

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2012年2月9日(09.02.2012)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2012/017572 A1

- (51) 国際特許分類:
H03B 5/30 (2006.01) H03L 7/08 (2006.01)
H03L 1/02 (2006.01) H03L 7/18 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2011/001243
- (22) 国際出願日: 2011年3月3日(03.03.2011)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2010-177556 2010年8月6日(06.08.2010) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): パナソニック株式会社(PANASONIC CORPORATION) [JP/JP]; 〒5718501 大阪府門真市大字門真1006番地 Osaka (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 山川 岳彦(YAMAKAWA, Takehiko). 中村 邦彦(NAKAMURA, Kunihiko). 大西 慶治(ONISHI, Keiji).
- (74) 代理人: 田中 光雄, 外(TANAKA, Mitsuo et al.); 〒5400001 大阪府大阪市中央区城見1丁目3番7号IMPビル青山特許事務所 Osaka (JP).

- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

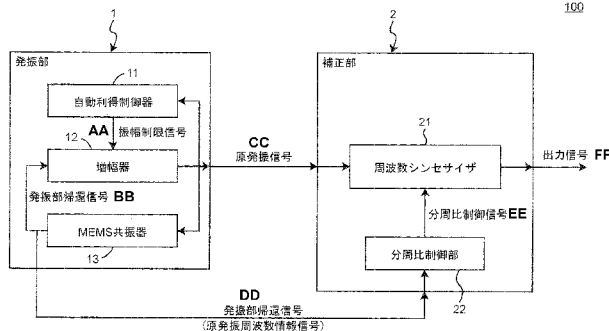
添付公開書類:

- 国際調査報告 (条約第21条(3))

(54) Title: OSCILLATOR

(54) 発明の名称: 発振器

[図1]



- 1 Oscillation unit
2 Correction unit
11 Automatic gain controller
12 Amplifier
13 MEMS resonator
21 Frequency synthesizer
22 Division ratio control unit
AA Amplitude limiting signal
BB Oscillation unit feedback signal
CC Raw oscillation signal
DD Oscillation unit feedback signal
(raw oscillation frequency information signal)
EE Division ratio control signal
FF Output signal

(57) Abstract: A MEMS oscillator is provided with: a feedback oscillation circuit that contains a MEMS resonator and an amplifier; and an automatic gain controller that receives output from the amplifier and controls the amplifier gain on the basis of said output in such a manner that the output level from the amplifier is maintained at a constant level. The MEMS oscillator comprises: an oscillation unit that outputs the output from the oscillator as a raw oscillation signal; and a correction unit that inputs the raw oscillation signal, generates a signal with a preset frequency from the raw oscillation signal, and outputs the signal with the preset frequency as an output signal. The correction unit inputs an information signal containing information concerning the gain of the MEMS resonator from the oscillation unit separately to the raw oscillation signal, corrects the frequency of the raw oscillation signal on the basis of the information signal, generates a signal with a preset frequency, and outputs the signal with the preset frequency as an output signal.

(57) 要約: MEMS共振器と増幅器とを含んだ帰還型発振回路、および、増幅器からの出力を受けて該出力のレベルに基づいて増幅器からの出力のレベルを一定に保つように増幅器のゲインを制御する自動利得制御器を備え、増幅器からの出力を原発振信号

として出力する発振部と、原発振信号を入力し原発振信号から所定の設定周波数の信号を生成し出力信号として出力する補正部と、を有し、補正部は、原発振信号とは別に、MEMS共振器のゲインに関する情報を含む情報信号を発振部から入力し、情報信号に基づいて原発振信号の周波数を補正して所定の設定周波数の信号を生成し出力信号として出力する、MEMS発振器。

WO 2012/017572 A1

明 細 書

発明の名称 : 発振器

技術分野

[0001] 技術分野は、発振器に関し、特に、MEMS共振器を用いた発振器に関する。

背景技術

[0002] 従来、電子機器等において回路の動作のタイミングをとる（同期をとる）ために発振器が用いられる。動作の基準となる電気信号を正確に出力する発振器は電子機器にとって必要不可欠のデバイスである。水晶振動子を用いた水晶発振器は、そのような発振器の一例だが、水晶発振器は、小型化が困難であること、集積化に不向きであること、試作工数が多いこと、歩留まりが良くないこと、納期に時間を要すること、などの課題を抱えている。そこで近年、水晶発振器に代わるデバイスとして、シリコン等から半導体プロセスにより作成される微小電気機械（MEMS : Micro Electro-Mechanical Systems）を用いた発振器が注目されている。

[0003] 微小電気機械発振器（以下、「MEMS発振器」と称する。）は、増幅回路とMEMS共振器からなる帰還型の発振回路を備える。MEMS共振器は、特定の周波数、すなわちMEMS振動子の共振周波数（振動子の固有振動数）、の近傍の周波数を有する電気信号についてのみ入出力電極間の電気通過特性が著しく向上する、という特性を有する。MEMS発振器においては、MEMS振動子のこのような特性を利用して増幅回路からの出力に含まれる共振周波数の電気信号を増幅回路へ帰還させることにより発振状態を作り出す。そして、MEMS発振器は、発振状態において増幅回路から出力される電気信号を発振信号として出力する。したがって、MEMS発振器から出力される発振信号の周波数は、MEMS振動子の共振周波数に基づいて定まる。

[0004] MEMS共振器の共振周波数には温度依存性があることが知られる。ME

MS共振器は、一般的にはシリコンなどから形成され、シリコンの温度特性によりその共振周波数に -20 [ppm/°C]程度の温度特性がある。例えば、動作温度が $-20 \sim +80$ °Cまで 100 °C変化すれば、共振周波数は、 2000 [ppm]程度変化する。そのため、MEMS共振器の動作温度が変化することで、発振信号の周波数も変化する。そこで、従来のMEMS発振器においては、MEMS共振器近傍に温度センサを配し、温度センサが計測する温度にもとづいてMEMS共振器の共振周波数の温度依存性に起因する発振信号の周波数変動を補償し、温度に依らずに一定の周波数の電気信号を出力する。

[0005] 図21は、従来のMEMS発振器のブロック図である。従来のMEMS発振器300は、原発振信号を出力する発振部301と、原発振信号の周波数を補正して所望の周波数を有する出力信号を出力する補正部302とを有する（特許文献1参照。）。

[0006] 発振部301においては、増幅器312とMEMS共振器313とで帰還型の発振回路が構成され、増幅器312からの出力が原発振信号として取り出されて補正部302へ入力される。

[0007] 温度変化等によりMEMS共振器313の共振周波数が変動すると、原発振信号の周波数も変動する。MEMS発振器300においては、補正部302が、原発振信号の周波数の変動を補償することにより、出力信号の周波数を一定に保つ。

[0008] 補正部302は、PLL（Phase-Locked Loop）回路321と、PLL回路321のフィードバックに設けた分周器（不図示）の分周比を制御する分周比制御部322と、温度センサ1101とを備える。

[0009] 分周比制御部322は、温度センサ1101からの入力にもとづき、PLL321が出力する出力信号の周波数が所望の値になるようにPLL321のフィードバックに設けた分周器（不図示）の分周比を調整する。より詳細には、分周比制御部322は、既知のMEMS共振器313の共振周波数の温度特性と、温度センサ1101からの入力と、予め設定される出力信号の

周波数とから、PLL 321のフィードバックに配置された分周器（不図示）の分周比を決定する。

[0010] 図22は、上述のMEMS共振器300の側部断面図である。同図に示すように、MEMS共振器313は、空気などが振動子の機械的振動へ影響を及ぼさないよう、振動子の周囲が真空中に保たれるようにパッケージングされる。このような構造を有するMEMS共振器313は、増幅部312および補正部302が形成される第1のチップ1301とは別の第2のチップ1302として形成される。温度センサ1101は、第1のチップ1301内のMEMS共振器313近傍に形成される。

[0011] そして、第1のチップ1301と第2のチップ1302とは、第2のチップ1302の外装表面から回路の表層まで延びた配線803に接続されたパッド804と、第1のチップ1301に接続されたパッド805とを金属ワイヤ806で繋ぐことで接続され、縦積みで実装される。

[0012] 上述のとおり、MEMS共振器313の振動子の周囲は真空状態にある。そのため、振動子と、その外部との間の熱伝導性は低い。しかるに、第1のチップ1301の温度センサ1101が計測する温度の時間変動と、MEMS共振器313の振動子の実際の温度の時間変動との間には差が生じる。

[0013] 図23は、温度センサ1101が計測した温度、および、MEMS共振器313内振動子の実際の温度、の時間変化の例を模式的に表した図である。温度センサ1101が計測した温度901が同図のように変動する場合には、振動子の実際の温度902は、温度901に少し遅れて温度901に追従するように変動する。そのため、温度センサ1101が計測した温度901は、期間D903や、時刻T904、T905、T906といった非常に限られた時刻においてのみ、振動子の実際の温度902と一致し、その他の時刻において、両者は一致しない。換言すれば、従来のMEMS発振器300の構成では、振動子の実際の温度に基づいてリアルタイムにMEMS共振器313の共振周波数の温度依存性を正しく補償して所望の周波数と精確に一致した周波数を有する出力信号を常時出力することは困難である。

先行技術文献

特許文献

[0014] 特許文献1：特表2007-518351号公報

特許文献2：特開2008-311884号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0015] 上記従来技術における問題点を鑑み、MEMS共振器の温度が変動する場合においても安定して動作するMEMS発振器を提供する。

課題を解決するための手段

[0016] その一態様は、MEMS共振器と増幅器とを含んだ帰還型発振回路、および、増幅器からの出力を受けて該出力のレベルに基づいて増幅器からの出力のレベルを一定に保つように増幅器のゲインを制御する自動利得制御器を備え、増幅器からの出力を原発振信号として出力する発振部と、原発振信号を入力し原発振信号から所定の設定周波数の信号を生成し出力信号として出力する補正部と、を有し、補正部は、原発振信号とは別に、MEMS共振器の共振周波数におけるゲインと対応関係を有する信号を含む情報信号を発振部から入力し、情報信号に基づいて原発振信号の周波数を補正して所定の設定周波数の信号を生成し出力信号として出力する、MEMS発振器である。

[0017] その一態様においては、補正部は、分周比を可變的に制御可能なプログラマブル分周器を備えた周波数シンセサイザと、プログラマブル分周器の分周比を制御する分周比制御部と、を備え、分周比制御部は、情報信号に基づいてプログラマブル分周器の分周比を制御し、周波数シンセサイザは、原発振信号を入力し原発振信号から所定の設定周波数の信号を生成し出力信号として出力してもよい。

[0018] その一態様においては、情報信号は、MEMS共振器から増幅器への帰還信号でもよい。

[0019] その一態様においては、情報信号は、自動利得制御器が出力する増幅器の

ゲインを制御するための制御信号でもよい。

[0020] その一態様においては、自動利得制御器は、原発振信号を入力して原発振信号のピーク電圧を検出するピークホールド回路と、検出にかかるピーク電圧と所定の基準電圧とを比較し、該比較の結果を示す信号を出力するコンパレータと、を備え、自動利得制御器は、制御信号として比較の結果を示す信号を出力して増幅器のゲインを制御してもよい。

[0021] その一態様においては、補正部は、さらに、原発振信号を入力し該原発振信号を分周して周波数シンセサイザへ出力する第2の分周器を備えてもよい。

[0022] その一態様においては、第2の分周器は、第2のプログラマブル分周器でもよい。その場合、分周比制御部は、情報信号に基づいて第2のプログラマブル分周器の分周比を制御してもよい。

[0023] その一態様においては、補正部は、さらに、原発振信号を入力し該原発振信号を逡倍して周波数シンセサイザへ出力する逡倍器を備えてもよい。

[0024] その一態様においては、逡倍器は、プログラマブル逡倍器でもよい。その場合、分周比制御部は、情報信号に基づいてプログラマブル逡倍器の逡倍比を制御してもよい。

発明の効果

[0025] 本実施の形態のMEMS発振器は、MEMS共振器の温度が変動する場合においても、所望の周波数を有する電気信号を安定的に出力することができる。

図面の簡単な説明

[0026] [図1]実施の形態1のMEMS発振器のブロック図

[図2]MEMS共振器の出力の周波数特性の図

[図3]自動利得制御器のブロック図

[図4]周波数シンセサイザのブロック図

[図5]MEMS共振器の共振周波数の温度特性の図

[図6]MEMS共振器の出力の温度特性の図

- [図7] MEMS 共振器の出力の周波数特性の図
- [図8] MEMS 共振器の出力電圧の温度特性の図
- [図9] 分周比制御部のブロック図
- [図10] 分周比制御部の別例のブロック図
- [図11] MEMS 共振器の出力の温度特性の図
- [図12] MEMS 共振器の出力の周波数特性の図
- [図13] MEMS 共振器の出力電圧の温度特性の図
- [図14] 実施の形態 2 の MEMS 発振器のブロック図
- [図15] MEMS 共振器の出力と増幅器の出力の関係を示す図
- [図16] MEMS 共振器の出力と増幅器の出力の関係を示す図
- [図17] 補正部の変形例のブロック図
- [図18] 補正部の変形例のブロック図
- [図19] 実施の形態 1 の MEMS 発振器の変形例のブロック図
- [図20] 実施の形態 2 の MEMS 発振器の変形例のブロック図
- [図21] 従来の MEMS 発振器のブロック図
- [図22] 従来の MEMS 発振器の側部断面図
- [図23] 温度センサが計測する温度変動と振動子の実際の温度変動との関係を示す図

