれの前記端子間電圧を、前記第 1 の電圧とするか、前記第 2 の電圧とするか、設定するデータが記憶されている記憶部を含んでもよい。

30

【 0 0 2 6 】

本適用例に係る可変容量回路によれば、制御部は、端子間電圧を第 1 の電圧とするか、第 2 の電圧とするかを設定するデータが記憶されている記憶部を含む。そのため、記憶部のデータの書き換えにより柔軟に合成容量値の調整量を変えることができる。

【 0 0 2 7 】

ここで、記憶部は例えばフラッシュメモリー等の不揮発性メモリーであってもよいし、揮発性の R A M (Random Access Memory) であってもよいし、他のメモリーであってもよい。

【 0 0 2 8 】

[適用例 8]

上記適用例に係る可変容量回路において、前記制御部は、入力された制御信号に基づいて、前記複数の可変容量素子のそれぞれの前記端子間電圧を、前記第 1 の電圧とするか、前記第 2 の電圧とするか、制御してもよい。

40

【 0 0 2 9 】

本適用例に係る可変容量回路によれば、例えば可変容量回路の外部からの制御信号に基づいて、制御部が端子間電圧を第 1 の電圧とするか、第 2 の電圧とするかを変更可能である。そのため、本適用例に係る可変容量回路を含むデバイス等の製造後であっても、合成容量値の調整量を使用者等が変更することができる。例えば、制御信号によって、適切な電圧 - 合成容量値特性 (例えば図 3 参照) を選択することが可能である。

【 0 0 3 0 】

50

[適用例 9]

本適用例に係る発振回路は、発振部を発振させて発振信号を生成する発振回路であって、負荷容量として上記適用例に係る可変容量回路を含む。

【 0 0 3 1 】

本適用例に係る発振回路によれば、負荷容量として上記適用例に係る可変容量回路を含むので発振周波数を容易に調整できる。ここで、発振部は例えば水晶振動子、MEMS、音叉型水晶振動子等の発振素子であってもよいし、例えばRC回路、LC回路等の電子部品で構成されていてもよい。

【 0 0 3 2 】

[適用例 1 0]

本適用例に係る振動デバイスは、前記適用例に係る発振回路と、前記発振部と、を含む。

【 0 0 3 3 】

本適用例に係る振動デバイスによれば、負荷容量として上記適用例に係る可変容量回路を発振回路に含んでいるので発振周波数を容易に調整できる。

【 0 0 3 4 】

[適用例 1 1]

本適用例に係る電子機器は、前記適用例に係る可変容量回路を含む。

【 0 0 3 5 】

[適用例 1 2]

本適用例に係る移動体は、前記適用例に係る可変容量回路を含む。

【 0 0 3 6 】

本適用例に係る電子機器、移動体によれば、負荷容量として上記適用例に係る可変容量回路を含んでいるので、容量値の変化に応じて変化する値（例えば、発振周波数）について容易に調整できる。

【 0 0 3 7 】

[適用例 1 3]

本適用例に係る振動デバイスの製造方法は、発振部と、負荷容量として前記適用例に係る可変容量回路を含み、前記発振部を発振させて発振信号を生成する発振回路と、を備える振動デバイスの製造方法であって、前記第1の電圧を変化させて、前記発振信号の周波数を測定する測定ステップと、基準となる周波数と前記測定ステップで測定された周波数とを比較する比較ステップと、前記比較ステップの結果に基づいて、前記制御部により前記端子間電圧の制御が行われる調整ステップと、を含む。

【 0 0 3 8 】

本適用例に係る振動デバイスの製造方法によれば、上記の測定ステップ、比較ステップ、調整ステップを含むことで、合成容量値の調整量を適切に変化させて、発振周波数を容易に調整できる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 3 9 】

【 図 1 】 本実施形態の可変容量回路の構成例を示す図。

【 図 2 】 負荷容量として本実施形態の可変容量回路を含む発振回路を説明する図。

【 図 3 】 第1の電圧と合成容量値の関係を説明する図。

【 図 4 】 第1の電圧と発振周波数の関係を説明する図。

【 図 5 】 図5(A)、図5(B)は、振動デバイスの構成例を示す図。

【 図 6 】 振動デバイスの製造方法を示すフローチャート。

【 図 7 】 電子機器の機能ブロック図。

【 図 8 】 電子機器の外観の一例を示す図。

【 図 9 】 移動体の一例を示す図。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 4 0 】

10

20

30

40

50

以下、本発明の好適な実施形態について図面を用いて詳細に説明する。なお、以下に説明する実施形態は、特許請求の範囲に記載された本発明の内容を不当に限定するものではない。また以下で説明される構成の全てが本発明の必須構成要件であるとは限らない。

【0041】

1. 可変容量回路、発振回路

[可変容量回路の構成]

図1は、本実施形態の可変容量回路11の構成例を示す図である。可変容量回路11は後述する発振回路10の一部を構成し、具体的には調整可能な負荷容量として用いられる(図2参照)。

【0042】

可変容量回路11は、容量値の制御が可能な複数のバリキャップVC1、VC2・・・、VC15(本発明の可変容量素子に対応)と、制御部CTとを含む。バリキャップVC1、VC2・・・、VC15は、図1のように並列に接続されており、それぞれの容量値は制御部CTによって制御可能である。なお、本実施形態の可変容量回路11では15個のバリキャップVC1、VC2・・・、VC15を含むが、15個に限定されるわけではなく、その個数が多いほど後述する発振周波数の調整において分解能を高めることができる。

【0043】

以下に、バリキャップVC1、VC2・・・、VC15について詳しく説明するが、重複説明回避のため、バリキャップVC1についてのみ説明する。そして、特に断らない限り、バリキャップVC2・・・、VC15についてもバリキャップVC1と同じであるとす。なお、本実施形態の可変容量回路11では、バリキャップVC1、VC2・・・、VC15は同じ種類のもの(容量の中心値も可変幅も同じもの)を用いているが、一部または全てのバリキャップにおいて、容量値の中心値や可変幅が異なる種類のものを用いて構成されていてもよい。

【0044】

バリキャップVC1は、端子間に印加される端子間電圧の変化に伴って容量値が変化する。バリキャップVC1の一方の端子(以下、第1の端子)は信号線102に接続されており、本実施形態では接地電圧となっている。なお、第1の端子の電圧レベルは接地電圧に限られるものではない。

【0045】

バリキャップVC1の他方の端子(以下、第2の端子)は、抵抗RS1を介して制御部CTから電圧(後述する第1の電圧V1または第2の電圧V2)が与えられる。本実施形態では、端子間電圧が下がるとバリキャップVC1の容量が増加し、端子間電圧が上がるとバリキャップVC1の容量が低下する。よって、バリキャップVC1の容量値は制御部CTによって制御可能である。

【0046】

ここで、バリキャップVC1の第2の端子は、固定容量CP1を介して信号線101にも接続されている。本実施形態では、信号線101は発振回路10において水晶振動子26に接続されており(図2参照)、固定容量CP1は直流成分をカットするために設けられている。

【0047】

可変容量回路11は、このような構成のバリキャップVC1、VC2・・・、VC15を並列に接続した構成となっている。具体的には、バリキャップVC2・・・、VC15の第1の端子も信号線102に接続されている。また、バリキャップVC2・・・、VC15の第2の端子は、図1のようにそれぞれ固定容量CP2・・・、CP15および抵抗RS2・・・、RS15に接続されている。固定容量CP2・・・、CP15の反対側の端子(バリキャップVC2・・・、VC15と接続されていない端子)も信号線101にも接続されている。なお、VC2・・・、VC15の第1の端子は、全てが同一の信号線102に接続されることで同一の電圧レベルにされていなくてもよく、VC2・・・、V

