

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6399614号
(P6399614)

(45) 発行日 平成30年10月3日 (2018. 10. 3)

(24) 登録日 平成30年9月14日 (2018. 9. 14)

(51) Int. Cl.

F I

A 6 1 B 5/0245 (2006. 01)
 A 6 1 B 5/029 (2006. 01)
 A 6 1 B 5/097 (2006. 01)
 A 6 1 B 5/087 (2006. 01)

A 6 1 B 5/0245 1 0 0 Z
 A 6 1 B 5/029
 A 6 1 B 5/097
 A 6 1 B 5/087

請求項の数 6 (全 30 頁)

(21) 出願番号 特願2016-573411 (P2016-573411)
 (86) (22) 出願日 平成28年2月3日 (2016. 2. 3)
 (86) 国際出願番号 PCT/JP2016/053293
 (87) 国際公開番号 W02016/125842
 (87) 国際公開日 平成28年8月11日 (2016. 8. 11)
 審査請求日 平成29年8月3日 (2017. 8. 3)
 (31) 優先権主張番号 特願2015-19748 (P2015-19748)
 (32) 優先日 平成27年2月3日 (2015. 2. 3)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)
 (31) 優先権主張番号 特願2015-19747 (P2015-19747)
 (32) 優先日 平成27年2月3日 (2015. 2. 3)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(73) 特許権者 504139662
 国立大学法人名古屋大学
 愛知県名古屋市千種区不老町 1 番
 (74) 代理人 100085361
 弁理士 池田 治幸
 (74) 代理人 100147669
 弁理士 池田 光治郎
 (72) 発明者 川部 勤
 愛知県名古屋市千種区不老町 1 番 国立大
 学法人名古屋大学内
 (72) 発明者 式田 光宏
 愛知県名古屋市千種区不老町 1 番 国立大
 学法人名古屋大学内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 心拍信号検出装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

生体の心拍信号を検出する心拍信号検出装置であって、
 前記生体の気管を通過する呼気および吸気の流量を検出するための気流センサと、
 前記気流センサからの出力信号に基づいて前記生体の呼吸運動を反映する呼吸信号を出力する気体流量算出制御部と、
 前記気体流量算出制御部から出力された呼吸信号からその呼吸信号に重畳する前記生体の心臓の拍動に同期する複数の周波数成分を抽出し、その複数の周波数成分から前記生体の心拍波形を示す心拍信号を出力する波形解析制御部と、
 前記波形解析制御部により解析された心拍信号の波形に基づいて前記心臓の機能異常、
 或いは解剖学的異常を評価する心拍信号評価制御部と
 を、含むことを特徴とする心拍信号検出装置。

【請求項 2】

前記気流センサは、前記生体の鼻および口を覆うマスク、生体の気管に挿入される気管内挿管チューブ、そのマスクや気管内挿管チューブと人工呼吸器とを接続する接続管のいずれかに設けられる

ことを特徴とする請求項 1 の心拍信号検出装置。

【請求項 3】

前記気流センサは、温度に応じて電気抵抗が変化する電気抵抗素子で構成されたヒータ素子を内面に形成した回路基材フィルムを、前記気体流れる管内にその内壁面に沿い且

10

20

つその内壁面に対して所定の空隙を隔てて装着し、通電加熱される前記ヒータの電気抵抗がその管内を流れる気体流速に応じて変化することに基づいて前記管内の気体流速を検出するものである

ことを特徴とする請求項 1 又は 2 の心拍信号検出装置。

【請求項 4】

前記ヒータ素子を 4 抵抗素子の 1 つまたは 2 つとして含むブリッジ回路を有する気体流速計測回路を備え、

前記気体流算出制御部は、前記ヒータ素子の抵抗値を反映する気体流速計測回路の出力信号と気体流速または気体流量との間の予め記憶された関係からその気体流速計測回路の出力信号に基づいて気体流速または気体流量を算出する

10

ことを特徴とする請求項 3 の心拍信号検出装置。

【請求項 5】

前記波形解析制御部は、前記気体流算出制御部から出力された呼吸信号からその呼吸信号に重畳する前記生体の心臓の拍動に同期する周波数成分を除去し、前記生体の胸郭および横隔膜由来の肺気量成分を表す換気成分信号を出力する

ことを特徴とする請求項 1 から請求項 4 のいずれか 1 項に記載の心拍信号検出装置。

【請求項 6】

前記波形解析制御部は、前記気体流算出制御部から出力された呼吸信号に重畳する前記生体の心臓の拍動に同期する複数の周波数成分をフーリエ変換により抽出し、その複数の周波数成分から逆フーリエ変換を用いて前記心拍信号を合成するものである

20

ことを特徴とする請求項 1 から 5 のいずれか 1 に記載の心拍信号検出装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、生体に貼着した電極を用いることなく、生体の心臓の拍出作動を反映した心拍信号を簡便に検出可能であり、さらに好適には、心臓の生理的機能の評価も可能な心拍信号検出装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

生体の心拍信号は、重要な生体情報である。従来では、生体に貼着した複数の ECG 電極を通して得られる心電図を心拍信号として検出する心電誘導装置が用いられていた。たとえば、特許文献 1 および特許文献 2 に記載された装置がそれである。この心電図は、心電誘導波形或いは ECG 波形とも称されており、それに含まれる R 波は極めて明瞭なパルス形状を有する特徴があるために検出が容易であり、医療現場における一般的な患者監視に際しては心拍信号の代替えとして比較的信頼性が得られている。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2001 - 198097 号公報

【特許文献 2】特開 2002 - 034943 号公報

40

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、患者が乳幼児である場合には、皮膚が弱く、心電計測を目的として上記 ECG 電極を長時間皮膚に貼りつけることが難しいという問題がある他、心電誘導波形は実際の心臓の容積変化すなわち心拍出量を反映するものではなく、心電誘導波形が発生していると言っても無脈性電気活動のように必ずしも心臓の拍出が行なわれているとは限らないため、状況によっては救急救命現場では心拍信号として信頼性のあるものとして取り扱うことができないという問題があった。また、心電誘導波形を用いるだけでは、心拍数を変化させるだけでなく心拍出量を変化させる循環器系の薬の臨床的な評価が困難である

50

という問題もあった。

【 0 0 0 5 】

本発明は以上の事情を背景として為されたものであり、その目的とするところは、生体に貼着する E C G 電極を用いることなく、生体の心臓の拍出作動、好適には拍出量をも反映した心拍信号を容易に検出できる心拍信号検出装置を提供することにある。

【 0 0 0 6 】

本発明者等は、以上の事情を背景として種々検討を重ねるうち、生体の肺に吸気される吸気量およびその肺から排気される呼気量の経時的変化を示す肺の呼吸波形すなわち換気波形を詳細に検討すると、その肺の換気波形には心拍に同期して脈動する脈動成分が重畳されている点、その脈動成分は肺の心臓の容積変化に対応するものである点を見出した。すなわち、肋骨、胸骨、胸椎で囲まれた比較的剛性の高い胸郭とその胸郭の下方開口部を塞ぐ横隔膜とにより隔絶された胸腔内には肺および心臓が収容されており、拍動による心臓の容積変化は、呼吸運動による肺の容積変化よりも小さいけれども、運動周期が短いため、肺の換気波形に明確に重畳されるので、生体の口元ならびに鼻腔を含む気道における気体流量である換気波形を検出すれば、それから心拍信号が抽出されることを見出した。本発明は、斯かる知見に基づいて為されたものである。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 7 】

すなわち、本発明の要旨とするところは、(a) 生体の心拍信号を検出する心拍信号検出装置であって、(b) 前記生体の気管を通過する呼気および吸気の流量を検出するための気流センサと、(c) 前記気流センサからの出力信号に基づいて前記生体の呼吸運動を反映する呼吸信号を出力する気体流算出制御部と、(d) 前記気体流算出制御部から出力された呼吸信号からその呼吸信号に重畳する前記生体の心臓の拍動に同期する複数の周波数成分を抽出し、その複数の周波数成分から前記生体の心拍波形を示す心拍信号を出力する波形解析制御部と、(e) 前記波形解析制御部により解析された心拍信号の波形に基づいて前記心臓の機能異常、或いは解剖学的異常を評価する心拍信号評価制御部とを、含むことにある。

【発明の効果】

【 0 0 0 8 】

このようにすれば、波形解析制御部により、前記気体流算出制御部から出力された呼吸信号からその呼吸信号に重畳する前記生体の心臓の拍動に同期する複数の周波数成分が抽出され、その複数の周波数成分から前記生体の心拍波形を表す心拍信号が出力される。このため、その心拍信号を用いることにより、生体に貼着する E C G 電極を用いることなく、生体の心臓の拍出を表す心拍信号を容易に検出することができる。すなわち、皮膚が弱く、心電計測を目的として上記 E C G 電極を長時間皮膚に貼りつけることが難しい乳幼児であっても、容易に心拍信号を得ることができる。また、実際の心臓の容積変化すなわち心拍出量を反映した心拍信号を得ることができるので、心電誘導波形を用いる従来に比較して、心臓の拍動の有無を高い信頼性で確認でき、救急救命現場での医療処置が速やかに行なわれ得るとともに、心拍数を変化させるだけでなく心拍出量を変化させる循環器系の薬の臨床的な評価が可能となるという効果も得られる。また、前記波形解析制御部により解析された心拍信号の波形に基づいて前記心臓の機能異常、或いは解剖学的異常を評価する心拍信号評価制御部を備えるので、心拍信号の波形が得られるだけでなく、その心拍信号の波形に基づいて前記心臓を構成する 2 房 2 室の機能異常、或いは解剖学的異常を知ることができる。この心拍信号評価制御部は、たとえば前記波形解析制御部により解析された心拍信号と予め記憶された異常評価パターンとの相関係数を算出し、その相関係数が予め設定された判定値を超えたことに基づいて前記心臓の機能異常、或いは解剖学的異常を評価する。

【 0 0 0 9 】

ここで、好適には、前記気流センサの装着場所は、前記生体の呼気および吸気の気体流を検出できる部位であれば、気管のみならず鼻孔内や生体外などいずれの部位であっても

10

20

30

40

50

差し支えない。たとえば、前記生体の気管に挿入される気管内挿管チューブが用いられる場合は、その気管内挿管チューブまたはその気管内挿管チューブと人工呼吸器とを接続する接続管のように生体外に設けられる。また、前記生体の鼻および口を覆うように装着されたマスクや経鼻カニューラが用いられる場合には、前記気流センサは、そのマスク又は経鼻カニューラ内またはそのマスク又は経鼻カニューラと人工呼吸器との間の接続管に設けられる。

【 0 0 1 0 】

また、好適には、前記気流センサは、温度に応じて電気抵抗が変化する電気抵抗素子たとえば白金抵抗素子、又は、金抵抗素子などで構成されたヒータ素子を内面に形成した回路基材フィルムを、前記気体が流れる管内にその内壁面に沿い且つその内壁面に対して所定の空隙を隔てて装着し、通電加熱される前記ヒータの電気抵抗がその管内を流れる気体流速に応じて変化することに基づいて前記管内の気体流速を検出するものである。また、好適には、前記ヒータと前記管との間に、前記ヒータから前記管方向に伝わる熱絶縁を図るための空間が形成されている。このように構成されることにより、フレキシブルな材料で構成された管であっても、その管内壁形状に沿い且つその内壁面に対して所定の空隙を隔てて前記ヒータをその管内壁に装着しているために、気体流速を点ではなく線で検出するために、曲がりくねった配管でも流量を計測できるとともに、ヒータと管との間に熱絶縁用の空間が形成されているために、ヒータ自体の熱容量で熱に対する応答性が決まり、その結果、100ミリ秒以下の高速応答を実現できるようになる。

【 0 0 1 1 】

また、好適には、前記ヒータ素子を4抵抗素子の1つまたは2つとして含むブリッジ回路を有する気体流速計測回路を備え、前記気体流算出制御部は、前記ヒータ素子の抵抗値を反映する気体流速計測回路の出力信号と気体流速または気体流量との間の予め記憶された関係からその気体流速計測回路の出力信号に基づいて気体流速または気体流量を算出する。

【 0 0 1 2 】

また、好適には、前記波形解析制御部は、前記気体流算出制御部から出力された呼吸運動すなわち肺気量全体を反映する呼吸信号から、その呼吸信号に重畳する前記生体の心臓の拍動に由来して脈動する肺気量成分の周波数成分を除去し、前記生体の胸郭および横隔膜由来の肺気量成分を表す換気成分信号を出力する。このようにすれば、前記呼吸信号と前記心拍信号とが同時に得られるので、単一の装置で心機能を反映する呼吸心拍監視が可能となり、時間、場所、人的制約のある救急救命での医療業務を短時間に遂行できる利点がある。

【 0 0 1 3 】

また、好適には、前記波形解析制御部は、前記気体流算出制御部から出力された呼吸信号に重畳する前記生体の心臓の拍動に同期する複数の周波数成分をフーリエ変換により抽出し、その複数の周波数成分から逆フーリエ変換を用いて前記心拍信号を合成するものである。

【 0 0 1 4 】

また、好適には、(a)前記気流センサを含み、可撓性シースの先端部における気道内の気体流量を測定するための気道内気体流量測定装置であって、(b)前記可撓性シースに通される気流測定用カテーテルの先端部に一体または別体に設けられた円筒状の第1センサ基材と、(c)前記第1センサ基材の外周面に円筒状に巻かれた状態で固定された可撓性の第1回路基材フィルムと、(d)前記第1回路基材フィルムの外周面に形成された1または2の第1ヒータ素子とを有する前記気流センサと、(e)前記流体測定用カテーテル内を通して設けられた操作ワイヤと、(f)先端部および後端部が互いに束ねられた複数本の弾性ワイヤから構成されて前記操作ワイヤの先端部に設けられ、前記流体測定用カテーテルの先端から突き出されることで拡張する拡張バスケットとを、含むことにある。このように構成された気道内気体流量測定装置によれば、第1センサ基材の外周面に円筒状に巻かれた状態で固定された可撓性の第1回路基材フィルムの外周面に第1ヒータ素

子が形成されるとともに、流体測定用カテーテル内を通る操作ワイヤが突き出し操作されることで拡張する拡張バスケットが、第1気流センサを気道内の中央に位置させることから、一端がカテーテルに固定された円筒状のセンサ基材の側面に形成された通気穴と他端の開口との間を測定気体に通される形式の従来に比較して、気道内の流通抵抗が小さくなり、しかも気道内の粘液の滞留や詰まりが発生し難い構造であるので、気体流量が正確かつ容易に測定される。