発明を実施するための形態

- [0027] 以下、実施の形態について、詳細に説明する。
- [0028] 本実施の形態の MEMS 発振器は、MEMS 共振器と、増幅器と、増幅器からの出力を一定に保つように増幅器のゲインを制御する自動利得制御器と、で構成された帰還型発振回路を備えた発振部、および、発振部から出力される原発振信号から所望の周波数の出力信号を生成して出力する補正部、を有する。
- [0029] 本実施の形態の MEMS 発振器の補正部は、原発振信号を入力し出力信号を出力する PLL 周波数シンセサイザと、PLL 周波数シンセサイザのフィードバックに配置されたプログラマブル分周器の分周比を、MEMS 共振器

のゲインに基づいて制御する分周比制御部と、を備える。後述するように、MEMS共振器のゲインの大きさは、共振周波数と同様の温度依存性を有し温度が変化することで単調に変化するため、当該ゲインの大きさからそのときのMEMS共振器の共振周波数を知ることが可能である。そこで、補正部では、MEMS共振器のゲインの大きさに基づきプログラマブル分周器の分周比を制御し、周波数シンセサイザからの出力信号の周波数を所望の周波数に保つ。

[0030] なお、分周比制御部は、MEMS共振器から増幅器へ帰還される信号を受けて、当該信号のレベルからMEMS共振器のゲインを取得する。または、分周比制御部は、自動利得制御器から出力される、増幅器からの出力のレベルを一定に保つように増幅器のゲインを制御するための制御信号（振幅制限信号）を受けて、当該振幅制御信号からMEMS共振器のゲインを取得する。

[0031] このような構成により、本実施の形態のMEMS発振器は、MEMS共振器の共振周波数の温度依存性に起因した原発振信号の周波数の変動をよく補正し、一定の所望の周波数の出力信号を出力することが可能である。

[0032] （実施の形態１）

１．MEMS発振器の構成

図１は、実施の形態１にかかるMEMS発振器のブロック図である。MEMS発振器１００は、原発振信号を出力する発振部１と、原発振信号を受けて所望の周波数を有する出力信号を出力する補正部２と、を有する。

[0033] 発振部１は、自動利得制御器１１と、自動利得制御器１１の制御下で入力信号（発振部帰還信号）を一定のレベル（電圧）にまで増幅して出力する増幅器１２と、増幅器１２からの出力を受け発振部帰還信号を増幅器１２へ返すMEMS共振器１３と、を含む。

[0034] 自動利得制御器１１は、増幅器１２からの出力を入力し、増幅器１２の出力のレベルを一定に保つように増幅器１２のゲインを制御する。ここで、当該制御に用いられる制御信号を振幅制限信号と称する。増幅器１２は、ME

MS共振器13からの帰還信号を受け、自動利得制御器11から入力した振幅制限信号によるゲインコントロールの下で帰還信号を増幅し出力する。増幅器12からの出力（原発振信号）は、自動利得制御器11、補正部2、MEMS共振器13へ送られる。MEMS共振器13は、増幅器12からの出力を受け、帰還信号を出力する。なお、後述する補正部2の周波数シンセサイザ21の帰還回路を流れる帰還信号と混同されるおそれがある場合には、MEMS共振器13から増幅器12への帰還信号をとくに発振部帰還信号と称することとする。

[0035] 2. MEMS発振器の動作

2. 1 発振部の動作

図2は、MEMS共振器13の入出力電極間の電気通過特性（単体通過特性）を示すグラフである。同図において横軸は周波数を示し、縦軸は減衰量（MEMS共振器ゲイン）を示す。MEMS共振器13は、適切なレベルの入力を受けた場合には、共振周波数 f について左右対称な通過特性401を示す。しかし、MEMS共振器13は、過大なレベルの入力を受けた場合には、通過特性402のように歪んだ通過特性を示す。そのような過大なレベルの入力をMEMS共振器13が受けると、MEMS共振器13の共振周波数は変化するとともに、不安定化する。併せて、Q値も劣化し、場合によっては、MEMS共振器13を構成する振動子がギャップを隔てて隣接する励振電極と接触し、MEMS共振器13は破壊される。そこで、MEMS共振器13に対し過大なレベルの信号が入力されないように、自動利得制御器11は、増幅器12の出力がMEMS共振器13にとって適切なレベルになるように増幅器12のゲインを制御し、増幅器12の出力を所定のレベルに保つ。なお、MEMS共振器13への入力として適切なレベルは、MEMS共振器13の共振モードや、MEMS共振器13を構成する振動子と励振電極とのギャップ間隔や、振動子および／または励振電極に印加されるバイアス電圧などから決定され、一般的にはおおよそ数十から数百ミリボルト程度である。

[0036] 図3は、自動利得制御器11の詳細を示すブロック図である。自動利得制御器（AGC：Automatic Gain Controller）11は、増幅器12からの出力、すなわち原発振信号、を入力し、ピークホールド回路111で原発振信号の最大レベル（ピーク電圧）を検出する。また、自動利得制御器11には、基準電圧源（図示せず）から基準電圧入力端子112を介して基準電圧が入力される。ピーク電圧および基準電圧は、コンパレータ113へ入力され、コンパレータ113は、両電圧を比較し、ピーク電圧が基準電圧よりも低い場合には、振幅制限信号「Low」を出力し、逆にピーク電圧が基準電圧よりも高い場合には、振幅制限信号「High」を出力する。

[0037] 自動利得制御器11が出力する振幅制限信号は、例えば、増幅器12の出力端子と並列に配置されたMOS（Metal Oxide Semiconductor）トランジスタのゲートに入力される。該ゲートに振幅制限信号「Low」が入力されると並列抵抗が小さくなり、増幅器12のゲインはアップし、逆に該ゲートに振幅制限信号「High」が入力されると並列抵抗が大きくなり、増幅器12のゲインはダウンする。このようにして、自動利得制御器11は、基準電圧に基づき、増幅器12からの出力のレベルをリアルタイムに制御する。そうすることで、増幅器12からの出力（MEMS共振器13への入力）のレベルは、常時適切なレベルに保たれ、もって、MEMS共振器13の正常動作が確保される。

[0038] なお、自動利得制御器11の構成例として、ピークホールド回路111およびコンパレータ113から構成される回路を挙げたが、これは一例であり、自動利得制御器11の構成は、これに限られるものではない。増幅器12からの出力のレベル（電圧）が一定になるように増幅器12のゲインを制御することができる回路であれば、自動利得制御器11として利用することが可能である。例えば、振幅制限信号として具体的に増幅器12のゲインの値を指定して増幅器12を制御するような回路であってもよい。

[0039] 2. 2補正部の動作（原発振信号の周波数補正）

図4は、補正部2の周波数シンセサイザ21の詳細を示すブロック図であ

る。周波数シンセサイザ 21 は、PLL 周波数シンセサイザである。周波数シンセサイザ 21 では、先ずその位相比較器 211 が、発振部 1 から入力される原発振信号と、VCO (Voltage Controlled Oscillator) 213 からプログラマブル分周器 214 を介して帰還される帰還信号 (PLL 帰還信号) の位相差を検出し、検出した位相差を誤差信号としてループフィルタ 212 へ出力する。ループフィルタ 212 は、誤差信号に含まれる不要な短周期 (高周波数) の変動成分を除去し、補正信号として VCO 213 へ出力する。VCO 213 は、入力される補正信号のレベル (電圧) にしたがって出力信号の周波数を制御し、補正信号のレベルに対応した周波数の出力信号を出力する。

[0040] 2. 2. 1. プログラマブル分周器の分周比の制御

プログラマブル分周器 214 は、外部からの制御にしたがいその分周比を可変的に設定可能な分周器である。補正部 2 においては、プログラマブル分周器 214 の分周比は、分周比制御部 22 が出力する分周被制御信号にしたがって設定される。以下、分周比制御部 22 が、MEMS 共振器 13 の発振部帰還信号を受けて、当該発振部帰還信号のレベル (電圧) の大きさから MEMS 共振器 13 のゲインを取得し、MEMS 共振器 13 のゲインに基づいてプログラマブル分周器 214 の分周比を制御する動作について説明する。

[0041] 図 5 は、MEMS 共振器 13 の共振周波数の温度特性を示すグラフである。ここでの共振周波数は、図 2 における通過特性 401 におけるピークの周波数 f と対応する。同図に示されるように、MEMS 共振器 13 の共振周波数は、 -20 [ppm/°C] 程度の温度依存性を有する。図から明らかなが、MEMS 共振器 13 の共振周波数は、温度上昇とともに単調に減少する。なお、本実施の形態および下記実施の形態 2 の MEMS 発振器は、共振器の共振周波数が温度上昇とともに単調に増大する場合であっても、適用可能である。

[0042] 図 6 は、MEMS 共振器 13 の減衰量 (MEMS 共振器ゲイン) の温度特性を示すグラフである。同図に示されるように、MEMS 共振器 13 の減衰

量もまた、その温度が上昇するにしたがって単調に減少する温度特性 404 を有する。

[0043] 図5および図6から、MEMS共振器13の共振周波数とゲインとの対応関係が導出される。図7は、MEMS共振器13の共振周波数とゲインの対応関係を示すグラフである。同図において、通過特性401Hは、温度 $T = T_H$ におけるMEMS共振器13の通過特性である。例えば、MEMS共振器13が共振周波数 f_{TH} を示すなら、そのときのMEMS共振器13のゲインは g_{TH} であることがわかる。通過特性401MおよびLも同様であり、ここで温度 T_H 、 T_M 、 T_L は、 $T_H > T_M > T_L$ の関係にある。各温度における共振周波数（ f_{TH} 、 f_{TM} 、 f_{TL} ）ならびに図示しない他の温度における共振周波数のゲインを繋ぐことにより曲線403が得られる。曲線403は、MEMS共振器13の共振周波数とゲインとの対応関係を示す曲線である。

[0044] ところで、発振部1においては、その自動利得制御器11の作用により、増幅器12からの出力のレベルは常時一定に保たれる。よって、MEMS共振器13からの帰還信号のレベルは、MEMS共振器13のゲインと対応する。そのため、MEMS共振器13からの帰還信号のレベルは、図8に示す曲線601のような温度特性を示す。例えば、MEMS共振器13は、その動作温度が T_L であれば、レベル（電圧） V_{TL} を有する周波数 f_{TL} の周波数成分を含んだ帰還信号を出力し、当該周波数成分のレベルは帰還信号のピーク電圧と実質一致する。他の温度においても同様である。

[0045] 図1に示すように、分周比制御部22は、MEMS共振器13からの発振部帰還信号（原発振周波数情報信号）を入力し、当該発振部帰還信号の最大レベル（ピーク電圧）を検出し、当該ピーク電圧と、図7に示した共振周波数－ゲインの対応関係とに基づき、その時点におけるMEMS共振器13の共振周波数を導出する。つまり、発振部帰還信号（原発振周波数情報信号）はMEMS共振器13のゲインに関する情報を含んだ情報信号である。分周比制御部22は、当該情報信号から共振周波数を導出する。そして、導出し

た共振周波数と、予め設定される出力信号の周波数とから、プログラマブル分周器 2 1 4 に設定されるべき分周比を決定し、プログラマブル分周器 2 1 4 の分周比を当該決定した分周比にするための分周比制御信号をプログラマブル分周器 2 1 4 へ出力する。

[0046] 図 9 は、分周比制御部 2 2 の例を示すブロック図である。信号生成部 2 2 1 は、原発振周波数情報信号（発振部帰還信号）を入力し、そのピーク電圧を検出し、ピーク電圧とプログラマブル分周器 2 1 4 の分周比との対応を示すテーブルが格納されたテーブルメモリ 2 2 2 を参照し、プログラマブル分周器 2 1 4 に設定されるべき分周比を決定する。なお、分周比制御部 2 2 は、原発振周波数情報信号のピーク電圧を検出するためにピークホールド回路を備えてよい。