10

20

30

40

50

C 1 5 の第 1 の端子の一部または全てが異なった電圧レベルにされていてもよい。

【 0 0 4 8 】

次に、制御部 C T について説明する。制御部 C T は、バリキャップ V C 1、V C 2 . . .、V C 1 5 のそれぞれの第 2 の端子に、それぞれ抵抗 R S 1、R S 2 . . .、R S 1 5 を介して電圧を印加する。本実施形態では、印加する電圧は、第 1 の電圧 V 1 または第 2 の電圧 V 2 である。

【 0 0 4 9 】

ここで、第 1 の電圧 V 1 は可変電圧であり、第 2 の電圧 V 2 は固定電圧である。バリキャップ V C 1、V C 2 . . .、V C 1 5 の第 2 の端子には、バリキャップ V C 1、V C 2 . . .、V C 1 5 のそれぞれの容量値が最小となる最小電圧値 V_{min} 以上、かつバリキャップ V C 1、V C 2 . . .、V C 1 5 のそれぞれの容量値が最大となる最大電圧値 V_{max} 以下の電圧を印加することができる。このとき、第 1 の電圧 V 1 は、最小電圧値 V_{min} ~ 最大電圧値 V_{max} の範囲で変化するが、第 2 の電圧 V 2 は最小電圧値 V_{min} ~ 最大電圧値 V_{max} の範囲のある電圧に固定される。つまり、バリキャップ V C 1、V C 2 . . .、V C 1 5 のうち、制御部 C T によって第 2 の電圧 V 2 を与えられたものは、第 1 の電圧 V 1 の変化に影響されずに固定の容量値をもつことになる。

【 0 0 5 0 】

制御部 C T は、バリキャップ V C 1、V C 2 . . .、V C 1 5 のそれぞれの第 2 の端子に与える電圧を選択するスイッチ S W 1、S W 2 . . .、S W 1 5 を含む。スイッチ S W 1、S W 2 . . .、S W 1 5 は、例えばトランスマッションゲート等を用いて構成されてもよいが、特定の構成に限定されるものではない。ここでは、スイッチ S W 1、S W 2 . . .、S W 1 5 は、それぞれのセレクト信号がローレベル (L) であれば第 1 の電圧 V 1 を選択し、ハイレベル (H) であれば第 2 の電圧 V 2 を選択するとして説明する。

【 0 0 5 1 】

スイッチ S W 1、S W 2 . . .、S W 1 5 は、互いに独立に第 1 の電圧 V 1 または第 2 の電圧 V 2 を選択する。図 1 の例では、スイッチ S W 1 とスイッチ S W 1 5 は第 2 の電圧 V 2 を選択しており、スイッチ S W 2 は第 1 の電圧 V 1 を選択している。このとき、バリキャップ V C 2 は第 1 の電圧 V 1 の変化に応じて容量値が変化するが、バリキャップ V C 1 とバリキャップ V C 1 5 は、第 1 の電圧 V 1 の変化に影響されずに固定の容量値をもつことになる。

【 0 0 5 2 】

制御部 C T は、スイッチ S W 1、S W 2 . . .、S W 1 5 のそれぞれのセレクト信号の信号レベルを記憶する記憶部 M E を含む。本実施形態では、記憶部 M E の 1 5 ビットのデータ (以下、設定データとする) の各ビットがスイッチ S W 1、S W 2 . . .、S W 1 5 のそれぞれのセレクト信号の電圧レベルに対応する。例えば、設定データの n ビット目 (n は整数で 1 ~ 1 5 のいずれか) が ' 0 ' である場合に、そのビットに対応するセレクト信号はローレベル (L) となり、' 1 ' である場合に、そのビットに対応するセレクト信号はハイレベル (H) となる。なお、本実施形態の可変容量回路 1 1 の記憶部 M E は、少なくともフラッシュメモリーを含み、設定データはフラッシュメモリーに記憶されているとする。

【 0 0 5 3 】

そして、記憶部 M E の設定データは、可変容量回路 1 1 の外部から入力される制御信号 1 1 0 で変更可能である。つまり、可変容量回路 1 1 の使用時において、第 1 の電圧 V 1 が最小電圧値 V_{min} ~ 最大電圧値 V_{max} の範囲で可変であるだけでなく、バリキャップ V C 1、V C 2 . . .、V C 1 5 のそれぞれについて、第 1 の電圧 V 1 を与えるか、第 2 の電圧 V 2 を与えるかも変更可能である。詳細については後述するが、本実施形態の可変容量回路 1 1 は、その使用時においても合成容量値の調整量を変更できるので、例えば発振周波数を所望の周波数となるように正確に調整できる。ここで、可変容量回路 1 1 の使用時とは、例えば可変容量回路 1 1 を含む発振器や電子機器等の使用時である。よって、可変容量回路 1 1 の製造後においても合成容量値の調整量を変更可能である。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 4 】

[発振回路の構成]

図 2 は、本実施形態の可変容量回路 1 1 を含む発振回路 1 0 を説明する図である。なお、図 1 と同じ要素については同じ符号を付しており説明を省略する。

【 0 0 5 5 】

図 2 のように、発振回路 1 0 は水晶振動子 2 6 (本発明の発振部に対応) と接続され、水晶振動子 2 6 を発振させて発振信号を生成し、差動信号に変換して非反転出力信号 D O、反転出力信号 D O b を出力する。つまり、発振回路 1 0 は、水晶振動子 2 6 と接続されて、温度補償等をしていない水晶発振器 2 0、すなわち S P X O (Simple Packaged Crystal Oscillator) を構成している。ここで、発振回路 1 0 は 1 チップ化された半導体集積回路 (integrated circuit、IC) であってもよい。

10

【 0 0 5 6 】

ここで、可変容量回路 1 1 は、調整可能な負荷容量として発振回路 1 0 に含まれる。図 2 の例では、発振回路 1 0 は、アナログ増幅器として機能する帰還抵抗 R f を備えたインバーター 2 4 と、2 つの可変容量回路 1 1 - 1、1 1 - 2 を含む。そして、図 2 に示すように発振回路 1 0 は水晶振動子 2 6 と接続されて発振ループを形成している。また、発振回路 1 0 は出力回路 1 3 を含み、発振信号を差動信号に変換して出力する。出力回路 1 3 は、例えば P E C L (Positive Emitter Coupled Logic) や L V P E C L (Low Voltage PECL) 等であってもよいが、特に限定されるものではなく、シングルエンド出力を行ってもよい。

20

【 0 0 5 7 】

ここで、可変容量回路 1 1 - 1 と可変容量回路 1 1 - 2 の構成は同一であるが、可変容量回路 1 1 - 1 の信号線 1 0 1 - 1 は発振回路 1 0 のインバーター 2 4 の入力端子側に接続され、可変容量回路 1 1 - 2 の信号線 1 0 1 - 2 はインバーター 2 4 の出力端子側に接続されている。なお、制御信号 1 1 0、第 1 の電圧 V 1、第 2 の電圧 V 2 および信号線 1 0 2 は、可変容量回路 1 1 - 1 と可変容量回路 1 1 - 2 とで共通である。なお、可変容量回路 1 1 - 1、1 1 - 2 のどちらか一方だけが発振回路 1 0 に含まれる構成であってもよい。また、可変容量回路 1 1 - 1、可変容量回路 1 1 - 2 において、制御信号 1 1 0、第 1 の電圧 V 1、第 2 の電圧 V 2 および信号線 1 0 2 は共通である必要なく、可変容量回路ごとに異なってもよい。さらに、可変容量回路 1 1 - 1、1 1 - 2 のどちらか一方だけが発振回路 1 0 に含まれるとともに、水晶振動子 2 6 とインバーター 2 4 との間に配置される構成でもよい。

30

【 0 0 5 8 】

発振回路 1 0 は、所望の周波数の発振信号を出力する必要があるが、例えば接続される水晶振動子 2 6 の個体差により発振周波数がばらつくことがある。そのため、発振回路 1 0 は、所望の周波数が得られるように、負荷容量を調整できる機能を備えることが多い。