【0015】

また、好適には、(a)前記気流センサを含み、可撓性シースの先端部における気道内の気体流量を測定するための気道内気体流量測定装置であって、(b)前記流体測定用カテーテル内を通して設けられた操作ワイヤと、(c)先端部および後端部が互いに束ねられた複数本の弾性ワイヤから構成されて前記操作ワイヤの先端部に設けられ、前記流体測定用カテーテルの先端から突き出されることで拡張する拡張バスケットと、(d)前記拡張バスケットの先端部に設けられた円柱状或いは円筒状の第2センサ基材と、(e)その第2センサ基材の外周面に円筒状に巻かれた状態で固定された可撓性の第2回路基材フィルムと、(f)その第2回路基材フィルムの外周面に形成された1または2の第2ヒータ素子とを有する前記気流センサとを、含むことにある。このように構成された気道内気体流量測定装置によれば、第2センサ基材の外周面に円筒状に巻かれた状態で固定された可撓性の第2回路基材フィルムの外周面に第2ヒータ素子が形成されるとともに、流体測定用カテーテル内を通る操作ワイヤが突き出し操作されることで拡張する拡張バスケットが、第2気流センサを気道内の中央に位置させることから、一端がカテーテルに固定された円筒状のセンサ基材の側面に形成された通気穴と他端の開口との間を測定気体に通される形式の従来に比較して、気道内の流通抵抗が小さくなり、しかも気管支内の粘液の滞留や詰まりが発生し難い構造であるので、気体流量が正確かつ容易に測定される。

【0016】

また、好適には、(a)前記気流センサを含み、可撓性シースの先端部における気道内の気体流量を測定するための気道内気体流量測定装置であって、(b)前記気流測定用カテーテルの先端部に一体または別体に設けられた円筒状の第1センサ基材と、(c)前記第1センサ基材の外周面に円筒状に巻かれた状態で固定された可撓性の第1回路基材フィルムと、(d)前記第1回路基材フィルムの外周面に形成された1または2の第1ヒータ素子とを有する第1気流センサと、前記流体測定用カテーテル内を通して設けられた操作ワイヤと、(e)先端部および後端部が互いに束ねられた複数本の弾性ワイヤから構成されて前記操作ワイヤの先端部に設けられ、前記流体測定用カテーテルの先端から突き出されることで拡張する拡張バスケットと、(f)前記拡張バスケットの先端部に設けられた円柱状或いは円筒状の第2センサ基材と、(g)前記第2センサ基材の外周面に円筒状に巻かれた状態で固定された可撓性の第2回路基材フィルムと、(h)前記第2回路基材フィルムの外周面に形成された1または2の第2ヒータ素子とを有する第2気流センサとを、含むことにある。このように構成された気道内気体流量測定装置によれば、第1センサ基材の外周面に円筒状に巻かれた状態で固定された可撓性の第1回路基材フィルムの外周面に第1ヒータ素子が形成されるとともに、第2センサ基材の外周面に円筒状に巻かれた状態で固定された可撓性の第2回路基材フィルムの外周面に第2ヒータ素子が形成され、流体測定用カテーテル内を通る操作ワイヤが突き出し操作されることで拡張する拡張バスケットが、第1気流センサおよび第2気流センサを気道内の中央に位置させることから、一端がカテーテルに固定された円筒状のセンサ基材の側面に形成された通気穴と他端の開口との間を測定気体に通される形式の従来に比較して、気道内の流通抵抗が小さくなり、しかも気道内の粘液の滞留や詰まりが発生し難い構造であるので、気体流量が正確かつ容易に測定される。また、気道内において、拡張バスケットの両側に第1気流センサおよび第2気流センサが設けられるので、第1ヒータ素子および第2ヒータ素子のうちの気道内で気体の上流側に位置するヒータ素子を用いて気体流量を測定することにより、拡張バスケットによって乱されずかつ上流側のヒータ素子による温度ノイズのない気流を用いて一層正確に気体流量が測定される。

【 0 0 1 7 】

また、好適には、前記可撓性の第 1 回路基材フィルムは、スペーサを介して前記第 1 センサ基材の外周面に円筒状に巻かれた状態で固定されることにより、その第 1 回路基材フィルムのうちの少なくとも前記第 1 ヒータ素子が形成されている部分と前記第 1 センサ基材の外周面との間に隙間が形成されている。これにより、第 1 回路基材フィルムに形成された前記第 1 ヒータ素子と前記第 1 センサ基材との間の断熱が高められるので、一層正確に気体流量が測定される。また、第 1 ヒータ素子自体の熱容量で熱に対する応答性が定まるので、高速応答が得られる。

【 0 0 1 8 】

また、好適には、前記可撓性の第 2 回路基材フィルムは、スペーサを介して前記第 2 センサ基材の外周面に円筒状に巻かれた状態で固定されることにより、その第 2 回路基材フィルムのうちの少なくとも前記第 2 ヒータ素子が形成されている部分と前記第 2 センサ基材の外周面との間に隙間が形成されている。これにより、第 2 回路基材フィルムに形成された前記第 2 ヒータ素子と前記第 2 センサ基材との間の断熱が高められるので、一層正確に気体流量が測定される。また、第 2 ヒータ素子自体の熱容量で熱に対する応答性が定まるので、高速応答が得られる。

【 0 0 1 9 】

また、好適には、前記第 1 回路基材フィルムには、一对の前記第 1 ヒータ素子が形成されている。また、それら一对の第 1 ヒータ素子をそれぞれ含む 4 抵抗素子から成る一对のブリッジ回路とそれら一对のブリッジ回路の出力信号差に対応する出力信号を出力する差動増幅器とを有する第 1 気体流速計測回路と、予め記憶された関係からその出力信号に基づいて前記気道内の気体流量を表す第 1 気体流量信号を算出する第 1 気体流量算出制御部とが、含まれる。この第 1 気体流量信号は、1 呼吸周期内における気道内の気体の流通方向に拘わらず、1 呼吸内の気体流の方向を 1 つの山および谷で表すので、解りやすい気管支内の気体流の方向を示す情報が得られる。また、気体流量は、流れの上流側に位置する側のヒータ素子を有するブリッジ回路の出力から算出することができる。

【 0 0 2 0 】

また、好適には、前記第 2 回路基材フィルムには、一对の前記第 2 ヒータ素子が形成されている。また、それら一对の第 2 ヒータ素子をそれぞれ含む 4 抵抗素子から成る一对のブリッジ回路とそれら一对のブリッジ回路の出力信号差に対応する出力信号を出力する差動増幅器とを有する第 2 気体流速計測回路と、予め記憶された関係からその出力信号に基づいて前記気道内の気体流量を表す第 2 気体流量信号を算出する第 2 気体流量算出制御部とが、含まれる。この第 2 気体流量信号は、1 呼吸周期内における気道内の気体の流通方向に拘わらず、1 呼吸内の気体流の方向を 1 つの山および谷で表すので、解りやすい気道内の気体流の方向の情報が得られる。また、気体流量は、流れの上流側に位置する側のヒータ素子を有するブリッジ回路の出力から算出することができる。

【 0 0 2 1 】

また、好適には、(a) 前記気流センサを含み、可撓性シースの先端部における気道内の気体流量を測定するための気道内気体流量測定装置であって、(b) 可撓性シースに通される気流測定用カテーテルの先端部に一体的または別体に設けられた円筒状の第 1 センサ基材と、(c) その第 1 センサ基材の先端から出し入れされる操作ワイヤと、(d) 先端部および後端部が互いに束ねられた複数本の弾性ワイヤから構成されて前記操作ワイヤの先端部に設けられ、前記流体測定用カテーテルの先端から突き出されることで拡張する拡張バスケットと、前記拡張バスケット内において前記操作ワイヤのうち拡張バスケットの長手方向の中央部に位置する部分に円筒状に巻かれた状態で固定された可撓性の第 1 回路基材フィルムと、前記第 1 回路基材フィルムの外周面に形成された 1 または 2 の第 1 ヒータ素子とを有する前記気流センサとを、含む。このようにすれば、気道内の中央に気流センサが位置させられることから、気道内の流通抵抗が小さくなり、しかも気道内の粘液の滞留や詰まりが発生し難い構造であるので、気体流量が正確かつ容易に測定される。特に、気流センサが拡張バスケット内の軸方向の中央および横断面の中央に位置して、

10

20

30

40

50

気体流量が一層正確に測定される。

【 0 0 2 2 】

さらに、可撓性シースの先端部における気道内の気体流量を測定するための気道内気体流量測定装置は、生体の心拍信号が検出される呼吸流以外の、たとえば生体の中空臓器内の気流或いは液流等の流体流量或いは流速の検出にも用いることができる。このような他用途への発明態様は、生体の臓器内流体流量測定装置として以下のように構成される。すなわち、第1の発明態様としては、(a)可撓性シースの先端部における生体臓器内の流体流量を測定するための生体臓器内流体流量測定装置であって、(b)前記可撓性シースに通される気流測定用カテーテルの先端部に一体または別体に設けられた円筒状の第1センサ基材と、(c)前記第1センサ基材の外周面に円筒状に巻かれた状態で固定された可撓性の第1回路基材フィルムと、(d)前記第1回路基材フィルムの外周面に形成された1または2の第1ヒータ素子とを有する気流センサと、(e)前記流体測定用カテーテル内を通して設けられた操作ワイヤと、(f)先端部および後端部が互いに束ねられた複数本の弾性ワイヤから構成されて前記操作ワイヤの先端部に設けられ、前記流体測定用カテーテルの先端から突き出されることで拡張する拡張バスケットとを、含むことにある。このように構成された生体臓器内流体流量測定装置によれば、第1センサ基材の外周面に円筒状に巻かれた状態で固定された可撓性の第1回路基材フィルムの外周面に第1ヒータ素子が形成されるとともに、流体測定用カテーテル内を通る操作ワイヤが突き出し操作されることで拡張する拡張バスケットが、第1気流センサを気道内の中央に位置させることから、一端がカテーテルに固定された円筒状のセンサ基材の側面に形成された通気穴と他端の開口との間を測定気体を通される形式の従来に比較して、生体の中空臓器内の流通抵抗が小さくなり、しかも生体の中空臓器内の粘液の滞留や詰まりが発生し難い構造であるので、気体流量が正確かつ容易に測定される。

【 0 0 2 3 】

また、第2の発明態様では、(a)前記気流センサを含み、可撓性シースの先端部における生体臓器内の流体流量を測定するための生体臓器内流体流量測定装置であって、(b)前記可撓性シース内を通して設けられた操作ワイヤと、(c)先端部および後端部が互いに束ねられた複数本の弾性ワイヤから構成されて前記操作ワイヤの先端部に設けられ、前記流体測定用カテーテルの先端から突き出されることで拡張する拡張バスケットと、(d)前記拡張バスケットの先端部に設けられた円柱状或いは円筒状の第2センサ基材と、(e)その第2センサ基材の外周面に円筒状に巻かれた状態で固定された可撓性の第2回路基材フィルムと、(f)その第2回路基材フィルムの外周面に形成された1または2の第2ヒータ素子とを有する気流センサとを、含むことにある。このように構成された生体臓器内流体流量測定装置によれば、第2センサ基材の外周面に円筒状に巻かれた状態で固定された可撓性の第2回路基材フィルムの外周面に第2ヒータ素子が形成されるとともに、可撓性シース内を通る操作ワイヤが突き出し操作されることで拡張する拡張バスケットが、第2気流センサを気道内の中央に位置させることから、一端がカテーテルに固定された円筒状のセンサ基材の側面に形成された通気穴と他端の開口との間を測定気体を通される形式の従来に比較して、生体の中空臓器内の流通抵抗が小さくなり、しかも生体の中空臓器内の粘液の滞留や詰まりが発生し難い構造であるので、気体流量が正確かつ容易に測定される。

【 0 0 2 4 】

また、第3の発明態様では、(a)可撓性シースの先端部における気道内の気体流量を測定するための生体臓器内流体流量測定装置であって、(b)前記可撓性シースの先端部に一体または別体に設けられた円筒状の第1センサ基材と、(c)前記第1センサ基材の外周面に円筒状に巻かれた状態で固定された可撓性の第1回路基材フィルムと、(d)前記第1回路基材フィルムの外周面に形成された1または2の第1ヒータ素子とを有する第1気流センサと、前記流体測定用カテーテル内を通して設けられた操作ワイヤと、(e)先端部および後端部が互いに束ねられた複数本の弾性ワイヤから構成されて前記操作ワイヤの先端部に設けられ、前記流体測定用カテーテルの先端から突き出されることで拡張す

る拡張バスケットと、(f)前記拡張バスケットの先端部に設けられた円柱状或いは円筒状の第2センサ基材と、(g)前記第2センサ基材の外周面に円筒状に巻かれた状態で固定された可撓性の第2回路基材フィルムと、(h)前記第2回路基材フィルムの外周面に形成された1または2の第2ヒータ素子とを有する第2気流センサとを、含むことにある。このように構成された生体臓器内流体流量測定装置によれば、第1センサ基材の外周面に円筒状に巻かれた状態で固定された可撓性の第1回路基材フィルムの外周面に第1ヒータ素子が形成されるとともに、第2センサ基材の外周面に円筒状に巻かれた状態で固定された可撓性の第2回路基材フィルムの外周面に第2ヒータ素子が形成され、可撓性シース内を通る操作ワイヤが突き出し操作されることで拡張する拡張バスケットが、第1気流センサおよび第2気流センサを気道内の中央に位置させることから、一端がカテーテルに固定された円筒状のセンサ基材の側面に形成された通気穴と他端の開口との間を測定気体を通される形式の従来に比較して、生体の中空臓器内の流通抵抗が小さくなり、しかも生体の中空臓器内の粘液の滞留や詰まりが発生し難い構造であるので、流体流量が正確かつ容易に測定される。また、生体の中空臓器内において、拡張バスケットの両側に第1気流センサおよび第2気流センサが設けられるので、第1ヒータ素子および第2ヒータ素子のうちの気道内で気体の上流側に位置するヒータ素子を用いて流体流量を測定することにより、拡張バスケットによって乱されずかつ上流側のヒータ素子による温度ノイズのない流体流を用いて一層正確に流体流量が測定される。