[0047] 図 1 0 は、分周比制御部 2 2 の別例を示すブロック図である。信号生成部 2 2 1 は、原発振周波数情報信号（発振部帰還信号）を入力し、そのピーク電圧を検出する。そして、分周比演算部 2 2 4 が、当該検出したピーク電圧を、図 7 に例示した MEMS 共振器 1 3 の共振周波数－ゲイン対応関係を近似した関数に入力し、そのときの MEMS 共振器 1 3 の共振周波数を算出し、予め設定された出力信号の周波数と算出した MEMS 共振器 1 3 の共振周波数とからプログラマブル分周器 2 1 4 に設定されるべき分周比を算出する。そして、信号生成部 2 2 3 は、算出した分周比を分周比制御信号としてプログラマブル分周器 2 1 4 へ出力する。

[0048] 3. 実施の形態 1 まとめ

このようにして、本実施の形態の MEMS 発振器 1 0 0 は、温度変動等に起因して変動する原発振信号の周波数を、MEMS 共振器 1 3 のゲインと共振周波数との対応関係に基づいて補正し、予め設定された周波数を有する出力信号を出力することができる。本実施の形態の MEMS 発振器 1 0 0 は、MEMS 共振器 1 3 自身が発する信号を用いてリアルタイムに MEMS 共振器 1 3 のゲインを取得し、原発振信号の周波数の補正を行うことが可能になっている。つまり、MEMS 共振器 1 3 のゲイン（発振部帰還信号のレベル

）は、MEMS共振器13の動作温度に関する情報として用いることができる。そこで、MEMS発振器100においては、MEMS共振器13のゲインから動作温度を求め、共振周波数の温度特性からそのときのMEMS共振器13の共振周波数を求め、周波数シンセサイザ21の動作を制御し、所望の周波数を有する出力信号を出力する。

[0049] そのため、MEMS共振器100は、従来の構成のように、温度センサを要さない。よって、温度センサの計測温度と振動子の実際の動作温度とのずれに起因して出力信号の周波数の設定値からのずれは、MEMS発振器100においては発生しない。しかるに、MEMS発振器100は、高品質の出力信号を常時安定して出力することが可能である。

[0050] なお、図11に示すようなゲインの温度特性504を示すMEMS共振器13であっても、本実施の形態のMEMS発振器100を構成することが可能である。この場合、MEMS共振器13の共振周波数－ゲインの対応関係は、図12に示す曲線503のように、温度上昇に伴って単調に減少する曲線となる。よって、MEMS共振器13からの発振部帰還信号のレベルは、温度の変化に伴い図13に示す曲線701のように変化する。

[0051] なお、本実施の形態においては、周波数シンセサイザ21として、アナログPLL回路を用いたPLL周波数シンセサイザの構成を示したが、周波数シンセサイザ21は、アナログPLL回路に限らず、デジタルPLL回路、または、オールデジタルPLL回路を用いて構成してもよい。また、周波数シンセサイザ21は、PLL回路以外の回路構成でもよい。

[0052] また、本実施の形態のPLL周波数シンセサイザ21のプログラマブル分周器214は、整数型の分周器、または、分数型の分周器のいずれを用いて構成してもよい。

[0053] （実施の形態2）

図14は、実施の形態2にかかるMEMS発振器のブロック図である。実施の形態1のMEMS発振器100と同等の構成要素については同様の参照数字を付し、その説明を適宜省略する。

[0054] 実施の形態 2 にかかる MEMS 発振器 200 は、原発振周波数情報信号として、自動利得制御器 11 が出力する振幅制限信号を利用する。上述のように振幅制限信号は、増幅器 12 を制御してそのゲインを一定に保つことに用いられる信号である。

[0055] 図 15 は、MEMS 共振器 13 のゲイン 404 と増幅器 12 のゲイン 405 の関係を、MEMS 共振器 13 の動作温度に沿って示すグラフである。このように、増幅器 12 のゲイン 405 と、MEMS 共振器 13 のゲイン 404 とは、一対一の対応関係を有する。つまり、振幅制限信号（原発振周波数情報信号）は MEMS 共振器 13 の共振周波数におけるゲインと対応関係を有する信号を含んだ情報信号である。そのため、増幅器 12 のゲインを制御するための信号である振幅制限信号をモニタリングすることにより、MEMS 共振器 13 のゲインを取得することが可能である。分周比制御部 22 は、振幅制限信号を原発振周波数情報信号として入力し、当該信号に基づいて MEMS 共振器 13 のゲインを検出し、図 7 に示したような MEMS 共振器 13 の共振周波数－ゲインの対応関係からそのときの MEMS 共振器 13 の共振周波数を導出する。そして、分周比制御部 22 は、実施の形態 1 と同様にして、プログラマブル分周器 214 に設定されるべき分周比を決定する。

[0056] なお、図 16 に示すようなゲインの温度特性 504 を示す MEMS 共振器 13 であっても、本実施の形態の MEMS 発振器 200 を構成することが可能である。この場合、MEMS 共振器 13 のゲインと増幅器 12 のゲインの対応関係は、同図に示す曲線 505 のように、温度上昇に伴って単調に減少する曲線となる。

[0057] （補正部の第 1 変形例）

図 17 は、MEMS 発振器 100 および 200 に適用可能な、補正部 2 の第 1 の変形例を示す図である。本変形例においては、PLL 周波数シンセサイザ 21 の前段に、原発振信号の周波数を $1/R$ に分周する分周器 31 が配置される。このように、分周器 31 を用いて原発振信号の周波数を分周してから PLL 周波数シンセサイザ 21 へ入力することにより、原発振信号の周

波数と出力信号の周波数とが同程度のオーダである場合でも、原発振信号の周波数の補正を精緻に行うことが可能になる。また、同図において破線で示すように、分周器 31 を第 2 のプログラマブル分周器で構成し、分周比制御部 22 が分周器 31 の分周比を制御するように構成してもよい。この場合、補正部 2 は、分周比制御部 22 の制御の下、原発振信号の周波数を任意の実数倍の周波数に精緻に補正することが可能である。

[0058] (補正部の第 2 変形例)

図 18 は、MEMS 発振器 100 および 200 に適用可能な、補正部 2 の第 2 の変形例を示す図である。本変形例においては、PLL 周波数シンセサイザ 21 の前段に、原発振信号の周波数を R 倍する通倍器 32 が配置される。このように、通倍器 32 を用いて原発振信号の周波数を通倍してから PLL 周波数シンセサイザ 21 へ入力することにより、原発振信号の周波数の周波数に較べて出力信号の周波数が十分小さいような場合でも、原発振信号の周波数の補正を精緻に行うことが可能になる。また、変形例 1 と同様、破線で示すように、通倍器 32 をプログラマブル通倍器で構成し、分周比制御部 22 が通倍器 32 の通倍比を制御するように構成してもよい。この場合も、補正部 2 は、分周比制御部 22 の制御の下、原発振信号の周波数を任意の実数倍の周波数に精緻に補正することが可能である。

[0059] なお、補正部 2 は、PLL 周波数シンセサイザ 21 の後段 (VCO 213 の出力が入力される側) に、さらに、分周器あるいは通倍器を備えてもよい。

[0060] (実施の形態 1 の MEMS 発振器の変形例)

図 19 は、実施の形態 1 による MEMS 発振器 100 の変形例を示す図である。MEMS 発振器変形例 1100 は、MEMS 発振器 100 の構成に加え、温度センサ 1101 を有する。温度センサ 1101 の出力は、分周比制御部 22 へ入力される。

[0061] 図 8 に示すように、所定の温度 T 以下の温度領域 602 においては、温度変化による MEMS 共振器 13 の出力レベルの変化は、他の温度領域に較べ

て小さい。そこで、所定の温度 T 以下においては、分周比制御部22は、温度センサ1101の出力を用いて分周比制御信号を生成してもよい。そうすることで、MEMS発振器1100は、MEMS共振器13の出力のレベルの温度変化による変動が比較的小さい温度領域においても、高品質な出力信号を安定的に出力することが可能である。

[0062] なお、MEMS共振器13の出力レベルが温度上昇に伴って単調増加する場合（図13の特性701のような場合）、所定の温度 T' 以上の温度領域702においては、温度変化によるMEMS共振器13の出力レベルの変化は、他の温度領域に較べて小さい。そこで、所定の温度 T' 以上においては、分周比制御部22は、温度センサ1101の出力を用いて分周比制御信号を生成してもよい。

[0063] （実施の形態2のMEMS発振器の変形例）

図20は、実施の形態2によるMEMS発振器200の変形例を示す図である。MEMS発振器変形例1200は、MEMS発振器200の構成に加え、温度センサ1101を有する。温度センサ1101の出力は、分周比制御部22へ入力される。

[0064] 図15に示すように、所定の温度 T'' 以下の温度領域406においては、温度変化による増幅器12のゲインの変化は、他の温度領域に較べて小さい。そこで、所定の温度 T'' 以下においては、分周比制御部22は、温度センサ1101の出力を用いて分周比制御信号を生成してもよい。そうすることで、MEMS発振器1100は、増幅器12のゲインの温度変化による変動が比較的小さい温度領域においても、高品質な出力信号を安定的に出力することが可能である。

[0065] なお、増幅器12のゲインが温度上昇に伴って単調減少する場合（図16の特性505のような場合）、所定の温度 T''' 以上の温度領域506においては、温度変化による増幅器12のゲインの変化は、他の温度領域に較べて小さい。そこで、所定の温度 T''' 以上においては、分周比制御部22は、温度センサ1101の出力を用いて分周比制御信号を生成してもよい。

。

[0066] (まとめ)

本実施の形態のMEMS発振器は、MEMS共振器と、増幅器と、増幅器からの出力を一定に保つように増幅器のゲインを制御する自動利得制御器と、で構成された帰還型発振回路を備えた発振部、および、発振部から出力される原発振信号から所望の周波数の出力信号を生成して出力する補正部、を有する。

[0067] 補正部は、周波数シンセサイザと、周波数シンセサイザのフィードバックに配置されたプログラマブル分周器の分周比を、MEMS共振器のゲインに基づいて制御する分周比制御部と、を備える。分周比制御部は、MEMS共振器のゲインの大きさに基づき、プログラマブル分周器の分周比を決定する。MEMS共振器のゲインの大きさは、その共振周波数と同様、温度依存性を有し、温度が変化することで単調に変化する。よって、MEMS共振器の共振周波数とゲインの大きさは、互いに一方から他方を一意に求めることができる、一対一の対応関係にある。そのため、MEMS共振器のゲインの大きさから、そのときの共振周波数を知ることができる。分周比制御部は、当該対応関係に基づいてプログラマブル分周器の分周比を、MEMS共振器のゲインの時間変動を受けてリアルタイムに制御する。そうすることで、原発振信号の周波数の時間変動はリアルタイムに正確に補正され、MEMS発振器からは、常時、所望の周波数と一致した周波数を有する出力信号が出力される。

[0068] なお、分周比制御部は、MEMS共振器から増幅器へ帰還される信号を受けて、当該信号のレベルからMEMS共振器のゲインを取得することが可能である。なぜなら、発振部においては、自動利得制御器の作用により増幅器からの出力は常時一定に保たれるため、MEMS共振器の帰還信号のレベル（電圧）は、MEMS共振器のゲインとよく対応するからである。

[0069] また、分周比制御部は、自動利得制御器から出力される、増幅器からの出力のレベルを一定に保つように増幅器のゲインを制御するための制御信号（

振幅制限信号)をモニタリングすることで、MEMS共振器のゲインを取得することが可能である。なぜなら、発振部においては、自動利得制御器は、増幅器からの出力を一定レベルに保つように振幅制御信号を出力している。よって、振幅制御信号から、MEMS共振器から増幅器へ帰還される信号のレベル(すなわち、MEMS共振器のゲイン)を知ることができるからである。

[0070] 上記実施の形態1および2のMEMS発振器は、MEMS共振器の共振周波数の温度依存性に起因した、原発振信号の周波数の変動をよく補正し、所望の周波数の出力信号を常時安定して出力することが可能である。

産業上の利用可能性

[0071] 本実施の形態のMEMS発振器が出力する出力信号は、常時安定した周波数を有するため、例えばクロックジェネレータ等の用途に有用である。

符号の説明

[0072]

1	発振部
2	補正部
1 1	自動利得制御器
1 2	増幅器
1 3	MEMS共振器
2 1	周波数シンセサイザ
2 2	分周比制御部
1 1 1	ピークホールド回路
1 1 2	基準電圧入力端子
1 1 3	コンパレータ
2 1 1	位相比較器
2 1 2	ループフィルタ
2 1 3	電圧制御発振器
2 1 4	プログラマブル分周器
2 2 1	信号生成部