【 0 0 5 9 】

例えば、特許文献 2 の発明も、制御電圧 (本実施形態の可変容量回路 1 1 の第 1 の電圧 V 1 に対応) を変化させることで発振周波数を調整できる。しかし、スイッチ (特許文献 2 の図 2 (a) の S 8 ~ S 1 1) の設定によって電圧 - 発振周波数特性が大きく変化し (特許文献 2 の図 2 (b) 参照)、その特性の変化を把握することは困難であり、結果として発振周波数の調整手順が煩雑になり、調整時間もかかる。

40

【 0 0 6 0 】

しかし、本実施形態の可変容量回路 1 1 では、スイッチ S W 1、S W 2、・・・、S W 1 5 をどのように設定しても、バリキャップ V C 1、V C 2、・・・、V C 1 5 の合成容量値は必ず基準容量値を含んで変化する。そのため、発振回路 1 0 の発振信号について、電圧 - 発振周波数特性は特定周波数 (基準容量値に基づく発振周波数) を中心として傾きが変化する。電圧 - 発振周波数特性がこのような規則性を有するため、発振回路 1 0 では、容易に発振周波数を調整することができる。ここで、可変容量回路 1 1 では、スイッチ S W 1、S W 2、・・・、S W 1 5 の設定によらず、可変電圧である第 1 の電圧 V 1 を第 2 の電

50

圧 V_2 とすれば、バリキャップ VC_1 、 VC_2 ・・・、 VC_{15} の合成容量値が基準容量値となる。そのため、発振回路10でも、第1の電圧 V_1 を第2の電圧 V_2 とすれば、特定周波数が得られる。

【0061】

[可変容量回路の合成容量値]

以下に、本実施形態の可変容量回路11のバリキャップ VC_1 、 VC_2 ・・・、 VC_{15} の合成容量値の変化や、電圧-発振周波数特性について図3、図4を参照して説明する。なお、図1、図2と同じ要素については同じ符号を付しており説明を省略する。

【0062】

図3は、本実施形態の可変容量回路11の第1の電圧 V_1 と合成容量値の関係を説明する図である。横軸は第1の電圧 V_1 を表し、縦軸は合成容量値を表す。第1の電圧 V_1 は、最小電圧値 V_{min} から最大電圧値 V_{max} の範囲で可変である。ここで、図3の V_2 は、第2の電圧 V_2 と同じ電圧である。例えば、第2の電圧 V_2 は V_{min} と V_{max} のちょうど中間の電圧、すなわち $(V_{min} + V_{max}) / 2$ で表される固定電圧であってもよい。このとき、バリキャップ VC_1 、 VC_2 ・・・、 VC_{15} の合成容量値の中心値と基準容量値とを対応させることができる。また、図3の C_{st} が基準容量値である。

10

【0063】

ここで、本実施形態の可変容量回路11のバリキャップ VC_1 、 VC_2 ・・・、 VC_{15} の合成容量値は、第1の電圧 V_1 の値に応じて変化するが、その特性曲線(電圧-合成容量値特性)は図3の CKV_n ($n = 0, 3, 6, 9, 12, 15$)である。ここで、特性曲線の名称に含まれる数字の n は、15個のバリキャップ VC_1 、 VC_2 ・・・、 VC_{15} のうちいくつに第2の電圧 V_2 が与えられているかを表す。前記のように、バリキャップ VC_1 、 VC_2 ・・・、 VC_{15} のうち、制御部CTによって第2の電圧 V_2 を与えられたものは、第1の電圧 V_1 の変化に影響されずに固定の容量値をもつことになる。よって、特性曲線の名称に含まれる数字の n は、15個のバリキャップ VC_1 、 VC_2 ・・・、 VC_{15} のうち固定容量として扱われているものの数を表す。

20

【0064】

例えば、図3の CKV_{15} では、15個のバリキャップ VC_1 、 VC_2 ・・・、 VC_{15} の容量値は第1の電圧 V_1 の変化に影響されないため、合成容量値は基準容量値 C_{st} のままである。また、例えば図3の CKV_0 では、15個のバリキャップ VC_1 、 VC_2 ・・・、 VC_{15} の容量値は全て第1の電圧 V_1 の値に応じて変化する。そのため、合成容量値の変化が最も大きくなる。しかし、図3の CKV_0 についても、第1の電圧 V_1 の値を V_2 とした場合には、合成容量値は基準容量値 C_{st} となる。このことは、図3の CKV_3 、 CKV_6 、 CKV_9 、 CKV_{12} についても同様である。

30

【0065】

つまり、本実施形態の可変容量回路11の合成容量値は、スイッチ SW_1 、 SW_2 ・・・、 SW_{15} をどのように設定しても、必ず基準容量値 C_{st} を含んで変化する。そして、第1の電圧 V_1 の値を V_2 とした場合には、本実施形態の可変容量回路11の合成容量値は基準容量値 C_{st} となる。なお、図示の都合上、図3では CKV_n ($n = 1, 2, 4, 5, 7, 8, 10, 11, 13, 14$)の表示を省略しているが、これらの特性曲線についても必ず基準容量値 C_{st} を含んで変化する。

40

【0066】

図4は、本実施形態の可変容量回路11の第1の電圧 V_1 と、可変容量回路11を含む発振回路10からの発振周波数との関係を説明する図である。なお、図3と同じ要素については同じ符号を付しており説明を省略する。図4では、横軸は第1の電圧 V_1 を表し、縦軸は発振周波数を表す。図4の F_0 は、第1の電圧 V_1 を V_2 とした場合に対応する、すなわち、基準容量値 C_{st} に対応する発振周波数である。この F_0 が所望の周波数であれば、制御信号110でスイッチ SW_1 、 SW_2 ・・・、 SW_{15} の設定を変更する必要もない。しかし、例えば水晶振動子26の個体差により、図4のように F_0 と所望の周波数である F_1 とに差がある場合には調整が必要である。

50

【 0 0 6 7 】

ここで、本実施形態の可変容量回路 1 1 を含む発振回路 1 0 の発振周波数は、第 1 の電圧 V_1 の値に応じて変化するが、その特性曲線（電圧 - 発振周波数特性）は図 4 の FKV_n ($n = 0, 3, 6, 9, 12, 15$) である。ここで、特性曲線の名称に含まれる数字の n は、図 3 と同じく、15 個のバリキャップ $VC_1, VC_2 \dots, VC_{15}$ のうちいくつに第 2 の電圧 V_2 が与えられているかを表す。つまり、図 4 の FKV_n は、図 3 の数字の n が同じ CKV_n に対応する特性曲線である。なお、 FKV_n ($n = 1, 2, 4, 5, 7, 8, 10, 11, 13, 14$) については、図 3 と同様に、表示を省略している。

【 0 0 6 8 】

例えば、図 4 の FKV_{15} では、15 個のバリキャップ $VC_1, VC_2 \dots, VC_{15}$ の容量値は第 1 の電圧 V_1 の変化に影響されないため、合成容量値は基準容量値 C_{st} のままであり、発振周波数も F_0 で変化しない。また、例えば図 4 の FKV_0 では、15 個のバリキャップ $VC_1, VC_2 \dots, VC_{15}$ の容量値は全て第 1 の電圧 V_1 の値に応じて変化する。そのため、合成容量値の変化が最も大きくなり、発振周波数の変化の幅も最も大きい。

【 0 0 6 9 】

ここで、可変容量回路 1 1 の合成容量値は、スイッチ $SW_1, SW_2 \dots, SW_{15}$ をどのように設定しても、必ず基準容量値 C_{st} を含んで変化するため、図 4 の特性曲線（電圧 - 発振周波数特性）も必ず F_0 を含んで変化することになる。よって、本実施形態の可変容量回路 1 1 を含む発振回路 1 0 については、スイッチの設定によって電圧 - 発振周波数特性が大きく変化して特性の変化を把握することが困難になるという問題は生じない。つまり、図 4 の FKV_n の変化については、 n の数が大きくなるにつれて発振周波数の可変幅が小さくなるが、 n がいくつであっても可変幅の中心は必ず F_0 であるという規則性がある。そして、 F_0 を基準に調整を行うことで、複雑な手順を必要とせず、容易に所望の周波数を得ることができる。この手順について図 4 を用いて具体的に説明する。なお、以下の具体例では、説明の都合上、不図示の FKV_n ($n = 1, 2, 4, 5, 7, 8, 10, 11, 13, 14$) については考慮せずに説明する。