10

【0025】

また、上記の第1の発明態様又は第3の発明態様において、第4の発明態様では、前記可撓性の第1回路基材フィルムは、スペーサを介して前記第1センサ基材の外周面に円筒状に巻かれた状態で固定されることにより、その第1回路基材フィルムのうちの少なくとも前記第1ヒータ素子が形成されている部分と前記第1センサ基材の外周面との間に隙間が形成されている。これにより、第1回路基材フィルムに形成された前記第1ヒータ素子と前記第1センサ基材との間の断熱が高められるので、一層正確に気体流量が測定される。また、第1ヒータ素子自体の熱容量で熱に対する応答性が定まるので、高速応答が得られる。

20

【0026】

また、上記の第2の発明態様又は第3の発明態様において、第5の発明態様では、前記可撓性の第2回路基材フィルムは、スペーサを介して前記第2センサ基材の外周面に円筒状に巻かれた状態で固定されることにより、その第2回路基材フィルムのうちの少なくとも前記第2ヒータ素子が形成されている部分と前記第2センサ基材の外周面との間に隙間が形成されている。これにより、第2回路基材フィルムに形成された前記第2ヒータ素子と前記第2センサ基材との間の断熱が高められるので、一層正確に気体流量が測定される。また、第2ヒータ素子自体の熱容量で熱に対する応答性が定まるので、高速応答が得られる。

30

【0027】

また、上記の第1、第3又は第4の発明態様において、第6の発明態様では、前記第1回路基材フィルムには、一对の前記第1ヒータ素子が形成されている。また、それら一对の第1ヒータ素子をそれぞれ含む4抵抗素子から成る一对のブリッジ回路とそれら一对のブリッジ回路の出力信号差に対応する出力信号を出力する差動増幅器とを有する第1気体流速計測回路と、予め記憶された関係からその出力信号に基づいて前記気道内の気体流量を表す第1気体流量信号を算出する第1気体流量算出制御部とが、含まれる。この第1気体流量信号は、1呼吸周期内における気道内の気体の流通方向に拘わらず、1呼吸内の気体流の方向を1つの山および谷で表すので、解りやすい気管支内の気体流の方向を示す情報が得られる。また、気体流量は、流れの上流側に位置する側のヒータ素子を有するブリッジ回路の出力から算出することができる。

40

【0028】

また、上記の第2、第3又は第5の発明態様において、第7の発明態様では、前記第2回路基材フィルムには、一对の前記第2ヒータ素子が形成されている。また、それら一对

50

の第2ヒータ素子をそれぞれ含む4抵抗素子から成る一对のブリッジ回路とそれら一对のブリッジ回路の出力信号差に対応する出力信号を出力する差動増幅器とを有する第2気体流速計測回路と、予め記憶された関係からその出力信号に基づいて前記気道内の気体流量を表す第2気体流量信号を算出する第2気体流量算出制御部とが、含まれる。この第2気体流量信号は、1呼吸周期内における気道内の気体の流通方向に拘わらず、1呼吸内の気体流の方向を1つの山および谷で表すので、解りやすい気道内の気体流の方向の情報が得られる。また、気体流量は、流れの上流側に位置する側のヒータ素子を有するブリッジ回路の出力から算出することができる。

【0029】

また、第8の発明態様では、(a)前記気流センサを含み、可撓性シースの先端部における気道内の気体流量を測定するための気道内気体流量測定装置であって、(b)可撓性シースに通される気流測定用カテーテルの先端部に一体的または別体に設けられた円筒状の第1センサ基材と、(c)その第1センサ基材の先端から出し入れされる操作ワイヤと、(d)先端部および後端部が互いに束ねられた複数本の弾性ワイヤから構成されて前記操作ワイヤの先端部に設けられ、前記流体測定用カテーテルの先端から突き出されることで拡張する拡張バスケットと、前記拡張バスケット内において前記操作ワイヤのうち拡張バスケットの長手方向の中央部に位置する部分に円筒状に巻かれた状態で固定された可撓性の第1回路基材フィルムと、前記第1回路基材フィルムの外周面に形成された1または2の第1ヒータ素子とを有する前記気流センサとを、含む。このようにすれば、気道内の中央に気流センサが位置させられることから、気道内の流通抵抗が小さくなり、しかも気道内の粘液の滞留や詰まりが発生し難い構造であるので、気体流量が正確かつ容易に測定される。特に、気流センサが拡張バスケット内の軸方向の中央および横断面の中央に位置して、気体流量が一層正確に測定される。

【図面の簡単な説明】

【0030】

【図1】生体の胸郭を説明する略図である。

【図2】図1の胸郭内に収容されている肺および心臓を示す略図である。

【図3】本発明の一実施例の心拍信号検出装置の構成とそれに含まれる電子制御装置の制御機能の要部とを説明する図である。

【図4】図3に用いられている気流センサの機械的構成を説明する斜視図である。

【図5】図4の気流センサが、生体の鼻および口を覆うマスクに設けられた例を示す斜視図である。

【図6】図4の気流センサを駆動する気体流量電気回路の構成を説明する回路図である。

【図7】図3の電子制御装置内の気体流量算出制御部において予め記憶されている、前記気体流速計測回路の出力電圧と前記気流センサを通過した気体流量との予め求められた関係を説明する図である。

【図8】生体から同時期に検出された呼吸信号SR、生体の胸郭および横隔膜由来の肺気量成分を表す換気成分信号SR0、および心拍信号SHをそれぞれ示す図である。

【図9】心拍信号SHの周波数スペクトルおよびその心拍信号SHの周波数成分を示す図である。

【図10】心拍信号を構成する周波数成分から逆フーリエ変換により合成した心拍信号SHと、計測波形とを重ねて示す図である。

【図11】同時期に得られた心拍信号SHと心電図とを比較して示す図である。

【図12】図3の電子制御装置の制御作動の要部を示すフローチャートである。

【図13】本発明の他の実施例の気流センサの構成を説明する斜視図であって、図4に相当する図である。

【図14】図13の実施例のヒータ素子の温度に対する抵抗変化率の特性を示す図である。

【図15】図13の実施例の気流センサに用いられる気体流量計測回路を説明する回路図であって、図6に相当する図である。

【図 1 6】本発明の他の実施例の気流センサであって、ヒータ素子の両側に、抵抗値変化で流量を計測する一対の検出用抵抗素子を設けた例を示す斜視図であって、図 4 に相当する図である。

【図 1 7】本発明の他の実施例の気流センサであって、一対のヒータ素子と一対の温度補償素子とが設けられた例を示す斜視図であって、図 4 に相当する図である。

【図 1 8】図 1 7 に示す気流センサに用いられる計測回路の一部である第 1 計測回路を示す回路図である。

【図 1 9】図 1 7、図 1 8 に示す温度補償素子を用いた気流センサの、流量に対する出力電圧特性を気体温度を変えて求めた特性を示す図である。

【図 2 0】温度補償素子を用いない場合の、流量に対する出力電圧特性を気体温度を変えて求めた特性を示す図である。

10

【図 2 1】本発明の他の実施例を含む気道内気体流量測定装置の構成、およびそれに含まれる電子制御装置の制御機能の要部を説明する図である。

【図 2 2】生体の肺および気道を説明する略図である。

【図 2 3】図 2 2 の気道内に挿入された気管支鏡の先端もしくは気管支鏡の縦通穴の先端から突き出されたカテーテル、および、そのカテーテルの先端部に設けられた気流センサおよび拡張バスケットを示す略図である。

【図 2 4】図 2 3 のカテーテルの先端部に設けられた気流センサおよび拡張バスケットを拡大して説明する斜視図である。

【図 2 5】図 2 2 の気流センサが先端部に設けられた気流測定用カテーテルから拡張バスケットを展開する作動を示す斜視図であって、(a) は気流測定用カテーテルから拡張バスケットを突き出す前の状態を示し、(b) は気流測定用カテーテルから拡張バスケットを突き出す途中の状態を示し、(c) は気流測定用カテーテルから拡張バスケットを突き出した後の状態を示している。

20

【図 2 6】図 2 4 に用いられている気流センサの機械的構成を説明する斜視図である。

【図 2 7】図 2 5 の気流センサの V - V 視断面図である。

【図 2 8】図 2 4 および図 2 6 に示されている、ヒータ素子が形成された可撓性の回路基材フィルムを展開して示す図である。

【図 2 9】図 2 5 および図 2 6 に示されている気流センサの応答性を示す図である。

【図 3 0】図 2 4 の気流センサのヒータ素子を含む気体流速計測回路の構成を説明する回路図である。

30

【図 3 1】図 3 0 の気体流速計測回路の出力信号に基づいて求められた、気道内の気体流量を示す図である。

【図 3 2】本発明の他の実施例の気流センサの構成を説明する斜視図であって、図 2 4 に相当する図である。

【図 3 3】本発明の他の実施例の気流センサの構成を説明する斜視図であって、図 2 4 に相当する図である。

【図 3 4】図 3 3 の実施例の気流センサを用いる場合の気道内気体流量測定装置の構成を説明する斜視図であって、図 2 4 に相当する図である。

【図 3 5】本発明の他の実施例の気流センサの構成を説明する斜視図であって、図 2 4 に相当する図である。

40

【発明を実施するための形態】

【0031】

以下、本発明の一実施例の心拍信号検出装置を、図面に基づいて詳細に説明する。

【実施例 1】

【0032】

図 1 および図 2 に示すように、生体 10 において、肋骨 12、胸骨 14、胸椎 16 で囲まれた比較的剛性の高い胸郭 18 とその胸郭 18 の下方開口部を塞ぐ横隔膜 20 とにより隔絶された胸腔内には肺 24 および心臓 26 が収容されており、拍動による心臓 26 の容積変化は、呼吸運動による肺 24 の容積変化よりも小さいけれども、運動周期が短いため

50

、肺 2 4 の換気波形に明確に重畳されるので、生体 1 0 の気管 2 8 内を通過する気体流速または気体流量である呼吸波形（換気波形）を検出すれば、それから心拍信号が抽出される点に着目した。以下、詳細に説明する。

【 0 0 3 3 】

図 3 は、本発明の一実施例の心拍信号検出装置 3 0 の構成、および心拍信号検出装置 3 0 に備えられた電子制御装置 4 0 の機能をそれぞれ説明する図である。心拍信号検出装置 3 0 は、生体 1 0 の気管 2 8 内に挿入された気管内挿管チューブ 3 4 に装着された気流センサ 3 6 と、気流センサ 3 6 からの信号に基づいて気流センサ 3 6 を通過する気体流量に対応する計測信号 S M を出力する気体流速計測回路 3 8 と、その気体流速計測回路 3 8 から出力された計測信号 S M から心臓 2 6 の容積変化を表す心拍信号 S H を抽出する電子制
10 御装置 4 0 と、電子制御装置 4 0 による信号処理結果である心拍数、心拍信号 S H の波形、呼吸波形、心拍波形の評価等を表示する表示装置 7 6 とを、備えている。

【 0 0 3 4 】

図 4 は、気流センサ 3 6 の機械的構成の一例を示す斜視図である。気流センサ 3 6 は、図 3 では気管内挿管チューブ 3 4 の基部に装着されているが、生体 1 0 の気管 2 8 内を通過する気体流量を検出するものであればよいので、気管内挿管チューブ 3 4 の中間部位或いは出口や、その気管内挿管チューブ 3 4 と人工呼吸器 4 2 との間を接続するフレキシブル管や接続アダプタ内に設けられていてもよい。また、図 5 に示されている生体 1 0 の鼻および口を覆うマスク 4 4 や、そのマスク 4 4 と人工呼吸器 4 2 との間を接続するフレキシブル管や接続アダプタ内に設けられていてもよい。図 3 および図 5 において、人工呼吸
20 器 4 2 は必要に応じて接続されるものであり、必ずしも設けられていなくてもよい。

【 0 0 3 5 】

図 4 の斜視図に示すように、気流センサ 3 6 は、気管内挿管チューブ 3 4 と人工呼吸器 4 2 とに接続可能な 2 層構造の円管状のケース 4 6 と、その円管状のケース 4 6 内に中心軸線方向に所定間隔を隔てて装着された一対の管状スペーサ 4 8 と、その一対の管状スペーサ 4 8 の内周面に固着されることにより、中心軸線方向の中央部が円管状のケース 4 6 の内壁面に沿い且つその内壁面に対して所定の空隙 S を隔てて装着（固定）された、ポリレン樹脂、エポキシ樹脂、ポリイミド樹脂などの電気的絶縁性および可撓性を有する回路基材フィルム 5 0 と、その回路基材フィルム 5 0 の中心軸線方向の内面にホトリソグラフィにより形成され、温度に応じて電気抵抗が変化する電気抵抗素子たとえば白金抵抗素子又は金抵抗素子で構成された一対のヒータ素子 5 2 a、5 2 b とを、備え、通電加熱さ
30 れるヒータ素子 5 2 a、5 2 b の電気抵抗がその管内を流れる気体流量に応じて変化するに基づいて円管状のケース 4 6 内の気体流量を検出するものである。

【 0 0 3 6 】

図 6 は、気体流速計測回路 3 8 の一構成例であって、定温度型測定回路を示している。図 6 において、気体流速計測回路 3 8 は、4 つの抵抗器 R 1、R 2、R 3、およびヒータ素子 5 2 a（抵抗値 R h d）から構成され、第 1 ブリッジ電源電圧 V s 1 が印加される第 1 ブリッジ回路 5 6 a と、第 1 ブリッジ回路 5 6 a の出力電圧 V o u t 1 を第 1 帰還増幅器 5 9 a で増幅し、その信号に応じた電流を第 1 トランジスタ 5 8 a にて第 1 ブリッジ回路 5 6 a に流す第 1 計測回路 6 0 a を、備えている。また、気体流速計測回路 3 8 は、4
40 つの抵抗器 R 5、R 6、R 7、およびヒータ素子 5 2 b（抵抗値 R h u）から構成され、第 2 ブリッジ電源電圧 V s 2 が印加される第 2 ブリッジ回路 5 6 b と、第 2 ブリッジ回路 5 6 b の出力電圧 V o u t 2 を第 2 帰還増幅器 5 9 b で増幅し、その信号に応じた電流を第 2 トランジスタ 5 8 b にて第 2 ブリッジ回路 5 6 b に流す第 2 計測回路 6 0 b を、備えている。上記出力電圧 V o u t 1 および出力電圧 V o u t 2 は気流速度を表している。そして、気体流速計測回路 3 8 は、さらに、第 1 ブリッジ回路 5 6 a の出力電圧 V o u t 1 および第 2 ブリッジ回路 5 6 b の出力電圧 V o u t 2 の差電圧を増幅して出力電圧 V o u t を出力する差動増幅器 6 1 を備えている。上記抵抗器 R 3 は、第 1 ブリッジ回路 5 6 a の平衡状態を調整する可変抵抗器であり、上記抵抗器 R 7 は、第 2 ブリッジ回路 5 6 b の平衡状態を調整する可変抵抗器である。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 7 】

