

【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載

【部門区分】第6部門第1区分

【発行日】平成20年7月31日(2008.7.31)

【公表番号】特表2005-501235(P2005-501235A)

【公表日】平成17年1月13日(2005.1.13)

【年通号数】公開・登録公報2005-002

【出願番号】特願2003-523449(P2003-523449)

【国際特許分類】

G 0 1 L 17/00 (2006.01)

G 0 1 K 13/08 (2006.01)

G 0 1 L 9/00 (2006.01)

G 0 8 B 21/00 (2006.01)

G 0 8 C 17/02 (2006.01)

【F I】

G 0 1 L 17/00 3 0 1 B

G 0 1 L 17/00 3 0 1 P

G 0 1 K 13/08 A

G 0 1 L 9/00 A

G 0 8 B 21/00 L

G 0 8 C 17/00 B

【誤訳訂正書】

【提出日】平成20年5月29日(2008.5.29)

【誤訳訂正1】

【訂正対象書類名】特許請求の範囲

【訂正対象項目名】全文

【訂正方法】変更

【訂正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数の共振装置に問い合わせ、当該装置のそれぞれの共振周波数を決定する方法であって、

(1) 共振装置ごとに、推定最適問い合わせ周波数を決定するステップと、

(2) 各共振装置の問い合わせを、ステップ(1)で決定されたそのそれぞれの推定最適問い合わせ周波数で複数回繰り返して、各共振装置から応答パルス信号を受信するステップと、

(3) ステップ(2)の結果として蓄積されるパルス信号に対して離散フーリエ変換を実行して各共振装置ごとのスペクトル密度を算出し、各共振装置ごとのピーク周波数を決定するステップと、

(4) ステップ(2)およびステップ(3)を複数回繰り返した後でステップ(3)から得られた各共振装置ごとのピーク周波数の平均を決定するステップと、

を含んでなる方法。

【請求項2】

ステップ(4)が、前記決定された平均周波数ごとに標準偏差を決定することと、該平均周波数との差が該標準偏差の所定の倍数よりも大きい周波数を不合格とすることと、該不合格とされたデータを排除した後に平均周波数を計算し直すこととを含むことを特徴とした請求項1に記載の方法。

【請求項3】

前記推定最適問い合わせ周波数が、前記共振装置からの信号が最大電力スペクトル密度

を有するときの周波数を求めることによって決定されることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の方法。

【請求項 4】

前記最大電力スペクトル密度が、周波数ダウンコンバージョン、中間周波数での応答のサンプリングおよび離散フーリエ変換の計算によって決定されることを特徴とする請求項 3 に記載の方法。

【請求項 5】

前記最大電力スペクトル密度が、自動利得制御を備えた線形増幅器によって決定され、前記推定最適問い合わせ周波数として、そのサイドロープの平均レベルに対するスペクトル密度のピーク値の割合が最大になるものが選択されることを特徴とする請求項 3 に記載の方法。

【請求項 6】

前記最大電力スペクトル密度が、制限増幅器を使用することによって決定され、前記周波数として、センサ応答の長さを最大にするものが選択されることを特徴とする請求項 3 に記載の方法。

【請求項 7】

前記推定最適問い合わせ周波数が I S M バンドのそれぞれのサブバンド内にあることを特徴とする請求項 1 から 6 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 8】

請求項 1 のステップ ( 2 ) の繰り返し中に、受信される各パルス信号は、ダウンコンバートされ、サンプリングされ、蓄積されて、推定最適問い合わせ周波数を有する問い合わせパルスを用いることによって得られる応答パルス信号のコヒーレント蓄積を提供することを特徴とする請求項 1 から 7 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 9】

前記コヒーレント蓄積が、受信機シンセサイザと送信機シンセサイザの両方で一つの共通した発振器、および D S P チップ内のクロックジェネレータを使用することによって達成されることを特徴とする請求項 8 に記載の方法。

【請求項 10】

ステップ ( 2 ) の繰り返し問い合わせ回数および問い合わせが実施される速度は、総問い合わせ期間が問い合わせ装置に対するセンサの周期的な移動の周期と比較して小さくなるように構成されていることを特徴とする請求項 1 から 9 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 11】