2 2 2 テーブルメモリ

2 2 3 信号生成部

2 2 4 分周比演算部

請求の範囲

- [請求項1] MEMS共振器と増幅器とを含んだ帰還型発振回路、および、前記増幅器からの出力を受けて該出力のレベルに基づいて前記増幅器からの出力のレベルを一定に保つように前記増幅器のゲインを制御する自動利得制御器を備え、前記増幅器からの出力を原発振信号として出力する発振部と、
- 前記原発振信号を入力し前記原発振信号から所定の設定周波数の信号を生成し出力信号として出力する補正部と、を有し、
- 前記補正部は、前記原発振信号とは別に、前記MEMS共振器の共振周波数におけるゲインと対応関係を有する信号を含む情報信号を前記発振部から入力し、前記情報信号に基づいて前記原発振信号の周波数を補正して前記所定の設定周波数の信号を生成し出力信号として出力する、MEMS発振器。
- [請求項2] 前記補正部は、分周比を可変的に制御可能なプログラマブル分周器を備えた周波数シンセサイザと、前記プログラマブル分周器の分周比を制御する分周比制御部と、を備え、
- 前記分周比制御部は、前記情報信号に基づいて前記プログラマブル分周器の分周比を制御し、前記周波数シンセサイザは、前記原発振信号を入力し前記原発振信号から前記所定の設定周波数の信号を生成し出力信号として出力する、請求項1に記載のMEMS発振器。
- [請求項3] 前記情報信号は、前記MEMS共振器から前記増幅器への帰還信号である、請求項1に記載のMEMS発振器。
- [請求項4] 前記情報信号は、前記自動利得制御器が出力する前記増幅器のゲインを制御するための制御信号である、請求項1に記載のMEMS発振器。
- [請求項5] 前記自動利得制御器は、前記原発振信号を入力して前記原発振信号のピーク電圧を検出するピークホールド回路と、前記検出にかかるピーク電圧と所定の基準電圧とを比較し、該比較の結果を示す信号を出

力するコンパレータと、を備え、

前記自動利得制御器は、前記制御信号として前記比較の結果を示す信号を出力して前記増幅器のゲインを制御する、請求項 1 に記載の MEMS 発振器。

[請求項6] 前記補正部は、さらに、前記原発振信号を入力し該原発振信号を分周して前記周波数シンセサイザへ出力する第 2 の分周器を備える、請求項 2 に記載の MEMS 発振器。

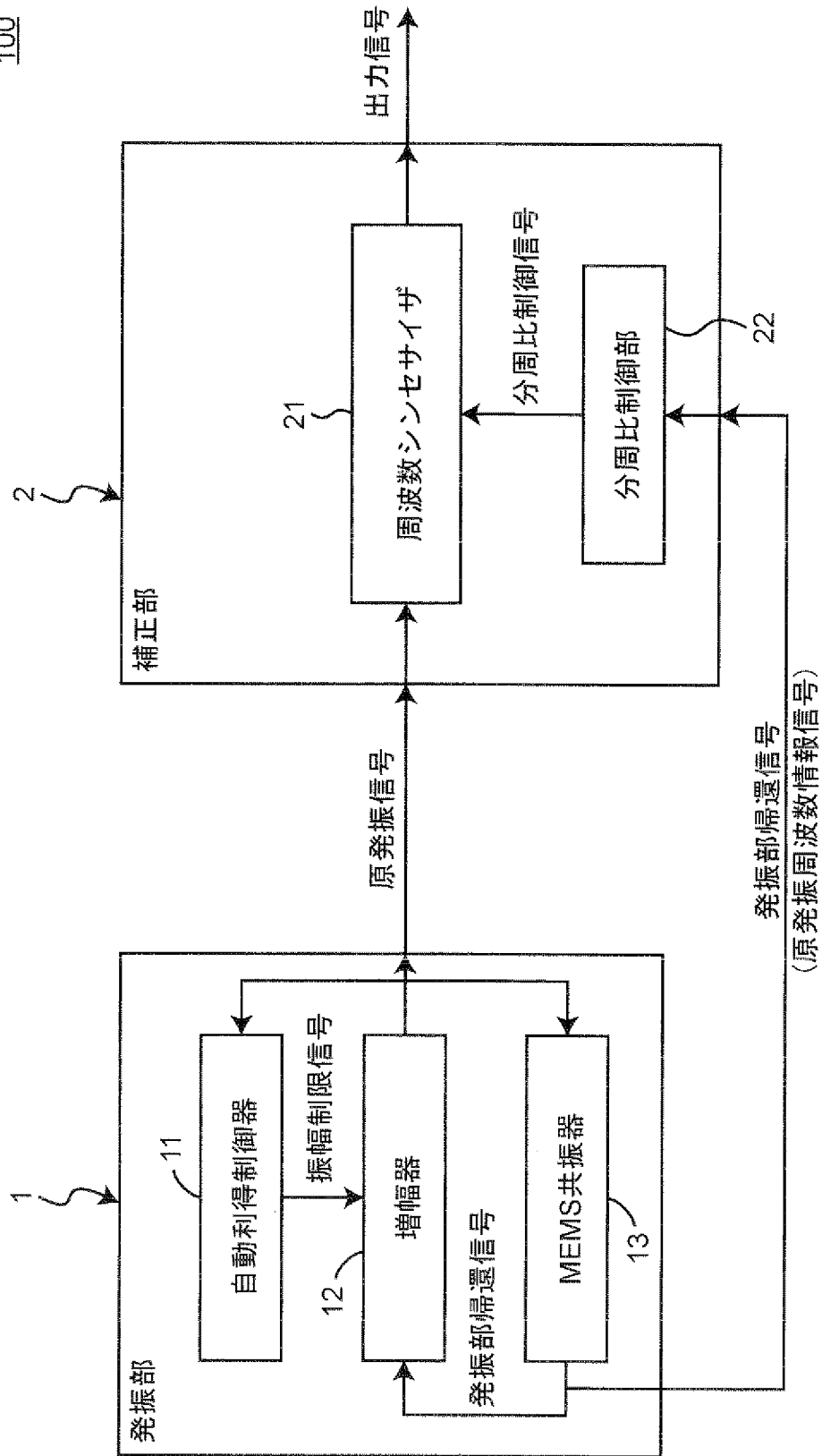
[請求項7] 前記第 2 の分周器は、第 2 のプログラマブル分周器であり、
前記分周比制御部は、前記情報信号に基づいて前記第 2 のプログラマブル分周器の分周比を制御する、請求項 6 に記載の MEMS 発振器。

[請求項8] 前記補正部は、さらに、前記原発振信号を入力し該原発振信号を逡倍して前記周波数シンセサイザへ出力する逡倍器を備える、請求項 2 に記載の MEMS 発振器。

[請求項9] 前記逡倍器は、プログラマブル逡倍器であり、
前記分周比制御部は、前記情報信号に基づいて前記プログラマブル逡倍器の逡倍比を制御する、請求項 8 に記載の MEMS 発振器。

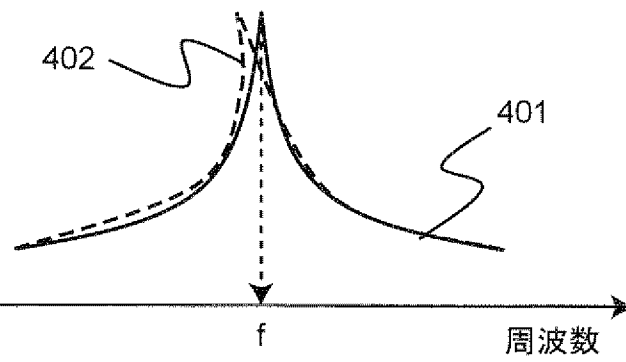
[図1]

100

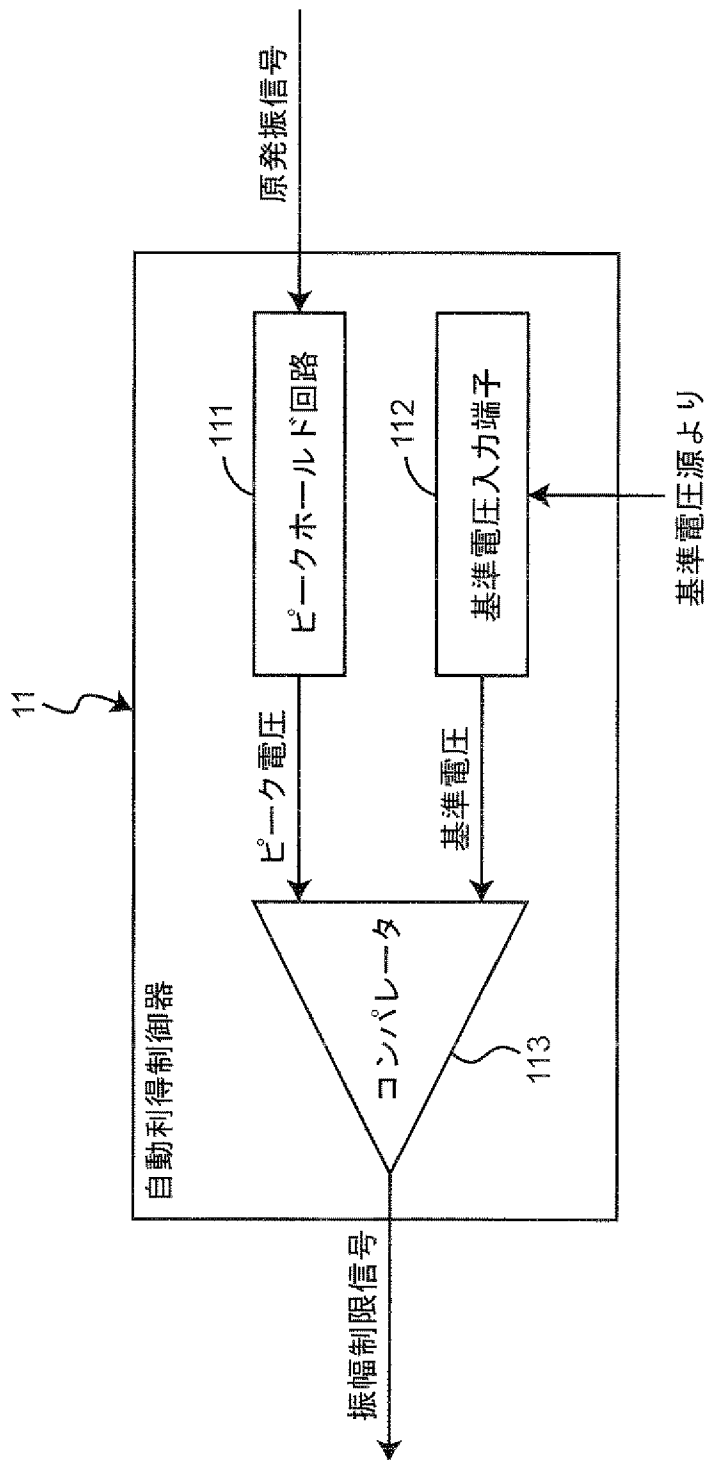


[図2]

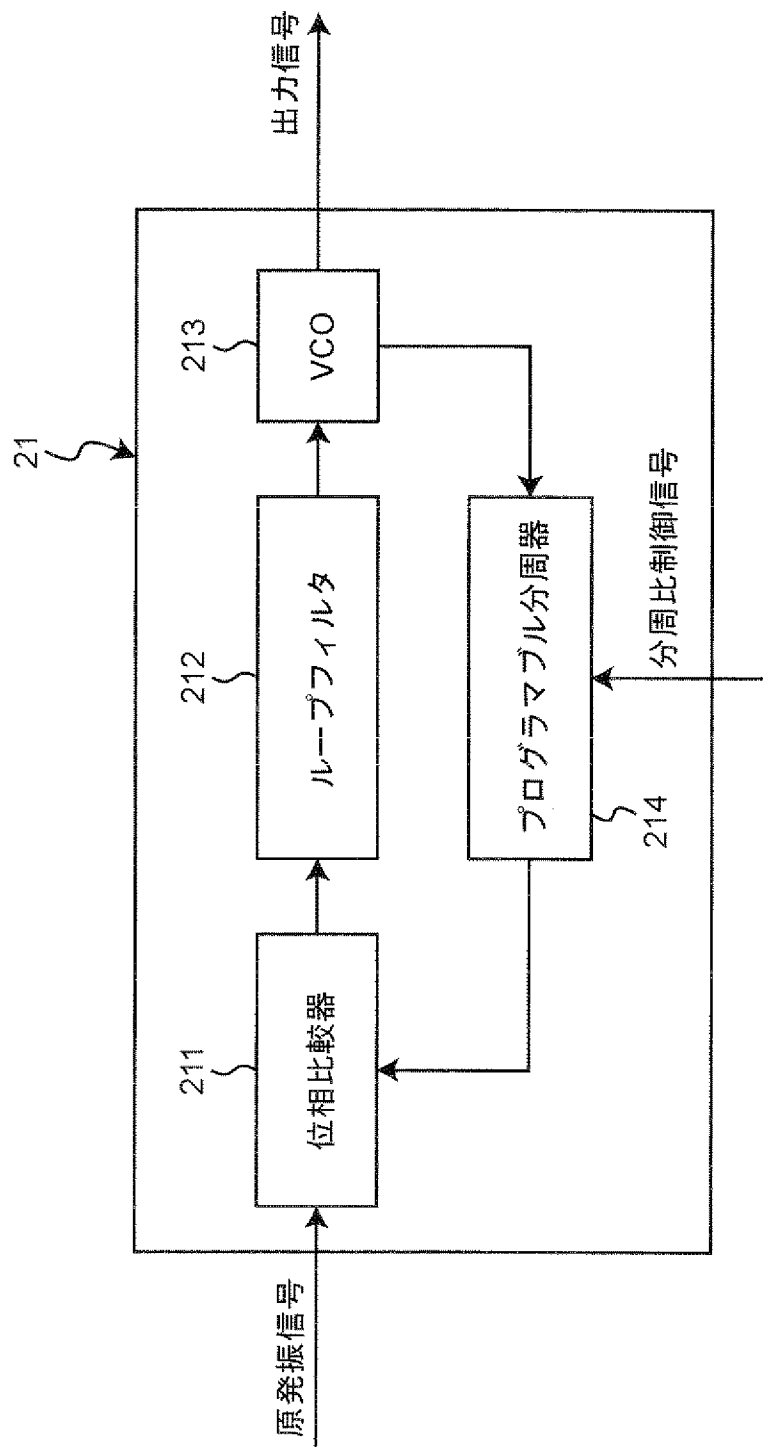
減衰量
(MEMS共振器ゲイン)



