

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5657116号
(P5657116)

(45) 発行日 平成27年1月21日 (2015. 1. 21)

(24) 登録日 平成26年12月5日 (2014. 12. 5)

(51) Int. Cl.

F I

F 2 5 C 1/00 (2006.01)

F 2 5 C 1/00 3 0 1 Z

請求項の数 10 (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2013-523282 (P2013-523282)	(73) 特許権者	311014808
(86) (22) 出願日	平成23年8月2日 (2011. 8. 2)		マニトワック・フードサービス・カンパニ
(65) 公表番号	特表2013-535653 (P2013-535653A)		ーズ・エルエルシー
(43) 公表日	平成25年9月12日 (2013. 9. 12)		アメリカ合衆国ウィスコンシン州5422
(86) 国際出願番号	PCT/US2011/046298		O, マニトワック, サウス・フォーティ
(87) 国際公開番号	W02012/018839		フォース・ストリート 2400
(87) 国際公開日	平成24年2月9日 (2012. 2. 9)	(74) 代理人	100119677
審査請求日	平成25年3月25日 (2013. 3. 25)		弁理士 岡田 賢治
(31) 優先権主張番号	61/370, 047	(74) 代理人	100115794
(32) 優先日	平成22年8月2日 (2010. 8. 2)		弁理士 今下 勝博
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(72) 発明者	ティルマラ、ラメシュ、ビー、
(31) 優先権主張番号	61/379, 220		アメリカ合衆国、33558 フロリダ、
(32) 優先日	平成22年9月1日 (2010. 9. 1)		ルッツ、サンディー スプリング サーク
(33) 優先権主張国	米国 (US)		ル 19345

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 水体が氷結している間に水体中を伝搬する音波の解析

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

水体が構造体上で氷結されているときに前記水体中を伝搬している音波を検出し、それによって検出音波をもたらすことと、

前記検出音波から、(a) 前記検出音波の周波数成分、(b) 前記周波数成分の大きさ、(c) 前記周波数成分の高調波、および (d) 前記高調波の大きさ、を抽出すること、(i) 前記周波数成分の前記大きさが第 1 の閾値を超え、および (i i) 前記高調波の前記大きさが第 2 の閾値を超えた両方のときに前記構造体から前記水体を除去すること、とを含む方法。

【請求項 2】

前記検出音波が時間領域信号であり、
前記抽出することが、
前記時間領域信号を周波数領域信号に変換すること、および
前記周波数領域信号から、前記周波数成分、前記周波数成分の前記大きさ、前記高調波、および前記高調波の前記大きさを得ること、
を含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

水体が構造体上で氷結されているときに前記水体中を伝搬している音波を検出し、それによって検出音波をもたらす検出器と、

前記検出音波から、(a) 前記検出音波の周波数成分、(b) 前記周波数成分の大きさ

10

20

、(c) 前記周波数成分の高調波、および (d) 前記高調波の大きさ、を抽出することと

、(i) 前記周波数成分の前記大きさが第 1 の閾値を超え、および (i i) 前記高調波の前記大きさが第 2 の閾値を超えた両方のときに、前記構造体から前記水体を除去するために信号を発信するプロセッサと、を含むシステム。

【請求項 4】

前記検出音波が時間領域信号であり、

前記プロセッサが、前記周波数成分および前記大きさを抽出するために、前記時間領域信号を周波数領域信号に変換し、前記周波数成分、前記周波数成分の前記大きさ、前記高調波、および前記高調波の前記大きさを得る、請求項 3 に記載のシステム。

10

【請求項 5】

プロセッサによって読取り可能な命令を含む記憶媒体であって、前記命令が、前記プロセッサによって読み取られたときに、前記プロセッサに、

検出音波から、(a) 前記検出音波の周波数成分、(b) 前記周波数成分の大きさ、(c) 前記周波数成分の高調波、および (d) 前記高調波の大きさ、を抽出させ、前記検出音波は、水体が構造体上で氷結しているときに前記水体中を伝搬している音波を表し、

(i) 前記大きさが閾値を超え、および (i i) 前記高調波の前記大きさが第 2 の閾値を超えた両方のときに、前記構造体から前記水体を除去するために信号を出させる、

手順を実行させるためのプログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記憶媒体。

20

【請求項 6】

前記検出音波が時間領域信号であり、

前記プロセッサが、前記周波数成分および前記大きさを抽出するために、

前記時間領域信号を周波数領域信号に変換し、

前記周波数成分、前記周波数成分の前記大きさ、前記高調波、および前記高調波の前記大きさを得る、請求項 5 に記載の記憶媒体。

【請求項 7】

前記検出器が、前記構造体から 0 . 5 インチ未満のところに位置するプローブ内にマイクロホンを含む、請求項 3 に記載のシステム。

【請求項 8】

前記検出器が、前記構造体と接触しているプローブ内にマイクロホンを含む、請求項 3 に記載のシステム。

30

【請求項 9】

前記検出器が、前記水体から 0 . 5 インチ未満のところに位置するプローブ内にマイクロホンを含む、請求項 3 に記載のシステム。

【請求項 10】

前記検出器が、前記水体と接触しているプローブ内にマイクロホンを含む、請求項 3 に記載のシステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

40

【0001】

(著作権表示)

本特許文書の開示の一部は、著作権保護を受ける資料を含んでいる。著作権所有者は、本特許文献または本特許開示のいかなる者による複製に対しても、その複製が特許商標庁のファイルまたは記録内に現れるときに、異議を唱えないが、そうでない場合はどのようなものであれすべての著作権の権利を留保する。

【0002】

本開示は、製氷機に関し、より詳細には、製氷機内の水体 (body of water) 中を伝搬している音波の解析に関する。この解析は、水体が氷結されるときを認識して、水体が製氷機から氷として収穫され得るようにする。この解析はまた、製氷機内の装

50

置の動作を診断する。

【背景技術】

【0003】

このセクションに記述されている手法は、追求され得た手法であるが、必ずしも以前に着想または追求されたことがある手法ではない。したがって、特に指示がない限り、このセクションに記述されている手法は、本出願内の特許請求の範囲に対する従来技術ではないことがあり、このセクションに含まれることにより従来技術であると認められるものではない。

【0004】

製氷機が効率的に動作するには、氷が完全に形成された直後に、氷を収穫することとして知られてもいる、氷を除去することが望ましい。このように氷を収穫することにより、新しい水体が導入されて新しい氷体が形成され得るようにし、それによって製氷機の使用を最大限にすることが可能になる。

【0005】

収穫するための氷の準備ができたことを認識するための一技法は、水体が氷結されているときに水体中を伝搬している機械的振動の大きさを監視することである。この大きさが所定の閾値を超えた時点で、水体は十分に氷結されたと見なされ、それゆえに収穫される。

【0006】

この既存の技法は、氷の形成を検出するために設定閾値を上回る振幅変化だけを使用する。この技法には、この技法が、考えられる様々な機械的振動源を識別せず、それゆえに、その変化が製氷機の音響の変化または周囲ノイズ環境内のスプリアス音響 (spurious acoustics) の変化であるかどうかを判断することができないという欠点がある。したがって、既存の技法は必ずしも最適時期に収穫を開始するものではなく、したがって、製氷機は最適効率水準より低い水準で動作する可能性がある。

【発明の概要】

【0007】

(i) 水体が構造体上で氷結されているときに水体中を伝搬している音波を検出し、それによって検出音波をもたらすことと、(ii) 検出音波から、(a) 検出音波の周波数成分、および (b) 周波数成分の大きさを抽出することと、(iii) 大きさが閾値を超えたときに構造体から水体を除去することと、を含む方法が提供される。

