

【技術分類】 7 - 2 - 2 センサー応用 / センサー応用 / 水圧・水深計

【 F I 】 G01C13/00@P, G04G1/00,315@G

【技術名称】 7 - 2 - 2 - 1 システム構成

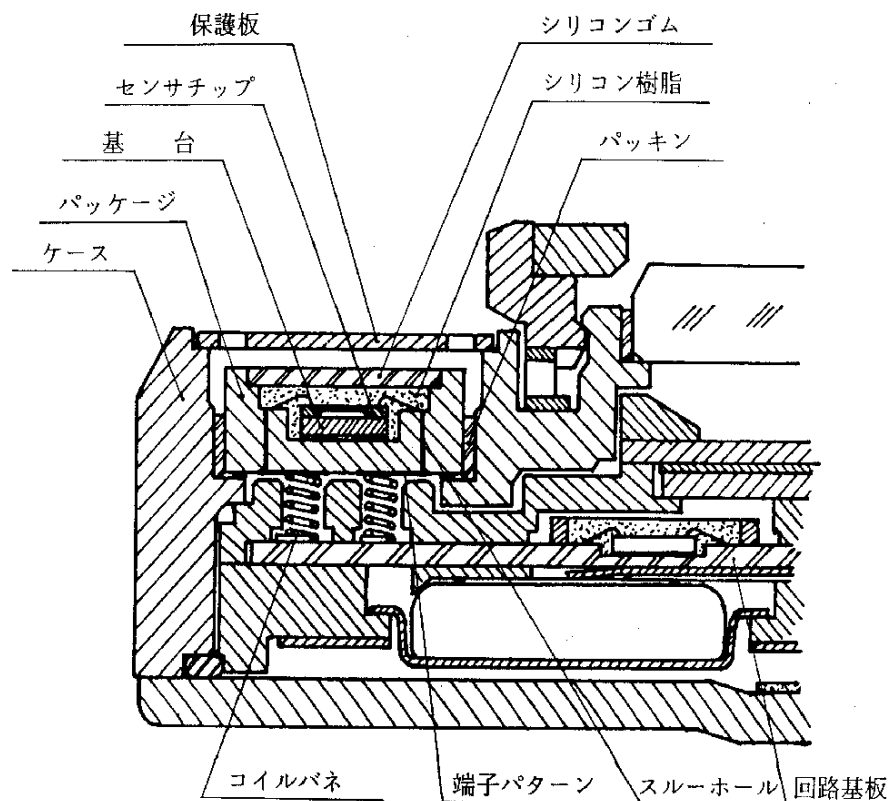
【技術内容】

水深計測機能を内蔵し、水深表示や各種警告などをするダイバー用腕時計であって、水圧を圧力センサーにて計測し、デジタル信号に変換して得た水深の情報、および時間の情報を組み合わせて演算処理し、水深のみならずダイビングに必要な各種情報や記録を視覚&聴覚で提供するためのシステム技術である。

圧力センサーを内蔵した水深計付腕時計が、高度な情報提供機器として各種ダイバーの間で用いられていて、一定の市場を形成している。また、表示機能も指針によるアナログ表示、液晶によるデジタル表示の両方がある。

図 1 は、この技術の内、センサー部周辺の概断面図である。パッケージの上に載せられたセンサーチップにはシリコンダイアフラムを用いて、その上にゲル状のシリコン樹脂で封入し、さらにシリコンゴムを乗せた構造になっている。センサー内蔵のパッケージはパッキンと共に腕時計のケースにはめ込まれた防水構造で、シリコンゴムの上に水が入ってきて、水圧を感知する。

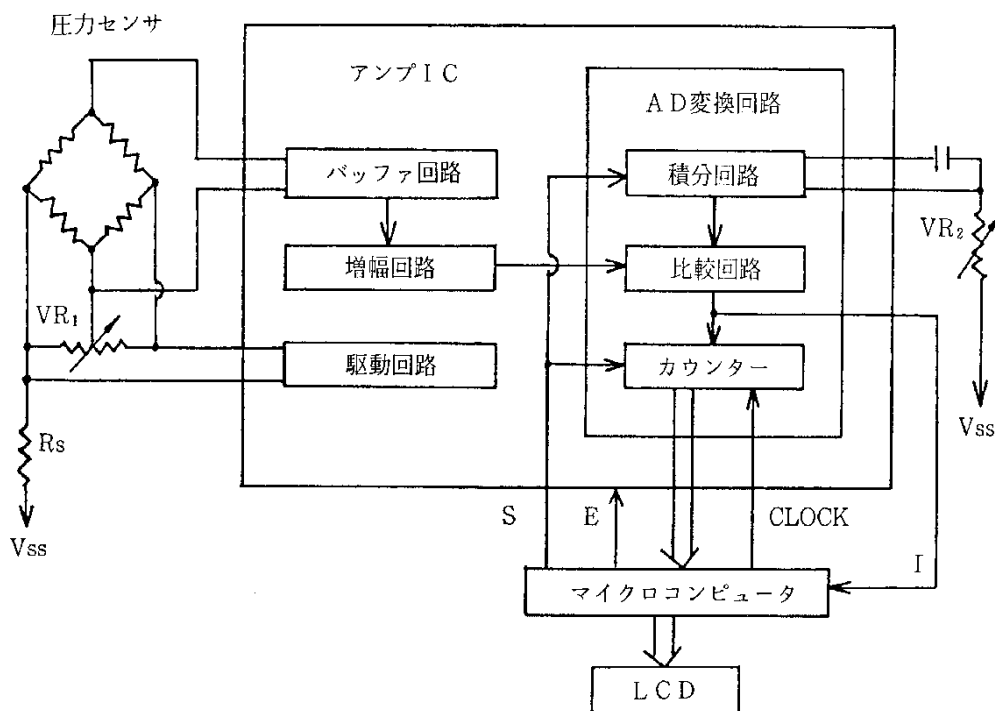
【図】図 1 断面図



出典 1、「8 頁 第 1 図 キャリバー C020 の圧力センサ部の概断面図」

図 2 には、液晶表示機能を持った腕時計のシステムの例を示す。圧力の変化を抵抗ブリッジのバランスの変化として電圧差電気信号として感知し、増幅回路にて増幅した後 A/D 変換回路にて A/D 変換をし、そのデータをマイコンにて信号処理し LCD ドライバーをへて、液晶表示パネルにてデジタル表示をしているシステム図である。