【 0 0 7 0 】

まず、 FKV_9 の特性曲線で第 1 の電圧 V_1 を最大電圧値 V_{max} としたときの発振周波数と F_0 との差は、 F_1 と F_0 の差よりも小さい。よって、 $FKV_9, FKV_{12}, FKV_{15}$ では所望の周波数である F_1 は得られないことがわかる。一方、 FKV_6 の特性曲線で第 1 の電圧 V_1 を最大電圧値 V_{max} としたときの発振周波数と F_0 との差は、 F_1 と F_0 の差よりも大きい。よって、特性曲線として FKV_0, FKV_3, FKV_6 を用いることで F_1 に調整することが可能である。

【 0 0 7 1 】

特性曲線が FKV_0, FKV_3, FKV_6 の場合には、それぞれ第 1 の電圧 V_1 を V_a, V_b, V_c とすることで、発振周波数を F_1 にすることはできる。しかし、調整量が異なるこれらの特性曲線の中で、最適と思われる特性曲線を選択すべきである。ここで、第 1 の電圧 V_1 に微小な変動 ΔV が生じた場合を考える。特性曲線の変化率（第 1 の電圧 V_1 の変化に対する発振周波数の変化）は FKV_0 が最も大きく、 FKV_6 が最も小さい。そのため、第 1 の電圧 V_1 の微小変動に対しても、発振周波数が F_1 から大きく乖離しない FKV_6 を特性曲線として選択することが好ましい。つまり、図 4 の例では、制御信号 1 1 0 によって、15 個のバリキャップ $VC_1, VC_2 \dots, VC_{15}$ のうち 6 つに第 2 の電圧 V_2 を与えるように制御して、第 1 の電圧 V_1 を V_c とすることで、発振周波数を F_1 に調整する。

【 0 0 7 2 】

このように、本実施形態の可変容量回路 1 1 は、複数の可変容量素子（バリキャップ $VC_1, VC_2 \dots, VC_{15}$ ）の合成容量値が基準容量値 C_{st} を含んで可変となる。そのため、可変容量回路 1 1 は、容量値の変化に応じて変化する値の容易な調整を可能にする。例えば、可変容量回路 1 1 を含む発振回路 1 0 は、その発振周波数を容易に調整で

10

20

30

40

50

きる。

【 0 0 7 3 】

また、本実施形態では、発振部の例である水晶振動子 2 6 の個体差に起因する発振回路 1 0 の発振周波数のずれを調整する方法について述べたが、上記可変容量回路 1 1 は本実施形態以外の調整にも使用することができる。

【 0 0 7 4 】

個体差が調整された水晶振動子 2 6 を用いれば、図 4 の F 0 と所望の周波数である F 1 とに差は生じないため、上記可変容量回路 1 1 を発振周波数可変幅（周波数可変感度）の調整用回路として使用することができる。

【 0 0 7 5 】

上記可変容量回路 1 1 を用いることで、発振回路 1 0 の発振周波数は、図 4 に示すように第 2 の電圧 V 2 を基準として第 1 の電圧 V 1 の変化に対する発振周波数可変幅（発振周波数可変感度）を変更することができる。したがって、前記可変容量回路 1 1 の複数の可変容量素子（バリキャップ V C 1、V C 2、・・・、V C 1 5）に与える電圧を変えることで発振周波数可変幅を変更した場合でも、第 2 の電圧 V 2 を基準として発振周波数可変幅が変わるため、発振回路 1 0 の発振周波数可変幅の調整を容易に行うことができる。

【 0 0 7 6 】

2 . 振動デバイス

[振動デバイスの構成]

本実施形態の振動デバイス 2 0 0 は、可変容量回路 1 1 を含む発振回路 1 0、発振回路 1 0 により発振する発振素子 2 3 0 を含むものである。振動デバイス 2 0 0 としては、例えば、発振素子 2 3 0 として振動子を備えた発振器や発振素子 2 3 0 として振動型のセンサー素子 2 4 0 を備えた物理量センサー等が挙げられる。

【 0 0 7 7 】

図 5 (A) に、振動デバイス 2 0 0 の一例である発振器の構成例を示す。図 5 (A) に示す振動デバイス 2 0 0 (発振器) は、発振素子 2 3 0 として水晶振動子 2 6 を用いた場合、図 2 の水晶発振器 2 0 に対応する。発振素子 2 3 0 としては、他に S A W (Surface Acoustic Wave) 共振子、M E M S (Micro Electro Mechanical Systems) 共振子、水晶音叉型振動子等を用いてもよい。

【 0 0 7 8 】

発振回路 1 0 は、発振素子 2 3 0 を一定の周波数で発振させる。そして、得られた発振信号は出力回路 1 3 によってクロック信号として出力される。ここで、クロック信号の周波数について所望の周波数とのずれがある場合には、発振回路 1 0 の負荷容量を調整する。具体的には、制御信号 1 1 0 によって可変容量回路 1 1 の設定データを変更して、所望の周波数が得られるように調整する。

【 0 0 7 9 】

また、制御信号 1 1 0 によって可変容量回路 1 1 の設定データを変更することで、発振回路 1 0 の周波数可変感度を所望の感度が得られるように調整することもできる。

【 0 0 8 0 】

本実施形態の振動デバイス 2 0 0 である発振器は、S P X O だけでなく、電圧制御型発振器 (V C X O や V C S O 等)、温度補償型発振器 (T C X O)、電圧制御温度補償型発振器 (V C - T C X O)、恒温型発振器 (O C X O 等) 等であってもよい。

【 0 0 8 1 】

図 5 (B) に、振動デバイス 2 0 0 の別の例である物理量センサーの構成例を示す。図 5 (B) に示す振動デバイス 2 0 0 (物理量センサー) は、可変容量回路 1 1 を含む発振回路 1 0 と、水晶等を材料とするセンサー素子 2 4 0 と、検出回路 2 5 0 とを含む。

【 0 0 8 2 】

発振回路 1 0 はセンサー素子 2 4 0 を一定の周波数で発振させる。このとき、発振周波数が所望の周波数と異なる場合には、制御信号 1 1 0 によって可変容量回路 1 1 の設定データを変更して、所望の周波数が得られるように調整を行う。

10

20

30

40

50

【 0 0 8 3 】

センサー素子 2 4 0 は、一定の周波数で振動しながら、加わった物理量（例えば、角速度や加速度等）の大きさに応じた検出信号を出力する。

【 0 0 8 4 】

検出回路 2 5 0 は、センサー素子 2 4 0 の検出信号の検波や直流化を行い、センサー素子 2 4 0 に加わった物理量の大きさに応じた信号レベルの物理量信号を出力する。

【 0 0 8 5 】

振動デバイス 2 0 0 である物理量センサーとしては、角速度センサー（ジャイロセンサー）や加速度センサー等が挙げられる。

【 0 0 8 6 】

振動デバイス 2 0 0 は、発振回路 1 0 が負荷容量として可変容量回路 1 1 を含むことで、発振周波数を容易に調整できる。

【 0 0 8 7 】

[振動デバイスの製造方法]

本実施形態の振動デバイス 2 0 0 は、例えば発振素子 2 3 0 の個体差による発振周波数のばらつきを調整して出荷する必要がある。つまり、振動デバイス 2 0 0 は、製造出荷時にその発振周波数を所望の周波数に調整する必要がある。さらに、振動デバイス 2 0 0 は、発振周波数可変幅（発振周波数可変感度）の調整を行って出荷する場合もある。本実施形態の振動デバイス 2 0 0 は、発振回路 1 0 が負荷容量として可変容量回路 1 1 を含むことで、以下の製造方法を採用することにより、適切な設定データを選択して、容易に発振周波数の調整または発振周波数可変幅の調整をすることができる。