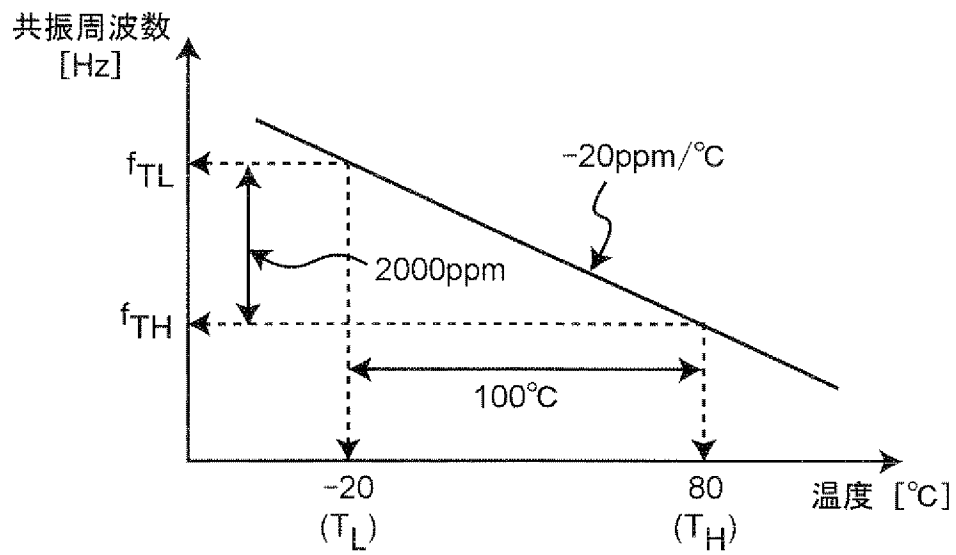
[図3]



[図4]

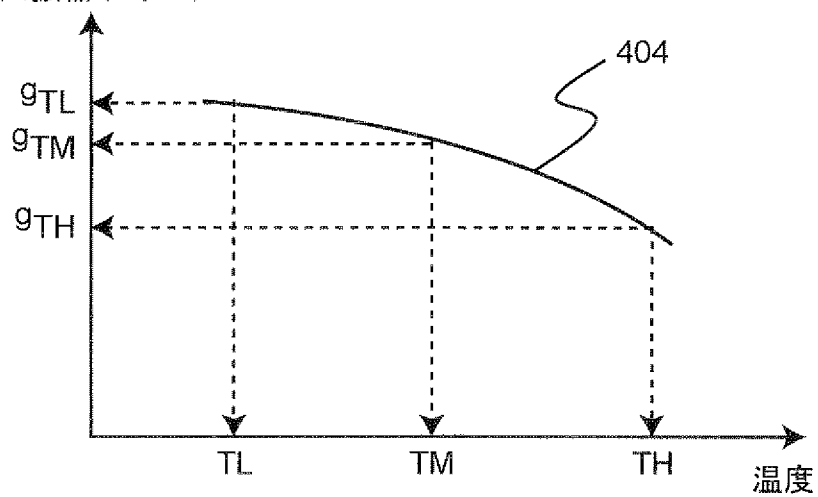


[図5]

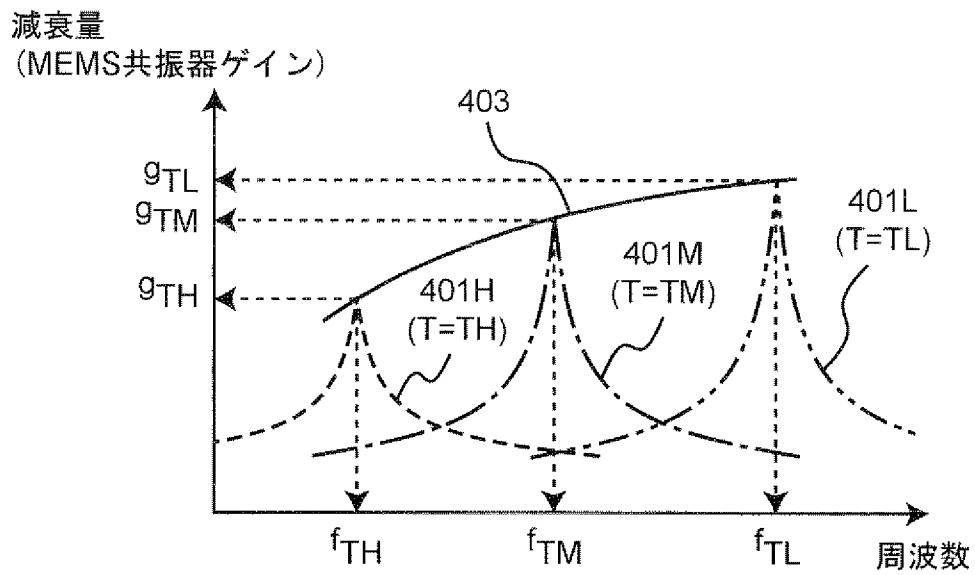


[図6]

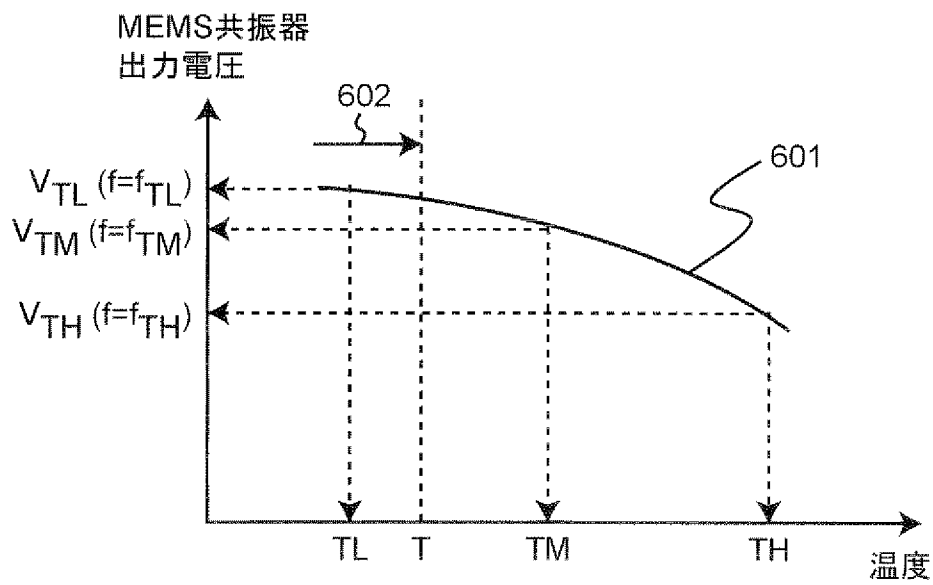
減衰量
(MEMS共振器ゲイン)



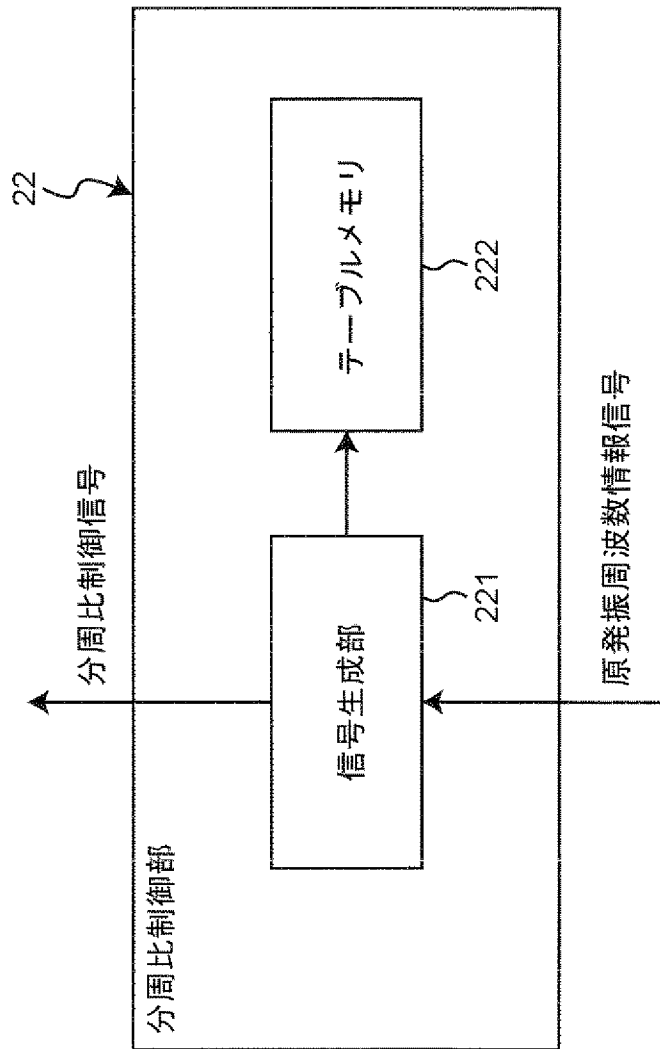
[図7]



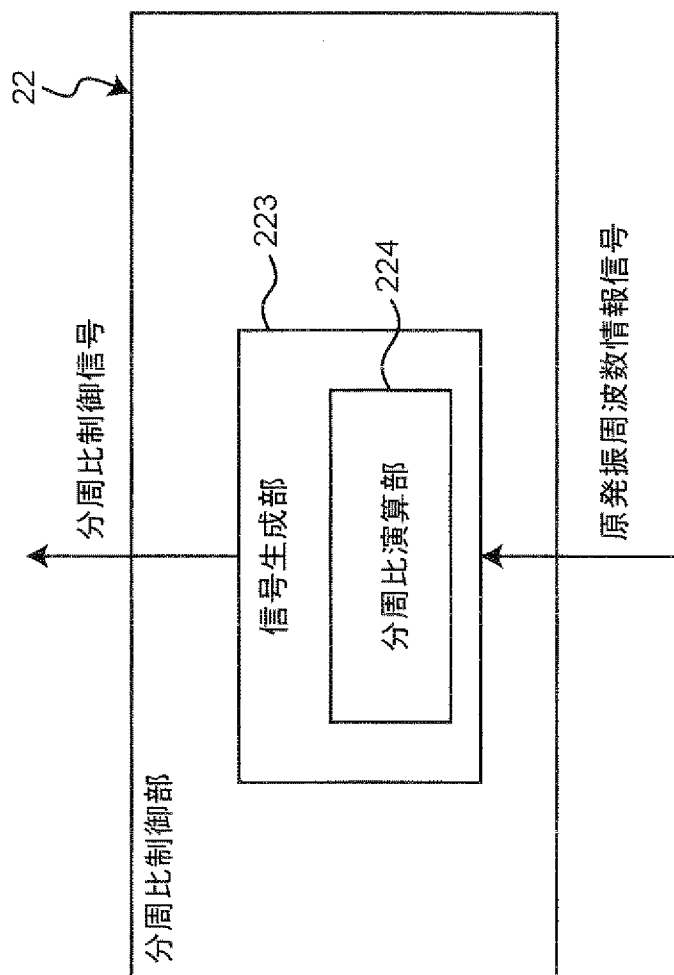
[図8]