【図】図 2 水深計測・表示システム図

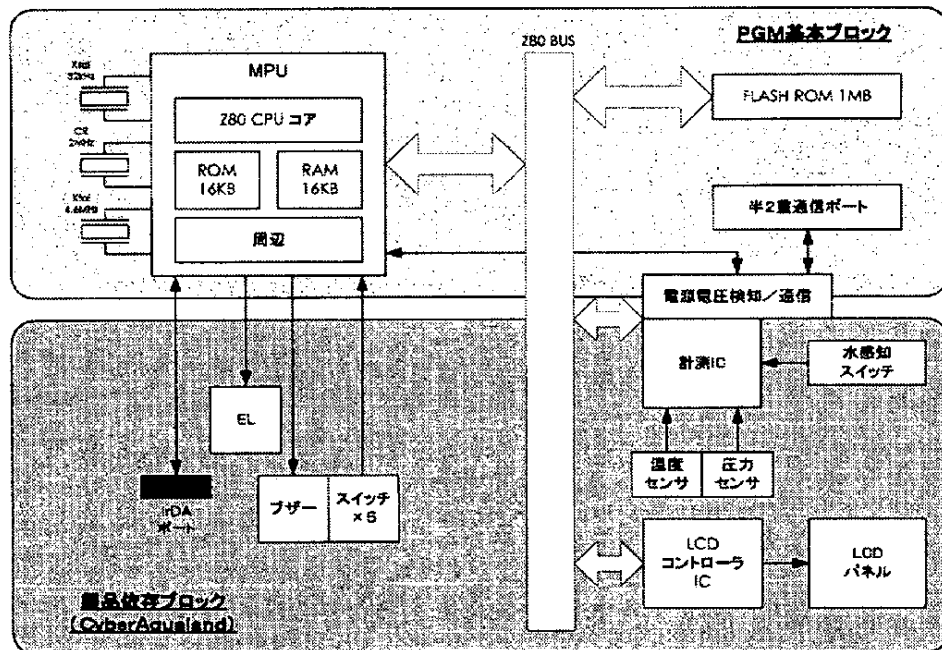


出典 1、「10 頁 第 3 図 水深計測システムのブロック図」

図 3 には別のダイバー用腕時計で PGM ハードウェアを内蔵した高機能な事例のシステム図を示す。

ROM&RAM を内蔵した 8 ビットマイコンとフラッシュ ROM を搭載しているため、現在深度・最大深度・潜水時間・体内窒素量グラフ等を表示するとともに、ダイビング管理ソフトやユーザーカスタマイズソフトを搭載することによって、各種データ編集・管理およびプロフィールデータ管理が可能となっている。

【図】図3 システム図



出典 2、「49 頁 Fig.1 PGM Hardware」

【出典 / 参考資料】

出典 1：「水深計付きダイバースウオッチ「シチズンデプスマーター」の開発」、「日本時計学会誌 No.119」,「1986 年 12 月」,「梅本隼雄、長谷川忠史、昼田俊雄、柵山正男、新田達夫、梅沢正司（シチズン時計）著」,「日本時計学会発行」, 4 - 19 頁

出典 2：「CYBER AQUALAND Cal.D700の開発」,「マイクロメカトロニクス Vol.46 No.4」,「2002 年 12 月」,「三瀧和哉、木原啓之、北嶋泰夫、田中透、池内義宏、高橋由紀見（シチズン時計）著」,「日本時計学会発行」, 48 - 57 頁

参考資料 1：「CASIO Alti - Depth Meter の開発」,「日本時計学会誌 No.131」,「1989 年 12 月」,「山田亨、井田靖、臼井計文（カシオ計算機）著」,「日本時計学会発行」, 52 - 63 頁

参考資料 2：「SCUBA MASTER の開発」,「日本時計学会誌 No.138」,「1991 年 9 月」,「佐古幸俊、坂本研二、角田岳夫（セイコーエプソン）著」,「日本時計学会発行」, 33 - 41 頁

参考資料 3：「アナログ水深計付ダイバースウオッチの開発」,「日本時計学会誌 No.142」,「1992 年 9 月」,「鈴木紀寿、宮坂健治、山田信一、柵山正男、市川雅一（シチズン時計）著」,「日本時計学会発行」, 17 - 25 頁

参考資料 4：「[1.5V 電源動作の計測システムの開発]」,「日本時計学会誌 No.153」,「1995 年 6 月」,「三瀧和哉（シチズン時計）著」,「日本時計学会発行」, 11 - 22 頁

【応用分野】 6 - 1 - 2 情報通信機能 / PC・ネットワーク関連 / PC とのリンク機能

【技術分類】 7 - 2 - 2 センサー応用 / センサー応用 / 水圧・水深計

【 F I 】 G01C13/00@P, G04G1/00,315@G

【技術名称】 7 - 2 - 2 - 2 センサー（圧力・水検知）

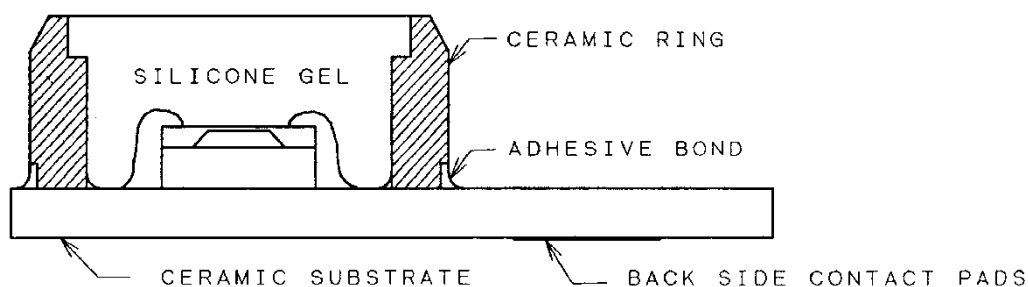
【技術内容】

水深計測機能を有するダイバー用腕時計に内蔵されている圧力センサーであって、水深に応じた水圧を感知し電気信号として取り出すための構成および圧力を電気信号に変換する手段などに関する技術である。

圧力センサーとしては、圧電抵抗型、容量型、振動型など、種々存在する。その中で小型化、集積化のしやすさ、およびコスト面からも、一般的にスポーツウォッチに用いられているのは圧力変化により電気抵抗が変化する圧電抵抗型半導体素子（シリコンダイアフラム）が用いられている。