【 0 0 8 8 】

図 6 は振動デバイス 2 0 0 の発振周波数の調整を行うための製造方法を示すフローチャートである。なお、この例では振動デバイス 2 0 0 は発振器（図 5（A）参照）であるものとして説明する。まず、可変容量回路 1 1 を含む発振器を組み立てる（S 1 0）。このとき、初期設定として、可変容量回路 1 1 の記憶部 M E には、スイッチ S W 1、S W 2、・・・、S W 1 5 のセレクト信号の電圧レベルに対応するデフォルトの設定データが記憶されているとする。

【 0 0 8 9 】

そして、発振器に電源が投入されて、可変容量回路 1 1 に含まれるバリキャップ V C 1、V C 2、・・・、V C 1 5 のそれぞれには、初期設定に従って第 1 の電圧 V 1、または第 2 の電圧 V 2 が与えられる（S 1 2）。そして、発振器は所望の周波数（以下、所望周波数ともいう）と設定データとの関係を示すフラグを有する。このフラグは、所望周波数を得られる場合には 1 に、所望周波数を得られない場合には 0 に設定される。発振周波数の調整を行う前には、このフラグは 0 に設定される（S 1 4）。

【 0 0 9 0 】

なお、このフラグは例えば記憶部 M E のレジスターに割り当てられ、発振器の外部からアクセス可能であってもよい。また、この例では発振器は複数の発振回路 1 0 含んでいるが（図 2 参照）、記憶部 M E の設定データは 1 つの制御信号 1 1 0 で同時に書き換えられ、フラグも同時に変化するものとする。

【 0 0 9 1 】

ステップ S 1 4 の後、振動デバイス 2 0 0 の発振周波数を調整する工程が開始される。まず、第 1 の電圧 V 1 を最小電圧値 V m i n から最大電圧値 V m a x まで変化させて発振周波数を測定する（S 2 0）。ステップ S 2 0 によって、現在の設定データでの発振周波数の調整可能範囲がわかる。なお、ステップ S 2 0 では最小電圧値 V m i n から最大電圧値 V m a x までを連続的に変化させる必要はなく、例えば、最小電圧値 V m i n、第 2 の電圧 V 2、最大電圧値 V m a x と離散的に変化させてもよい。なお、第 2 の電圧 V 2 に対応する発振周波数の F 0（図 4 参照）は設定データによらず共通である。よって、既に F 0 を測定していれば、第 1 の電圧 V 1 を最小電圧値 V m i n、最大電圧値 V m a x とした場合の発振周波数だけを測定してもよい。

10

20

30

40

50

【 0 0 9 2 】

そして、所望の周波数が測定された発振周波数の範囲内にあるか否かが判定される (S 3 0)。現在の設定データによっても所望の周波数が得られる場合には (S 3 0 Y)、フラグを 1 にする (S 3 2)。ここで、現在の設定データが、バリキャップ V C 1、V C 2・・・、V C 1 5 の全ての端子間電圧を第 2 の電圧 V 2 にするものか否かを判定する (S 3 4)。もし全ての端子間電圧が固定電圧の第 2 の電圧 V 2 であれば (S 3 4 Y)、第 2 の電圧 V 2 に対応する発振周波数の F 0 (図 4 参照) が所望周波数の F 1 (図 4 参照) に等しい理想的な場合に該当するので、これ以上の調整は不要であり、一連の処理を終了する。

【 0 0 9 3 】

しかし、現在の設定データが、バリキャップ V C 1、V C 2・・・、V C 1 5 の少なくとも 1 つの端子間電圧を第 1 の電圧 V 1 とするものであれば (S 3 4 N)、制御信号 1 1 0 によって設定データを変更する。つまり、端子間電圧が第 2 の電圧 V 2 であるバリキャップ V C 1、V C 2・・・、V C 1 5 の個数を増やす制御信号 1 1 0 を生成し (S 3 6)、ステップ S 2 0 に戻る。

【 0 0 9 4 】

ここで、ステップ S 3 0 で、現在の設定データでは所望の周波数が得られない場合には (S 3 0 N)、現在の設定データがバリキャップ V C 1、V C 2・・・、V C 1 5 の全ての端子間電圧を第 1 の電圧 V 1 とするものであるか否かを判定する (S 4 4)。もし全ての端子間電圧が第 1 の電圧 V 1 であれば (S 4 4 Y)、最も発振周波数の可変範囲を広く (図 4 の F K V 0 参照)、所望周波数が得られない場合に該当するので、フラグの値が 0 のまま異常終了する。

【 0 0 9 5 】

しかし、現在の設定データが、バリキャップ V C 1、V C 2・・・、V C 1 5 の少なくとも 1 つの端子間電圧を第 2 の電圧 V 2 とするものであれば (S 4 4 N)、制御信号 1 1 0 によって設定データを変更する。つまり、端子間電圧が第 1 の電圧 V 1 であるバリキャップ V C 1、V C 2・・・、V C 1 5 の個数を増やす制御信号 1 1 0 を生成して (S 4 6)、発振周波数の可変範囲を広げる。

【 0 0 9 6 】

そして、フラグの値が 1 であるか否かを判定する (S 4 8)。フラグの値が 0 である場合には (S 4 8 N)、ステップ S 2 0 に戻る。フラグの値が 1 である場合には (S 4 8 Y)、ステップ S 4 6 によって所望の周波数が得ることができる 1 つ前の設定データに戻っているので正常終了する。

【 0 0 9 7 】

なお、図 6 の振動デバイス 2 0 0 の製造方法を示すフローチャートで、ステップ S 2 0 が本発明の測定ステップに、ステップ S 3 0 が本発明の比較ステップに、ステップ S 3 6 およびステップ S 4 6 が本発明の調整ステップに対応する。なお、ステップ S 3 6 およびステップ S 4 6 においては、制御部 C T は、生成された制御信号を受け取って、書き換えられた設定データに従った制御をしている。

【 0 0 9 8 】

[第 1 の具体例]

ここで、図 4 の例を用いて、図 6 のフローチャートを説明する。図 4 の例では、制御信号 1 1 0 によって F K V 6 に対応する設定データを書き込み、第 1 の電圧 V 1 に V c を与えることで、所望の周波数である F 1 を得られる。図 4 の F K V 0 や F K V 3 でも F 1 を得ることはできるが、発振周波数の安定性の観点から F K V 6 を選択することが好ましい。

【 0 0 9 9 】

まず、最初の例として、デフォルトの設定データが図 4 の F K V 9 に対応するものである場合を説明する。発振器が組み立てられて (S 1 0)、初期設定に従い図 4 の F K V 9 の特性曲線が得られる (S 1 2)。フラグは所望周波数の F 1 が得られないことを示す 0

10

20

30

40

50

に設定される (S 1 4)。そして、第 1 の電圧 V_1 を最小電圧値 V_{min} から最大電圧値 V_{max} まで変化させて発振周波数を測定する (S 2 0)。このとき、所望の周波数である F_1 は、測定された発振周波数の範囲内にはない (S 3 0 N)。つまり、 F_{KV9} に従って調整可能な上限の発振周波数よりも F_1 の方が高い。

【 0 1 0 0 】

そして、現在の設定データでは、9つのバリキャップ VC_1 、 VC_2 ・・・、 VC_{15} の端子間電圧は第 2 の電圧 V_2 である (S 4 4 N)。そこで、さらに端子間電圧が第 1 の電圧 V_1 であるバリキャップ VC_1 、 VC_2 ・・・、 VC_{15} を増やして、発振周波数の可変範囲を広げるための制御信号 1 1 0 を生成する (S 4 6)。つまり、図 4 の F_{KV6} に対応する設定データを記憶部 ME に書き込む制御信号 1 1 0 を生成する。このときフラグの値は 0 であるから (S 4 8 N)、ステップ S_{20} に戻る。