【0008】

(a) 水体が製氷機内の構造体上で氷結されているときに水体中を伝搬している音波を検出し、それによって検出音波をもたらすことと、(b) 検出音波のスペクトルをもたらすために検出音波を解析することと、(c) スペクトルがスペクトルシグネチャ (spectral signature) を含むかどうかを判断し、それによって判断をもたらすこととあって、製氷機内の装置が動作しているときにスペクトルシグネチャが存在することと、(d) 判断に基づいて警報を発信することと、を含む方法も提供される。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】製氷機内に実装されるシステムの機能ブロック図である。

【0010】

【図2】図1のシステム内の制御盤の機能ブロック図である。

【0011】

【図3A】図2の制御盤に実装される氷センシングプロセス (ice-sensing process) のフローチャートである。

【図3B】図2の制御盤に実装される氷センシングプロセスのフローチャートである。

【0012】

【図4】図2の制御盤に実装されるシステム診断プロセスのフローチャートである。

【0013】

10

20

30

40

50

【図5】図2の氷センシングプロセスおよび図3のシステム診断プロセスの動作を実行するシステムのブロック図である。

【0014】

【図6】蒸発器上のプローブの断面図である。

【0015】

【図7】蒸発器に取り付けられたプローブの写真である。

【0016】

【図8】一体型センサマイクロホン (integrated sensor microphone) の側面図である。

【0017】

複数の図面に共通している構成要素または特徴は、各図面に同じ参照番号で示されている。

【発明を実施するための形態】

【0018】

図1は、製氷機内に実装される、本明細書でシステム100と称されるシステムの機能ブロック図である。システム100は、氷検出の信頼性を上げかつ製氷機上で強化されたシステム診断を行うために、高速フーリエ変換 (FFT) アルゴリズムを用いて、氷厚センサからの音響信号で様々なデジタル信号処理動作を実行する。

【0019】

システム100は、蒸発器102、コンプレッサ104、送水ポンプ、すなわちポンプ106、制御盤130、およびソレノイド160を含む。蒸発器102はセンサ110を含む。制御盤130は、マイクロホン140、処理モジュール145、およびリレー150を含む。「モジュール (module)」という用語は、本明細書では、独立した構成要素として、または複数の下位構成要素の統合構成として具現され得る機能動作を示すために用いられる。

【0020】

システム100は、予冷段階 (pre-chill stage)、氷結段階 (freeze stage)、収穫段階 (harvest stage)、およびパージ段階 (purge stage) を含む製氷サイクルを繰り返す。

【0021】

蒸発器102は、蒸発器102上に氷を形成するための構造体である。ポンプ106は水115を液体状態で送りかつ循環させて、水115が、蒸発器102の上を流れ、氷結されて固体状態、すなわち氷になりつつある水体、すなわち水103 (図1に、破線を有する周辺で表されている) として集まるようにする。

【0022】

蒸発器102はコイル (図示せず) を有し、冷ガスまたは熱ガスがコイルを通過して送られる。コンプレッサ104は、冷ガスがコイルを通過して送られるのを促進する。冷ガスがコイルを通過して送られると、水103は氷結し、それによって蒸発器102上に氷として形成される。実際には、水115は、蒸発器102の上に滝のように落ち、徐々に氷結し、その結果、水103は氷の塊の形になる。水103が氷として形成された後、熱ガスがコイルを通過して送られ、それによって蒸発器102を加熱し、氷をわずかに溶かして、氷、より具体的には氷の形をした水103が除去され得るようにする。

【0023】

蒸発器102は、水103を保持するため、及び水103を立方体形状、または他の所望の形状に形成するためのグリッド (図示せず) を含むこともできる。

【0024】

コンプレッサ104は、動作時に機械的振動105を発生し、ポンプ106は、動作時に機械的振動107を発生する。機械的振動105および機械的振動107はそれぞれ、システム100内の物理的構造体中および水103中を音波108として伝搬する。したがって、音波108は、機械的振動105および機械的振動107のどちらかまたは両方から

10

20

30

40

50

の寄与を含み得る。

【 0 0 2 5 】

センサ 1 1 0、例えば、窪みを有するダイヤフラムは、音波 1 0 8を検出し、それによって検出音波 1 1 7をもたらす検出器である。センサ 1 1 0は、例えば、蒸発器 1 0 2の表面上に、またはセンサ 1 1 0が音波 1 0 8を受けかつ検出することができる任意の場所に位置することができる。音波導管 1 2 0、例えばプラスチック管が、センサ 1 1 0からの検出音波 1 1 7をマイクロホン 1 4 0に結合する。マイクロホン 1 4 0は、検出音波 1 1 7をアナログ電気信号 1 2 2に変換する。処理モジュール 1 4 5は、アナログ電気信号 1 2 2を受け取り、アナログ電気信号 1 2 2をデジタル信号に変換し、そしてデジタル信号を解析し、それによって検出音波 1 1 7を効果的に解析する。

10

【 0 0 2 6 】

処理モジュール 1 4 5は、処理モジュール 1 4 5による検出音波 1 1 7の解析に基づいて、水 1 0 3が氷を形成しているかどうかを判断し、そうであれば、蒸発器 1 0 2から水 1 0 3を氷として除去するために信号 1 2 4を出力する。より具体的には、処理モジュール 1 4 5が、水 1 0 3が氷を形成していると判断すると、処理モジュール 1 4 5はリレー 1 5 0に信号 1 2 4を出力し、次にリレー 1 5 0はソレノイド 1 6 0を励磁する作動信号 1 5 5を出力する。ソレノイド 1 6 0を励磁すると、熱ガスが蒸発器 1 0 2のコイルを通過して送られ、それによって水 1 0 3はわずかに溶け、蒸発器 1 0 2から解放される。氷の除去は収穫とも称される。

【 0 0 2 7 】

20

上述したように、音波 1 0 8は、機械的振動 1 0 5および機械的振動 1 0 7のどちらかまたは両方からの寄与を含むことができる。したがって、機械的振動 1 0 5または機械的振動 1 0 7は、音波 1 0 8の源となりえ、それゆえに、処理モジュール 1 4 5によって実行される解析のための検出音波 1 1 7の音源となりえる。

【 0 0 2 8 】

機械的振動 1 0 5および機械的振動 1 0 7はそれぞれ固有のものであり、したがって、コンプレッサ 1 0 4およびポンプ 1 0 6にそれぞれ固有のスペクトルの特徴をもたらす。処理モジュール 1 4 5は検出音波 1 1 7を解析し、コンプレッサ 1 0 4およびポンプ 1 0 6の動作に関するいくつかの結論を引き出す。例えば、処理モジュール 1 4 5は、システム 1 0 0の他の構成要素と通信することにより、システム 1 0 0がどの製氷段階で動作しているかを知るとともに、コンプレッサ 1 0 4がいつ ON になるべきか、そしてコンプレッサ 1 0 4がいつ OFF になるべきかをも知る。したがって、処理モジュール 1 4 5は、処理モジュール 1 4 5による検出音波 1 1 7の解析に基づいて、コンプレッサ 1 0 4が、コンプレッサ 1 0 4の適切な時点で ON になるか OFF になるかをも判断する。処理モジュール 1 4 5が、コンプレッサ 1 0 4が適切に動作していないと判断した場合、処理モジュール 1 4 5は警報信号 1 6 5を発信する。警報信号 1 6 5は、例えば、ユーザインタフェース（図 1 に示されていない）上の故障表示器として、明示することができる。処理モジュール 1 4 5はポンプ 1 0 6の動作に対しても同様の判断を行い、警報信号 1 6 5はポンプ 1 0 6の動作状態を表示する。