図 1 の断面図にウォッチの水圧センサー部の構造を示す。セラミック基板上にセラミックリングがボンドされて、リング内の台座上に圧電抵抗型半導体素子（シリコンダイアフラム）を載せ、結線した後、シリコンゲルで充填する。シリコンゲルに海水からの圧力が加わり、その圧力が圧電抵抗型半導体素子を変形させ、抵抗値が変化する仕組みである。

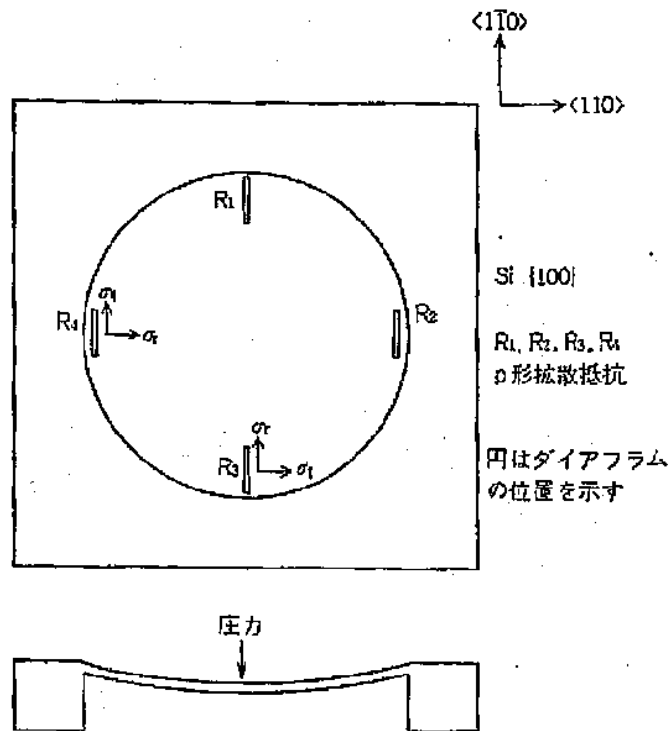
【図】図 1 水圧センサー部構造の断面図



出典 1、「39 頁 Fig.6 Sectional View of Pressure Sensor」

図 2 には、シリコンダイアフラムにおける 4 個の半導体抵抗の配置例を示す。R1 & R3 は配置方向性から外形変軽量が大きく、抵抗値の変化量が大きい。それに比較して、R2 & R4 は外形変化量が小さく、R1 & R3 に比べて抵抗値の変化量が小さい。

【図】図 2 ダイアフラムにおける抵抗の配置図

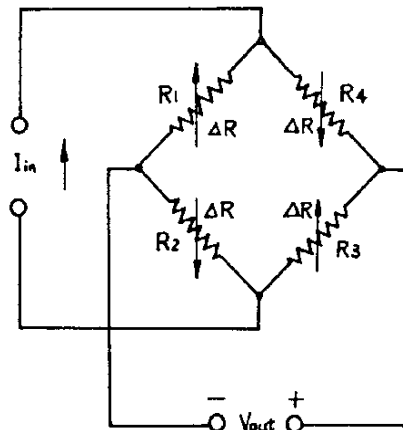


出典 2、「5 頁 図 12 P - Si { 100 } のゲージ配列例」

図 3 には、圧電抵抗型半導体センサー（シリコンダイアフラム）の等価回路を示す。図 2 で説明したように、圧電抵抗型半導体センサーには 4 つの抵抗が内蔵されており、その抵抗に圧力がかかることにより形状変形し、4 つの抵抗値が変化してブリッジ回路のバランスが変化する。その変化量（差圧）を微小電圧の変化として取り出す。

微小電圧を AMP 回路により増幅し、A/D 変換回路によりデジタル変換する。マイクロコンピュータ一部分で信号処理した後、表示機構の形態に合わせて出力する。表示機能は指針によるアナログ表示、液晶によるデジタル表示の両方がある。

【図】図3 センサー等価回路



出典 3、「12 頁 第 5 図 圧力センサの等価回路」

なお、この種のダイバーズウォッチには水分検知機能がついている製品もある。水分検知センサーは 2 端子方式で、ウォッチのケース枠に露出されており、端子とケース間の電圧ドロップを検知している。

図 4 は、その製品例で 3 時位置にある 2 つの端子の内 12 時側に近い方が水検知センサーである。

【図】図4 水検知センサー付き製品例



出典 4、「Web ページ上の写真」

【出典 / 参考資料】

出典 1:「SCUBA MASTER の開発」,「日本時計学会誌 No.138」,「1991 年 9 月」,「佐古幸俊、坂本研二、角田岳夫（セイコーエプソン）著」,「日本時計学会発行」, 33 - 41 頁

出典 2:「半導体圧力センサー総論」,「藤倉電線技報 66 号」,「1983 年」,「田中重信、山口哲夫、小山内裕、新免徹（藤倉電線）」,「藤倉電線発行」, 1 - 8 頁

出典 3 : 「水深計付きダイバーズウォッチ「シチズンデプスマーター」の開発」, 「日本時計学会誌 No.119」, 「1986 年 12 月」, 「梅本隼雄、長谷川忠志、昼田俊雄、柵山正男、新田達夫、梅沢正司 (シチズン時計) 著」, 「日本時計学会発行」, 4 - 19 頁

出典 4 :

- ・ 出典 : CYBER AQUALAND Nx 製品情報ページ
- ・ 著者名 : シチズン時計
- ・ 関連箇所 : 本格ダイビングコンピュータ
- ・ 掲載者 : シチズン時計株式会社
- ・ 検索 : 2005 年 1 月 28 日
- ・ アドレス : http://watch.citizen.co.jp/cyber-nx/fl_jpn/main_f.htm

参考資料 1 : 「CASIO Alti - Depth Meter の開発」, 「日本時計学会誌 No.131」, 「1989 年 12 月」, 「山田亨、井田靖、臼井計文 (カシオ計算機) 著」, 「日本時計学会発行」, 52 - 63 頁

参考資料 2 : 「アナログ水深計付ダイバーズウォッチの開発」, 「日本時計学会誌 No.142」, 「1992 年 9 月」, 「鈴木紀寿、宮坂健治、山田信一、柵山正男、市川雅一 (シチズン時計) 著」, 「日本時計学会発行」, 17 - 25 頁