各コヒーレント蓄積が各問い合わせ周波数ごとに繰り返され、蓄積の二回目のサイクルの間に問い合わせパルス中に 90° の位相シフトが追加導入されるか、蓄積の二回目のサイクルの間に遅延を伴うサンプリングがなされることを特徴とする請求項 8 または 9 に記載の方法。

【請求項 12】

サンプリング間隔が整数によって除算される中間周波数での 90° の位相シフトに相当するように、サンプリングレートが選択されることを特徴とする請求項 1 から 10 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 13】

決定された周波数が圧力および温度を計算するために使用されることを特徴とする請求項 1 から 12 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 14】

前記共振装置が S A W デバイスであることを特徴とする請求項 1 から 13 のいずれか一項に記載の方法。

【誤訳訂正 2】

【訂正対象書類名】明細書

【訂正対象項目名】全文

【訂正方法】変更

## 【訂正の内容】

## 【発明の詳細な説明】

## 【発明の名称】受動センサ監視システムのための問い合わせ方法

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、例えば車両のタイヤの中の空気の圧力と温度を測定するために使用されるような無線問い合わせ式の受動センサトランスポンダに基づきセンサシステムに問い合わせる方法に関する。さらに具体的には、本発明の好適実施形態は圧力と温度を高い精度で測定可能にする受動センサ問い合わせアルゴリズムを提供する。

## 【背景技術】

## 【0002】

受動圧力センサと受動温度センサの無線問い合わせの問題の数多くの解決策は従来の技術で既知である。センサは、他の方法も考えられる（例えば、バルク音波デバイスまたは誘電体共振器）が、好ましくはSAW技術に基づいてワンポート遅延回路またはワンポート共振器のどちらかを活用する。遅延回路[非特許文献1参照]または共振器[非特許文献2参照]の使用は、一方では受動センサ応答を、他方では環境エコー信号とともに直接フィードスルー信号を区別する必要性によって決定される。これは遅延回路および共振器のインパルス応答が任意の寄生信号よりかなり長いという事実を利用することにより達成される。

## 【0003】

遅延回路に基づいた受動SAWセンサの問い合わせは通常非常に短い（典型的には0.1  $\mu$ s）RFパルスによって実行される。その結果、問い合わせシステムは、1GHz以下の免許が必要とされない産業科学医療用（ISM）バンドでは利用できない10MHzあるいはそれ以上もの相対的に広い帯域幅を必要とする。高Qワンポート共振器に基づくセンサの方が、その狭帯域応答のため、これらのバンドにはより適している。この理由から、私達は、好ましくはSAW共振器に基づいた共振器型受動センサの問い合わせに焦点を合わせるものとする。問い合わせの主要な目的は、相対的に長い狭帯域のRF問い合わせパルスによって励起される共振器内の固有振動の周波数（共振周波数）を測定することである。共振周波数は、温度と圧力に依存するようにすることができるため、共振周波数を知ることにより温度と圧力を計算できる。

## 【0004】

変化するアンテナインピーダンスの共振周波数に対する影響を除外するために、従来の技術[前記の非特許文献2参照]は、一つのアンテナに接続されている（おそらく共振周波数がわずかに異なった）二つの類似した共振器の固有振動の周波数間の差異を測定することを提案している。両方の共振器とも同じ温度にあり、異なる感圧性を有する場合には、圧力は周波数の差異から検出することができ、温度の影響は大幅に削減されるだろう。二つの共振器は、両方の共振器の中の固有振動を同時に励起するパイハーマニックRFパルスによって非常に効率的に問い合わせることができる[特許文献1参照]。問い合わせパルスが終了すると、応答は、測定された周波数差異に等しいビート周波数を有し指数関数的に減衰しているビート信号を提示する。ビート周波数は振幅検出および周期カウントによって正確に求めることができる。

## 【0005】

圧力と温度の両方を同時に測定するケースでは、一つのアンテナに接続されている少なくとも三つの共振器が必要とされ、二つの未知数、つまり圧力と温度を計算するためには二つの周波数差異を測定する必要がある[非特許文献3参照]。ビート周波数の測定はこのケースでは不可能である。文献から次に挙げる問い合わせ技法が知られている。