30

【 0 0 2 9 】

40

図 2 は、制御盤 1 3 0の機能ブロック図であり、処理モジュール 1 4 5のさらなる詳細を示す。処理モジュール 1 4 5は、マイクロコントローラ 2 0 5およびデジタル信号処理モジュール 2 1 0を含む。

【 0 0 3 0 】

上述したように、処理モジュール 1 4 5は、マイクロホン 1 4 0からアナログ電気信号 1 2 2を受け取る。マイクロコントローラ 2 0 5は、アナログ電気信号 1 2 2を増幅しかつフィルタにかけるためのアナログ回路（図示せず）と、アナログ電気信号 1 2 2をデジタル信号 2 0 8に変換するアナログ・デジタル・コンバータ（A / D）（図示せず）と、を含む。したがって、デジタル信号 2 0 8は検出音波 1 1 7のデジタル表現である。デジタル信号処理モジュール 2 1 0は、デジタル信号 2 0 8を受け取り、デジタル信号 2 0 8

50

を、本明細書では氷センシングプロセス 2 1 5 およびシステム診断プロセス 2 2 0 に指定されている方法に従って処理する。

【 0 0 3 1 】

氷センシングプロセス 2 1 5 によれば、デジタル信号処理モジュール 2 1 0 は、デジタル信号 2 0 8 を解析して水 1 0 3 が氷を形成しているかどうかを判断し、そうであれば、リレー 1 5 0 に信号 1 2 4 を出力し、次にリレー 1 5 0 は作動信号 1 5 5 を出力する。氷センシングプロセス 2 1 5 については、図 3 A および図 3 B を参照しながら以下でより詳細に説明する。

【 0 0 3 2 】

システム診断プロセス 2 2 0 によれば、デジタル信号処理モジュール 2 1 0 は、デジタル信号 2 0 8 を解析してコンプレッサ 1 0 4 およびポンプ 1 0 6 の動作に関する結論を引き出し、必要に応じて警報信号 1 6 5 を発信する。システム診断プロセス 2 2 0 については、図 4 を参照しながら以下でより詳細に説明する。

【 0 0 3 3 】

いくつかの状況では、管または連結器を通じて、あるいは一構成要素が別の構成要素と偶発的に接触することにより音を伝える際に、問題が起こる可能性がある。この種の問題は、誤った収穫信号を引き起こす可能性がある。これらの問題は、センサ 1 1 0 を有するプローブにマイクロホン 1 4 0 を埋め込むことにより、すなわち、氷（すなわち、水体）または蒸発器と接触した状態になる、あるいは氷（すなわち、水体）または蒸発器にごく接近して、例えば 0 . 5 インチ未満のところに位置する一体型センサマイクロホンにより、回避することができる。

【 0 0 3 4 】

例えば、図 1 に示されている構成要素の状況では、マイクロホン 1 4 0 およびセンサ 1 1 0 は互いに一体化され、それによって一体型センサマイクロホンを得ることができる。しがたって、制御盤 1 3 0 上のマイクロホン 1 4 0 は不要であり、音波導管 1 2 0 も不要である。一体型センサマイクロホンは、センサ 1 1 0 からマイクロホン 1 4 0 への音の伝達に伴う問題を回避し、それによって外来のノイズおよび振動が音波導管 1 2 0 を通じて制御盤 1 3 0 に至る可能性をなくし、信号対ノイズ比を改善する。加えて、一体型センサマイクロホン全体は、水分がセンサ 1 1 0 またはマイクロホン 1 4 0 に入り、それによってセンサ 1 1 0 またはマイクロホン 1 4 0 の性能に悪影響を及ぼす可能性をなくすために、気密密封することができる。

【 0 0 3 5 】

一体型センサマイクロホンに代わるものが、マイクロホン 1 4 0 の代わりに加速度計を使用する一体型センサ加速度計 (i n t e g r a t e d s e n s o r a c c e l e r o m e t e r) である。一体型センサ加速度計では、加速度計は、センサ 1 1 0 を通じて伝達される振動を測定するために使用される。加速度計は、振動エネルギーを、制御盤 1 3 0 に伝達される電気信号に変換する。

【 0 0 3 6 】

一体型センサマイクロホンまたは一体型センサ加速度計は、センシングプローブと見なされ、独立したセンサ 1 1 0 に代えて蒸発器 1 0 2 上に配置することができる。センシングプローブは、処理モジュール 1 4 5 へ入力される、アナログ電気信号 1 2 2 と同様の電気信号を生成する。この種のセンシングプローブの例示的な一実施形態について、図 6 ~ 図 8 を参照しながら以下でより詳細に説明する。

【 0 0 3 7 】

図 3 A および図 3 B は共に、氷センシングプロセス 2 1 5 の流れ図である。上述のように、氷センシングプロセス 2 1 5 によれば、デジタル信号処理モジュール 2 1 0 は、水 1 0 3 が氷を形成したかどうかを判断するためにデジタル信号 2 0 8 を解析する。氷センシングプロセス 2 1 5 はステップ 3 1 0 で開始する。

【 0 0 3 8 】

ステップ 3 1 0 では、システム 1 0 0 はシステム 1 0 0 の氷結段階を開始する。したが

10

20

30

40

50

って、水 1 1 5 が蒸発器 1 0 2 の上に滝のように落ち、水 1 0 3 が氷結されている。センサ 1 1 0 は音波 1 0 8 を検出し、それによって検出音波 1 1 7 をもたらし、マイクロホン 1 4 0 は検出音波 1 1 7 をアナログ電気信号 1 2 2 に変換する。ステップ 3 1 0 から、氷センシングプロセス 2 1 5 はステップ 3 2 0 に進む。

【 0 0 3 9 】

ステップ 3 2 0 では、マイクロコントローラ 2 0 5 内の A / D は、アナログ電気信号 1 2 2 をあるサンプリング周波数、例えば 2 . 5 キロヘルツ (k H z) でサンプリングし、アナログ電気信号 1 2 2 をデジタル信号 2 0 8 に変換する。検出音波 1 1 7 は、時間領域信号、すなわち、時間の関数としての大きさである。デジタル信号 2 0 8 は検出音波 1 1 7 のデジタル表現であり、したがって、時間領域信号でもある。

10

【 0 0 4 0 】

検出音波 1 1 7 の大きさは音波 1 0 8 の大きさに依存し、次に音波 1 0 8 は機械的振動 1 0 5 および機械的振動 1 0 7 の大きさに依存し、したがってシステム 1 0 0 のサイズなどの物理的要因に依存する。したがって、検出音波 1 1 7 の大きさおよび検出音波 1 1 7 の大きさから導出される量は、システム 1 0 0 のサイズに依存する。

【 0 0 4 1 】

ステップ 3 2 0 から、氷センシングプロセス 2 1 5 はステップ 3 3 0 に進む。

【 0 0 4 2 】

ステップ 3 3 0 では、デジタル信号処理モジュール 2 1 0 は、デジタル信号 2 0 8 を時間領域信号から周波数領域信号に、すなわち、周波数の関数として大きさに変換する。より具体的には、デジタル信号処理モジュール 2 1 0 はデジタル信号 2 0 8 に対して F F T を実行する。F F T は、検出音波 1 1 7 の周波数成分と各周波数成分の大きさを決定する。例えば、デジタル信号処理モジュール 2 1 0 は、2 5 6 点の F F T を実行し、周波数成分と各周波数成分の大きさを F F T アレイ 3 3 2 に保存する。ステップ 3 3 0 から、氷センシングプロセス 2 1 5 はステップ 3 4 0 に進む。

