

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2013 年 12 月 19 日(19.12.2013)



(10) 国際公開番号

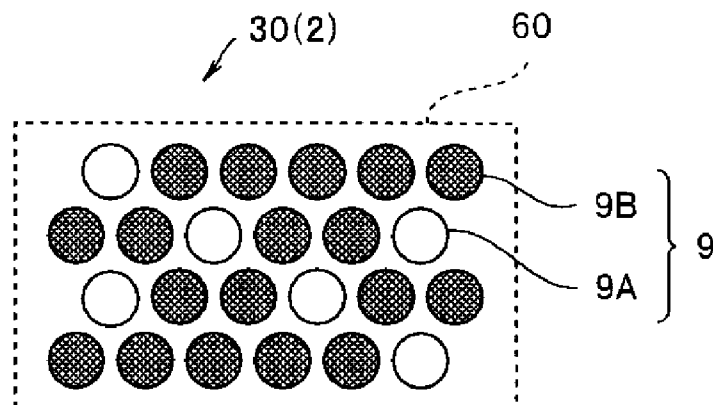
WO 2013/187158 A1

- (51) 国際特許分類:
A61B 8/12 (2006.01) H04R 19/00 (2006.01)
H04R 1/40 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2013/063173
- (22) 国際出願日: 2013 年 5 月 10 日(10.05.2013)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2012-132026 2012 年 6 月 11 日(11.06.2012) JP
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): オリンパス株式会社 (OLYMPUS CORPORATION)
[JP/JP]; 〒1510072 東京都渋谷区幡ヶ谷二丁目 4 番 2 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (71) 出願人(米国についてのみ): 佐藤 憲(SATO Ken)
[JP/JP]; 〒1510072 東京都渋谷区幡ヶ谷二丁目 4 番 2 号オリンパス株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 伊藤 進(ITO H Susumu); 〒1600023 東京都新宿区西新宿七丁目 4 番 4 号 武蔵ビル Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- 添付公開書類:
— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: ULTRASONIC UNIT AND ULTRASONIC ENDOSCOPE

(54) 発明の名称: 超音波ユニットおよび超音波内視鏡

[図6]



(57) Abstract: The ultrasonic unit (30) is equipped with multiple elements (60) comprising N number of cells (9) in which a lower electrode (11A) is disposed facing an upper electrode (16A), which configures a membrane (18), across a cavity (13). The elements (60) have N_1 number of first cells (9A) and N_2 number of second cells (9B), which have higher receiver sensitivity and lower transmitter sensitivity than the first cells (9A) (provided that $N_1 \neq N_2$, $N_1 + N_2 = N$).

(57) 要約: 超音波ユニット 30 は、下部電極 11A とメンブレン 18 を構成する上部電極 16A とがキャビティ 13 を介して対向配置している N 個のセル 9 を含む複数のエレメント 60 を具備し、エレメント 60 が、 N_1 個の第 1 のセル 9A と、第 1 のセル 9A よりも受信感度が高く送信感度の低い N_2 個 (但し、 $N_1 \neq N_2$, $N_1 + N_2 = N$) の第 2 のセル 9B を有する。

WO 2013/187158 A1

明 細 書

発明の名称：超音波ユニットおよび超音波内視鏡

技術分野

[0001] 本発明は、複数の静電容量型の超音波振動子セルを有する超音波ユニットおよび前記超音波ユニットを具備する超音波内視鏡に関する。

背景技術

[0002] 被検物に超音波を照射し、エコー信号から体内の状態を画像化して診断する超音波診断法が普及している。超音波診断法に用いられる超音波診断装置の1つに超音波内視鏡がある。超音波内視鏡は、体内へ挿入される挿入部の先端部に超音波ユニットが配設されている。超音波ユニットは電気信号を超音波に変換し体内へ送信し、また体内で反射した超音波を受信して電気信号に変換する機能を有する。

[0003] 超音波ユニットには超音波振動子として、圧電セラミックス材料（例えばPZT：チタン酸ジルコン酸鉛）を用いた圧電型超音波振動子、またはMEMS技術を用いて製造される静電容量型超音波振動子（Capacitive Micro-machined Ultrasonic Transducer：c-MUT）が使用されている。

[0004] c-MUT型セルは、下部電極とメンブレンを構成する上部電極とがキャビティを介して対向配置している。セルの電極間に電圧が印加されると静電力によりメンブレンが変形して超音波が発生する。一方、被写体で反射した反射超音波（エコー）がセルに入射すると、メンブレンが変形するため、電極間の静電容量を測定することにより超音波が受信される。