以上のように構成された気体流速計測回路 3 8 において、第 1 ブリッジ回路 5 6 a の平衡状態から急に気体流速が増加すると、第 1 ヒータ素子 5 2 a の温度が低下してその抵抗値 R_{hd} が減少するので、第 1 ブリッジ回路 5 6 a を当初の平衡状態に戻すように第 1 帰還増幅器 5 9 a によって第 1 ブリッジ電源電圧 V_{s1} が増加させられ、第 1 ヒータ素子 5 2 a の温度が上昇させられ、第 1 ヒータ素子 5 2 a の温度が定温度に維持される。同様に、第 2 ブリッジ回路 5 6 b の平衡状態から急に気体流速が増加すると、第 2 ヒータ素子 5 2 b の温度が低下してその抵抗値 R_{hu} が減少するので、第 2 ブリッジ回路 5 6 b を当初の平衡状態に戻すように帰還増幅器 5 9 b によって第 2 ブリッジ電源電圧 V_{s2} が増加させられ、第 2 ヒータ素子 5 2 b の温度が上昇させられ、ヒータ素子 5 2 b の温度が定温度に維持される。差動増幅器 6 1 から出力される、第 1 ブリッジ回路 5 6 a の出力電圧 V_{out1} および第 2 ブリッジ回路 5 6 b の出力電圧 V_{out2} の差電圧を表す出力電圧 V_{out} は、気体流速計測回路 3 8 において、一对のヒータ素子 5 2 a および 5 2 b における抵抗変化の差分を反映する信号、すなわち、気管 2 8 内の往方向および復方向の気体流の方向を表す波形となる。すなわち、1 呼吸周期で 1 つの山および谷から成る波形として表す気体流の方向を表す信号となる。

10

【 0 0 3 8 】

気体流量 $FR (cc/min)$ は、たとえば図 7 に示す予め求められた校正曲線すなわち気体流量 $FR (cc/min)$ と出力電圧の自乗値との関係から、ヒータ素子 5 2 a および 5 2 b を含む第 1 ブリッジ回路 5 6 a および 5 6 b からの出力電圧 V_{out1} および出力電圧 V_{out2} のうち、ヒータ素子が上流側に位置するブリッジ回路から出力される出力電圧に基づいて算出される。上記出力電圧 V_{out1} および出力電圧 V_{out2} の一方は、気体流速計測回路 3 8 の出力電圧 V_{out} の正負に基づいて選択される。気体流速計測回路 3 8 から出力される気体流速 $FS (cm/sec)$ を表す出力電圧 V_{out1} および出力電圧 V_{out2} に、予め求めた気流センサ 3 6 内の流通断面積 C (定数) を乗算することで気流センサ 3 6 内を流れる気体流量 $FR (cc/min)$ が求められる。なお、図 7 に示す関係の横軸である気体流量に替えて、気体流速 $FS (cm/sec)$ が用いられてもよい。

20

【 0 0 3 9 】

図 3 に戻って、電子制御装置 4 0 は、予め ROM 或いは RAM に記憶されたプログラムを CPU が実行する形式の所謂マイクロコンピュータから構成されており、その電子制御装置 4 0 は制御機能手段として機能し、その制御機能手段は、以下の気体流算出制御部 7 0、波形解析制御部 7 2、および心拍信号評価制御部 7 4 を備え、信号処理結果である心拍数、心拍信号 SH の波形、呼吸波形、心拍波形の評価等を表示装置 7 6 の画面に表示させる。

30

【 0 0 4 0 】

気体流算出制御部 7 0 は、図 7 に示される、気流センサ 3 6 内を流れる気体流量 $FR (cc/min)$ または気体流速 $FS (cm/sec)$ と、気体流速計測回路 3 8 の出力電圧 V_{out} の自乗値 V_{out}^2 との間の予め記憶された関係から、気体流速計測回路 3 8 から出力される出力電圧 V_{out} (気体流速信号) に基づいて気体流量 $FR (cc/min)$ を算出し、その気体流速 FS または気体流量 FR の変化波形、すなわち呼吸運動を反映する肺気量を表す呼吸信号 SR を出力する。図 8 の呼吸信号 SR は、呼吸に同期した気体流量 FR の周期的変化すなわち生体の肺 2 4 の呼吸波形を示している。

40

【 0 0 4 1 】

波形解析制御部 7 2 は、呼吸信号 SR が表わす呼吸波形よりも高い基本周波数を有する心拍波形の周波数的特徴に基づいて、心拍波形が重畳する上記呼吸信号 SR から心拍波形を示す心拍信号 SH を抽出する。波形解析制御部 7 2 は、たとえば、心臓 2 6 の拍動に同期して呼吸信号 SR に重畳する心拍信号 SH が表す波形の周波数解析をフーリエ変換により実行して、図 9 に示されるようにその心拍信号 SH の周波数スペクトルに現れる心拍信号 SH の周波数成分である基本周波数 f_0 、第 1 高調波 f_1 、第 2 高調波 f_2 、第 3 高調

50

波 f_3 を予め求め、図 10 に示すように、それら周波数成分から逆フーリエ変換を用いて心拍信号 SH を合成する。上記呼吸信号 SR に重畳する心拍信号 SH は、たとえば ECG 波形をトリガとして採取される。図 10 では、このように推定された心拍信号 SH と実際に計測された計測波形とが重ねて表示され、両者が良く一致している。なお、図 9 および図 10 の波形はラットから得られたものである。

【0042】

また、波形解析制御部 72 は、気流センサ 36 から出力された呼吸信号 SR から、その呼吸信号 SR に重畳する生体 10 の心臓 26 の拍動に同期する周波数成分を除去し、すなわち心拍信号 SH を除去し、生体 10 の胸郭 18 および横隔膜 20 由来の肺気量成分を表す換気成分信号 SRO を出力する。波形解析制御部 72 は、呼吸信号 SR をたとえば心拍信号 SH を構成する周波数成分より低い周波数を通過させるローパスフィルタ或いはバンドパスフィルタを通過させることにより、図 8 に示す、呼吸心拍信号 SH が重畳しない、生体 10 の胸郭 18 および横隔膜 20 由来の肺気量成分を表す換気成分信号 SRO を出力する。或いは、波形解析制御部 72 は、気流センサ 36 から出力された呼吸信号 SR の周波数スペクトルからそれを構成する周波数成分を抽出し、その周波数成分から逆フーリエ変換により、心拍信号 SH が重畳しない、生体 10 の胸郭 18 および横隔膜 20 由来の肺気量成分を表す換気成分信号 SRO を出力する。

【0043】

心拍信号評価制御部 74 は、心拍信号 SH の発生周期から生体 10 の心拍数 HR を算出し、たとえばその心拍数 HR が予め設定された基準範囲の上限値或いは下限値から外れた場合に異常判定を行ない、その心拍数 HR の異常を表示装置 76 の画面から出力させる。また、心拍信号評価制御部 74 は、心拍信号 SH の振幅値 A を算出し、たとえばその振幅値 A が予め設定された基準範囲の上限値或いは下限値から外れた場合に異常判定を行ない、その振幅値 A の異常を表示装置 76 の画面から出力させる。これにより、心拍数を変化させる変時作用を有する循環器系の薬の薬効だけでなく、心拍出量を変化させる変力作用を有する循環器系の薬の薬効を、評価できる。特に、 ECG (心電図) では不可能であった心拍出量を変化させる変力作用を有する循環器系の薬の薬効を評価できる利点がある。図 11 は、ラットから同時に得られた心拍信号 SH と ECG とを比較した図である。上段の心拍信号 SH のピークの丸付き数字 1 ~ 18 と下段の ECG の R 波の丸付き数字 1 ~ 18 とが好適に一致していることが示されている。

【0044】

また、心拍信号評価制御部 74 は、波形解析制御部 72 により解析された心拍信号 SH に基づいて心臓 26 を構成する 2 房 2 室の機能異常、或いは解剖学的異常を評価し、異常状態を示す表示を表示装置 76 の画面から出力させる。この心拍信号評価制御部 74 は、たとえば、波形解析制御部 72 により算出された心拍信号 SH が表す心拍波形と予め記憶された複数種類の異常評価パターンとの相関係数 C を算出し、その相関係数 C が予め設定された判定値を超えた異常評価パターンが示す、心臓 26 を構成する 2 房 2 室の機能異常、或いは解剖学的異常を決定し、且つその異常の程度を評価する。心拍信号 SH が示す心拍波形は、心臓 26 を構成する 2 房 2 室の容量変化の総和を表すものであるため、容積変化のタイミングが異なるその 2 房 2 室のいずれかの機能異常や、解剖学的な異常情報を反映しているからである。また、人工呼吸管理下において、特に、呼気終末期に大気圧以上の圧力をかけることで、肺泡虚脱を防止し肺酸素化を改善しようとする呼気終末陽圧 (Positive end expiratory pressure : PEEP) が採用されている場合には、肺泡の圧力はそれに接する心臓 26 の容積の拡張を制限し、血行動態に影響を及ぼすことが考えられるが、このような状態を反映する異常評価パターンと心拍信号 SH が表す心拍波形との相関係数に基づいて心臓 26 の容積の拡張が制限される異常評価が行なわれる。

【0045】

図 12 は、電子制御装置 40 の制御作動の要部、すなわち心拍信号検出 / 評価ルーチンを説明するフローチャートである。気体流算出制御部に対応するステップ S1 (以下、ステップを省略する) では、気体流速計測回路 38 の出力電圧 V_{out} すなわち気流センサ

36を通過する気体流速に対応する計測信号SMが、生体10の少なくとも1呼吸周期以上の期間において読み込まれる。次に、気体流算出制御部70に対応するS2において、たとえば図7に示される、気流センサ36内を流れる気体流量FR(cc/min)と、気体流速計測回路38の出力電圧Voutの自乗値 $Vout^2$ との間の予め記憶された関係から、気流センサ36を通る実際の気体流速を反映する気体流速計測回路38の出力電圧Voutの自乗値 $Vout^2$ に基づいて気体流量FRが算出されるとともに、その気体流量FRの変化波形すなわち図8の呼吸波形を表す呼吸信号SRが算出される。次いで、波形解析制御部72に対応するS3において、呼吸信号SRよりも高い基本周波数を有する心拍波形の周波数的特徴に基づいて、心拍波形が重畳する上記呼吸信号SRから心拍波形を示す心拍信号SHが抽出される。たとえば、心臓26の拍動に同期して呼吸信号SRに重畳する心拍信号SHが表す波形の周波数解析をフーリエ変換により実行されて、図9に示されるようにその心拍信号SHの周波数スペクトルに現れる心拍信号SHの周波数成分である基本周波数f0、第1高調波f1、第2高調波f2、第3高調波f3が予め求められ、図10に示すように、それら周波数成分から逆フーリエ変換を用いて心拍信号SHが合成される。上記呼吸信号SRに重畳する心拍信号SHは、たとえばECG波形をトリガとして採取される。図10では、このように推定された心拍信号SHと実際に計測された計測波形とが重ねて表示されているが、あたかも同一の波形の如く両者が良く一致している。なお、図9および図10の波形はラットから得られたものである。また、気流センサ36から出力された呼吸信号SRから、その呼吸信号SRに重畳する生体10の心臓26の拍動に同期する周波数成分が除去され、すなわち心拍信号SHが除去され、生体10の肺24による容積変化に対応する気体流量FRの変化のみを示す呼吸波形を表す、心拍信号SHが重畳しない生体10の胸郭18および横隔膜20由来の肺気量成分を表す換気成分信号SR0が算出される。そして、呼吸信号SRをたとえば心拍信号SHを構成する周波数成分より低い周波数を通過させるローパスフィルタ或いはバンドパスフィルタを通過させることにより、図8に示す、呼吸信号SRから心拍信号SHを除去して、心拍信号SHが重畳しない生体10の胸郭18および横隔膜20由来の肺気量成分を表す換気成分信号SR0が算出される。或いは、気流センサ36から出力された呼吸信号SRの周波数スペクトルからそれを構成する周波数成分が抽出され、その周波数成分から逆フーリエ変換により、心拍信号SHが重畳しない生体10の胸郭18および横隔膜20由来の肺気量成分を表す換気成分信号SR0が算出される。

【0046】

次に、心拍信号評価制御部74に対応するS4では、心拍信号SHの発生周期から生体10の心拍数HRが算出し、たとえばその心拍数HRが予め設定された基準範囲の上限値或いは下限値から外れた場合に異常判定が行われる。また、心拍信号SHの振幅値Aが算出され、たとえばその振幅値Aが予め設定された基準範囲の上限値或いは下限値から外れた場合に心拍出量の異常判定が行なわれる。また、波形解析制御部72により解析された心拍信号SHに基づいて心臓26を構成する2房2室の機能異常、或いは解剖学的異常が評価される。たとえば、心拍信号SHが表す心拍波形と予め記憶された複数種類の異常評価パターンとの相関係数Cが算出され、その相関係数Cが予め設定された判定値を超えた異常評価パターンが示す、心臓26を構成する2房2室の機能異常、或いは解剖学的異常が決定し、且つその異常の程度が評価される。

【0047】

そして、S5では、心拍数HRの異常、振幅値A(心拍出量)の異常、心臓26を構成する2房2室の機能異常、或いは解剖学的異常が、表示装置76の画面から出力される。これにより、心拍数を変化させる変時作用を有する循環器系の薬の薬効だけでなく、心拍出量を変化させる変力作用を有する循環器系の薬の薬効を、評価できる。特に、ECG(心電図)では不可能であった心拍出量を変化させる変力作用を有する循環器系の薬の薬効を評価できる利点がある。また、人工呼吸管理下において、特に、呼気終末期に大気圧以上の圧力をかけることで、肺泡虚脱を防止し肺酸素化を改善しようとする呼気終末陽圧(Positive end expiratory pressure : PEEP)が採用されている場合には、肺泡の圧力は

それに接する心臓 26 の容積の拡張を制限し、血行動態に影響を及ぼすことが考えられるが、このような状態を反映する異常評価パターンと心拍信号 S H が表す心拍波形との相関係数に基づいて心臓 26 の容積の拡張が制限される異常評価が行なわれる。