10

【 0 1 0 1 】

再び、第 1 の電圧 V_1 を最小電圧値 V_{min} から最大電圧値 V_{max} まで変化させて発振周波数を測定するが (S 2 0)、設定データは図 4 の F_{KV6} に対応するものとなっており、所望の周波数である F_1 は、測定された発振周波数の範囲内にある (S 3 0 Y)。

【 0 1 0 2 】

そして、フラグが 1 に設定されて (S 3 2)、全ての端子間電圧が第 2 の電圧 V_2 であるわけではないので (S 3 4 N)、端子間電圧が第 2 の電圧 V_2 であるバリキャップ VC_1 、 VC_2 ・・・、 VC_{15} を現在よりも増やす制御信号 1 1 0 を生成する (S 3 6)。つまり、図 4 の F_{KV9} に対応する設定データを記憶部 ME に書き込む制御信号 1 1 0 を生成し、ステップ S_{20} に戻る。

20

【 0 1 0 3 】

このとき、設定データは初期設定 (デフォルトの設定データ) と同じであるため、前記のようにステップ S_{20} 、ステップ S_{30N} 、ステップ S_{44N} 、ステップ S_{46} まで同じように進む。つまり、図 4 の F_{KV6} に対応する設定データを記憶部 ME に書き込む制御信号 1 1 0 を生成する。

【 0 1 0 4 】

ここで、フラグの値は 1 になっているから (S 4 8 Y)、図 4 の F_{KV6} に対応する設定データが記憶部 ME に書き込まれた状態で正常終了する。その後、第 1 の電圧 V_1 を V_c とすることで、発振周波数を F_1 にすることができる。

30

【 0 1 0 5 】

[第 2 の具体例]

図 4 の別の例を用いて、図 6 のフローチャートを説明する。別の例では、デフォルトの設定データが図 4 の F_{KV3} に対応するものであるとする。発振器が組み立てられて (S 1 0)、初期設定に従い図 4 の F_{KV3} の特性曲線が得られる (S 1 2)。フラグは所望周波数の F_1 が得られないことを示す 0 に設定される (S 1 4)。そして、第 1 の電圧 V_1 を最小電圧値 V_{min} から最大電圧値 V_{max} まで変化させて発振周波数を測定する (S 2 0)。デフォルトの設定データは図 4 の F_{KV3} に対応するものとなっており、所望の周波数である F_1 は、測定された発振周波数の範囲内にある (S 3 0 Y)。

【 0 1 0 6 】

40

そして、フラグが 1 に設定されて (S 3 2)、全ての端子間電圧が第 2 の電圧 V_2 であるわけではないので (S 3 4 N)、端子間電圧が第 2 の電圧 V_2 であるバリキャップ VC_1 、 VC_2 ・・・、 VC_{15} を現在よりも増やす制御信号 1 1 0 を生成する (S 3 6)。つまり、図 4 の F_{KV6} に対応する設定データを記憶部 ME に書き込む制御信号 1 1 0 を生成し、ステップ S_{20} に戻る。

【 0 1 0 7 】

再び、第 1 の電圧 V_1 を最小電圧値 V_{min} から最大電圧値 V_{max} まで変化させて発振周波数を測定するが (S 2 0)、設定データは図 4 の F_{KV6} に対応するものとなっており、所望の周波数である F_1 は、測定された発振周波数の範囲内にある (S 3 0 Y)。

【 0 1 0 8 】

50

そして、フラグが1に設定(上書き)されて(S32)、全ての端子間電圧が第2の電圧V2であるわけではないので(S34N)、端子間電圧が第2の電圧V2であるバリキャップVC1、VC2・・・、VC15を現在よりも増やす制御信号110を生成する(S36)。つまり、図4のFKV9に対応する設定データを記憶部MEに書き込む制御信号110を生成し、ステップS20に戻る。

【0109】

このとき、設定データは第1の具体例の初期設定(デフォルトの設定データ)と同じであるため、前記のようにステップS20、ステップS30N、ステップS44N、ステップS46まで同じように進む。つまり、図4のFKV6に対応する設定データを記憶部MEに書き込む制御信号110を生成する。

10

【0110】

ここで、フラグの値は1になっているから(S48Y)、図4のFKV6に対応する設定データが記憶部MEに書き込まれた状態で正常終了する。その後、第1の電圧V1をVcとすることで、発振周波数をF1にすることができる。

【0111】

以上のように、図6のフローチャートに従うことで、合成容量値の調整量を適切に変化させて(つまり、適切な設定データを選択して)、発振周波数が所望の周波数となるように容易に調整できる。なお、前記の具体例では、端子間電圧が第1の電圧V1(または第2の電圧V2)であるバリキャップVC1、VC2・・・、VC15の個数を変える場合に(ステップS36、S46)、図4の図示した特性曲線にあわせて3個単位で変化させているが、それ以外を単位として(例えば、1個単位で)変化させてもよい。

20

【0112】

[第3の具体例]

振動デバイス200の発振周波数可変幅の調整を行うための製造方法を以下に示す。なお、この例では振動デバイス200は発振器(図5(A)参照)であるものとして説明する。まず、可変容量回路11を含む発振器を組み立てる。このとき、初期設定として、可変容量回路11の記憶部MEには、スイッチSW1、SW2・・・、SW15のセレクト信号の電圧レベルに対応するデフォルトの設定データが記憶されているとする。

【0113】

そして、発振器に電源が投入されて、可変容量回路11に含まれるバリキャップVC1、VC2・・・、VC15のそれぞれには、初期設定に従って第1の電圧V1、または第2の電圧V2が与えられる。そのとき、少なくとも1つのバリキャップには第1の電圧が与えられるようする。その後、振動デバイス200の発振周波数可変幅を調整する工程が開始される。

30

【0114】

まず、第1の電圧V1を最小電圧値Vminから最大電圧値Vmaxまで変化させて発振周波数を測定することで、現在の設定データでの発振周波数の最小値および最大値がわかる。なお、このとき、第1の電圧V1は最小電圧値Vminから最大電圧値Vmaxまでを連続的に変化させる必要はなく、例えば、最小電圧値Vmin、第2の電圧V2、最大電圧値Vmaxと離散的に変化させてもよい。なお、第2の電圧V2に対応する発振周波数のF0(図4参照)は設定データによらず共通である。よって、既にF0を測定していれば、第1の電圧V1を最小電圧値Vmin、最大電圧値Vmaxとした場合の発振周波数だけを測定してもよい。

40

【0115】

そして、測定された発振周波数を基に発振周波数可変幅が判定され、現在の設定データによって所望の発振周波数可変幅が得られる場合には、現在の設定データが書き込まれた記憶部MEの内容は変更しない。

【0116】

所望の発振周波数可変幅が得られなかった場合であって、現在の設定データが、バリキャップVC1、VC2・・・、VC15の少なくとも1つの端子間電圧を第2の電圧V2

50

とするものであれば、制御信号 110 によって設定データを変更する。つまり、端子間電圧が第 2 の電圧 V_2 であるバリキャップのうち、少なくとも 1 つのバリキャップの端子間電圧を第 1 の電圧 V_1 にする制御信号 110 を生成し、第 1 の電圧を最小電圧値 V_{min} から最大電圧値 V_{max} まで変化させて発振周波数の最小値および最大値を測定し、発振周波数可変幅が判定され、現在の設定データによって所望の発振周波数可変幅が得られる場合には、現在の設定データが書き込まれた記憶部 ME の内容は変更しない。

【0117】

上記工程を、発振周波数可変幅が所望の発振周波数可変幅になるまで繰り返し、所望の発振周波数可変幅となる設定値が記憶部 ME の内容が決定される。

【0118】

また、現在の設定データがバリキャップ VC1、VC2・・・、VC15 の全ての端子間電圧を第 1 の電圧 V_1 とするものであれば、所望の発振周波数可変幅が得られない場合に該当するので、発振周波数可変幅を調整する工程を終了する。

【0119】

3. 電子機器

本実施形態の電子機器 300 について、図 7 ~ 図 8 を用いて説明する。なお、図 1 ~ 図 6 と同じ要素については同じ番号、符号を付しており説明を省略する。