[図9]

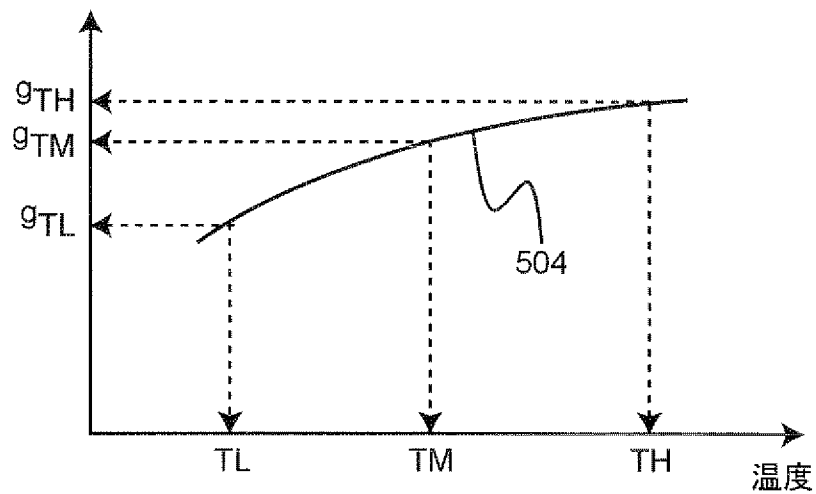


[図10]

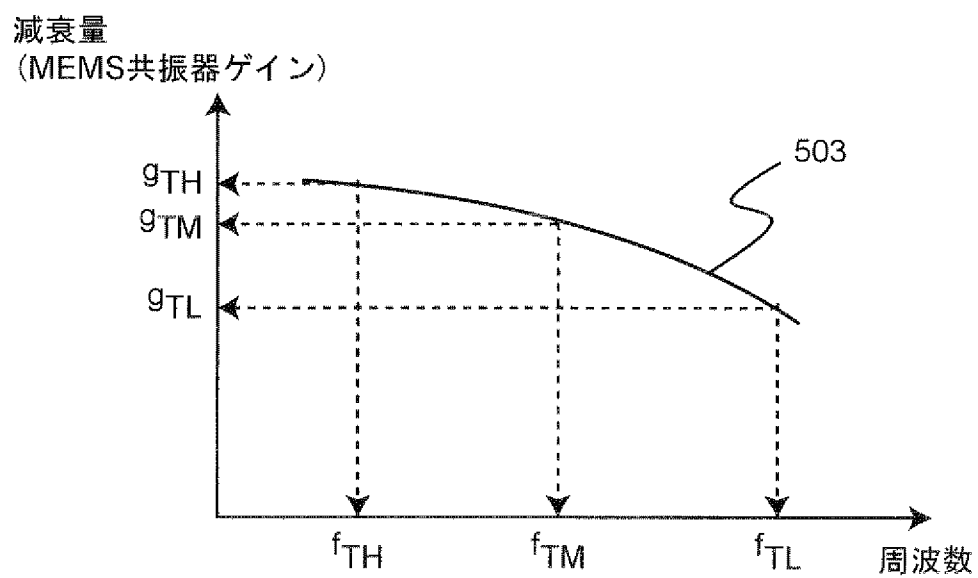


[図11]

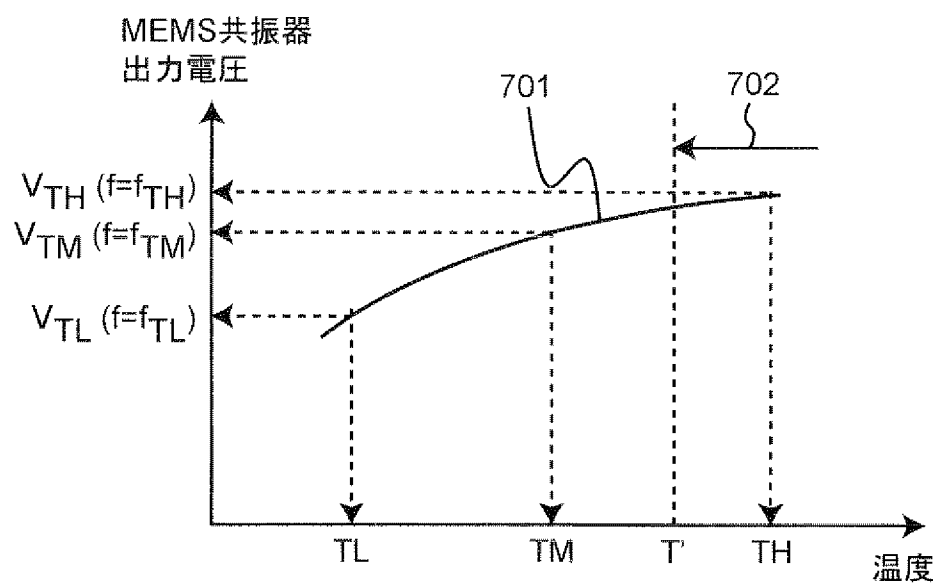
減衰量
(MEMS共振器ゲイン)



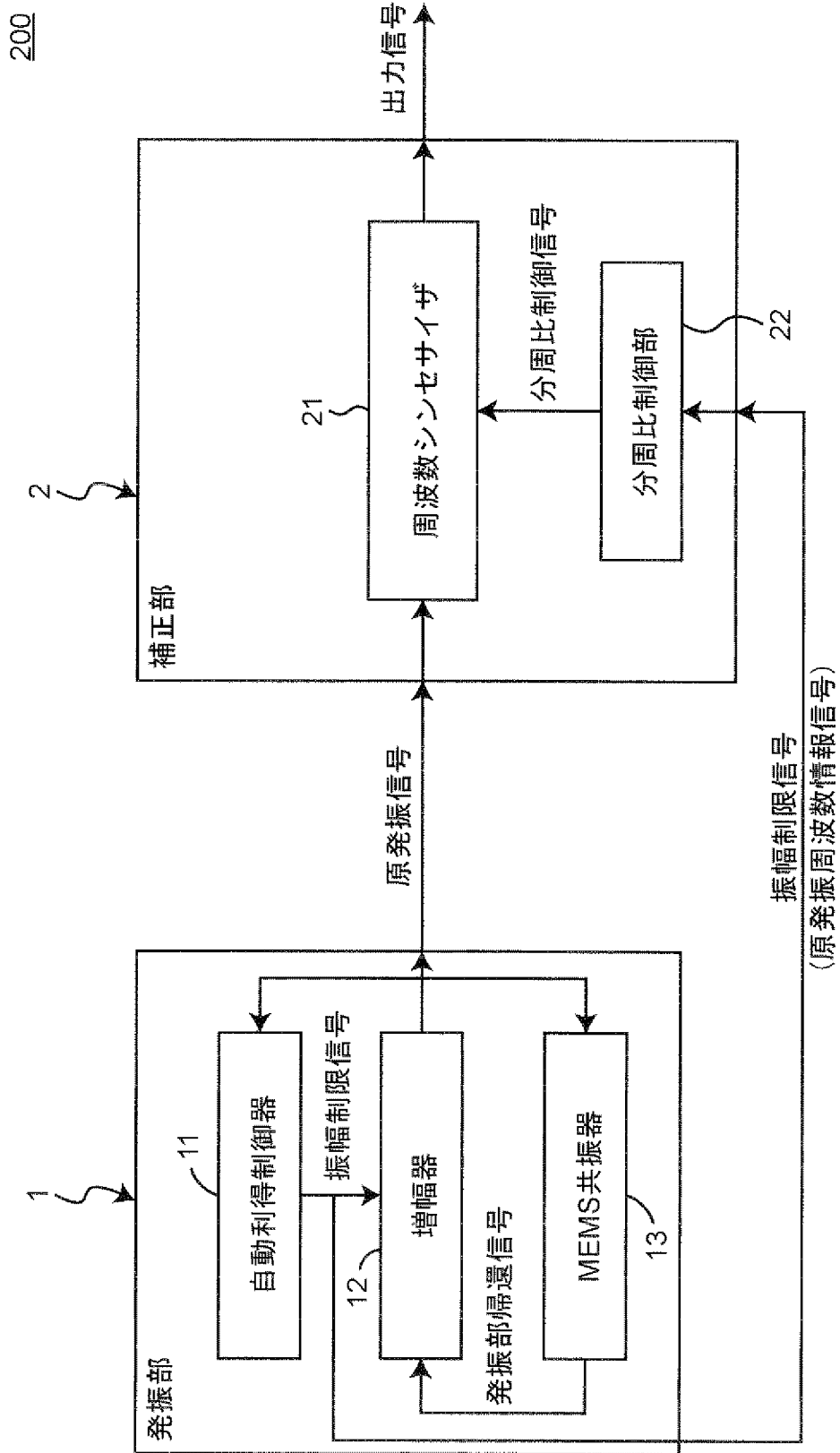
[図12]



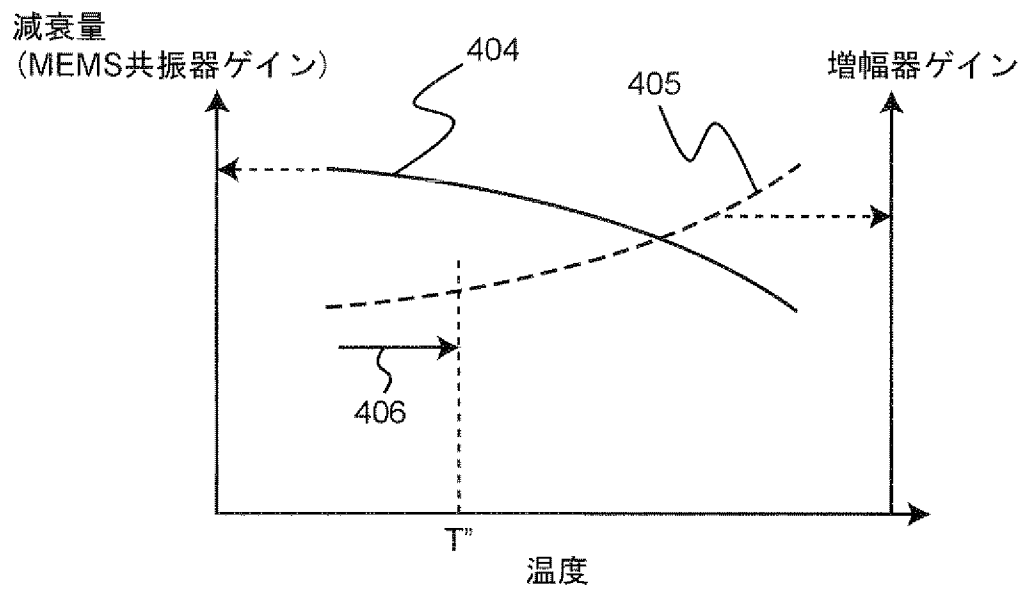
[図13]



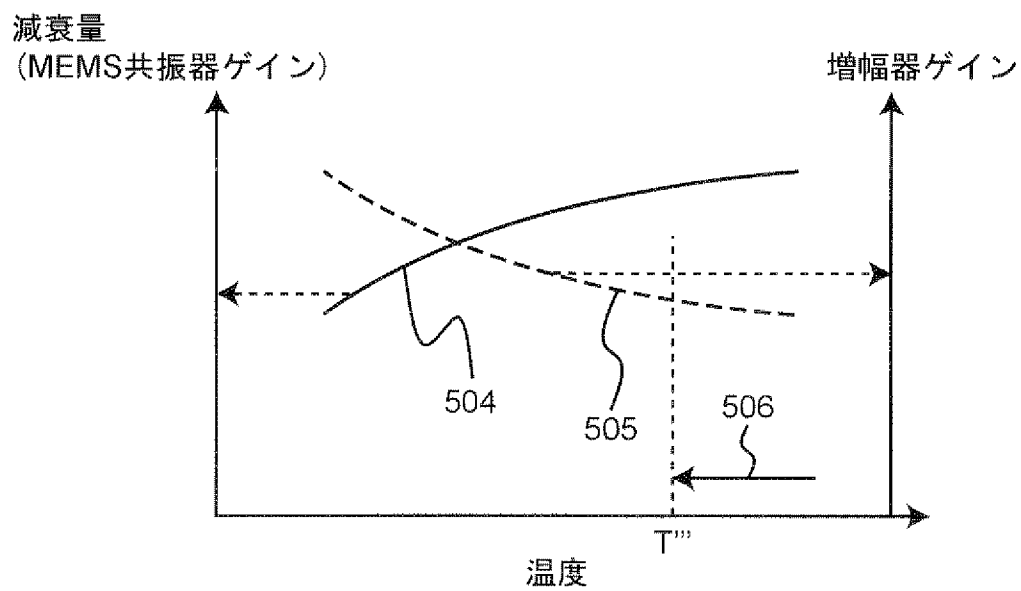
[図14]