【 0 0 4 8 】

上述のように、本実施例の心拍信号検出装置 30 によれば、波形解析制御部 72 により、気体流算出制御部 70 から出力された呼吸信号 S R からその呼吸信号 S R に重畳する生体 10 の心臓 26 の拍動に同期する周波数成分が抽出され、その拍動を表す心拍信号 S H が出力される。このため、その心拍信号 S H を用いることにより、生体 10 に貼着する E C G 電極を用いることなく、生体 10 の心臓 26 の拍出を表す心拍信号 S H を容易に検出することができる。すなわち、皮膚が弱く、心電計測を目的として上記 E C G 電極を長時間皮膚に貼りつけることが難しい乳幼児であっても、容易に心拍信号 S H を得ることができる。また、実際の心臓 26 の容積変化すなわち心拍出量を反映した心拍信号 S H を得ることができるので、心電誘導波形を用いる従来に比較して、心臓 26 の拍動の有無を高い信頼性で確認でき、救急救命現場での医療処置が速やかに行なわれ得るとともに、心拍数 H R を変化させるだけでなく心拍出量を変化させる循環器系の薬の臨床的な評価が可能となるという効果も得られる。

【 0 0 4 9 】

また、本実施例の心拍信号検出装置 30 によれば、気流センサ 36 は、温度に応じて電気抵抗が変化する電気抵抗素子たとえば白金抵抗素子又は金抵抗素子で構成されたヒータ素子 52 を内面に形成した回路基材フィルム 50 を、気体が流れる円管状のケース 46 内にその内壁面に沿い且つその内壁面に対して所定の空隙 S を隔てて装着し、通電加熱されるヒータ素子 52 の電気抵抗がその管内を流れる気体流量に応じて変化することに基づいて円管状のケース 46 内の気体流量を検出するものである。このため、フレキシブルな材料で構成された円管状のケース 46 であっても、その円管状のケース 46 の内壁形状に沿い且つその内壁面に対して所定の空隙 S を隔ててヒータ素子 52 をその円管状のケース 46 の内壁に装着しているために、流量を点ではなく線で検出するために、曲がりくねった配管でも流量を計測できるとともに、ヒータ素子 52 と円管状のケース 46 との間に熱絶縁用の空間が形成されているために、ヒータ素子 52 自体の熱容量で熱に対する応答性が決まり、高速応答を実現できるようになる。

【 0 0 5 0 】

また、本実施例の心拍信号検出装置 30 によれば、気流センサ 36 は、ヒータ素子 52 a および 52 b を 4 抵抗素子の 1 つとして含むブリッジ回路（電橋）56 a および 56 b を備え、ブリッジ回路 56 a および 56 b の出力電圧 V_{out1} および V_{out2} を反映する気体流速計測回路 38 の出力電圧 V_{out} の自乗値 V_{out}^2 と気体流量 F R との間の予め記憶された図 7 の関係から、実際の気体流速計測回路 38 の出力電圧 V_{out} に基づいて気体流量が検出される。このため、気体流量 F R の計測が高精度で行なわれる利点がある。

【 0 0 5 1 】

また、本実施例の心拍信号検出装置 30 によれば、波形解析制御部 72 は、気体流算出制御部 70 から出力された呼吸信号 S R からその呼吸信号 S R に重畳する生体 10 の心臓 26 の拍動に同期する周波数成分を除去し、生体 10 の胸郭 18 および横隔膜 20 由来の肺気量成分を表す換気成分信号 S R 0 が出力される。このため、換気成分信号 S R 0 と心拍信号 S H とが同時に得られるので、時間制限のある救急救命での医療業務を短時間に遂行できる利点がある。

【 0 0 5 2 】

また、本実施例の心拍信号検出装置 30 によれば、波形解析制御部 72 により解析された心拍信号 S H に基づいて心臓 26 を構成する 2 房 2 室の機能異常、或いは解剖学的異常を評価する心拍信号評価制御部 74 が備えられる。このため、心拍信号 S H が得られるだけでなく、その心拍信号 S H に基づいて心臓 26 を構成する 2 房 2 室の機能異常、或いは解剖学的異常を知ることができる。

【 0 0 5 3 】

次に、本発明の他の実施例を以下に説明するが、実施例相互に共通する構成については同一の符号を付して説明を省略する。

【実施例 2】

【 0 0 5 4 】

前述の実施例の気流センサ 3 6 には、一对のヒータ素子 5 2 a、5 2 b が設けられていたが、図 1 3 に示すように、1 個のヒータ素子が設けられたものであってもよい。この場合は、気体の流通方向が明確ではないが、一応の気体流量の測定が可能である。図 1 3 は、1 つのヒータ素子 5 2 a を有する気流センサ 3 6 を示す斜視図であって、図 4 に相当する図である。図 1 4 は、ヒータ素子 5 2 a の温度に対する抵抗値変化率（30 の値を 1 . 0 0 としたときの変化率）を示す抵抗変化特性 T C R を示す図である。図 1 5 は、1 つのヒータ素子 5 2 a を有する気流センサ 3 6 を駆動する気体流量計測回路の構成を示す回路図であって、図 6 に相当する図である。図 1 5 において、気体流速計測回路 3 8 は、4 つの抵抗器 R 1、R 2、R 3、およびヒータ素子 5 2 a（抵抗器 R h d）から構成され、第 1 ブリッジ電源電圧 V s 1 が印加される第 1 ブリッジ回路 5 6 a と、第 1 ブリッジ回路 5 6 a の出力電圧 V o u t 1 を第 1 帰還増幅器 5 9 a で増幅し、その信号に応じた電流を第 1 トランジスタ 5 8 a にて第 1 ブリッジ回路 5 6 a に流す第 1 計測回路 6 0 a を、備えている。上記出力電圧 V o u t 1 は気流速度を表している。上記抵抗器 R 3 は、第 1 ブリッジ回路 5 6 a の平衡状態を調整する可変抵抗器である。

10

【実施例 3】

20

【 0 0 5 5 】

また、図 1 6 は、ヒータ素子 5 2 a の両側に、抵抗値変化で流量を計測する一对の検出用抵抗素子 5 3 a、5 3 b を設けた例を示している。本実施例の気流センサ 3 6 では、ヒータ素子 5 2 a と検出用抵抗素子 5 3 a、5 3 b とを分離しているため、単一のヒータ素子 5 2 a を有する気流センサ 3 6 に比較して、流量の計測精度を高めることができる。本実施例では、上記検出用抵抗素子 5 3 a、5 3 b には、たとえば図 6 に示す計測回路が接続され、上記ヒータ素子 5 2 a には、たとえばヒータ素子 5 2 a を一定温度に加熱する加熱制御回路が接続される。

【実施例 4】

【 0 0 5 6 】

30

また、前述の図 4 に示す一对のヒータ素子 5 2 a、5 2 b を有する気流センサ 3 6 は、図 1 7 に示すように一对の温度補償素子 6 2 a、6 2 b が設けられたものであってもよい。図 1 8 は、その計測回路 6 0 の一部である第 1 計測回路 5 0 a を示している。上記温度補償素子 6 2 a、6 2 b は、ヒータ素子 5 2 a、5 2 b と比較して 1 0 倍程度以上の電気抵抗値を有して自己発熱が抑制されている。温度補償素子 6 2 a、6 2 b は、ヒータ素子 5 2 a、5 2 b と同一基板上で同一条件のスパッタリングにより形成されているため、ヒータ素子 5 2 a、5 2 b と同じ抵抗温度特性を備えている。図 1 9 は、温度補償素子 6 2 a、6 2 b を用いた場合の流量に対する出力電圧特性を気体温度を変えて求めたものであり、図 2 0 は温度補償素子 6 2 a、6 2 b を用いない場合の流量に対する出力電圧特性を気体温度を変えて求めたものである。図 2 0 では、2 0 での出力電圧に比べて 3 4 での出力電圧は 5 0 % 低下したのに対して、図 1 9 では 2 % 以下の低下となった。

40

【実施例 5】

【 0 0 5 7 】

図 2 1 は、気道内気体流量測定装置 1 1 0 およびそれに備えられた気流センサ 1 2 6 の構成、およびその気道内気体流量測定装置 1 1 0 に備えられた電子制御装置 1 1 2 の機能をそれぞれ説明する図であって、気道内気体流量測定装置 1 1 0 は、気管支鏡 1 1 4 と、電子制御装置 1 1 2 と、表示出力装置 1 1 6 と、気流センサ 1 2 6 とを備えている。気流センサ 1 2 6 は、実施例 1 の図 4 に示すような 2 ヒータ素子型、実施例 2 の図 1 3 に示すような 1 ヒータ素子型、実施例 3 の図 1 6 に示すような型、実施例 4 の図 1 7 に示すような一对の温度補償素子付の 2 ヒータ素子型のいずれであってもよいが、本実施例 5 では 2

50

ヒータ素子型から構成される例を示している。

【0058】

気管支鏡114は、図22に示すような生体118の気道120内に挿入される可撓性シース122を備えている。図23に示すように、その可撓性シース122内を通してその先端から突き出し操作可能に設けられた気流測定用カテーテル124と、その気流測定用カテーテル124の先端部に設けられた気流センサ126と、その気流測定用カテーテル124内を通してその先端から突き出し操作可能に設けられた操作ワイヤ128と、その操作ワイヤ128の先端部に設けられた拡張バスケット129とを用いて気道内の気体流量測定を行なう。図21に示すように、可撓性シース122の先端面には、気流測定用カテーテル124を通すための縦通穴123の開口の他に、光源125およびCCDカメラ127が設けられている。

10

【0059】

図24は、可撓性シース122から突き出された気流測定用カテーテル124の先端部に設けられた気流センサ126と、気流測定用カテーテル124の先端から突き出された拡張バスケット129を拡大して示す斜視図である。本実施例では、気流測定用カテーテル124の先端部において、気流センサ126の先に拡張バスケット129が設けられている。この拡張バスケット129は、先端部および後端部が先端チップ130および後端チップ132によって互いに束ねられた複数本の弾性ワイヤ134を有して気流測定用カテーテル124の先端部に固定され、気流測定用カテーテル124の内の縦通穴136内にあるときにはその縦通穴136の内壁により抑えられるが、その縦通穴136の開口138から外部へ突き出されると弾性ワイヤ134の弾性力により拡張するように構成されている。

20

【0060】

図25の(a)に示すように、気流測定用カテーテル124が可撓性シース122の先端面から突き出されて気流センサ126が気道120内に露出され、図25の(b)に示すように、操作ワイヤ128が気流測定用カテーテル124の先端面から突き出され、図25の(c)に示すように、拡張バスケット129が気道120内で拡張された測定状態では、気流測定用カテーテル124の先端部に設けられ、且つ拡張バスケット129の可撓性シース122側に連ねられた気流センサ126が、気道120の中央部に位置決めされるようになっている。

30

【0061】

図26は気流センサ126の構成を説明する斜視図であり、図27は気流センサ126の横断面図である。図26および図27に示すように、気流センサ126は、第1センサ基材として機能する気流測定用カテーテル124の先端部において、一対のスペーサ140を介して巻回され、たとえばパリレン樹脂、エポキシ樹脂、ポリイミド樹脂製などの電気的絶縁性および可撓性を有する回路基材フィルム142と、その回路基材フィルム142の外周面に蒸着された温度可変抵抗性を有する金属薄膜たとえば白金膜又は金膜などからホトエッチングにより形成され、中心軸線方向に所定間隔を隔てて位置する一対のヒータ素子144a、144bと、回路基材フィルム142の中心軸線方向の端部を気流測定用カテーテル124の先端部に固定する一対の環状固定部材146a、146bとを、備え、通電加熱される一対のヒータ素子144a、144bの電気抵抗が気道120内を流れる気体流量に応じて変化することに基づいてその気道120内の気体流量を検出する。一対の環状固定部材146a、146bは、固着或いは圧着によって回路基材フィルム142の中心軸線方向の端部を気流測定用カテーテル124の先端部に固定する樹脂部品であって、たとえば接着剤により気流測定用カテーテル124の先端部に固着される。また、一対の環状固定部材146a、146bが熱収縮樹脂により構成される場合には、加熱収縮により気流測定用カテーテル124の先端部に圧着される。

40

【0062】

図27に示すように、上記回路基材フィルム142と気流測定用カテーテル124の先端部の外周面との間に一対のスペーサ140が介在させられることにより、回路基材フィ

50

ルム 142 のうちの少なくとも一対のヒータ素子 144a、144b が形成された部分と気流測定用カテテル 124 の先端部の外周面との間に隙間 S が形成され、一対のヒータ素子 144a、144b が断熱されている。図 28 は、気流測定用カテテル 124 の先端部において一対のスペーサ 140 を介して巻回された回路基材フィルム 142 を展開して示している。図 29 は、実験的に気体の流通を開始させたときに得られたたとえばヒータ素子 144a、144b の抵抗値変化すなわち後述の気体流速計測回路 150 の出力電圧 V_{out} の変化を示している。この図 29 における出力電圧 V_{out} は、ヒータ素子 144a、144b の低熱容量および上記隙間 S による断熱作用による高い応答性を示している。

【0063】

図 30 は、気体流速計測回路 150 の一構成例であって、定温度型測定回路を示している。図 30 において、気体流速計測回路 150 は、4 つの抵抗器 R1、R2、R3、およびヒータ素子 144a (抵抗値 R_{hd}) から構成され、第 1 ブリッジ電源電圧 V_{s1} が印加される第 1 ブリッジ回路 152 と、第 1 ブリッジ回路 152 の出力電圧 V_{out1} を第 1 帰還増幅器 156 で増幅し、その信号に応じた電流を第 1 トランジスタ 154 にて第 1 ブリッジ回路 152 に流す第 1 計測回路 158 を、備えている。また、気体流速計測回路 150 は、4 つの抵抗器 R5、R6、R7、およびヒータ素子 144b (抵抗値 R_{hu}) から構成され、第 2 ブリッジ電源電圧 V_{s2} が印加される第 2 ブリッジ回路 162 と、第 2 ブリッジ回路 162 の出力電圧 V_{out2} を第 2 帰還増幅器 166 で増幅し、その信号に応じた電流を第 2 トランジスタ 164 にて第 2 ブリッジ回路 162 に流す第 2 計測回路 168 を、備えている。そして、気体流速計測回路 150 は、さらに、第 1 ブリッジ回路 152 の出力電圧 V_{out1} および第 2 ブリッジ回路 162 の出力電圧 V_{out2} の差電圧を増幅して出力電圧 V_{out} を出力する差動増幅器 170 を備えている。上記抵抗器 R3 は、第 1 ブリッジ回路 152 の平衡状態を調整する可変抵抗器であり、上記抵抗器 R7 は、第 2 ブリッジ回路 162 の平衡状態を調整する可変抵抗器である。