20

【 0 0 4 3 】

ステップ 3 4 0 では、デジタル信号処理モジュール 2 1 0 は、F F T アレイ 3 3 2 から 1 つまたは複数の対象周波数成分とこれらの各周波数成分の大きさを抽出する。例えば、デジタル信号処理モジュール 2 1 0 は、基本周波数成分、基本周波数成分の第 2 高調波および基本周波数成分の第 3 高調波、ならびに、基本周波数、第 2 高調波および第 3 高調波のそれぞれの大きさを抽出する。基本周波数は、例えば、機械的振動 1 0 5 の基本周波数または機械的振動 1 0 7 の基本周波数である。ステップ 3 4 0 から、氷センシングプロセス 2 1 5 はステップ 3 5 0 に進む。

30

【 0 0 4 4 】

機械的振動 1 0 5 の基本周波数および機械的振動 1 0 7 の基本周波数は、コンプレッサ 1 0 4 およびポンプ 1 0 6 の固有の特性であり、したがって事前に知られている。そうでない場合は、これらの基本周波数は、観測を通じて、または氷センシングプロセス 2 1 5 の学習モード時に得ることができる。例えば、機械的振動 1 0 5 の基本周波数を知るために、デジタル信号処理モジュール 2 1 0 は、システム 1 0 0 の他の構成要素と通信することにより、(a) コンプレッサ 1 0 4 を O F F にし、検出音波 1 1 7 の第 1 のスペクトルを評価し、次いで、(b) コンプレッサ 1 0 4 を O N にし、検出音波 1 1 7 の第 2 のスペクトルを評価することになる。機械的振動 1 0 5 の基本周波数は、第 2 のスペクトルの中に優位周波数成分として現れるが、第 1 のスペクトルの中に現れることはない。あるいは、デジタル信号処理モジュール 2 1 0 がコンプレッサ 1 0 4 の O N / O F F 状態を制御するのではなく、システム 1 0 0 は、通常の動作モードで続行し、デジタル信号処理モジュール 2 1 0 にコンプレッサ 1 0 4 が O N または O F F であるときを通知することができる。

40

【 0 0 4 5 】

次の 2 つのステップでは、水 1 0 3 が氷の塊として形をなす前の、氷結段階の初期に、例えば最初の 2 分以内に、デジタル信号処理モジュール 2 1 0 は対象周波数の周囲音響レ

50

ベルを得る。本実施例では、氷結段階の初期は2分間と見なされるが、他の時間長、例えば6分間も可能である。

【0046】

ステップ350では、デジタル信号処理モジュール210は、氷結段階が氷結段階の初期にあるかどうかを検討する。氷結段階が氷結段階の初期にある場合、氷センシングプロセス215はステップ350からステップ354に進む。氷結段階が氷結段階の初期にない場合、氷センシングプロセス215はステップ350からステップ360に分岐する。

【0047】

氷結段階が氷結段階の初期にあるときに実行されるステップ354では、デジタル信号処理モジュール210は、対象周波数成分と対象周波数成分の大きさを閾値アレイ352に保存する。ステップ354から、氷センシングプロセス215はステップ320ヘループバックする。

【0048】

ステップ320ヘループバックし、そしてステップ330、340、350および354を経て進むことにより、対象周波数の周囲音響レベルが繰り返し捕捉され閾値アレイ352に保存される。

【0049】

氷結段階が氷結段階の初期にないときに実行されるステップ360では、閾値アレイ352内の大きさを有する各対象周波数に対して、デジタル信号処理モジュール210は、平均の大きさを計算し、平均の大きさを平均大きさアレイ361に保存する。デジタル信号処理モジュール210は、平均の大きさに、マージン、例えば3デシベル(dB)を加算し、それによって結果的な閾値をもたらし、結果的な閾値を氷検出閾値アレイ362に保存する。したがって、氷検出閾値アレイ362は、各対象周波数に対する結果的な閾値を保持する。ステップ360から、氷センシングプロセス215はステップ365に進む。

【0050】

ステップ365では、デジタル信号処理モジュール210は、センサ110、マイクロホン140（または、マイクロホン140に代えて使用される加速度計）、あるいは、これらの構成要素が互いに一体化される場合に、まとめて氷プローブの故障と呼ばれる、センシングプローブの故障の試験をする。したがって、各対象周波数成分に対して、デジタル信号処理モジュール210は、平均大きさアレイ361内の平均大きさの標準偏差を計算する。各対象周波数成分に対して、標準偏差は、プローブ故障下限閾値363およびプローブ故障上限閾値364と比較される。対象周波数成分のいずれかに対して、標準偏差がプローブ故障下限閾値363を下回るかまたはプローブ故障上限閾値364を上回る場合、センサ110、マイクロホン140（または、マイクロホン140に代えて使用される加速度計）、あるいは、これらの構成要素が互いに一体化される場合に、センシングプローブのうちの1つまたは複数の故障であると見なされる。ステップ365は氷センシングプロセス215の一部として記述されているが、ステップ365はシステム診断220の一部として実行することもできる。

【0051】

上述のように、検出音波117の大きさおよび検出音波117の大きさから導出される量は、システム100のサイズに依存する。したがって、プローブ故障下限閾値363およびプローブ故障上限閾値364の適切な値は、実験を通じて決定されることになる。

【0052】

ステップ365から、試験が合格の場合、すなわち、故障が検出されなかった場合、氷センシングプロセス215はステップ370に進む。試験が不合格の場合、すなわち、故障が検出された場合、氷センシングプロセス215はステップ366に進む。

【0053】

ステップ366では、デジタル信号処理モジュール210は、氷プローブ故障警報を、例えば警報信号165として発信する。ステップ366は氷センシングプロセス215の

10

20

30

40

50

一部として記述されているが、ステップ 366 はシステム診断 220 の一部として実行することもできる。

【0054】

ステップ 370 では、水 103 が氷結し続けるのに伴って、デジタル信号処理モジュール 210 は検出音波 117 の実時間サンプルを捕捉し処理する。より具体的には、デジタル信号処理モジュール 210 は、検出音波 117 から、対象周波数成分と各対象周波数成分の大きさを抽出する。より良い信号対ノイズ比 (SNR)、したがってより良いデータ完全性を得るには、平均実時間大きさが、ある期間にわたって検討され、例えば、1 秒の時間間隔にわたって得られた 5 つの FFT 大きさ値の平均である。ステップ 370 から、氷センシングプロセス 215 はステップ 380 に進む。

10

【0055】

ステップ 380 では、デジタル信号処理モジュール 210 は、対象実時間周波数成分の大きさを、氷検出閾値アレイ 362 内の対象実時間周波数成分の対応する大きさと比較する。この比較が行われているのは、水 103 が氷の塊として十分に形成されたときに、対象周波数の実時間大きさは氷が形成される前の対象周波数の実時間大きさよりも著しく大きいからである。

【0056】

ステップ 380 では、実時間大きさのどれもが、その実時間大きさに対応する氷検出閾値アレイ 362 内の大きさより大きくない場合、デジタル信号処理モジュール 210 は水 103 がまだ十分には氷結されていないという結論を出し、デジタル信号処理モジュール 210 はステップ 370 ヘループバックする。

20

【0057】

ステップ 380 では、対象周波数成分のいずれかに対して、実時間大きさが、その対象周波数成分に対応する氷検出閾値アレイ 362 内の大きさより大きい場合、デジタル信号処理モジュール 210 は水 103 が十分に氷結されているという結論を出し、デジタル信号処理モジュール 210 はステップ 390 に進む。

【0058】

引き続きステップ 380 を参照すると、ステップ 390 に進むのは、対象周波数成分のいずれかに対して、実時間大きさが、その対象周波数成分に対応する氷検出閾値アレイ 362 内の大きさより大きい場合に行われるものとして記述されているが、試験は、他の最小数の対象周波数成分が、それらの対象周波数成分に対応する氷検出閾値アレイ 362 内の大きさより大きい実時間大きさを有することに基づきなされることができる。例えば、試験には、3 つの対象周波数成分のうちの少なくとも 2 つが、それらの対象周波数成分に対応する氷検出閾値アレイ 362 内の大きさより大きい実時間大きさを有していることが必要となり得る。