参考資料 3 : 「1.5V 電源動作の計測システムの開発」, 「日本時計学会誌 No.153」, 「1995 年 6 月」, 「三瀧和哉 (シチズン時計) 著」, 「日本時計学会発行」, 11 - 22 頁

参考資料 4 : 「CYBER AQUALAND Cal.D700 の開発」, 「マイクロメカトロニクス Vol.46 No.4」, 「2002 年 12 月」, 「三瀧和哉、木原啓之、北嶋泰夫、田中透、池内義宏、高橋由紀見 (シチズン時計) 著」, 「日本時計学会発行」, 48 - 57 頁

【技術分類】 7 - 2 - 2 センサー応用 / センサー応用 / 水圧・水深計

【 F I 】 G01C13/00@P, G04G1/00,315@G

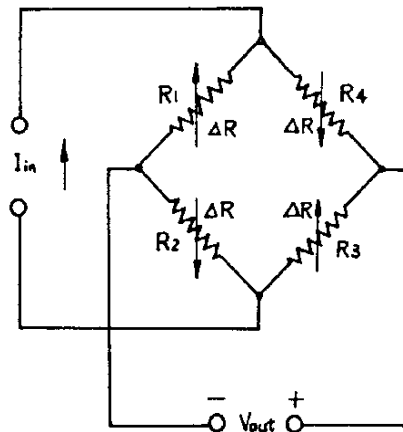
【技術名称】 7 - 2 - 2 - 3 センサー調整

【技術内容】

水深計測・表示機能を有するダイバー用腕時計に内蔵されている圧力センサーの調整であって、センサー自体の製造工程で発生するばらつきの調整、使用時の条件を考慮したオフセットの設定などに関する技術である。

図 1 に圧電抵抗型半導体センサー（シリコンダイアフラム）の等価回路図を示す。センサーには 4 つの抵抗が、ダイアフラム内の位置 & 方向性が考慮されて内蔵され、ブリッジ回路を構成している。その抵抗に圧力がかかることにより形状変形し、4 つの抵抗値が各々変化してブリッジ回路のバランスが変化する。その変化量（差圧）を微小電圧の変化として取り出す仕組みになっている。

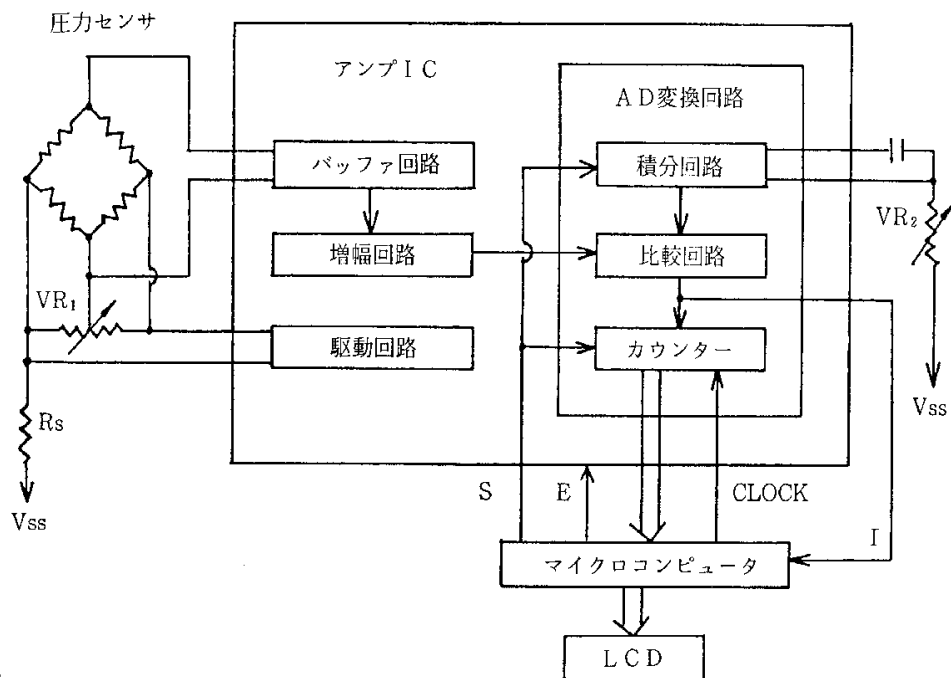
【図】図 1 センサー回路図



出典 1、「12 頁 第 5 図 圧力センサの等価回路」

図 2 にセンサー出力を水深として表示するまでの水深計測システムのブロック図を示す。

【図】図 2 水深計測システムのブロック図



出典 1、「10 頁 第 3 図 水深計測システムのブロック図」

センサーは下記の 3 段階で調整がされる。

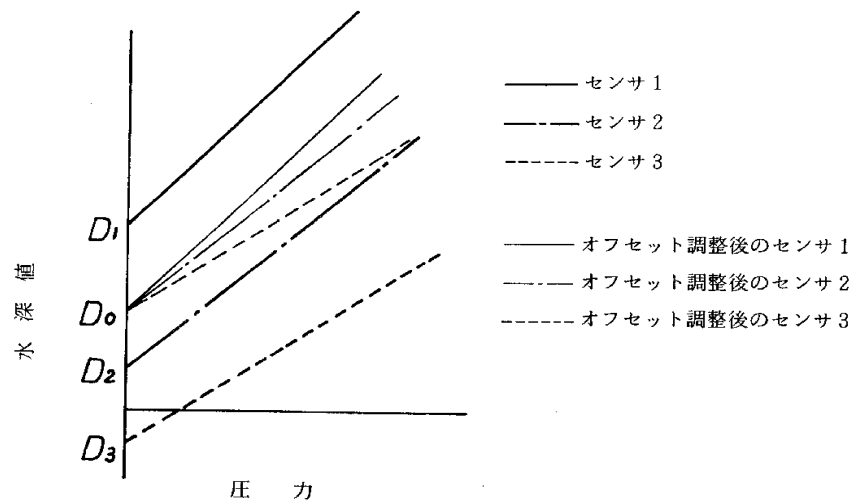
(1) 感度粗調整

各センサーの製造段階でダイアフラムの形状、ブリッジ抵抗、ゲージ率などの影響による差電圧値に大幅な誤差を生じる。これは図 2 の抵抗 R_s の値を選択して粗調整を行う。