【0064】

以上のように構成された気体流速計測回路 150 において、第 1 ブリッジ回路 152 の平衡状態から急に気体流速が増加すると、第 1 ヒータ素子 144a の温度が低下してその抵抗値 R_{hd} が減少するので、第 1 ブリッジ回路 152 を当初の平衡状態に戻すように帰還増幅器 56 によって第 1 ブリッジ電源電圧 V_{s1} が増加させられ、第 1 ヒータ素子 144a の温度が上昇させられ、第 1 ヒータ素子 144a の温度が定温度に維持される。同様に、第 2 ブリッジ回路 162 の平衡状態から急に気体流速が増加すると、第 2 ヒータ素子 144b の温度が低下してその抵抗値 R_{hu} が減少するので、第 2 ブリッジ回路 162 を当初の平衡状態に戻すように帰還増幅器 166 によって第 2 ブリッジ電源電圧 V_{s2} が増加させられ、第 1 ヒータ素子 144b の温度が上昇させられ、ヒータ素子 144b の温度が定温度に維持される。差動増幅器 170 から出力される、第 1 ブリッジ回路 152 の出力電圧 V_{out1} および第 2 ブリッジ回路 162 の出力電圧 V_{out2} の差電圧を表す出力電圧 V_{out} は、気体流量測定回路 150 は、一対のヒータ素子 144a および 144b における抵抗変化の差分を反映する信号、すなわち、気道 120 内の往方向および復方向の気体流の方向を表す波形となる。すなわち、1 呼吸周期で 1 つの山および谷から成る波形として表す気体流の方向を表す信号となる。

【0065】

気体流量 FR (cc/min) は、たとえば図 7 に示すものと同様の予め求められた校正曲線すなわち気体流速 FS (cm/sec) と出力電圧の自乗値との関係から、ヒータ素子 152a および 152b を含む第 1 ブリッジ回路 156a および 156b からの出力電圧 V_{out1} および出力電圧 V_{out2} のうち、ヒータ素子が上流側に位置するブリッジ回路から出力される出力電圧に基づいて算出される。上記出力電圧 V_{out1} および出力電圧 V_{out2} の一方は、気体流速計測回路 38 の出力電圧 V_{out} の正負に基づいて選択される。気体流速計測回路 38 から出力される気体流速 FS (cm/sec) を表す出力電圧 V_{out1} および出力電圧 V_{out2} に、予め求めた気流センサ 126 内の流通

10

20

30

40

50

断面積 C (定数) を乗算することで気流センサ 126 内を流れる気体流量 FR (cc/min) が求められる。なお、図 7 に示す関係の縦軸である気体流量に替えて、気体流速 FS (cm/sec) が用いられてもよい。

【0066】

なお、第 1 計測回路 158 において、第 1 ブリッジ回路 152 の出力電圧 V_{out1} 、第 1 帰還増幅器 156 の出力電圧 (V)、第 1 帰還増幅器 156 の出力電流、第 1 電圧レギュレータ 154 の出力電流のいずれもヒータ素子 144a の抵抗値 R_{hd} の変化を反映しているので、それらのいずれからでも、ヒータ素子 144a の抵抗値 R_{hd} の変化が求められ得る。第 2 計測回路 168 においても同様である。したがって、第 1 計測回路 158、第 2 計測回路 168 の出力信号は、それらに対応する気体流速を表すものであってもよい。

10

【0067】

図 31 は、気流センサ 126 および気体流速計測回路 150 を用いて、ラットの呼吸を気流センサ 126 内を通過する気体流量 FR (cc/min) として求めた実験例を示している。

【0068】

図 21 に戻って、画像処理回路 172 は、CCD カメラ 127 を通して得られる画像を電子信号に変換する撮像素子を有し、その撮像素子により電子信号に変換された画像である気道 120 内の画像を電子制御装置 112 へ出力する。電子制御装置 112 は、予め ROM 或いは RAM に記憶されたプログラムを CPU が実行する形式の所謂マイクロコンピュータから構成されており、その制御機能実現手段としての気体流量算出制御部 174 を備え、信号処理結果である気道 120 内の気体流速、或いは気体流量 FR 等を表示出力装置 116 の画面に表示させる。

20

【0069】

気体流量算出制御部 174 は、画像処理回路 172 から入力された気道 120 内の画像から、気流センサ 126 の位置に対応する気道 120 の内径を算出する。また、気体流量算出制御部 174 は、たとえば図 7 に示される、気流センサ 126 内を流れる気体流量 FR (cc/min) と第 1、第 2 ブリッジ回路 152、162 の出力電圧を反映するパラメータの自乗値たとえば計測回路 150 の出力電圧 V_{out} の自乗値 V_{out}^2 との間の予め求められた関係を、気道 120 の内径毎に予め記憶し、可撓性シース 122 の先端から撮像された気道 120 の実際の内径からその内径に対応する関係を選択し、選択された関係から、気流センサ 126 の出力信号から気体流速計測回路 150 からの出力電圧 V_{out} の自乗値 V_{out}^2 に基づいて、気道 120 内の気体流量 FR を算出し、その気体流量 FR の変化波形を表す気体流量信号、および、気体流量 FR を表す数値たとえば平均値、最大値、最小値を、表示出力装置 116 に出力する。図 31 は、ラットから採取された上記気体流量信号の波形の一例を示している。

30

【0070】

上述のように、本実施例の気道内気体流量測定装置 110 によれば、気流測定用カテーテル 124 の先端部 (第 1 センサ基材) の外周面に円筒状に巻かれた状態で固定された可撓性の回路基材フィルム (第 1 回路基材フィルム) 142 の外周面にヒータ素子 (第 1 ヒータ素子) 144a、144b が形成されるとともに、流体測定用カテーテル 124 内を通る操作ワイヤ 128 が突き出し操作されることで拡張する拡張バスケット 129 が、気流センサ (第 1 気流センサ) 126 を気道 120 内の中央に位置させることから、一端がカテーテルに固定された円筒状のセンサ基材の側面に形成された通気穴と他端の開口との間を測定気体を通される形式の従来に比較して、気道 120 内の流通抵抗が小さくなり、しかも気道 120 内の粘液の滞留や詰まりが発生し難い構造であるので、気体流量が正確かつ容易に測定される。

40

【0071】

また、本実施例の気道内気体流量測定装置 110 によれば、回路基材フィルム (第 1 回路基材フィルム) 142 は、スペーサ 140 を介して気流測定用カテーテル 124 の先端

50

部（第1センサ基材）の外周面に円筒状に巻かれた状態で固定されることにより、その回路基材フィルム（第1回路基材フィルム）142のうちの少なくともヒータ素子144a、144b（第1ヒータ素子）が形成されている部分と気流測定用カテーテル124の先端部（第1センサ基材）の外周面との間に隙間Sが形成されている。これにより、回路基材フィルム142に形成されたヒータ素子144a、144bと気流測定用カテーテル124の先端部との間の断熱が高められるので、一層正確に気体流量が測定される。また、ヒータ素子144a、144b自体の熱容量が小さいので、高速応答が得られる。

【0072】

また、本実施例の気道内気体流量測定装置110によれば、回路基材フィルム（第1回路基材フィルム）142には、一对のヒータ素子144a、144b（第1ヒータ素子）が形成されている。また、それら一对のヒータ素子144a、144b（第1ヒータ素子）をそれぞれ含む4抵抗素子から成る一对の第1ブリッジ回路152、第2ブリッジ回路162とそれら一对の第1ブリッジ回路152、第2ブリッジ回路162の出力信号差に対応する出力信号を出力する差動増幅器170とを有する気体流速計測回路（第1気体流速計測回路）150と、予め記憶された関係から第1ブリッジ回路152および第2ブリッジ回路162の出力信号Vout1およびVout2に基づいて気道120内の気体流量を表す気体流量信号（第1気体流量信号）を算出する気体流量算出制御部（第1気体流量算出制御部）174とが、含まれる。この気体流量信号は、1呼吸周期内における気道内の気体の流通方向に拘わらず、1呼吸内の気体流の方向を1つの山および谷で表す波形である。すなわち、1呼吸内の気体流量を1つの山および谷で気体流量を表すので、解

【実施例6】

【0073】

図32は、他の実施例の気道内気体流量測定装置110に用いられる気流センサ182を説明する斜視図であって、図24に対応する図である。本実施例の気流センサ182は、前述の気流センサ126と同様に構成されているが、その気流センサ126に替えて、拡径バスケット129の先端チップ130に固定されていて、測定状態では拡径バスケット129よりも先端側に位置させられる点、および、拡径バスケット129の先端チップ130に操作ワイヤ128が連結され且つ後端チップ132が操作ワイヤ128に摺動可能に装着されている点などで、相違している。

【0074】

先端チップ130には、第2センサ基材として機能する気流測定用カテーテル124と同径であるが、それとは別体の円柱状基材184が連結されており、その円柱状樹脂基材184に、気流センサ126と同様に構成された気流センサ182が設けられている。操作ワイヤ128が気流測定用カテーテル124に引き込まれている状態では、拡径バスケット129が気流測定用カテーテル124の縦通穴136内に収容され、且つ円柱状基材184あるいはそれが固定された先端チップ130が気流測定用カテーテル124の先端面に略当接させられているが、操作ワイヤ128が気流測定用カテーテル124の先端面から突き出された測定状態では、図32に示されるように、拡径バスケット129が開かれるとともに、その拡径バスケット129の先端側に気流センサ182が位置させられる。

【0075】

本実施例の気流センサ182は、前述の実施例の図21、図30と同様に、気体流速計測回路150に接続されるとともに、その気体流速計測回路150からの信号に基づいて電子制御装置112内の気体流量算出制御部74により、気体流量が測定され、表示出力装置116に表示されるようになっている。

【0076】

本実施例の気流センサ182によれば、円柱状基材（第2センサ基材）184の外周面に円筒状に巻かれた状態で固定された可撓性の回路基材フィルム（第2回路基材フィルム）142の外周面にヒータ素子（第2ヒータ素子）144a、144bが形成されるとと

もに、流体測定用カテーテル 124 内を通る操作ワイヤ 128 が突き出し操作されることで拡張する拡張バスケット 129 が、気流センサ（第 2 気流センサ）182 を気道 120 内の中央に位置させることから、一端がカテーテルに固定された円筒状のセンサ基材の側面に形成された通気穴と他端の開口との間を測定気体を通される形式の従来に比較して、気道 120 内の流通抵抗が小さくなり、しかも気道 120 内の粘液の滞留や詰まりが発生し難い構造であるので、気体流量が正確かつ容易に測定される。特に、気流センサ 182 が拡張バスケット 129 の先端側に位置していて、呼気区間では気流センサ 182 が拡張バスケット 129 の上流側に位置するので、呼気区間の気体流量が一層正確に測定される。

【0077】

10

また、本実施例の気流センサ 182 によれば、回路基材フィルム（第 2 回路基材フィルム）142 は、スペーサ 140 を介して円柱状基材（第 2 センサ基材）184 の外周面に円筒状に巻かれた状態で固定されることにより、その回路基材フィルム（第 2 回路基材フィルム）142 のうちの少なくともヒータ素子 144a、144b（第 2 ヒータ素子）が形成されている部分と円柱状基材（第 2 センサ基材）184 の外周面との間に隙間 S が形成されている。これにより、回路基材フィルム 142 に形成されたヒータ素子 144a、144b と円柱状基材（第 2 センサ基材）184 との間の断熱が高められるので、一層正確に気体流量が測定される。また、ヒータ素子 144a、144b 自体の熱容量が小さいので、高速応答が得られる。

【0078】

20

また、本実施例の気流センサ 182 によれば、回路基材フィルム（第 2 回路基材フィルム）142 には、一对のヒータ素子 144a、144b（第 2 ヒータ素子）が形成されている。また、それら一对のヒータ素子 144a、144b（第 2 ヒータ素子）をそれぞれ含む 4 抵抗素子から成る一对の第 1 ブリッジ回路 152、第 2 ブリッジ回路 162 とそれら一对の第 1 ブリッジ回路 152、第 2 ブリッジ回路 162 の出力信号差に対応する出力信号を出力する差動増幅器 170 とを有する気体流速計測回路（第 2 気体流速計測回路）150 と、予め記憶された関係から第 1 ブリッジ回路 152 および第 2 ブリッジ回路 162 の出力信号 Vout1 および Vout2 に基づいて気道 120 内の気体流量を表す気体流量信号（第 2 気体流量信号）を算出する気体流量算出制御部（第 2 気体流量算出制御部）174 とが、備えられる。この気体流量信号は、1 呼吸周期内における気道内の気体の流通方向に拘わらず、1 呼吸内の気体流量を 1 つの山および谷で表すので、解りやすい気道 120 内の気体流量が得られる。

30

【実施例 7】

【0079】

図 33 は、本発明の他の実施例の気道内気体流量測定装置 180 に用いられる気流センサ 192 を説明する斜視図であって、図 24 に対応する図である。本実施例の気流センサ 192 は、実施例 5 の気流センサ 126 と実施例 6 の気流センサ 182 とが組合せられることにより構成されている。図 34 は、本実施例の気道内気体流量測定装置 180 の構成を説明する図 21 に対応する図である。図 34 において、第 1 気体流速計測回路 150a および第 2 気体流速計測回路 150b は、気流センサ 126 および気流センサ 182 にそれぞれ接続されるものであって、前述の実施例の気体流速計測回路 150 と同様にそれぞれ構成されている。また、第 1 気体流量算出制御部 174a および第 2 気体流量算出制御部 174b は、前述の実施例の気体流量算出制御部 174 と同様の機能をそれぞれ備えるものである。

40

【0080】

本実施例の気道内気体流量測定装置 180 によれば、実施例 5 の気道内気体流量測定装置 110 と同様の効果が得られる。また、気流センサ 182 が拡張バスケット 129 の先端側に位置していて、呼気区間では気流センサ 182 が拡張バスケット 129 の上流側に位置するので、呼気区間の気体流量が正確に測定される。同時に、気流センサ 126 が拡張バスケット 129 の基端側に位置していて、吸気区間では気流センサ 126 が拡張バス

50

ケット 129 の上流側に位置するので、吸気区間の気体流量が正確に測定される。

【実施例 8】

【0081】

図 35 は、本発明の他の実施例の気道内気体流量測定装置 110 に用いられる気流センサ 202 を説明する斜視図であって、図 24 に対応する図である。本実施例の気流センサ 202 は、前述の気流センサ 126 と同様に構成されているが、その気流センサ 126 とは異なり、拡張バスケット 129 の内の長手方向の中央部に位置するように操作ワイヤ 128 により支持されていて、測定状態では拡張バスケット 129 の横断面の中央位置に位置させられる点、および、操作ワイヤ 128 が引き込まれると拡張バスケット 129 および気流センサ 202 が気流測定用カテーテル 124 内に収容されるようになっている点などで、相違している。