30

【0059】

ステップ 390 では、デジタル信号処理モジュール 210 はリレー 150 に信号 124 を出力し、リレー 150 は作動信号 155 を出力してソレノイド 160 を励磁する。ソレノイド 160 を励磁すると、蒸発器 102 から氷の形をした水 103 を収穫する、すなわち除去することになる。

40

【0060】

図 4 は、システム診断プロセス 220 の流れ図である。上述のように、システム診断プロセス 220 によれば、デジタル信号処理モジュール 210 は、デジタル信号 208 を解析してコンプレッサ 104 およびポンプ 106 の動作に関する結論を引き出し、必要に応じて警報信号 165 を発信する。手短に言えば、デジタル信号処理モジュール 210 は、システム 100 内の装置の音響シグネチャ (acoustic signatures) を評価して、装置が適切なときに付勢しているかどうかを判断する。以下では、システム診断プロセス 220 は、コンプレッサ 104 およびポンプ 106 の動作に関して記述されている。しかしながら、システム診断プロセス 220 は、機械的振動を生成するシステム 100 内の任意の装置 (例えば、放出弁、収穫ソレノイド、および水入口弁) の動作を評

50

価するために使用することができる。システム診断プロセス 220 はステップ 410 で開始する。

【0061】

ステップ 410 では、システム診断プロセス 220 は動作を開始する。ステップ 410 から、システム診断プロセス 220 はステップ 420 に進む。

【0062】

ステップ 420 では、デジタル信号処理モジュール 210 は学習モードで動作し、デジタル信号処理モジュール 210 は、コンプレッサ 104 およびポンプ 106 によって生成された機械的振動を学習モードで解析し記録する。例えば、システム 100 の他の構成要素と通信することにより、デジタル信号処理モジュール 210 は、コンプレッサ 104 を付勢するか、またはコンプレッサ 104 の付勢を通知される。コンプレッサ 104 は機械的振動 105 を生成し、機械的振動 105 は音波 108 として現れ、センサ 110 によって検出されて検出音波 117 を生成する。デジタル信号処理モジュール 210 は、検出音波 117 を解析してコンプレッサ 104 のスペクトルシグネチャ、すなわち周波数成分および大きさを得る。デジタル信号処理モジュール 210 は、同様の方法で、ポンプ 106 のスペクトルシグネチャを得る。デジタル信号処理モジュール 210 は、コンプレッサ 104 およびポンプ 106 のそれぞれのためのスペクトルシグネチャをスペクトル・シグネチャ・アレイ 425 に保存する。ステップ 420 から、システム診断プロセス 220 はステップ 430 に進む。

【0063】

ステップ 430 では、システム 100 がシステム 100 の通常の製氷サイクル（すなわち、予冷、氷結、収穫、およびパージ）を繰り返しているときに、デジタル信号処理モジュール 210 は FFT を実行し音響データを観測する。より具体的には、デジタル信号処理モジュール 210 は、検出音波 117 を解析して検出音波 117 のスペクトルをもたらす。デジタル信号処理モジュール 210 は、スペクトルをスペクトルアレイ 432 に保存する。ステップ 430 から、システム診断プロセス 220 はステップ 435 に進む。

【0064】

ステップ 435 では、デジタル信号処理モジュール 210 は、コンプレッサ 104 またはポンプ 106 が製氷サイクルの現段階で付勢されるべきかどうかを検討する。すなわち、デジタル信号処理モジュール 210 は、システム 100 の他の構成要素と通信することにより、コンプレッサ 104 またはポンプ 106 が付勢されるべきかどうかを知る。コンプレッサ 104 またはポンプ 106 が付勢されるべきでない場合、システム診断プロセス 220 はステップ 430 へループバックする。コンプレッサ 104 またはポンプ 106 が付勢されるべきである場合、システム診断プロセス 220 はステップ 440 に進む。

【0065】

ステップ 440 では、デジタル信号処理モジュール 210 は、ステップ 430 からのスペクトルが、付勢されるべき装置、すなわちコンプレッサ 104 またはポンプ 106 のスペクトルシグネチャを含むかどうかを判断する。例えば、コンプレッサ 104 が付勢されるべきであるものとする。したがって、デジタル信号処理モジュール 210 は、スペクトルアレイ 432 が、スペクトル・シグネチャ・アレイ 425 に保存されるコンプレッサ 104 のスペクトルシグネチャを含むかどうかを判断する。ステップ 440 から、システム診断プロセス 220 はステップ 450 に進む。

【0066】

ステップ 450 では、スペクトルアレイ 432 が、検討されている装置、例えばコンプレッサ 104 のスペクトルシグネチャを含む場合、デジタル信号処理モジュール 210 はシステム 100 が適切に動作しているという結論を出し、それに応じて、システム診断プロセス 220 はステップ 430 へループバックする。スペクトルアレイ 432 が、検討されている装置のスペクトルシグネチャを含まない場合、デジタル信号処理モジュール 210 はシステム 100 が適切に動作していないという結論を出し、それに応じて、システム診断プロセス 220 はステップ 460 に進む。

【 0 0 6 7 】

引き続きステップ 4 5 0 を参照すると、スペクトル・シグネチャ・アレイ 4 2 5 がコンプレッサ 1 0 4 およびポンプ 1 0 6 のそれぞれのためのスペクトルシグネチャを含んでいることを想起されたい。したがって、それゆえに、デジタル信号処理モジュール 2 1 0 は、検出音響信号 1 1 7 が機械的振動 1 0 5 および機械的振動 1 0 7 のどちらかまたは両方を含むかどうかを判断することができる。これにより、システム診断プロセス 2 2 0 は、コンプレッサ 1 0 4 およびポンプ 1 0 6 からのスペクトル寄与を識別し、コンプレッサ 1 0 4 およびポンプ 1 0 6 のどちらかまたは両方が ON であるかどうかを判断し、したがってコンプレッサ 1 0 4 およびポンプ 1 0 6 のどちらかまたは両方の動作を診断することも可能になる。さらに、デジタル信号処理モジュール 2 1 0 は、検出音響信号 1 1 7 がシステム 1 0 0 内の他の装置からのノイズ寄与またはスペクトル寄与を含む場合でも、これらの判断を行うことができる。

10

【 0 0 6 8 】

ステップ 4 6 0 では、デジタル信号処理モジュール 2 1 0 は警報信号 1 6 5 を発信する。

【 0 0 6 9 】

デジタル信号処理モジュール 2 1 0 は、検討されている装置が ON であると予期される場合に警報信号 1 6 5 を発信するものとして上述されているが、スペクトルアレイ 4 3 2 は検討されている装置のスペクトルシグネチャを含まない。しかしながら、システム診断プロセス 2 2 0 は、装置が OFF であると予期される場合にデジタル信号処理モジュール 2 1 0 が警報信号 1 6 5 を発信するように構成することができ、したがって、スペクトルは装置のスペクトルシグネチャを含むべきではなく、代わりに、スペクトルアレイ 4 3 2 が装置のスペクトルシグネチャを含む。この状況は、例えば、システム 1 0 0 が装置を OFF にしそこなった場合、あるいは装置が装置の ON 状態にはまり込んだ場合に起こりうる。