(2) オフセット調整

図 3 にオフセット調整の様子を示す。オフセット調整とは、圧力を加えない状態（大気圧）で水深値が一定のプラス値を示す様にする調整で、図 3 では D0 がオフセット値である。調整は図 2 の可変抵抗 VR_1 の値による調整となる。調整後はセンサー 1、センサー 2、センサー 3 のオフセット値が、いずれも D0 の値となっている。ここでオフセット値をプラスに設定しているのは、高地での使用や温度などの影響でマイナス側にずれてもマイナスの値にならないようにするためである。

【図】図3 オフセット調整

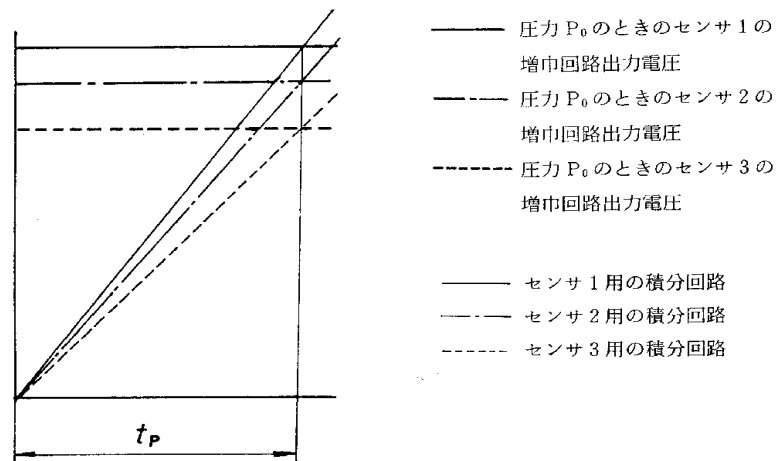


出典 1、「13 頁 第 6 図 水深計測システムのオフセット調整」

(3) 感度調整

図 4 は、上記でオフセット調整をおこなったセンサー1、2、3 の感度調整を示した図である。一定圧力 P を加えた時の水深値が、同じ値になる様に、図 2 の可変抵抗 $VR2$ の調整により積分回路の積分定数を調整する。

【図】図4 感度調整



出典 1、「14 頁 第 7 図 水深計測システムの感度調整」

【出典 / 参考資料】

出典 1:「水深計付きダイバースウオッチ「シチズンデプスメーター」の開発」,「日本時計学会誌 NO.119」,「1986 年 12 月」,「梅本隼雄、長谷川忠史、昼田俊雄、柵山正男、新田達夫、梅沢正司 (シチズン時計) 著」,「日本時計学会発行」, 4 - 19 頁

【技術分類】 7 - 2 - 2 センサー応用 / センサー応用 / 水圧・水深計

【 F I 】 G04G1/00,315@G

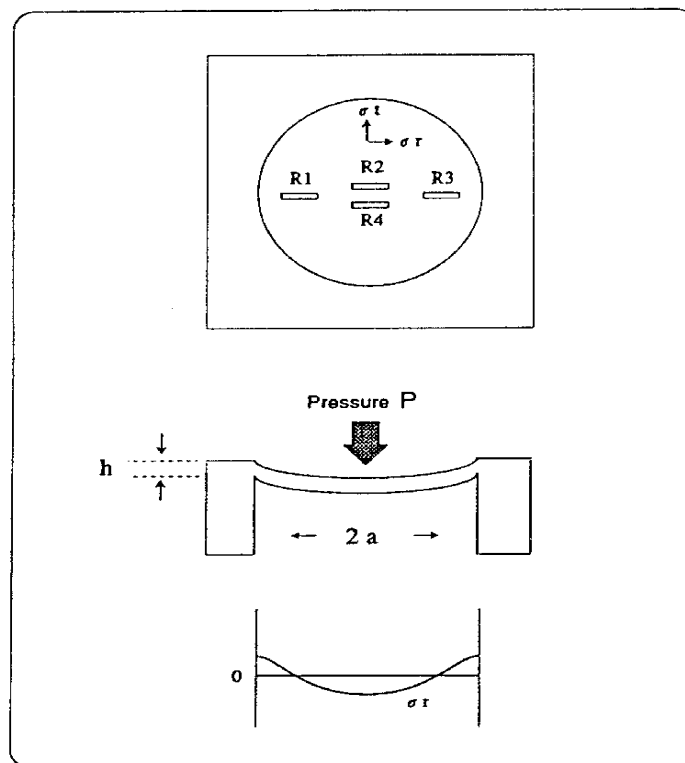
【技術名称】 7 - 2 - 2 - 4 駆動回路

【技術内容】

水深計測機能を内蔵し水深表示などをするダイバー用腕時計に用いられる圧力センサーからの信号取り出しのための回路であって、センサーへの駆動信号およびセンサーから出てきた圧力情報を含む微弱な信号を取り扱う回路技術である。

図 1 は、圧力センサーが形成されているシリコンダイアフラムの平面図であって、ダイアフラム上に 4 つの抵抗 $R1 \cdot R2 \cdot R3 \cdot R4$ が図のように配置されている。水圧 (Pressure P) が加わりダイアフラムが変形すると、抵抗の配置位置により抵抗値の変化量に差が出る。