## 【0006】

1. 共振器は順番にRFパルスによって励起される。各共振器の急激に減衰する応答はアンテナによりピックアップされ、共振周波数の変形を追跡調査するゲートPLL向けの入力信号として使用される[非特許文献4参照]。この技法は単一の共振器に対して使

用するケースには比較的向いているが、三台の共振器に使用するケースでは、特にその周波数が互いに近すぎる場合、扱わずらく、信頼性が低くなりすぎる。

【 0 0 0 7 】

2 . 共振器は R F パルスによって順番に励起される。各共振器の急激に減衰する応答はアンテナによりピックアップされ、さらに低い中間周波数にダウンコンバートされてから、固有振動の期間がカウントされる [ 特許文献 1 参照 ]。この方法も、単一の共振器に使用される場合、あるいは共振周波数間の離隔が共振器帯域幅よりはるかに大きい場合にうまく機能する。しかしながら、それが ( I S M バンドでのケースである ) 帯域幅の 1 0 倍未満である場合には、複数の共振器が R F パルスによって励起されると、センサ応答の寄生周波数変調が生じ、測定の精度が大幅に低くなる。

【 0 0 0 8 】

3 . 三台すべての共振器が一度の進行で励起される。センサ応答のスペクトルは離散フーリエ変換によって受信機内で解析され、すべての共振周波数が測定される [ 非特許文献 5 参照 ]。この方法により、大多数の共振器の問い合わせが可能になる。しかしながら、それはセンサの動作の周波数範囲全体をカバーする 広帯域 R F パルスの使用を必要とする。問い合わせパルスのピーク電力が I S M バンド ( 通常 1 0 m W 以下 ) に制限されることを念頭に 入れると、パルスのスペクトルの拡散により共振器励起の効率が 減少することは明らかである。それは信号対雑音比 ( S N R )、ひいては測定の精度に悪影響を及ぼす。

【 0 0 0 9 】

【 特許文献 1 】英国特許出願公開第 2 3 5 5 8 0 1 号 ( G B 2 3 5 5 8 0 1 A ) 明細書 [ 出願番号 : G B 9 9 2 5 5 3 8 . 2 ]

【 非特許文献 1 】 F . S c h m i d t および G . S c h o l l 共著、「無線 S A W 識別およびセンサシステム ( W i r e l e s s S A W i d e n t i f i c a t i o n a n d s e n s o r s y s t e m s ) 」、C . W . C . R u p p e l および T . A . F j e l d l y 編、弾性表面波技術、システムおよび応用における進展 ( A d v a n c e s i n S u r f a c e A c o u s t i c W a v e T e c h n o l o g y , S y s t e m s a n d A p p l i c a t i o n s )、( シンガポール )、ワールドサイエンティフィック ( W o r l d S c i e n t i f i c ) 社、2 0 0 1 年、p . 2 8 7 ) 所収

【 非特許文献 2 】 W . B u f f , S . K l e t t , M . R u s k o , J . E h r e n f o r d t , および M . G o r o l l 共著、「S A W 共振器デバイスを使用する温度および圧力の受動遠隔検知 ( P a s s i v e r e m o t e s e n s i n g f o r t e m p e r a t u r e a n d p r e s s u r e u s i n g S A W r e s o n a t o r d e v i c e s ) 」、超音波、強誘電体、および周波数制御に関する I E E E 議事録 ( I E E E T r a n s . O n U l t r a s o n i c s , F e r r o e l e c t r i c s a n d F r e q u e n c y C o n t r o l )、( アメリカ合衆国 )、1 9 9 8 年、第 4 5 巻、第 5 号、p . 1 3 8 8 ~ 1 3 9 2

【 非特許文献 3 】 W . B u f f , M . R u s k o , M . G o r o l l , J . E h r e n f o r d t および T . V a n d a h l 共著、「無線用途のための汎用圧力および温度 S A W センサ ( U n i v e r s a l p r e s s u r e a n d t e m p e r a t u r e S A W s e n s o r f o r w i r e l e s s a p p l i c a t i o n s ) 」、I E E E 超音波シンポジウム論文集 ( I E E E U l t r a s o n i c S y m p . P r o c e e d i n g s )、( アメリカ合衆国 )、1 9 9 7 年、p . 3 5 9 ~ 3 6 2