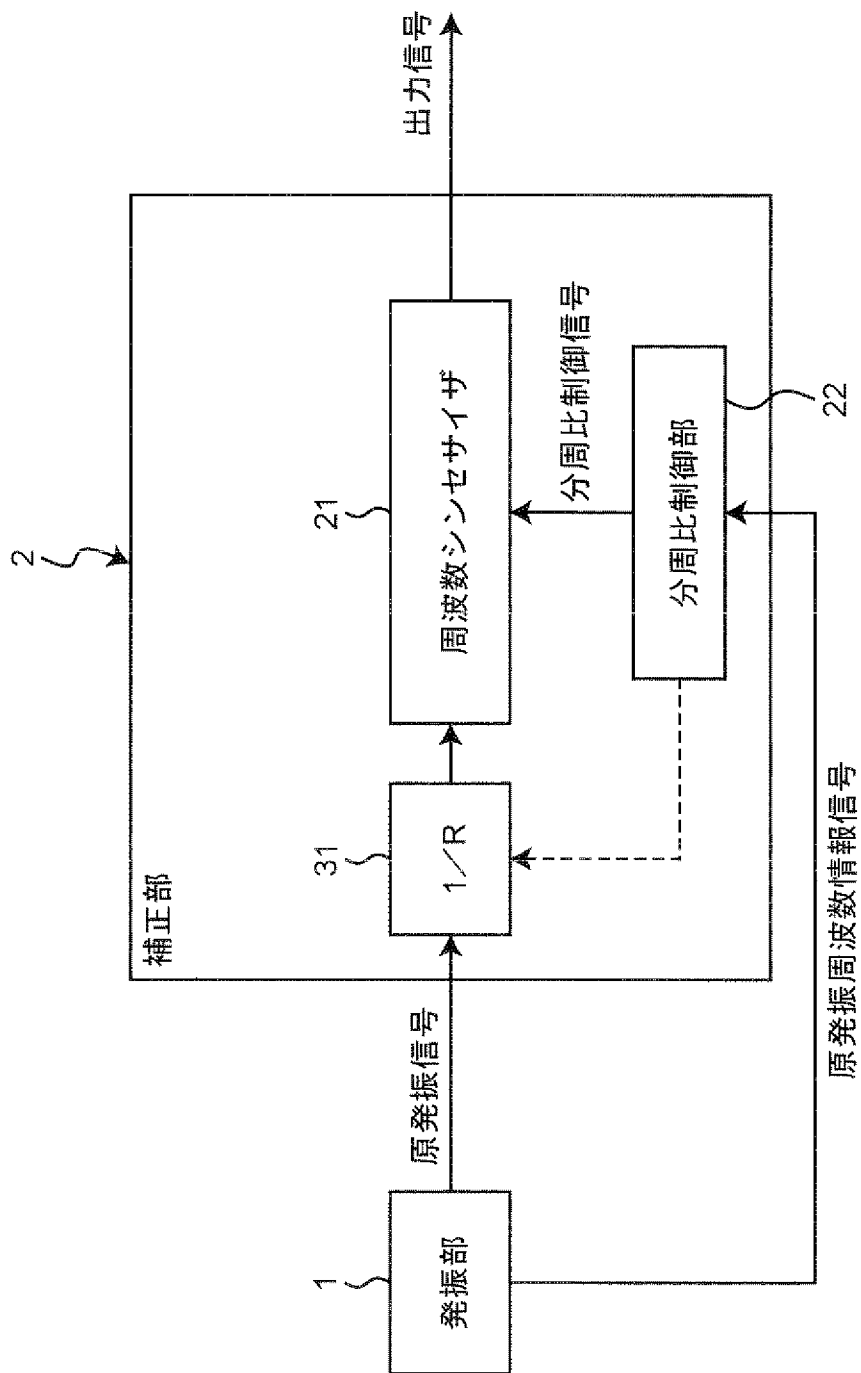
[図15]



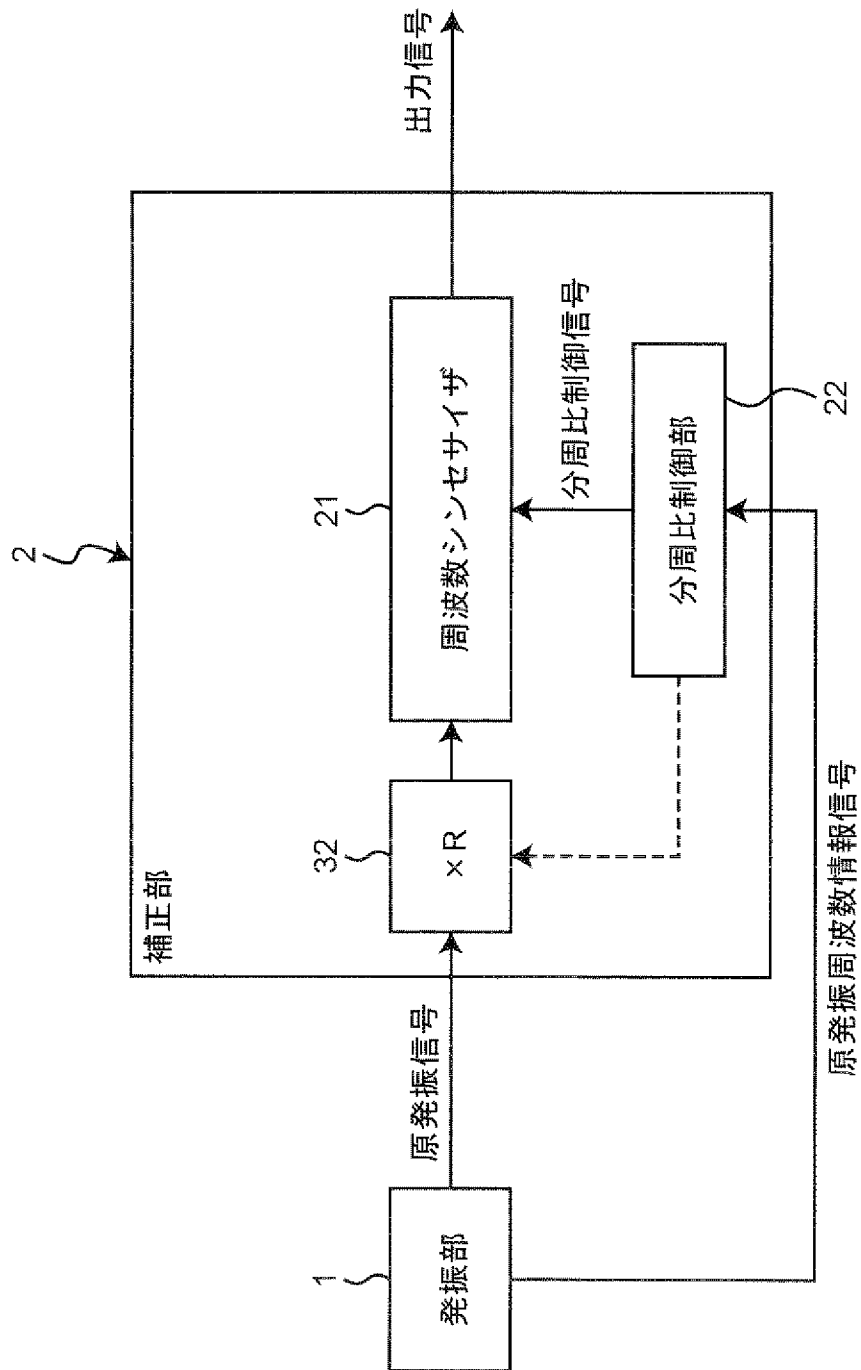
[図16]



[図17]

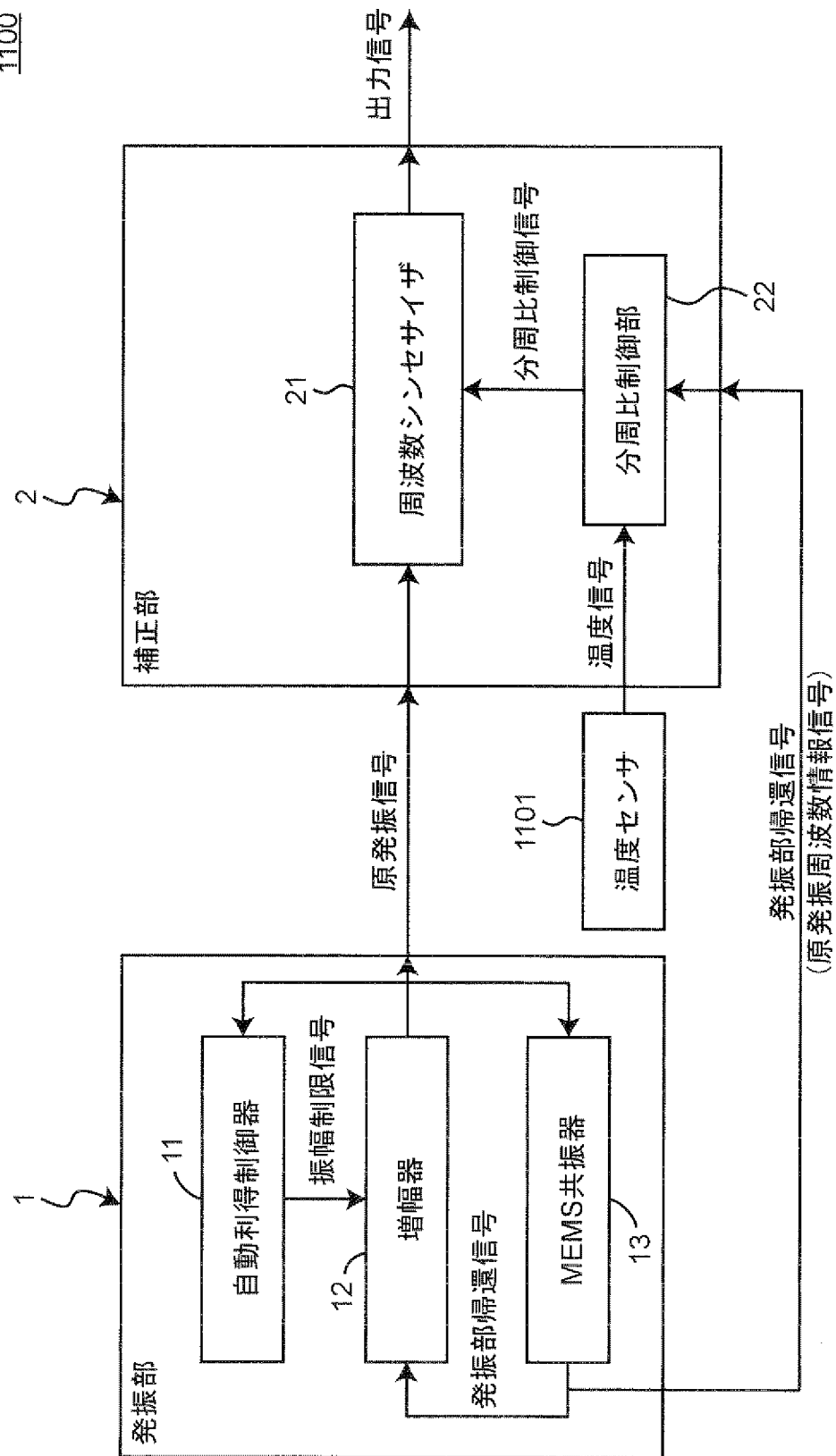


[図18]