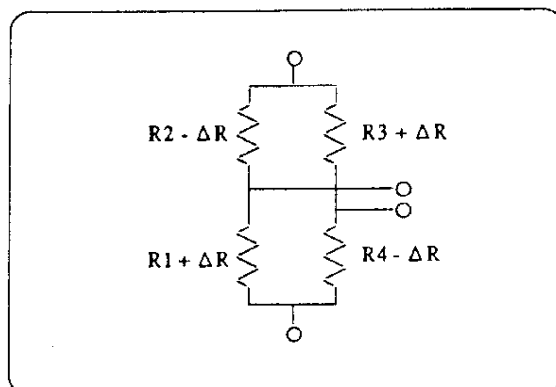
【図】図 1 平面図



出典 1、「55 頁 Fig.2 Circular Diaphragm」

図 2 は、ダイアフラム上に形成された 4 つの抵抗をブリッジ状に組んだセンサー部の等価回路図である。この方式により、抵抗変化を微小電圧変化として取り出す。

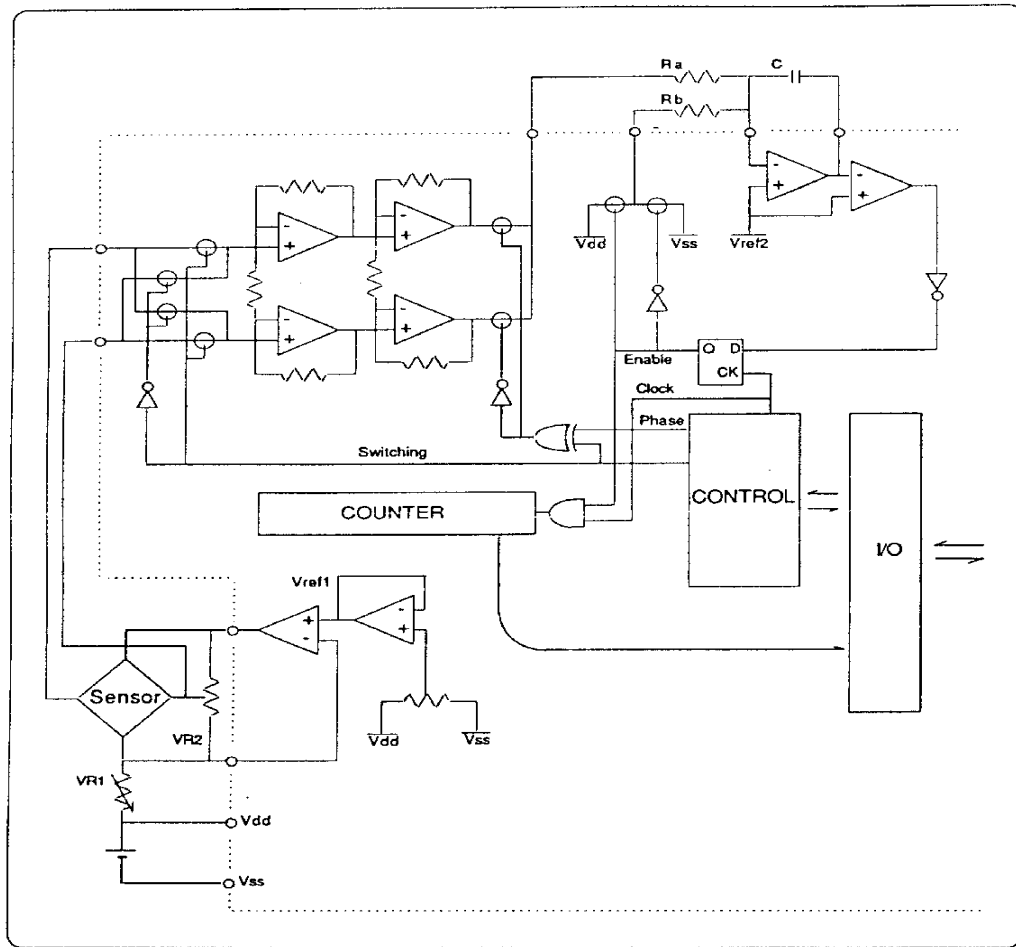
【図】図 2 ブリッジ回路図



出典 1、「56 頁 Fig.3 Equivalent circuit of pressure sensor」

図 3 に実際のセンサー駆動回路例（図中左下部）を示す。センサー部は定電流回路によって駆動され、圧力の変化を抵抗ブリッジのバランスの変化として電圧差電気信号として出力している。VR1 はセンサー感度調整用、VR2 はセンサーオフセット調整用の可変抵抗である。これらの抵抗の調整によってセンサー固有のバラツキを補正している。

【図】図3 回路図



出典 1、「60 頁 Fig.8 Pressure Sensor Circuit (Driver + Amp + A/D)」

さらに図3では、センサー駆動回路部からの電圧差電気信号を増幅回路にて数十倍に増幅した後、A/D変換回路にてアナログ/デジタル変換をしている。また、差動出力増幅器のそれぞれの出力についてA/D変換した値の差を取ることによって、積分器のオペアンプのオフセット電圧、コンパレーターのオフセット電圧、及び容量Cの影響をキャンセルしている。その後データはマイコンにて信号処理されLCDドライバーをへて、液晶表示パネルにてデジタル表示される。

【出典 / 参考資料】

出典 1:「CASIO Alti - Depth Meter の開発」,「日本時計学会誌 NO.131」,「1989 年 12 月」,「山田亨、井田靖、臼井計文(カシオ計算機)著」,「日本時計学会発行」,52 - 63 頁

参考資料 1:「CYBER AQUALAND Cal.D700 の開発」,「マイクロメカトロニクス Vol.46 No.4」,「2002 年 12 月」,「三瀧和哉、木原啓之、北嶋泰夫、田中透、池内義宏、高橋由紀見(シチズン時計)著」,「日本時計学会発行」,48 - 57 頁

参考資料 2:「シチズンデプスメーター用圧力センサの開発」,「日本時計学会誌 No.120」,「1987 年 3 月」,「新田達夫(シチズン時計)著」,「日本時計学会発行」,1 - 16 頁

【技術分類】 7 - 2 - 2 センサー応用 / センサー応用 / 水圧・水深計

【 F I 】 G04G1/00,315@G

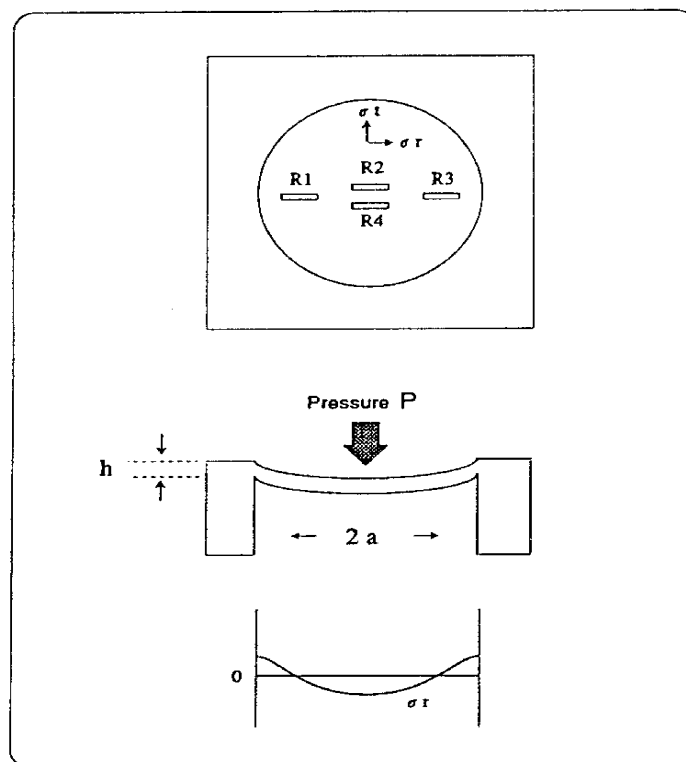
【技術名称】 7 - 2 - 2 - 5 取付構造

【技術内容】

水深計測機能を内蔵し、水深表示などをするダイバー用腕時計に用いるセンサーの取付け構造であって、センサーダイアフラムのセンサーパッケージへの固定、センサーパッケージの時計への固定に関する技術である。