【 非特許文献 4 】 A . P o h l , G . O s t e r m a y e r , および F . S e i t f e r t 共著、「遠隔高 Q S A W 共振器に固定された発振器回路を使用する無線検知 ( W i r e l e s s s e n s i n g u s i n g o s c i l l a t o r c i r c u i t s l o c k e d t o r e m o t e h i g h - Q S A W r e s o n a t o r ) 」、超音波、強誘電体、および周波数制御に関する I E E E 議事録 ( I E E E T r a n s . O n U l t r a s o n i c s , F e r r o e l e c t r i c s a n d F r e q u e n c y C o n t r o l )、( アメリカ合衆国 )、1 9 9 8 年、第 4 5 巻、第 5 号、p . 1 1 6 1

~ 1168

【非特許文献5】L. Reindl、G. Scholl、T. Osterreich、H. ScherrおよびF. Schmidt共著、「センサとしての受動SAW無線トランスポンダの理論および応用例 (Theory and application of passive SAW radio transponders as sensors)」、超音波、強誘電体、および周波数制御に関するIEEE議事録 (IEEE Trans. On Ultrasonics, Ferroelectrics and Frequency Control)、(アメリカ合衆国)、1998年、第45巻、第5号、p. 1281~1291

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

本発明の目的はフーリエ解析の優位点を保ちつつ、同時に共振器励起の効率が高く、測定精度の高い問い合わせ方法を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0011】

本発明のある態様に従って、複数の共振装置に問い合わせ、当該装置のそれぞれの共振周波数を決定する方法は、

- (1) 共振装置ごとに推定最適問い合わせ周波数を決定するステップと、
- (2) ステップ(1)によって決定されたそのそれぞれの推定最適問い合わせ周波数で複数回各共振装置の問い合わせを繰り返すステップと、
- (3) ステップ(2)の結果として蓄積されるパルス信号に対して離散フーリエ変換を実行して各共振装置ごとのスペクトル密度を算出し、各共振装置ごとのピーク周波数を決定するステップと、および
- (4) ステップ(2)およびステップ(3)を複数回繰り返した後でステップ(3)から得られた各共振装置ごとのピーク周波数の平均を決定するステップと、  
を備える。

【発明を実施するための最良の形態】

【0012】

本発明は、以下、添付図面を参照しつつ説明するその好適な実施形態についての記載からさらによく理解されるだろう。なお、以下に記載の好適な実施形態は、一例に過ぎない

【0013】

まず図1を参照すると、本発明は車両のタイヤの中の温度と圧力を監視するシステムに特に適用できる。しかしながら、本発明がこの応用例に制限されることなく、圧力と温度が監視される他の環境に、あるいは複数の他の周辺部が受動センサシステムによって測定されることになる事実上他の環境に適用してよいことが理解されなければならない。本発明の好適実施形態は、一つの共通アンテナ12に接続される三つの弾性表面波デバイスSAW1、SAW2、およびSAW3を含む。SAWデバイスの使用は検知された状態を示す信号を発生させる手段として好ましいが、発明がこのようなデバイスに制限されず、共振周波数によって適切な示度を提供することができる他の受動センサが利用されてよいことが理解されなければならない。

【0014】

本発明の特に好ましい応用例(車両のタイヤの圧力と温度の検知)では、SAWデバイスSAW1、SAW2、SAW3およびアンテナ12が装置Aとして車両のタイヤの中に取り付けられる。励起および監視装置Bは、タイヤが装着された装置に励起信号を提供し、それから応答信号を受信するために車両に設置されている。この目的のため、装置Bは、パッケージAのアンテナ12と通信するためのアンテナ11を含む。