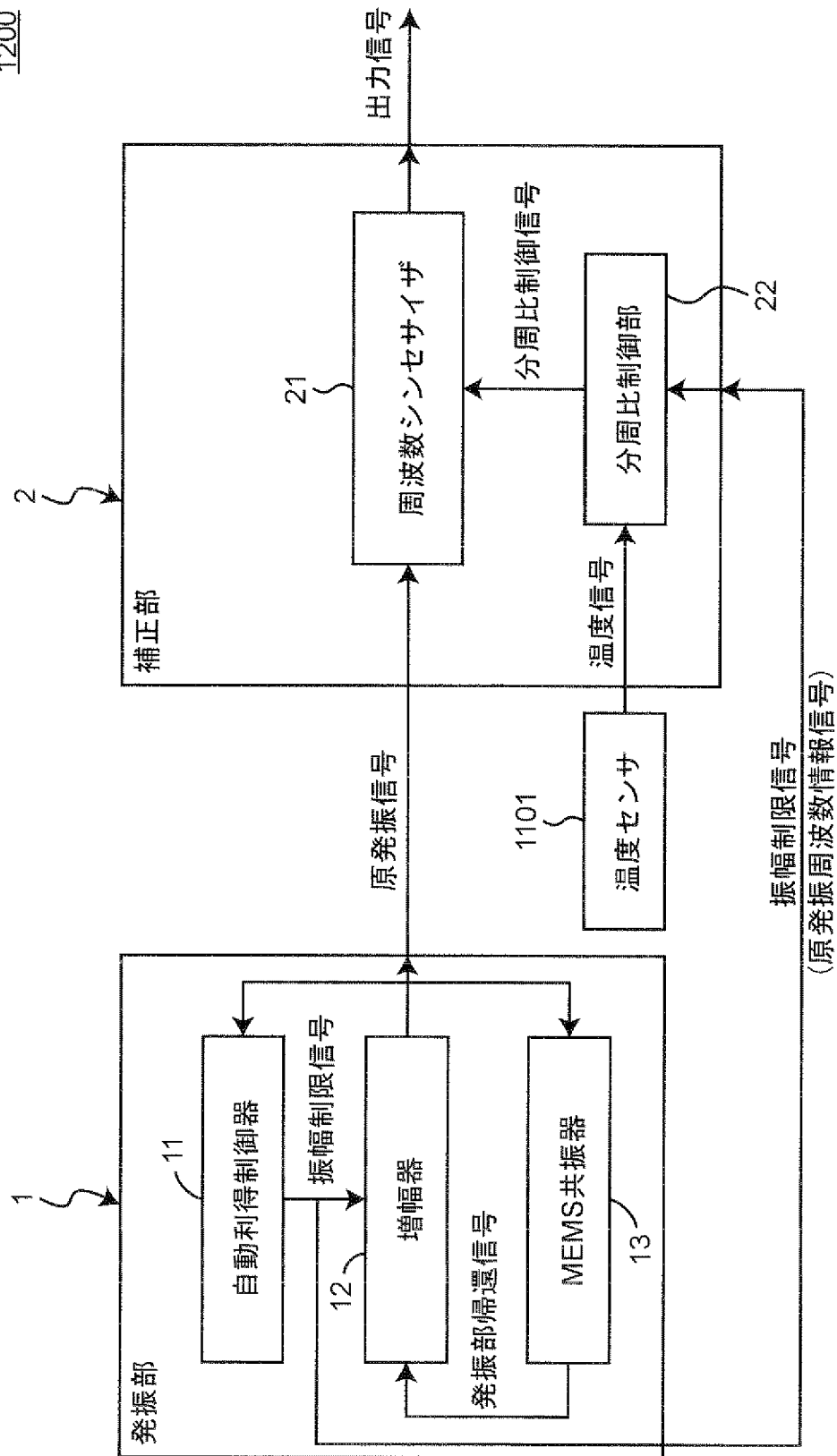
[図19]

1100

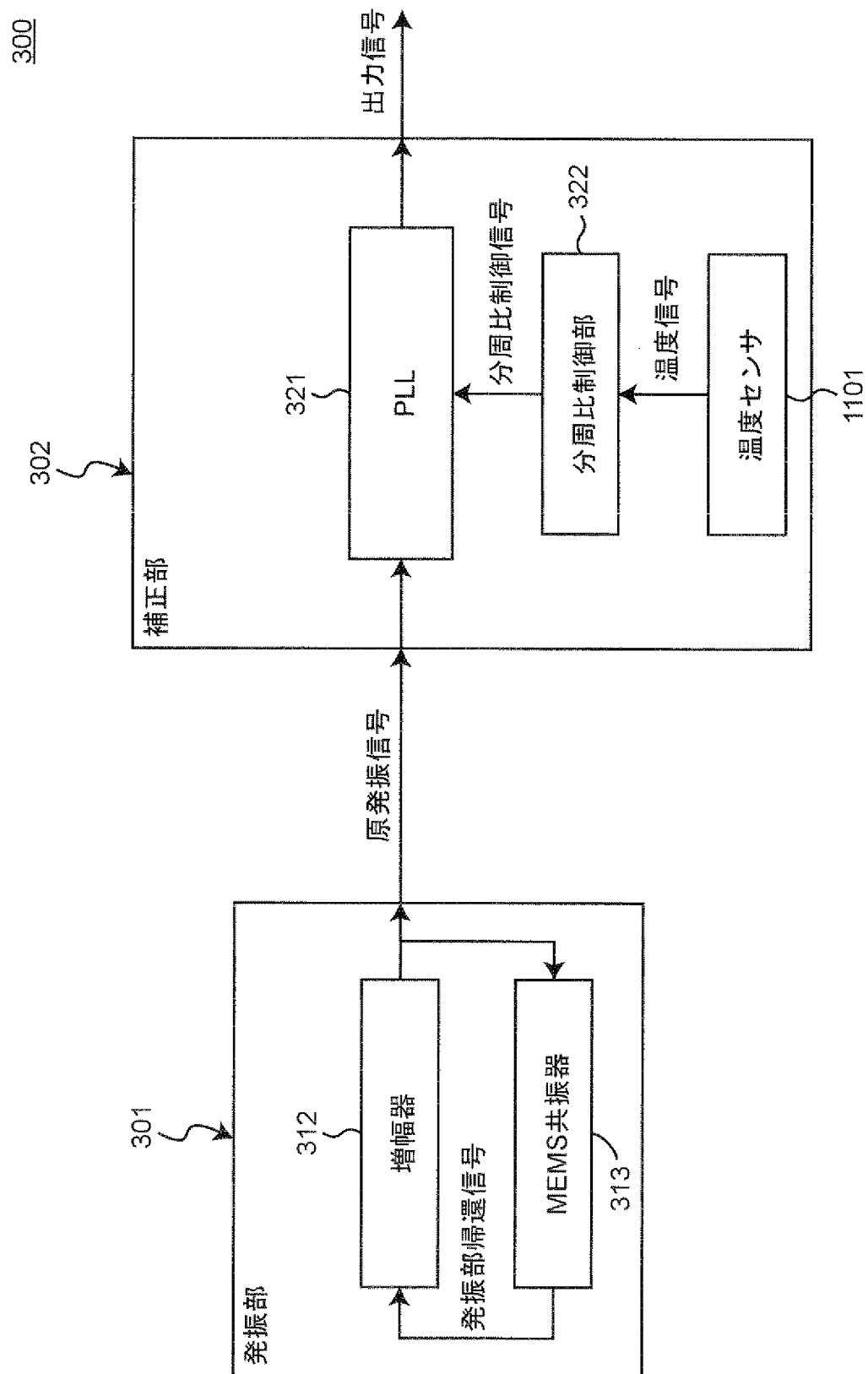


[図20]

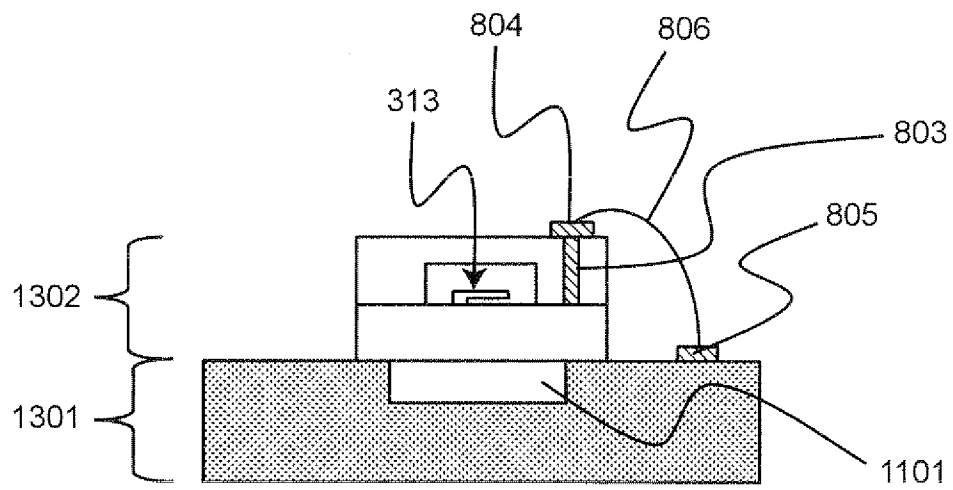
1200



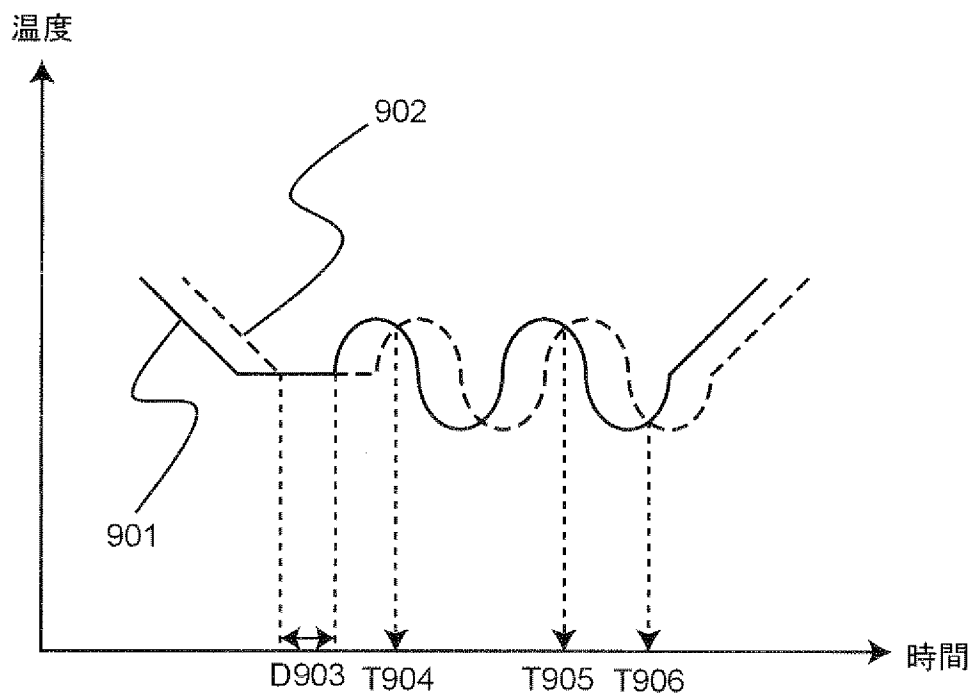
[図21]



[図22]



[図23]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/001243

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H03B5/30(2006.01)i, H03L1/02(2006.01)i, H03L7/08(2006.01)i, H03L7/18(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H03B5/30, H03L1/02, H03L7/08, H03L7/18

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2011

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2011 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2011

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2009-200888 A (Seiko Instruments Inc.), 03 September 2009 (03.09.2009), paragraphs [0002] to [0006]; fig. 6 & US 2009/0212877 A1	1-9
A	WO 2009/101791 A1 (Panasonic Corp.), 20 August 2009 (20.08.2009), paragraph [0018]; fig. 5 & JP 2009-194613 A	1-9
A	JP 2007-518351 A (Robert Bosch GmbH), 05 July 2007 (05.07.2007), entire text; all drawings & US 2005/0151592 A1 & US 2006/0022764 A1 & US 2006/0033589 A1 & US 2008/0164953 A1 & EP 1706942 A & WO 2005/071842 A2 & KR 10-2006-0123450 A & CN 1902824 A	1-9



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

22 March, 2011 (22.03.11)

Date of mailing of the international search report

05 April, 2011 (05.04.11)

Name and mailing address of the ISA/

Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H03B5/30(2006.01)i, H03L1/02(2006.01)i, H03L7/08(2006.01)i, H03L7/18(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H03B5/30, H03L1/02, H03L7/08, H03L7/18

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 1 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 1 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 1 年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2009-200888 A（セイコーインスツル株式会社） 2009.09.03, [0002]-[0006], 図 6 & US 2009/0212877 A1	1-9
A	W0 2009/101791 A1（パナソニック株式会社） 2009.08.20, [0018], 図 5 & JP 2009-194613 A	1-9

☒ C 欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の 1 以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

2 2 . 0 3 . 2 0 1 1

国際調査報告の発送日

0 5 . 0 4 . 2 0 1 1

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

東京都千代田区霞が関三丁目 4 番 3 号

特許庁審査官（権限のある職員）

5 W

3 9 8 5

関 知子

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 5 7 6

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2007-518351 A (ロベルト・ボッシュ・ゲゼルシャフト・ミト・ベシュレンクテル・ハフツング) 2007.07.05, 全文, 全図 & US 2005/0151592 A1 & US 2006/0022764 A1 & US 2006/0033589 A1 & US 2008/0164953 A1 & EP 1706942 A & WO 2005/071842 A2 & KR 10-2006-0123450 A & CN 1902824 A	1-9