20

【 0 0 7 0 】

概説すると、システム 1 0 0 は、検出器、すなわちセンサ 1 1 0、およびプロセッサ、すなわち処理モジュール 1 4 5 を含む。センサ 1 1 0 は、水 1 0 3 が製氷機内の構造体、すなわち蒸発器 1 0 2 上で氷結されているときに水体、すなわち水 1 0 3 の中を伝搬している音波 1 0 8 を検出し、それによって検出音波 1 1 7 をもたらす。

30

【 0 0 7 1 】

処理モジュール 1 4 5 は、検出音波 1 1 7 から、(a) 検出音波 1 1 7 の周波数成分、および (b) 周波数成分の大きさを抽出し、大きさが閾値を超えたときに蒸発器 1 0 2 から水 1 0 3 を除去するために、信号、すなわち信号 1 2 4 を出力する。

【 0 0 7 2 】

処理モジュール 1 4 5 はまた、検出音波 1 1 7 を解析して検出音波 1 1 7 のスペクトルをもたらし、スペクトルがスペクトルシグネチャを含むかどうかを判断し、それによって、製氷機内の装置、例えばコンプレッサ 1 0 4 が動作しているときにスペクトルシグネチャが存在するという判断をもたらし、この判断に基づいて警報、すなわち警報信号 1 6 5 を発信する。

40

【 0 0 7 3 】

検出音波 1 1 7 は時間領域信号である。処理モジュール 1 4 5 は、周波数成分および大きさを抽出するために、時間領域信号を周波数領域信号に変換し、周波数領域信号から周波数成分および大きさを得る。

【 0 0 7 4 】

また、システム 1 0 0 では、大きさが比較される対象の閾値は第 1 の閾値と見なすことができ、それに応じて、処理モジュール 1 4 5 はまた、検出音波 1 1 7 から、(a) 周波数成分の高調波、および (b) 高調波の振幅を抽出し、(i) 高調波の振幅が第 1 の閾値を超え、かつ (i i) 高調波の振幅が第 2 の閾値を超えたときに、リレー 1 5 0 に信号 1 2 4 を出力する。

50

【 0 0 7 5 】

システム 1 0 0 は、処理モジュール 1 4 5 が制御盤 1 3 0 に実装された状態で上述されている。したがって、処理モジュール 1 4 5、または処理モジュール 1 4 5 の構成要素のいずれか、具体的にはデジタル信号処理モジュール 2 1 0 は、ハードウェア（例えば、電気回路）またはファームウェア、あるいはこれらを組み合わせたものに実装することができる。さらに、デジタル信号処理モジュール 2 1 0 はソフトウェアに実装され、システム 1 0 0 内の他の構成要素と通信するコンピュータ上で動くことができる。

【 0 0 7 6 】

図 5 は、コンピュータ実装された実施形態のブロック図であり、以下にデジタル信号処理モジュール 2 1 0 のシステム 5 0 0 と称する。システム 5 0 0 は、プロセッサ 5 1 5 およびメモリ 5 2 0 を含むコンピュータ 5 0 5 を含む。システム 5 0 0 は、システム 1 0 0 内の他の構成要素と通信する。

10

【 0 0 7 7 】

プロセッサ 5 1 5 は、命令に応答しかつ命令を実行する論理回路で構成された電気装置である。

【 0 0 7 8 】

メモリ 5 2 0 は、コンピュータプログラムで符号化されたコンピュータ可読メモリである。この関連で、メモリ 5 2 0 は、プロセッサ 5 1 5 の動作を制御するための、プロセッサ 5 1 5 によって読取り可能かつ実行可能なデータおよび命令を保存する。メモリ 5 2 0 は、ランダム・アクセス・メモリ（RAM）、ハードドライブ、読取り専用メモリ（ROM）、フラッシュメモリ、またはそれらを組み合わせたものに実装することができる。メモリ 5 2 0 の構成要素のうちの 1 つがプログラムモジュール 5 2 5 である。

20

【 0 0 7 9 】

プログラムモジュール 5 2 5 は、本明細書に記述されている方法を実行するためにプロセッサ 5 1 5 を制御するための命令を含んでいる。すなわち、プログラムモジュール 5 2 5 からの命令は、プロセッサ 5 1 5 によって読み取られると、プロセッサ 5 1 5 に氷センシングプロセス 2 1 5 およびシステム診断プロセス 2 2 0 の演算を実行させる。

【 0 0 8 0 】

プログラムモジュール 5 2 5 は、本明細書ではメモリ 5 2 0 にインストールされているものとして、したがってソフトウェアに実装されているものとして記述されているが、プログラムモジュール 5 2 5 は、ハードウェア（例えば、電気回路）、ファームウェア、ソフトウェア、またはこれらを組み合わせたもののいずれかに実装することができる。

30

【 0 0 8 1 】

プロセッサ 5 1 5 は、本明細書に記述されている方法、例えば、警報信号 1 6 5 の発信に基づく故障表示器を実行した結果を出力する。別法として、プロセッサ 5 1 5 は、出力をネットワーク（図示せず）経由で遠隔装置（図示せず）へ導くことができる。

【 0 0 8 2 】

プログラムモジュール 5 2 5 は、メモリ 5 2 0 に既にロードされているものとして示されているが、プログラムモジュール 5 2 5 は、メモリ 5 2 0 に後でロードするための記憶媒体 5 3 5 上に構成されてもよい。記憶媒体 5 3 5 は、プログラムモジュール 5 2 5 を保存するコンピュータ可読媒体でもある。記憶媒体 5 3 5 の例としては、フロッピーディスク（登録商標）、コンパクトディスク、磁気テープ、読取り専用メモリ、光学式記憶媒体、ユニバーサル・シリアル・バス（USB（登録商標））フラッシュ・ドライブ、デジタル多目的ディスク、又はジップドライブ（zip drive）などがある。あるいは、記憶媒体 5 3 5 は、リモート記憶システム上に位置しかつネットワーク（図示せず）経由でコンピュータに結合されているランダム・アクセス・メモリ、または他の種類の電子記憶装置とすることもできる。

40

【 0 0 8 3 】

上述のように、マイクロホン 1 4 0 およびセンサ 1 1 0 は互いに一体化され、それによって一体型センサマイクロホンを得ることができ、一体型センサマイクロホンに代わるも

50

のとして、マイクロホン 140 の代わりに加速度計を用いる一体型センサ加速度計がある。一体型センサマイクロホンも一体型センサ加速度計もセンシングプローブと見なすことができる。

【0084】

図 6 は、蒸発器 102 上のセンシングプローブ 605 の断面図である。センシングプローブ 605 は、センサ 110 の一部として実装されかつ蒸発器 102 上の水 103 と接触するディンプル 610 を含む。

【0085】

図 7 は、蒸発器 102 上のセンシングプローブ 605 の写真である。

【0086】

図 8 は、上面開口部に埋め込まれたマイクロホン 140 を有する一体型センサマイクロホンとして構成されたセンシングプローブ 605 の断面図である。

【0087】

本明細書に記述されている技法は、例示的なものであり、本開示に対するいかなる特定の限定をも含意すると解釈されるべきでない。様々な代替、組合せ、および修正が当業者によって考案され得ることが理解されるべきである。例えば、システム 100 は、水 103 上の様々な位置で音波 108 を検出するための複数のセンサ 110 を含むことができ、本明細書に記述されているプロセスに関連するステップは任意の順序で実行することができ、例えば、ステップ 435 およびステップ 430 の順序は、それらのステップ自体によって特に指定または規定されない限り、逆にすることができる。また、音波 108 は、本明細書では、コンプレッサの機械的振動 105 またはポンプの機械的振動 107 から生じるものとして記述されているが、システム 100 は、処理モジュール 145 によって解析される特定の振動を生成する特殊用途の装置を含むことができる。本開示は、添付の特許請求の範囲内にある、このような代替、修正、および変形をすべて包含するように意図されている。