【0120】

図 7 は、電子機器 300 の機能ブロック図である。電子機器 300 は、可変容量回路 11 を含む発振回路 10 と発振素子 230 とを含む振動デバイス 200、CPU (Central Processing Unit) 320、操作部 330、ROM (Read Only Memory) 340、RAM (Random Access Memory) 350、通信部 360、表示部 370、音出力部 380 を含んで構成されている。なお、電子機器 300 は、図 7 の構成要素 (各部) の一部を省略又は変更してもよいし、他の構成要素を付加した構成としてもよい。

【0121】

振動デバイス 200 は、図 5 (A) の発振器に対応する。振動デバイス 200 は、可変容量回路 11 を含む発振回路 10 からのクロック信号を CPU 320 だけでなく各部に供給する (図示は省略)。

【0122】

CPU 320 は、ROM 340 等に記憶されているプログラムに従い、振動デバイス 200 が出力するクロック信号を用いて各種の計算処理や制御処理を行う。具体的には、CPU 320 は、操作部 330 からの操作信号に応じた各種の処理、外部とデータ通信を行うために通信部 360 を制御する処理、表示部 370 に各種の情報を表示させるための表示信号を送信する処理、音出力部 380 に各種の音を出力させる処理等を行う。

【0123】

操作部 330 は、操作キーやボタンスイッチ等により構成される入力装置であり、ユーザーによる操作に応じた操作信号を CPU 320 に出力する。

【0124】

ROM 340 は、CPU 320 が各種の計算処理や制御処理を行うためのプログラムやデータ等を記憶している。

【0125】

RAM 350 は、CPU 320 の作業領域として用いられ、ROM 340 から読み出されたプログラムやデータ、操作部 330 から入力されたデータ、CPU 320 が各種プログラムに従って実行した演算結果等を一時的に記憶する。

【0126】

通信部 360 は、CPU 320 と外部装置との間のデータ通信を成立させるための各種制御を行う。

【0127】

表示部 370 は、LCD (Liquid Crystal Display) 等により構成される表示装置であり、CPU 320 から入力される表示信号に基づいて各種の情報を表示する。

10

20

30

40

50

【 0 1 2 8 】

そして、音出力部 3 8 0 は、スピーカー等の音を出力する装置である。

【 0 1 2 9 】

電子機器 3 0 0 は、CPU 3 2 0 が、制御信号 1 1 0 によって、発振回路 1 0 が含む可変容量回路 1 1 の設定データを調整可能である。そのため、クロック信号の発振周波数について万一ずれが生じた場合でも容易に調整できる。

【 0 1 3 0 】

電子機器 3 0 0 としては種々が考えられる。例えば、ネットワークサーバー、パーソナルコンピューター（例えば、モバイル型パーソナルコンピューター、ラップトップ型パーソナルコンピューター、タブレット型パーソナルコンピューター）、携帯電話機などの移動体端末、デジタルスチールカメラ、インクジェット式吐出装置（例えば、インクジェットプリンター）、ルーターやスイッチなどのストレージエリアネットワーク機器、ローカルエリアネットワーク機器、テレビ、ビデオカメラ、ビデオレコーダー、カーナビゲーション装置、ページャー、電子手帳（通信機能付も含む）、電子辞書、電卓、電子ゲーム機器、ゲーム用コントローラー、ワードプロセッサ、ワークステーション、テレビ電話、防犯用テレビモニター、電子双眼鏡、POS 端末、医療機器（例えば電子体温計、血圧計、血糖計、心電図計測装置、超音波診断装置、電子内視鏡）、魚群探知機、各種測定機器、計器類（例えば、車両、航空機、船舶の計器類）、フライトシュミレーター、ヘッドマウントディスプレイ、モーショントレース、モーショントラッキング、モーションコントローラー、PDR（歩行者位置方位計測）等が挙げられる。

【 0 1 3 1 】

図 8 は、電子機器 3 0 0 の一例であるネットワークサーバーの外観の一例を示す図である。電子機器 3 0 0 であるネットワークサーバーは、表示部 3 7 0 として LCD を備えている。そして、電子機器 3 0 0 であるネットワークサーバーでは、制御信号 1 1 0 によって、発振回路 1 0 が含む可変容量回路 1 1 の設定データを調整可能である。そのため、クロック信号の発振周波数について万一ずれが生じた場合でも容易に調整できる。その結果として、正確なクロック信号を利用できるので信頼性が高まる。

【 0 1 3 2 】

4 . 移動体

本実施形態の移動体 4 0 0 について、図 9 を用いて説明する。

【 0 1 3 3 】

図 9 は、本実施形態の移動体 4 0 0 の一例を示す図（上面図）である。図 9 に示す移動体 4 0 0 は、発振部 4 1 0、エンジンシステム、ブレーキシステム、キーレスエントリーシステム等の各種の制御を行うコントローラー 4 2 0、4 3 0、4 4 0、バッテリー 4 5 0、バックアップ用バッテリー 4 6 0 を含んで構成されている。なお、本実施形態の移動体 4 0 0 は、図 9 の構成要素（各部）の一部を省略又は変更してもよいし、他の構成要素を付加した構成としてもよい。

【 0 1 3 4 】

発振部 4 1 0 は、発振回路 1 0 を含む振動デバイス 2 0 0（発振器）に対応する。発振回路 1 0 は可変容量回路 1 1 を含む。ここで、移動体 4 0 0 のシステムは、発振部 4 1 0 すなわち発振回路 1 0 を含む振動デバイス 2 0 0（発振器）からクロック信号を受け取る。そして、可変容量回路 1 1 が含まれることで、このクロック信号の発振周波数について万一ずれが生じた場合でも容易に調整できる。そのため、移動体 4 0 0 のシステムは、正確なクロック信号を利用できるので信頼性が高まる。

【 0 1 3 5 】

なお、このような移動体 4 0 0 としては様々なものが考えられ、例えば、自動車（電気自動車も含む）、ジェット機やヘリコプター等の航空機、船舶、ロケット、人工衛星等が挙げられる。

【 0 1 3 6 】

5 . その他

10

20

30

40

50

本発明は、前記の実施形態で説明した構成と実質的に同一の構成（例えば、機能、方法および結果が同一の構成、あるいは目的および効果が同一の構成）を含む。また、本発明は、実施形態で説明した構成の本質的でない部分を置き換えた構成を含む。また、本発明は、実施形態で説明した構成と同一の作用効果を奏する構成又は同一の目的を達成することができる構成を含む。また、本発明は、実施形態で説明した構成に公知技術を付加した構成を含む。