【0015】

問い合わせパルスは送信機シンセサイザ10によって励起される電力増幅器8によって

生成される。パルスは、RFスイッチ1を通過して問い合わせ装置Bのアンテナ11に到達する。放射された電磁波がセンサ装置Aのアンテナ12によってピックアップされ、このようにしてセンサの中の三台のSAW共振器を励起する。再放射されたセンサ応答はセンサアンテナによって送信され、アンテナ11によって受信される。信号はフロントエンド低雑音増幅器2を通過して、周波数変換器に達すると、そこで受信機シンセサイザ3の信号と混合される。受信機シンセサイザ3と送信機シンセサイザ10の間の周波数差異は中間周波数、例えば、1MHzに等しい。IF信号は、フィルタ4と(受信機のダイナミックレンジを増大する)制限増幅器を通過して、例えば10MHzまたは20MHzなどのIFと比較してサンプリングレートが十分に高い8ビットまたは10ビットのアナログ/デジタル変換器6に到達する。デジタルフォーマットのセンサ応答は、DSPチップ7の内部メモリに記憶され、そこで問い合わせプロセスの間にコヒーレントに蓄積される。次に、チップは三台すべてのSAW共振器に対してデータのフーリエ変換を実行し、三つの共振周波数を計算し、平均化手順を実行し、圧力と温度を計算する。DSPチップ7は、シンセサイザ3、シンセサイザ10、RFスイッチ1、およびADC6の動作も制御する。さらに、それは受信機と送信機間の隔離を増大するために電力増幅器8およびLNA2をイネーブル、ディスエーブルすることもできる。センサ応答のコヒーレントな蓄積を確実にするための手段の一つとして、同じ水晶発振器9が、好ましくは両方のシンセサイザとDSPチップのために基準として使用される。

#### 【0016】

前記システムは、イメージ・チャンネル・リジェクションを強化する二重周波数変換受信機を使用して実現することもできる。代替受信機アーキテクチャは直接周波数変換に基づくことができる。これにより、直角位相チャンネルを生成するために、シンセサイザの内の一台の取り外し、および第二のミキサとADCの追加が行われるだろう。

#### 【0017】

ここで図2を参照すると、本発明の好ましい方法が説明される。三台の共振器SAW1、SAW2、SAW3は、わずかに異なる共振周波数、および異なる温度敏感性と感圧性を有している。周波数は、それらの間の最小離隔が任意の圧力と温度での共振器帯域幅以上となるように選ばれる。その結果、全体的な操作周波数バンド(例えばISMバンド)は三台の共振器によって占められる三つのサブバンドに分割される。

#### 【0018】

センサAは、スペクトル幅が共振器帯域幅以下である矩形RFパルスによって問い合わせされる。これにより、問い合わせ周波数が共振器の共振周波数に近い場合には共振器の効率的な励起が保証される。各サブバンドでは、その間の離隔が共振器の帯域幅以下になるように選ばれる複数の離散問い合わせ周波数がある。離散問い合わせ周波数の数はSAW共振器のQに依存している。例えば、無負荷 $Q = 5000$ のケースでは、 $434\text{ MHz}$ のISMバンド内においては九つの問い合わせ周波数があれば十分だろう。

#### 【0019】

その結果、温度と圧力がどうであれ、三台の共振器の最適励起を確保する選ばれた離散周波数の集合からつねに三つの問い合わせ周波数が存在するだろう。励起は、共振器内の振動の振幅が問い合わせパルスの最後までに所与の励起振幅に対する最大可能振幅に近くなるという意味で最適である。

#### 【0020】

問い合わせ手順は、図2のフローチャートによって図解されるような五つの主要な段階から構成されている。

#### 【0021】

1. センサ応答の電力スペクトル密度を最大化する三つの最適問い合わせ周波数の決定  
この段階では、センサはすべての離散問い合わせ周波数で次々に問い合わせされる。毎回、問い合わせパルスを放出させた後に、センサ応答が受信され、そのスペクトル密度が求められる。それは、例えば、周波数ダウンコンバージョン、中間周波数での応答のサンプリングおよび離散フーリエ変換の計算によって実行することができる。その後、各サブ

バンドに一つずつ三つの最適周波数が選ばれ、スペクトル密度の最大ピーク値を求める。該三つの周波数には、一つの選択肢として、自動利得制御付きの線形増幅器が受信機で使用される場合には、そのサイドロープの平均レベルに対するスペクトル密度のピーク値の割合を最大にするものが選ばれる。他の選択肢として、該三つの周波数には、制限増幅器が受信機で使用される場合には、センサ応答の長さを最大化するものが選択できる。