図 1 に圧力センサーが形成されているシリコンダイアフラムの平面図を示す。円形のダイアフラム上に 4 つの抵抗 $R1 \cdot R2 \cdot R3 \cdot R4$ が図のように配置されている。

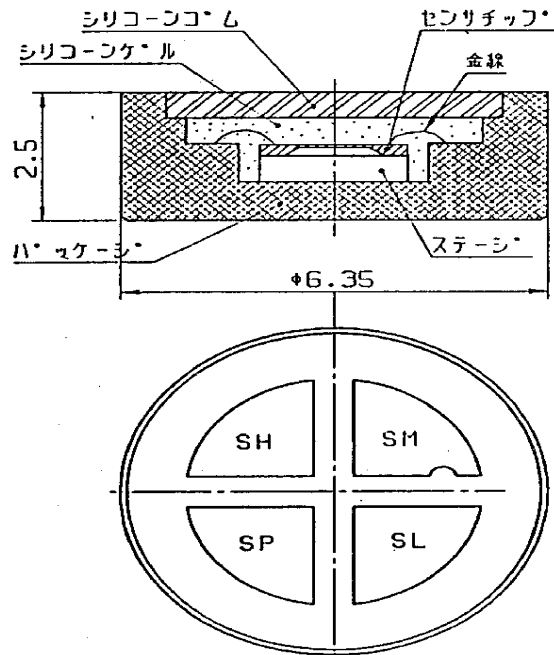
【図】図 1 平面図



出典 1、「55 頁 Fig.2 Circular Diaphragm」

図 2 は、シリコンダイアフラムのパッケージへの取付け構造を示している。パッケージ内にダイアフラムを載せるステージを設け、その上にダイアフラムを取付ける。金線による結線をおこなった後ダイアフラムを保護するためのシリコンゲルを充填し、その上に機械的強度と対候性を向上させるためにシリコンゴムを載せている。

【図】図2 断面図

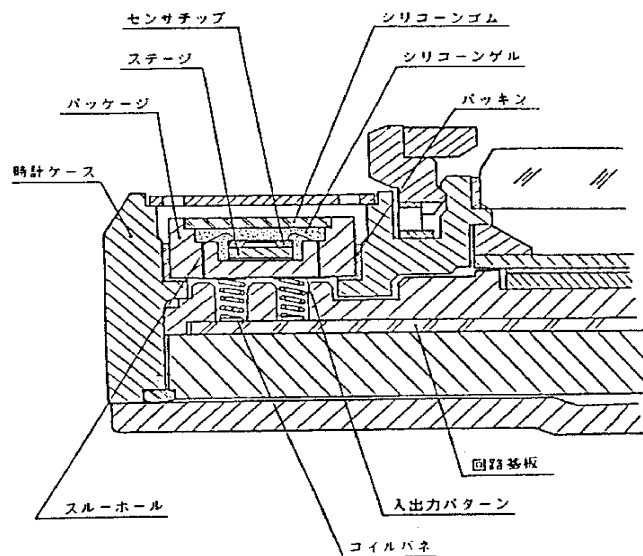


出典 2、「8 頁 図5 圧力センサの断面図及び平面図」

図3に、図2で作成されたセンサーパッケージを時計に組み込んだ構造を示す。

センサーパッケージにパッキンを巻き、時計にはめ込む構造で防水と固定を兼ねている。さらに、圧力センサー内にブリッジ回路の入出力用のパターンと端子を備えることにより、無駄なスペースを省き、圧力センサーの小型化を達成している。

【図】図3 回路図



出典 2、「10 頁 図7 圧力センサの装着状態を示す時計の概略断面図」

なお、防水と固定とを兼用する外形形状のため、パッケージの内部と外部の入出力用端子は埋め込み型のスルーホールによりコイルバネによって駆動回路と接続する構造となっている。

センサーパッケージの上には、ガラス、または金属などで作られ、水の侵入口が形成されている蓋が設けられている。

【出典 / 参考資料】

出典 1 : 「CASIO Alti - Depth Meter の開発」, 「日本時計学会誌 No.131」, 「1989 年 12 月」, 「山田亨、井田靖、臼井計文（カシオ計算機）著」, 「日本時計学会発行」, 52 - 63 頁

出典 2 : 「シチズンデプスメーター用圧力センサの開発」, 「日本時計学会誌 No.120」, 「1987 年 3 月」, 「新田達夫（シチズン時計）著」, 「日本時計学会発行」, 1 - 16 頁

【技術分類】 7 - 2 - 2 センサー応用 / センサー応用 / 水圧・水深計

【 F I 】 G04B47/06@E

【技術名称】 7 - 2 - 2 - 6 置き針

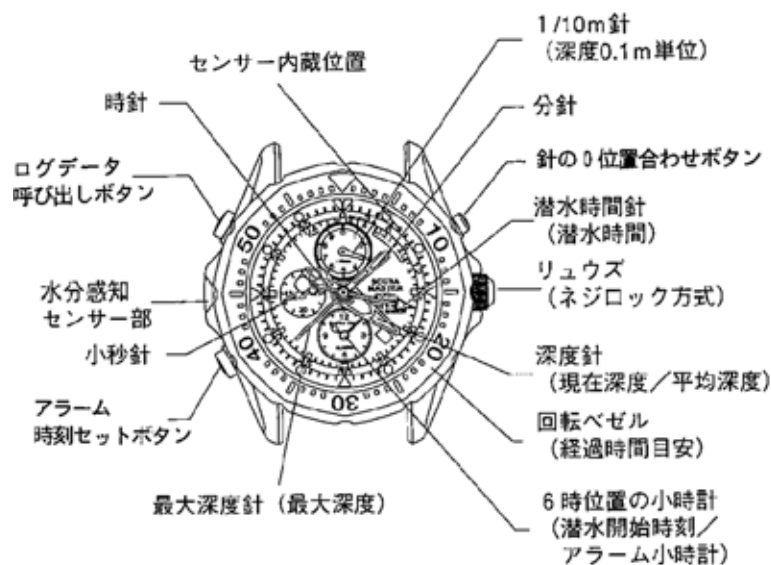
【技術内容】

ダイバー用アナログクォーツに搭載し、ダイビングでの最大深度を表示するための置き針の機構であって、1つのモーターで現在深度と最大深度を表示できる技術である。

ダイビングの際にログデータとして記録すべき計測値には、時刻、潜水開始時刻、潜水時間、現在深度、最大深度の5がある。この5つの計測値を4つのモーターで駆動させるために、最大深度と現在深度を同じモーターで駆動させる機構が置き針構造である。