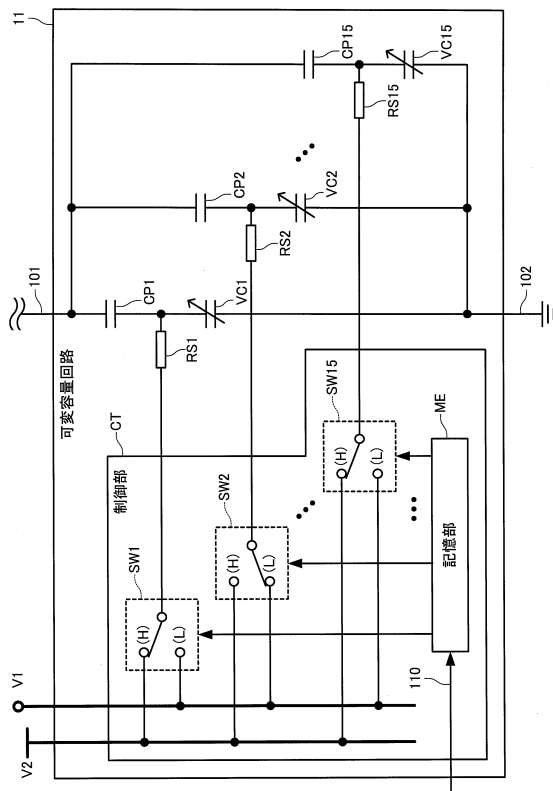
【符号の説明】

【0137】

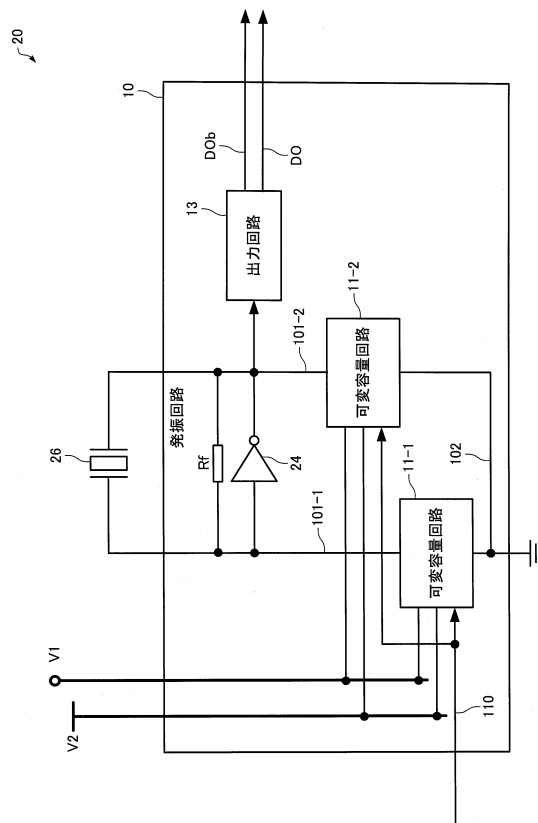
10 発振回路、11 可変容量回路、13 出力回路、20 水晶発振器、24 インバーター、26 水晶振動子、101 信号線、102 信号線、110 制御信号、200 振動デバイス、230 発振素子、240 センサー素子、250 検出回路、300 電子機器、320 CPU、330 操作部、340 ROM、350 RAM、360 通信部、370 表示部、380 音出力部、400 移動体、410 発振部、420 コントローラー、430 コントローラー、450 バッテリー、460 バックアップ用バッテリー、CP1 固定容量、CP2 固定容量、CT 制御部、Cst 基準容量値、DO 非反転出力信号、DOb 反転出力信号、ME 記憶部、RS1 抵抗、RS2 抵抗、Rf 帰還抵抗、SW1~SW15 スイッチ、V1 第1の電圧、V2 第2の電圧、VC1~VC15 バリキャップ、Vmax 最大電圧値、Vmin 最小電圧値

10

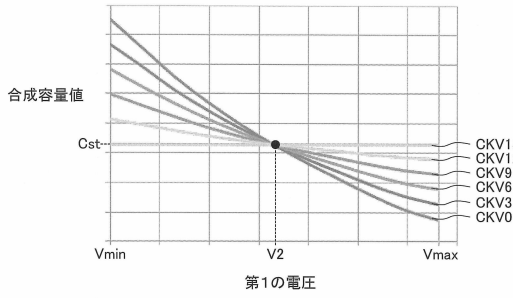
【図1】



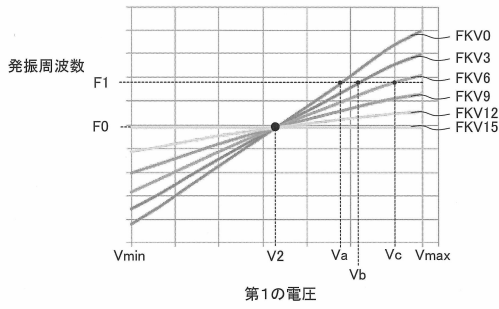
【図2】



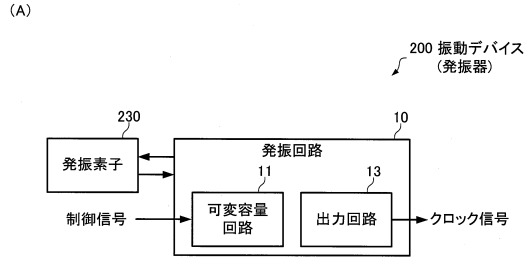
【図3】



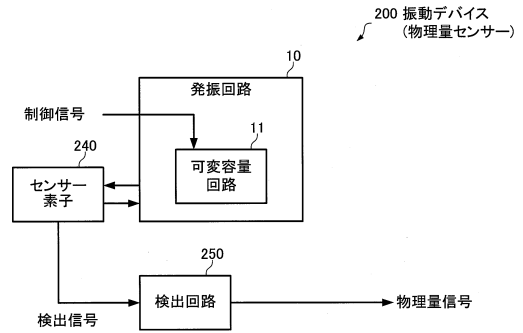
【図4】



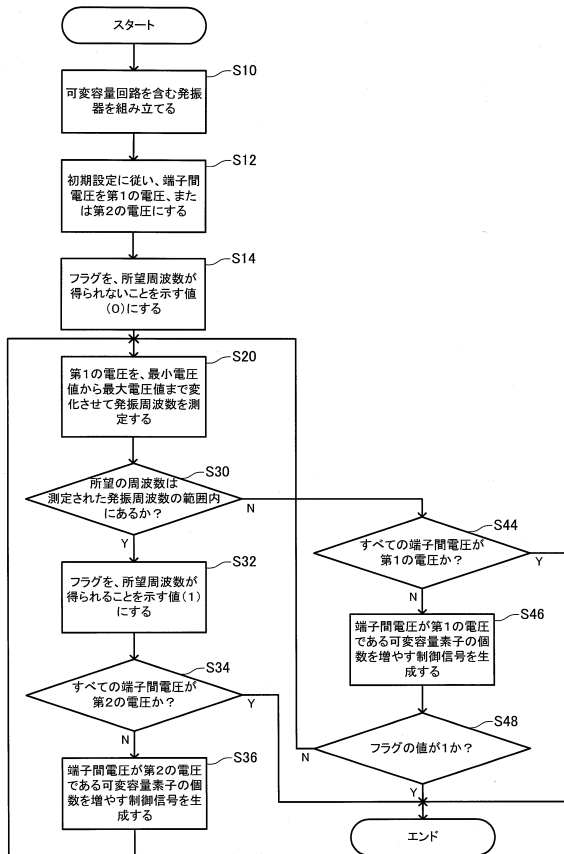
【図5】



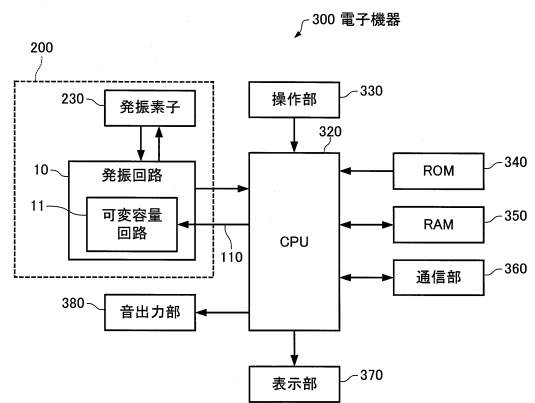
(B)



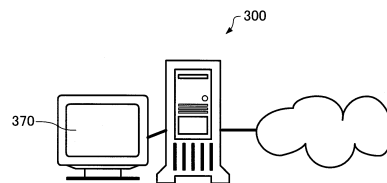
【図6】



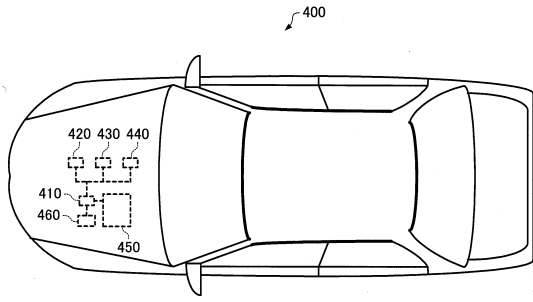
【図7】



【図8】



【図9】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2006-033803(JP,A)
特開2006-157767(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H03B5/30-5/42