【0022】

この段階で、私達はスペクトル密度のピーク周波数を測定することによってすでに三つの共振周波数を決定することができる。しかしながら、雑音が存在すること、および、フーリエ解析の分解能が有限であることを考慮すると、これは私達に固有振動の実際の周波数の粗い推定値を示すに過ぎないだろう。

【0023】

## 2. センサ応答のコヒーレント蓄積

この段階では、各最適問い合わせ周波数で順番にセンサの問い合わせをN回繰り返す。受信器によりピックアップされた信号は、ダウンコンバートされ、サンプリングされ、システムメモリ内の三つのデータアレイにコヒーレントに蓄積される。コヒーレント蓄積の目的は、SNRをN倍に増加させることである。例えば、受信機シンセサイザと送信機シンセサイザの両方で、DSPチップ内のクロックジェネレータとして一つの共通の水晶安定化発振器を使用することによって、確実にコヒーレントな蓄積が実現可能となる。言い換えると、中間周波数での問い合わせ信号の周期、および問い合わせパルス間の間隔はサンプリング周期の整数になるように選ばれる。さらに、蓄積されるパルスNの数は、コヒーレント蓄積に必要とされる総時間(約1~2ms)が車両タイヤの回転の周期と比較して十分に小さく(例えば1/40に)なるように十分小さい値(N=10~30)が選ばれる。その結果、センサアンテナの位置の変化が蓄積中にセンサ応答の位相を大きく変動させてしまうことがなくなる。それは、タイヤの回転の結果のアンテナインピーダンス変動によって引き起こされる三つの共振器間の周波数差異の変動を最小限に抑えるという観点からも重要である。

【0024】

コヒーレント蓄積を実行する前に、三つの最適問い合わせ周波数のそれぞれで干渉の存在もチェックされる。これは、例えば問い合わせパルスがない場合に受信される信号のスペクトル密度の最大値を適切な閾値レベルと比較することによって実行できる。それが閾値レベルを上回る場合には、システムはいくらかの遅延の後に問い合わせを繰り返す。コヒーレント蓄積サイクルの中ではより簡便な干渉検出手順を使用することもできる。このケースでは、干渉は、各問い合わせパルスを放出させる前に1から2μsの間、受信信号のピーク値を測定することによって検出できる。

【0025】

## 3. 離散フーリエ変換および補間

この段階では、コヒーレント蓄積の結果として獲得された三つのデータアレイが、離散フーリエ変換(DFT)によって三つのスペクトル密度を計算するために使用される。それぞれのスペクトルには、他の2つの共振器の励起を原因とした他のピークがある可能性があるが単一の共振器の周波数応答に一致するピークが含まれている。しかしながら、メインピークは相対的に大きな振幅を有するものであり、それよりも小さなピークは無視される。メインピーク周波数は固有振動の関連周波数に相当する。フーリエ解析  $f$  の分解能は、解析時間が、例えば最大0.1から0.2ms、10から20μsに増加されるようにゼロ充填によって増加され、 $f = 5 \sim 10$  KHzを示す。この精度はまだ多くの応用例にとっては十分ではない。

【0026】

それぞれ三つの共振器ごとに共振周波数を正確に見つけ出すためにピーク周波数の近傍で二次補間または三次以上の補間を使用することによって、さらなる精度の向上が達成される。その結果、その精度はフーリエ解析の分解能によって制限されることはなくなるが、おもにシステム雑音によって制限される。

## 【0027】

周波数測定誤差には、雑音に起因する偶発的な要素を除いても、センサ応答の長さが有限であることに起因するシステム上の要素（バイアス）もある。該バイアスの値は中間周波数でのセンサ応答パルスの初期位相角度に依存し、それはコヒーレント蓄積のサイクルごとにより変り得る。初期位相は未知の共振周波数と問い合わせ周波数との間の離隔によって決定されるため、それを予測することは不可能である。以下の方法は、該バイアスを大幅に削減することによってシステムの精度を高めるために使用される。