【0088】

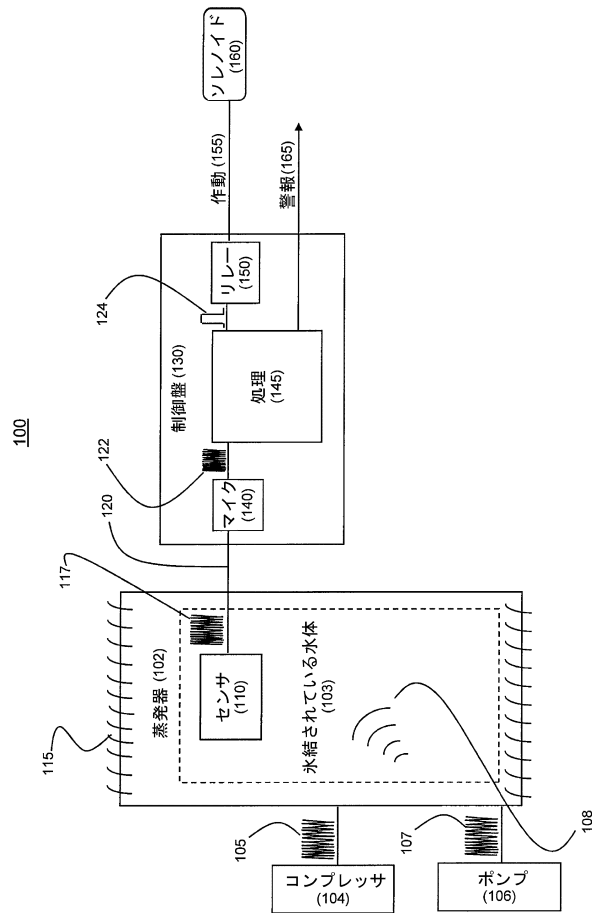
「含む (comprises)」または「含む (comprising)」という用語は、規定された特徴、完全体、ステップ、または構成要素の存在を明記するが、1 つまたは複数の他の特徴、完全体、ステップ、または構成要素、あるいはこれらの群の存在を排除しないと解釈されるべきである。