10

【0082】

本実施例の気流センサ 202 は、前述の実施例の図 21、図 30 と同様に、気体流速計測回路 150 に接続されるとともに、その気体流速計測回路 150 からの信号に基づいて電子制御装置 112 内の気体流量算出制御部 74 により、気体流量が測定され、表示出力装置 116 に表示されるようになっている。

【0083】

本実施例の気道内気体流量測定装置 110 は、可撓性シース 122 に通される気流測定用カテーテル 124 の先端部に一体的または別体に設けられた円筒状の気流測定用カテーテル（第 1 センサ基材）124 と、その気流測定用カテーテル 124 の先端から出し入れされる操作ワイヤ 128 と、先端部および後端部が互いに束ねられた複数本の弾性ワイヤ 134 から構成されて操作ワイヤ 126 の先端部に設けられ、前記流体測定用カテーテル 124 の先端から突き出されることで拡張する拡張バスケット 129 と、拡張バスケット 129 内において操作ワイヤ 126 のうち拡張バスケット 129 の長手方向の中央部に位置する部分に円筒状に巻かれた状態で固定された可撓性の回路基材フィルム 142（第 1 回路基材フィルム）と、回路基材フィルム 142 の外周面に形成された 1 または 2 の第 1 ヒータ素子とを有する気流センサ 202 とを、備えている。

20

【0084】

本実施例の気流センサ 202 によれば、気道 120 内の中央に位置させられることから、気道 120 内の流通抵抗が小さくなり、しかも気道 120 内の粘液の滞留や詰まりが発生し難い構造であるので、気体流量が正確かつ容易に測定される。特に、気流センサ 202 が拡張バスケット 129 内の軸方向の中央および横断面の中央に位置して、気体流量が一層正確に測定される。

30

【0085】

以上、本発明の実施例を説明したが、本発明はその他の態様においても適用される。

【0086】

たとえば、前述の実施例では、波形解析制御部 72 は、呼吸波形から得られた周波数スペクトル中に含まれる心拍同期波形の周波数成分から心拍信号 SH を合成していたが、波形解析制御部 72 は、心拍信号 SH の基本周波数を含む通過周波数帯を有するバンドパスフィルタを通して呼吸信号 SR から心拍信号 SH を抽出してもよい。このように抽出された心拍信号 SH の波形の精度はそれほど高くないが、たとえば心拍数 HR を算出する場合は十分に目的を達成できる。また、心拍信号 SH の振幅により心拍出量が推定される。

40

【0087】

また、前述の実施例では、気流測定用カテーテル 124 の先端部自体が、気流センサ 126 の第 1 センサ基材或いは第 2 センサ基材として機能するものであったが、その気流測定用カテーテル 124 の先端部に長手方向に連結されたり、外周側に被覆した別部材を、気流センサ 126 の第 1 センサ基材或いは第 2 センサとして機能させるものであってもよい。要するに、気流センサ 126 のセンサ基材は、可撓性シースに通される気流測定用カテーテルの先端部に一体または別体に設けられたものであってもよい。

【0088】

50

また、拡張バスケットと気流センサを連結し、操作ワイヤ 126 の先端部に設けられ、気流センサ 202 で示したように、全体を気流測定用カテーテル 124 の中に収納した状態で気管支鏡の可撓性シース 122 に通し、気流を測定する部位で、気流測定用カテーテル 124 から操作ワイヤ 126 により気流測定用カテーテル 124 の先端より突き出すことで拡張バスケット 129 が拡張するシステムであってもよい。この場合、気流センサ 202 以外の気流センサ 126、182、192 で実施される。

【0089】

また、図 30 の気体流速計測回路 150 において、気体温度の測定値に対する影響を抑制するために、必要に応じて、温度補償回路が適宜設けられる。

【0090】

また、実施例 1 から実施例 4 に記載の気流センサ 36、実施例 5 から実施例 8 に記載のバスケット式の気流センサ 126、182、192、202 は、バルーンカテーテル、スワンガンツカテーテル、点滴装置の輸液管路等に装着されて、尿路内の流速、血管内の流速、輸液の流速を検出するために用いられてもよい。

【0091】

なお、上述したのはあくまでも本発明の一実施例であり、本発明はその主旨を逸脱しない範囲において種々変更が加えられ得るものである。

【符号の説明】

【0092】

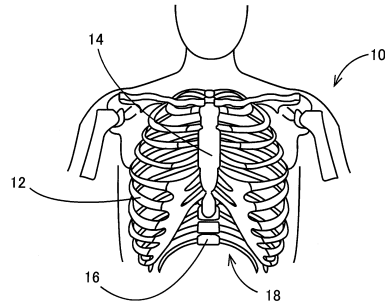
10、118：生体 24：肺 26：心臓 30：心拍信号検出装置 36、
126、182、192、202：気流センサ 38：気体流速計測回路 40：電
子制御装置 42：人工呼吸器 50：回路基材フィルム 52a、52b：ヒータ
素子 56：ブリッジ回路 70：気体流算出制御部 72：波形解析制御部
74：心拍信号評価制御部 FR：気体流量 SH：心拍信号 SR：呼吸信号
SR0：換気成分信号 110、180：気道内気体流量測定装置 112：電
子制御装置 114：気管支鏡 116：表示出力装置 120：気道 122
：可撓性シース 123：縦通穴 124：気流測定用カテーテル（第 1 センサ基材
） 125：光源 127：CCD カメラ 128：操作ワイヤ 129：拡張
バスケット 130：先端チップ 132：後端チップ 134：弾性ワイヤ
136：縦通穴 138：開口 140：スペーサ 142：回路基材フィルム（
第 1 回路基材フィルム、第 2 回路基材フィルム） 144a、144b：ヒータ素子（
第 1 ヒータ素子、第 2 ヒータ素子） 146a、146b：環状固定部材 150：
気体流速計測回路 152：第 1 ブリッジ回路 154：第 1 電圧レギュレータ
156：第 1 作動増幅器 158：第 1 計測回路 162：第 2 ブリッジ回路 1
64：第 2 電圧レギュレータ 166：第 2 帰還増幅器 168：第 2 計測回路
170：差動増幅器 172：画像処理回路 174：気体流量算出制御部 18
4：円柱状基材（第 2 センサ基材） S：隙間