図1は、機械式置き針機構を搭載した時計の製品例である。各部の名称とその機能を示しており、時針、分針、小秒針の時刻針と潜水時間針、潜水開始時刻を表す6時位置の小时計による時分針、現在深度を表す深度針、それに最大深度針によって5つの情報が表示されている。

【図】 図1 機械式置き針機構を搭載した時計の例

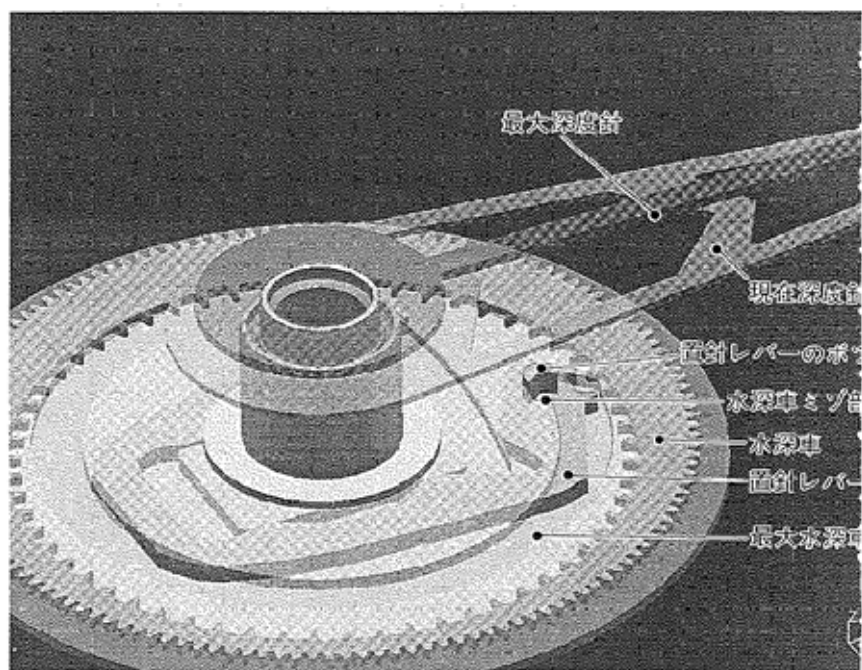


出典 1、「216 頁 SEIKO Sports スキューバマスター (Cal.7k52) 各部の名称と働き」

図2は、置き針部分の潜降時の状態を示す。この時、最大深度針と現在深度針は重なっている。

現在水深針を動かしている水深車の水深車ミゾ部が、最大深度針と連動している最大水深車の針置きレバーのボツを押すことによって、現在深度針と最大深度針が連動して深度を記録していく構造を示している。

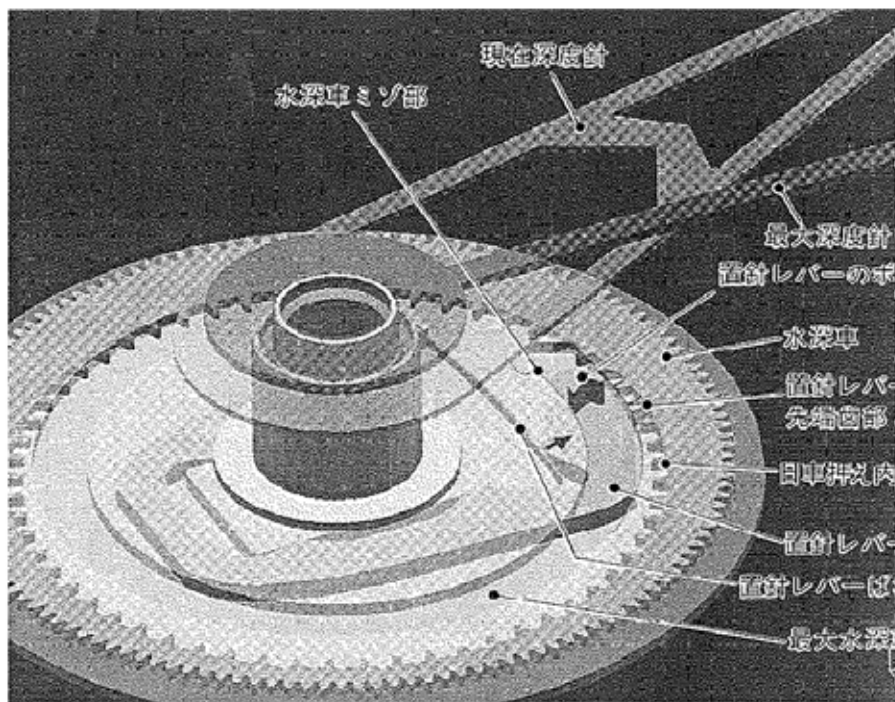
【図】図2 潜降時の状態



出典 1、「218 頁 図 1」

図3に浮上状態を示す。このとき、最大深度針と現在深度針は重なりが解除されている。最大深度に到達し、最大深度針を最大値に置いてくるとき、置き針レバーのボツは水深車のミゾ部との係り合いを解除し、最大水深車上方に設けられた置き針レバーが前方（矢印方向）に押し出される。押し出された置き針レバーは先端歯部と日車押えの内歯と噛合し、最大水深車の回転を規制して最大水深針を最大値に置いてくる構造となっている。

【図】図3 浮上時の状態



出典 1、「218 頁 図2」

これにより、低負荷駆動で、振動・落下などの衝撃に強い機械式置き針構造となっている。

【出典 / 参考資料】

出典 1 : 「SEIKO Sports Cal.7k52 系の技術内容」, 「国際時計通信 No.422」, 「1995 年 6 月」, 「セイコーエプソン著」, 「国際時計通信社発行」, 215 - 219 頁