10

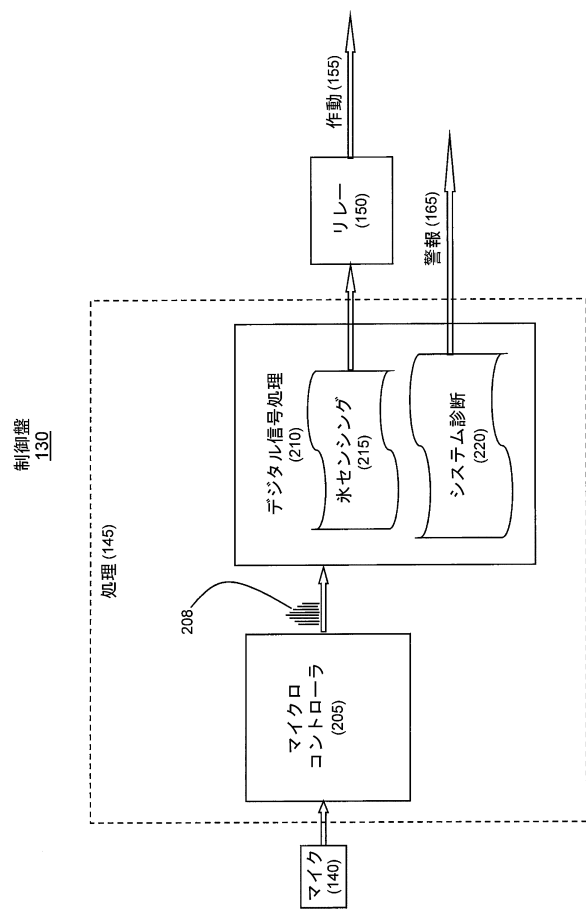
20

30

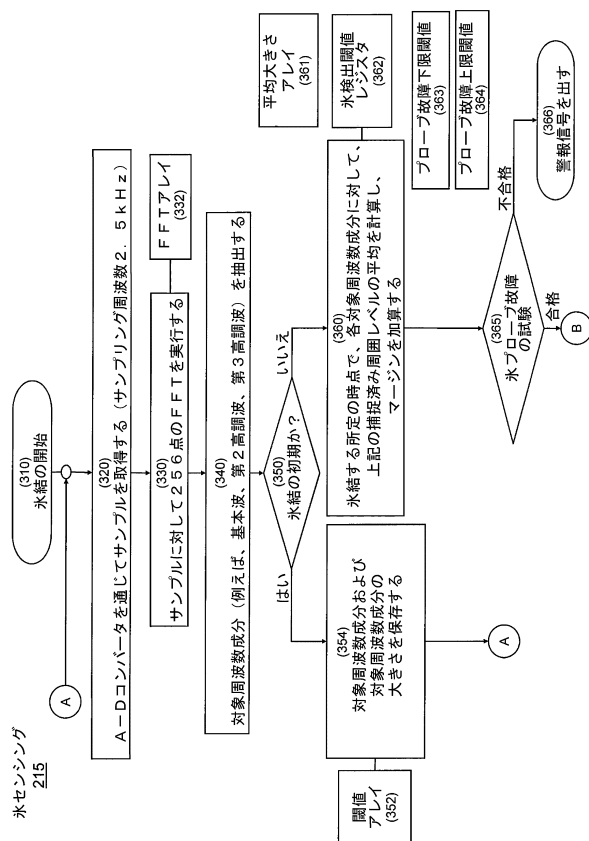
【図 1】



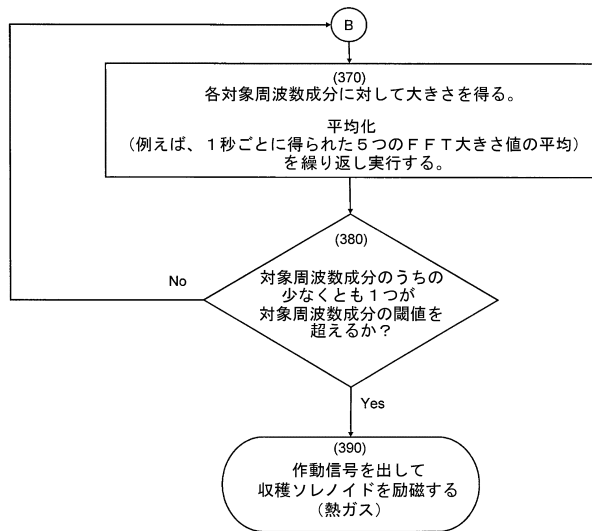
【図 2】



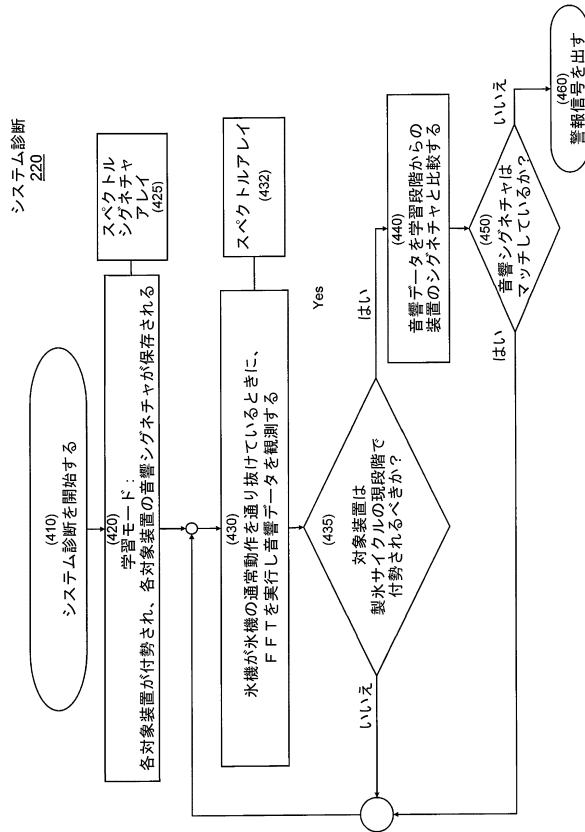
【図 3 A】



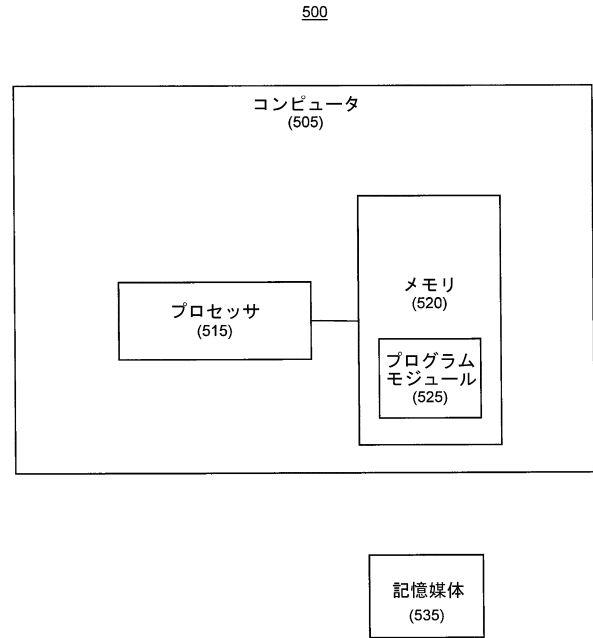
【図 3 B】



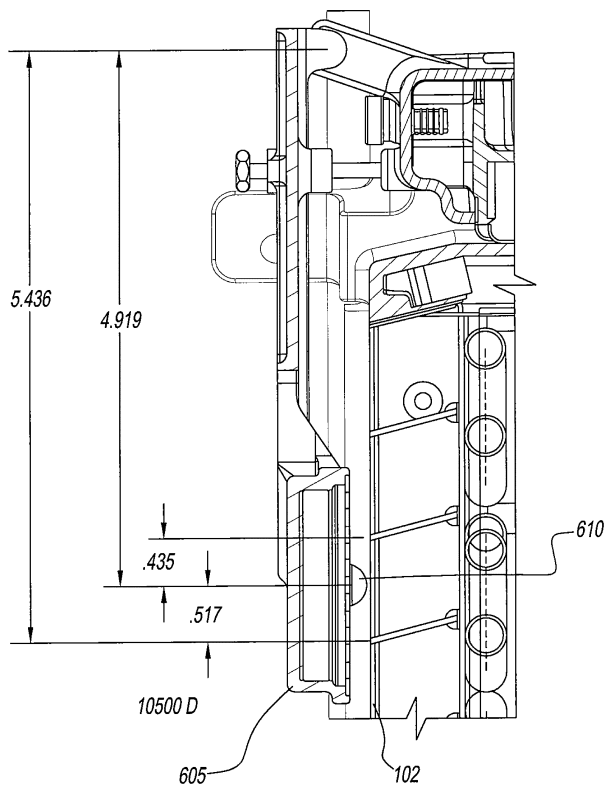
【図 4】



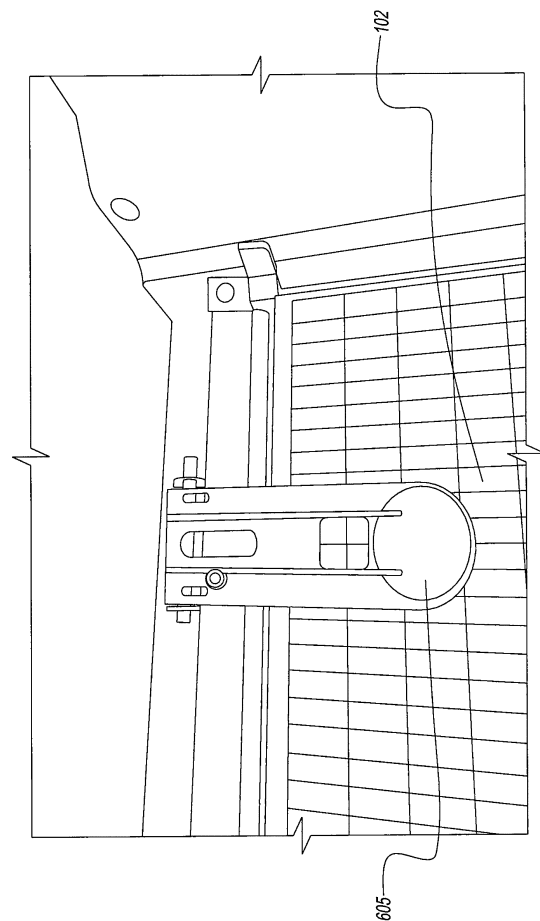
【図 5】



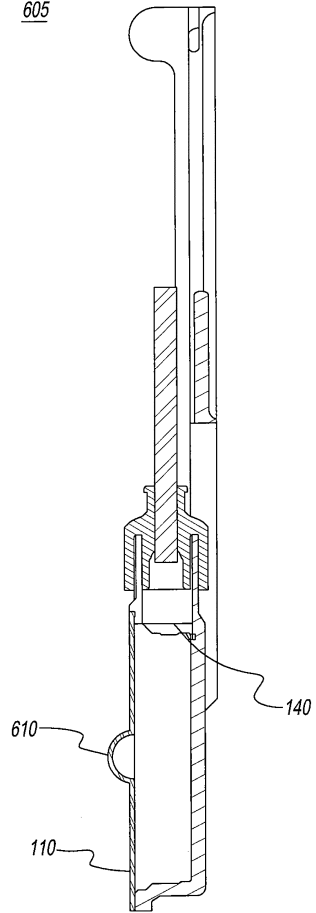
【図 6】



【図 7】



【図 8】

605

フロントページの続き

- (72)発明者 ハーク、レイモンド、アール .
アメリカ合衆国、 5 4 2 2 8 ウィスコンシン、ミシコット、リバーウッド ドライブ 1 4 9
- (72)発明者 スミス、ウィリアム イー .
アメリカ合衆国 5 3 0 8 3 ウィスコンシン、シボイガン、ノース フィフティエス ストリート 4 0 3 2
- (72)発明者 ミューラー、リー、ジー .
アメリカ合衆国、 5 4 2 1 6 ウィスコンシン、キウオーニー、ハイウェイ 4 2、イー . 5 0 4 5

審査官 ▲高▼藤 啓

- (56)参考文献 米国特許出願公開第 2 0 0 6 / 0 2 1 8 9 4 5 (U S , A 1)
国際公開第 2 0 0 8 / 1 4 4 8 6 4 (W O , A 1)
特開平 0 2 - 2 1 2 7 3 4 (J P , A)
米国特許第 0 5 6 2 7 3 1 0 (U S , A)
特表 2 0 0 2 - 5 0 2 0 3 0 (J P , A)
特開 2 0 0 6 - 2 6 6 6 8 8 (J P , A)
特開平 0 7 - 0 6 3 5 4 4 (J P , A)
特開 2 0 0 0 - 3 2 9 6 0 2 (J P , A)
特開平 1 0 - 2 8 1 6 0 6 (J P , A)
特開昭 5 7 - 0 8 7 5 7 8 (J P , A)

- (58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
F 2 5 C 1 / 0 0