10

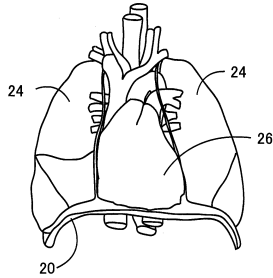
20

30

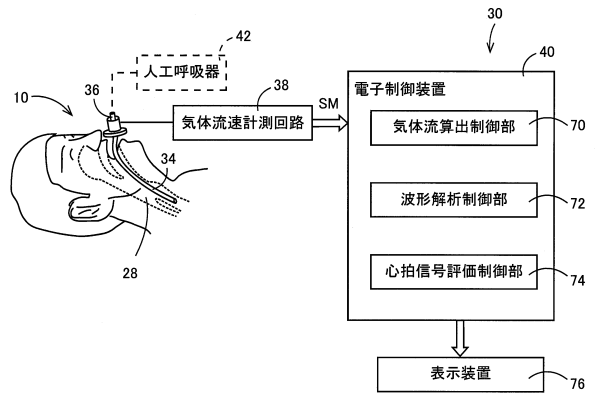
【図 1】



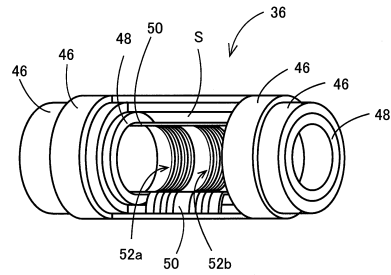
【図 2】



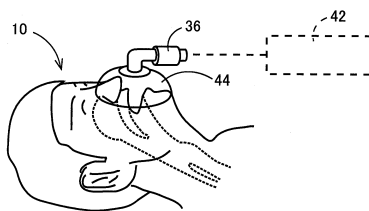
【図 3】



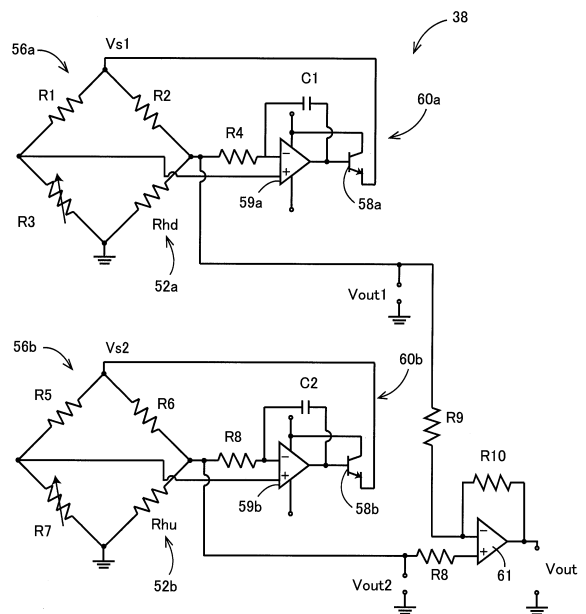
【図 4】



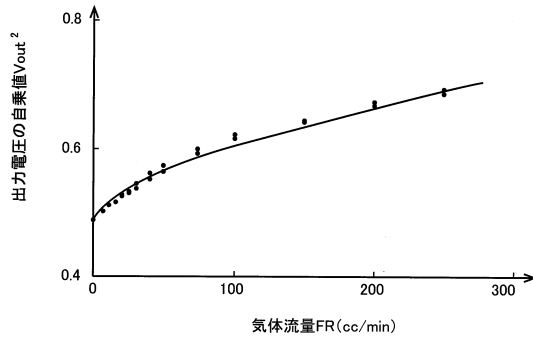
【図 5】



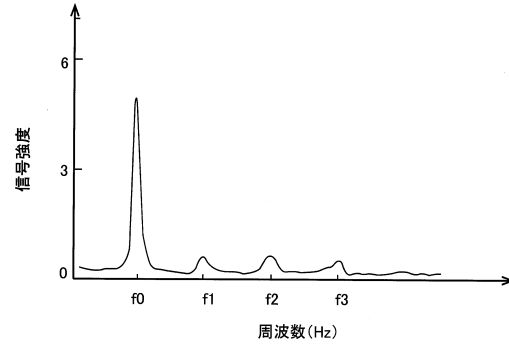
【図 6】



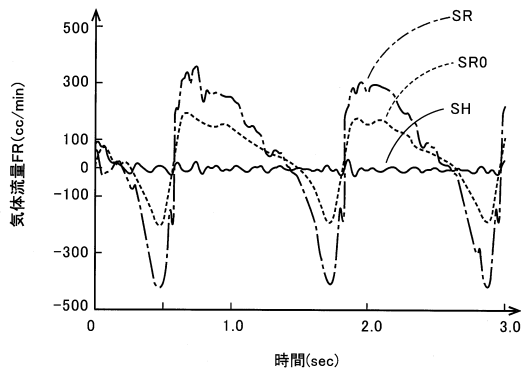
【図 7】



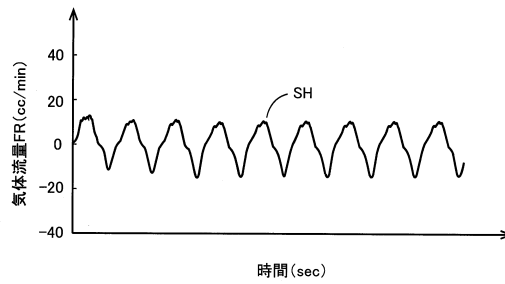
【図 9】



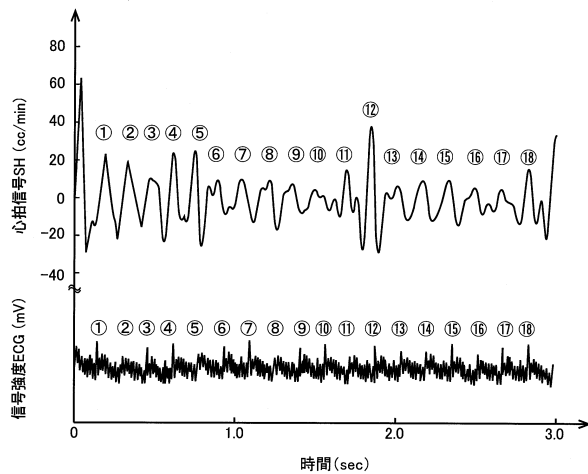
【図 8】



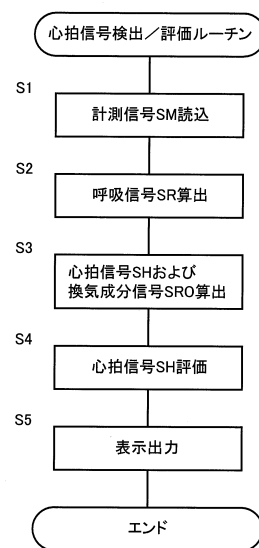
【図 10】



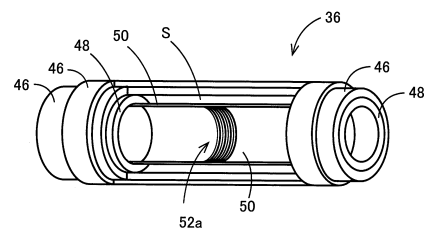
【図 11】



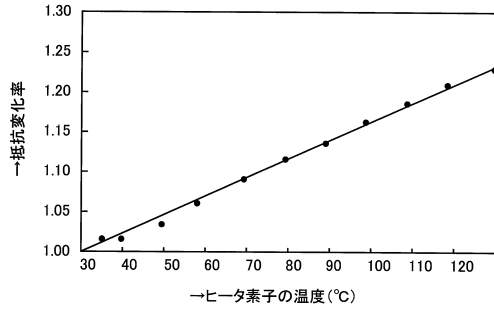
【図 12】



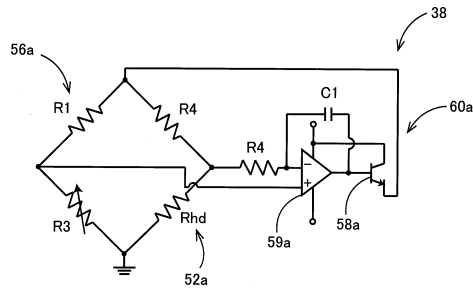
【図 13】



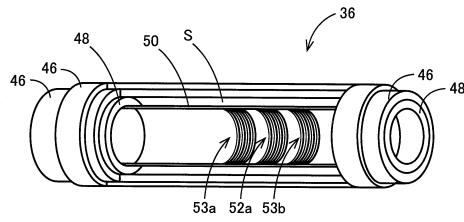
【図 14】



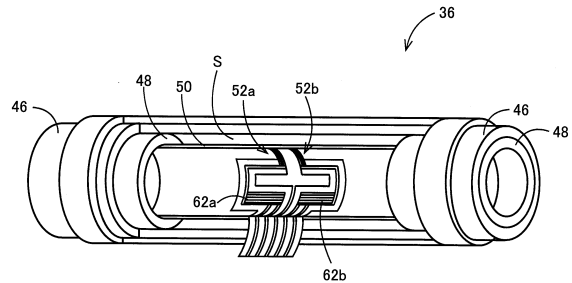
【図 15】



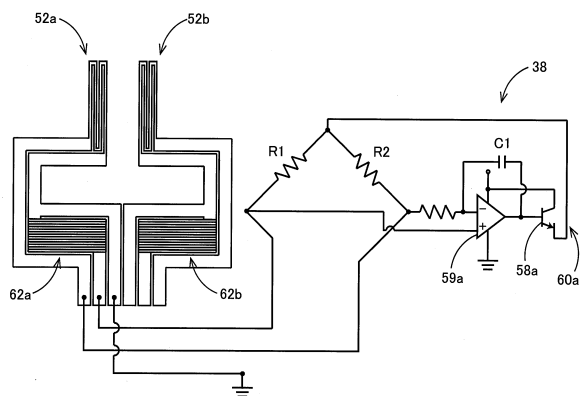
【図 16】



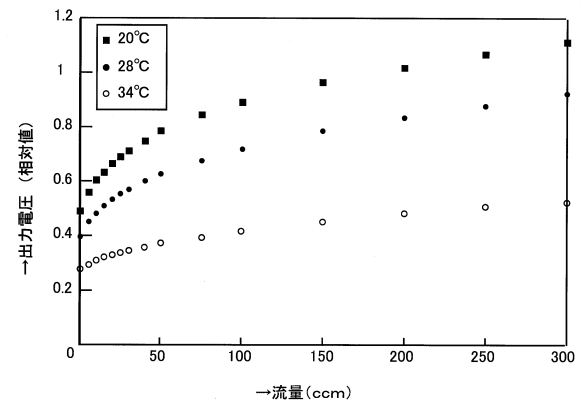
【図 17】



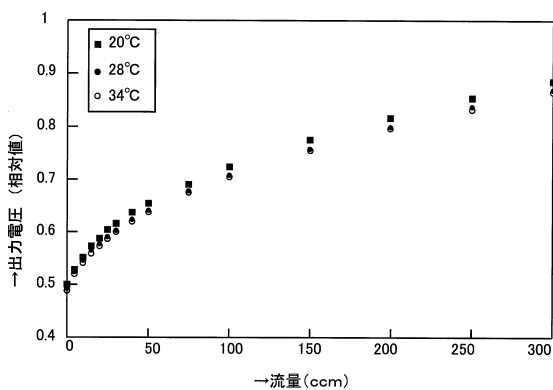
【図 18】



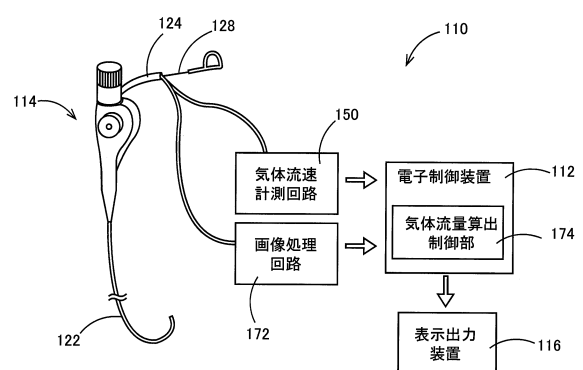
【図 20】



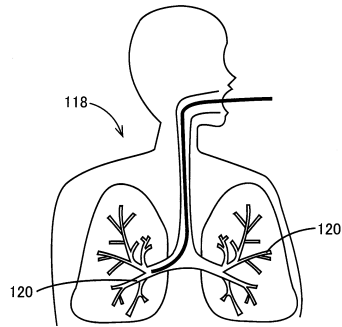
【図 19】



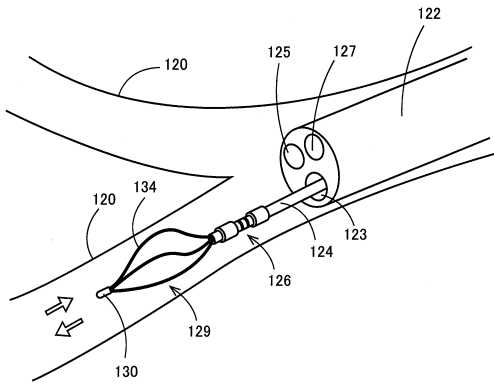
【図 21】



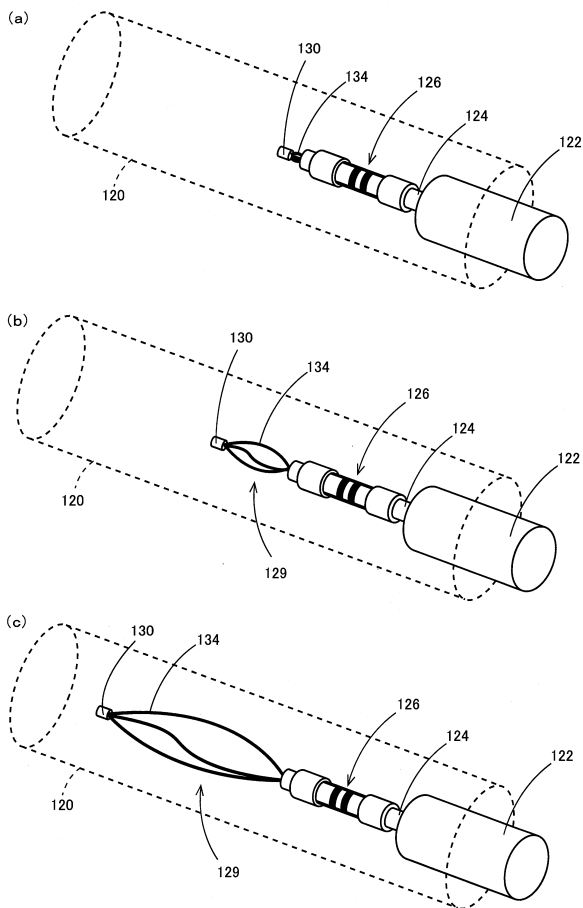
【図 2 2】



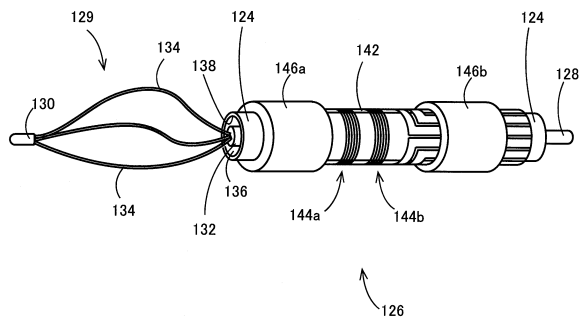
【図 2 3】



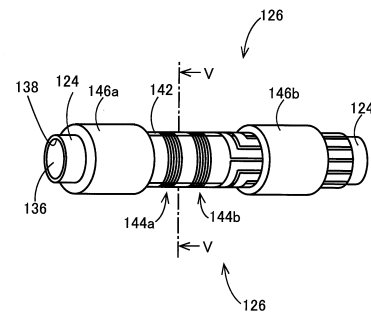
【図 2 5】



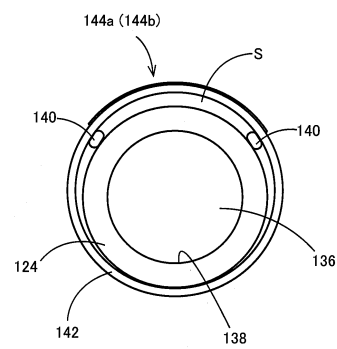
【図 2 4】



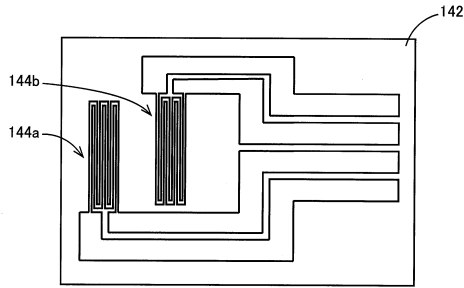
【図 2 6】



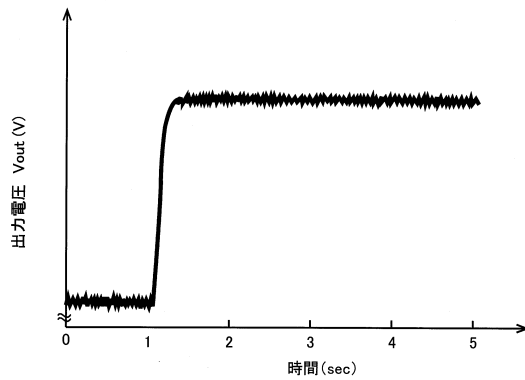
【図 2 7】



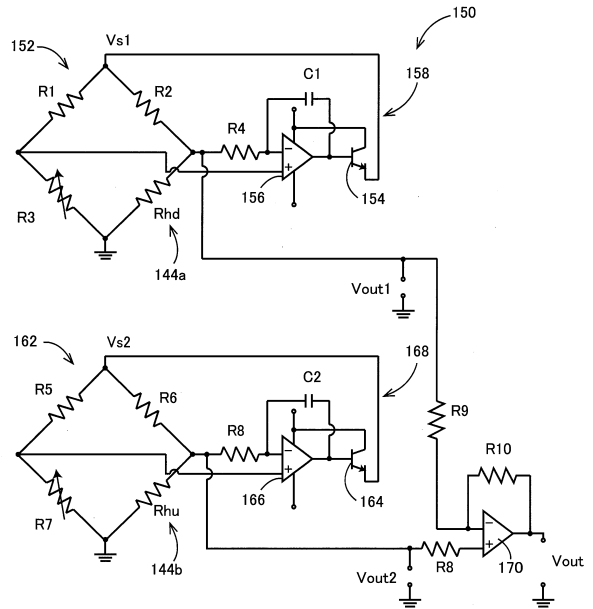
【図28】



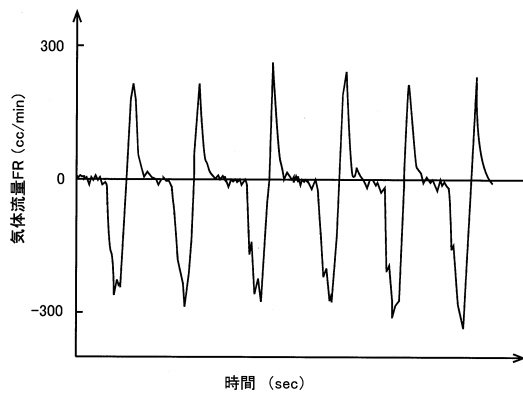
【図29】



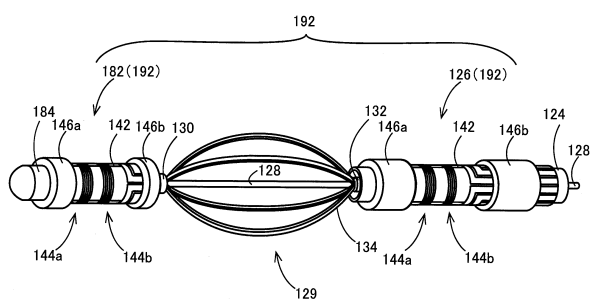
【図30】



【図31】

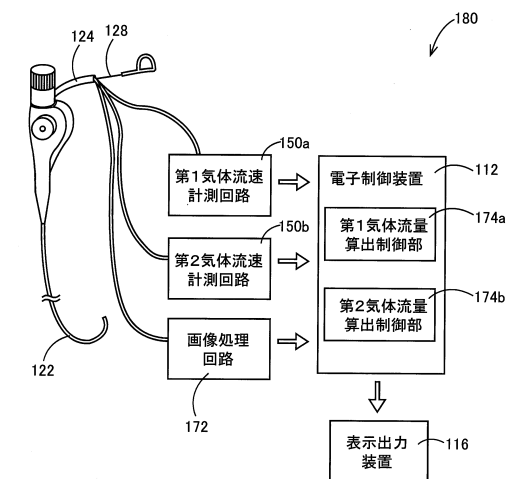
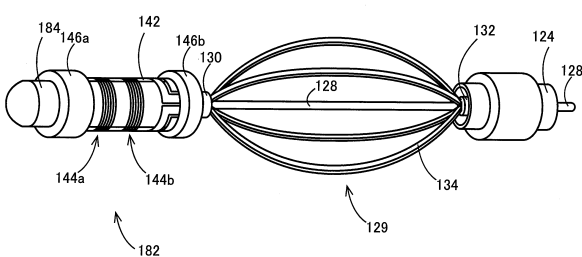


【図33】

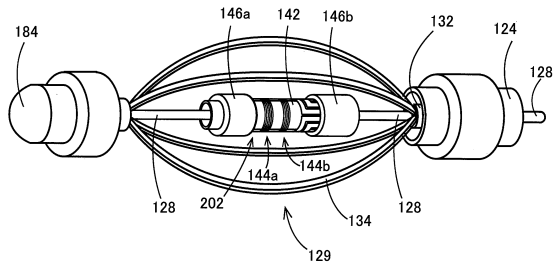


【図34】

【図32】



【図 35】



フロントページの続き

(72)発明者 松島 充代子
愛知県名古屋市千種区不老町1番 国立大学法人名古屋大学内

審査官 湯本 照基

(56)参考文献 特開2009-168480(JP, A)
特表2007-525267(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A 6 1 B 5 / 0 2 4 5

A 6 1 B 5 / 0 2 9

A 6 1 B 5 / 0 8 7

A 6 1 B 5 / 0 9 7