## 【0028】

a) コヒーレント蓄積は問い合わせ周波数ごとに二回ずつ繰り返されるが、蓄積の二回目のサイクルの間に問い合わせパルスに $90^\circ$ の位相シフトが追加導入される。あるいはその代わりに、蓄積の二回目のサイクルの間の公称中間周波数（問い合わせ周波数と局所発振器の周波数との差異）を $f_{int}$ として、遅延 $= 1 / (4 f_{int})$ でサンプリングがなされる。DFTおよび補間の手順も二度実行され、結果として得られた二つのピーク周波数の平均を求める。該二つのピーク周波数のバイアスは符号が反対で絶対値がほぼ等しい値であって、それらは互いを相殺するため、この平均周波数は測定された共振周波数に非常に近くなる。この方法の不利な点は、測定時間が全体として二倍になるという点である。

## 【0029】

b) 第二の方法は測定時間の増加を必要としない。コヒーレント蓄積は各問い合わせ周波数で一回ずつ繰り返される。サンプリングレートは、サンプリング間隔 $T_s$ が任意の整数で除算される公称中間周波数での $90^\circ$ の位相シフトに相当するように選ばれる。言い換えると、 $T_s = 1 / n$  ( $n = 1, 2, 3, \dots$ ) である。例えば、 $f_{int} = 1 \text{ MHz}$  である場合には、 $T_s = 0.25 \mu\text{s}$  であるため、 $T_s$  は $0.05 \mu\text{s}$  に等しくなるように選ぶことができる。第一のDFTは最初のサンプルから実行され、第二のDFTは $n$ 番目のサンプルから実行される。事実上、それは、サンプルの二つの集合の間に $90^\circ$ の位相シフトがあることを意味している。DFTおよび補間によって得られた該二つのピーク周波数の平均化の結果、バイアスの値は大幅に引き下げられる。一例として、 $350 \text{ kHz}$  という三つの共振周波数間の最小離隔について、バイアスの最大値は、 $1.69 \text{ kHz}$  から $0.57 \text{ kHz}$  に引き下げられる。

## 【0030】

## 4. 共振周波数データの統計処理および分析

段階1から3（あるいは、共振周波数の変動が低速であって段階1の頻繁な繰り返しが必要でない場合には、2および3のみ）は連続的に繰り返され、三つの共振周波数に関するデータはシステムメモリ内の三つのデータアレイに記憶される。問い合わせの $M$ 回のサイクル（ $M$ は、例えば10から300といった広範囲に変動し得る）の後、三つの共振周波数のそれぞれの平均値 $f_{1, 2, 3}$ と標準偏差 $\sigma_{1, 2, 3}$ が計算される。その結果、 $f_{1, 2, 3}$ の標準偏差は $\sigma_{1, 2, 3}$ と比較してさらに約 $M$ 分の1に減少している。そして、以下の条件

$$|f_i - f_{1, 2, 3}| < k \sigma_{1, 2, 3}$$

（ここで、 $k$ は1から3の値を有するものであってよい）を満たさない関連するアレイのすべての周波数 $f_i$ は、考慮から除外され、平均周波数が再計算される。共振周波数における大きな誤差の原因となるコヒーレント蓄積の間の干渉と信号振幅の突然の低下の考えられる影響を排除するために、最後の手順が実行される。標準偏差 $\sigma_{1, 2, 3}$ は、共振周波数についての情報の妥当性検査の基準として使用することもできる。

## 【0031】

## 5. 圧力と温度の計算

平均化の後、二つの差異周波数が計算され、圧力と温度が例えば参考資料[非特許文献3参照]に説明される方法を使用して算出される。

## 【0032】

提案された問い合わせ方法は、 $5 \times 10^{-6}$ より優れた共振周波数測定の精度を達成す

ることを目的としている。434 MHz ISMバンドで動作するSAW共振器のケースでは、1 psiより優れた圧力測定の精度、および1より優れた温度測定の精度を示す必要がある。

【図面の簡単な説明】

【0033】

【図1】車両のタイヤの中で使用するための圧力と温度の監視システムを概略で示す。

【図2】本発明によって提案される問い合わせアルゴリズムを示す。