[0005] ここで、セルの送信感度を高くすることと、受信感度を高くすることとは、相反する。このため、例えば、日本国特表2005-210264号公報には、送信感度を重視した構造の送信専用セルと、受信感度を重視した構造の受信専用セルと、を有する超音波ユニットが開示されている。

[0006] しかし、従来の超音波ユニットでは、送信専用セルまたは受信専用セルは、それぞれ送信または受信にしか使われず、さらに個数および占有面積が同

じであった。このため、送受信効率という観点からは十分に高い特性を有するとは言えなかった。

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0007] 本発明の実施形態は、送受信感度が高い超音波ユニットおよび送受信感度が高い超音波内視鏡を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0008] 本発明の実施形態の超音波ユニットは、下部電極とメンブレンを構成する上部電極とがキャビティを介して対向配置している N 個の超音波振動子セルを含む複数の超音波振動子エレメントを具備し、前記超音波振動子エレメントが、 N_1 個の第1の超音波振動子セルと、前記第1の超音波振動子セルよりも受信感度が高く送信感度の低い N_2 個（但し、 $N_1 \neq N_2$ 、 $N_1 + N_2 = N$ ）の第2の超音波振動子セルと、を有する。

[0009] また本発明の別の実施形態の超音波内視鏡は、下部電極とメンブレンを構成する上部電極とがキャビティを介して対向配置している N 個の超音波振動子セルを含む複数の超音波振動子エレメントを具備し、前記超音波振動子エレメントが、 N_1 個の第1の超音波振動子セルと、前記第1の超音波振動子セルよりも受信感度が高く送信感度の低い N_2 個（但し、 $N_1 \neq N_2$ 、 $N_1 + N_2 = N$ ）の第2の超音波振動子セルと、を有する超音波ユニットを具備する。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]第1実施形態の超音波内視鏡を説明するための外観図である。

[図2]第1実施形態の超音波内視鏡の先端部の構成を説明するための斜視図である。

[図3]第1実施形態の超音波ユニットを説明するための斜視図である。

[図4]第1実施形態の超音波ユニットの超音波振動子エレメントを説明するための斜視図である。

[図5]第1実施形態の超音波ユニットの超音波振動子セルの構造を説明するた

めの断面図である。

[図6]第1実施形態の超音波ユニットのエレメントの超音波振動子セルの配置等を説明するための上面図である。

[図7]第2実施形態の超音波ユニットのエレメントの超音波振動子セルの配置等を説明するための上面図である。

[図8]第3実施形態の超音波ユニットのエレメントの超音波振動子セルの配置等を説明するための上面図である。

発明を実施するための最良の形態

[0011] <第1実施形態>

以下、図面を参照して第1実施形態の超音波ユニット30および超音波ユニット30を有する超音波内視鏡2について説明する。なお、図はいずれも説明のための模式図であり、構成要素の数、大きさ、および大きさ等の比率等は実際とは異なる。

[0012] <超音波内視鏡システムの構成>

図1に示すように、超音波内視鏡2は、超音波観測装置3およびモニタ4とともに超音波内視鏡システム1を構成する。超音波内視鏡2は、体内に挿入される細長の挿入部41と、挿入部41の基端に配された操作部42と、操作部42の側部から延出したユニバーサルコード43と、を具備する。

[0013] ユニバーサルコード43の基端部には、光源装置（不図示）に接続されるコネクタ44Aが配設されている。コネクタ44Aからは、カメラコントロールユニット（不図示）にコネクタ45Aを介して着脱自在に接続されるケーブル45と、超音波観測装置3にコネクタ46Aを介して着脱自在に接続されるケーブル46と、が延出している。超音波観測装置3にはモニタ4が接続される。

[0014] 挿入部41は、先端側から順に、先端部47と、先端部47の後端に位置する湾曲部48と、湾曲部48の後端に位置して操作部42に至る細径かつ長尺で可撓性を有する可撓管部49と、を連設して構成されている。そして、先端部47には、超音波ユニット30が配設されている（図5参照）。

[0015] 操作部 4 2 には、湾曲部 4 8 を所望の方向に湾曲制御するアングルノブ 4 2 A と、送気および送水操作を行う送気送水ボタン 4 2 B と、吸引操作を行う吸引ボタン 4 2 C と、後述する体内に導入する穿刺針等を有する処置具の入り口となる処置具挿入口 4 2 D 等と、が配設されている。

[0016] そして、図 2 に示すように、超音波内視鏡 2 の超音波ユニット 3 0 が配設された先端部 4 7 には、照明光学系を構成する照明用レンズカバー 3 1 と、観察光学系の観察用レンズカバー 3 2 と、鉗子口 3 3 と、図示しない送気送水ノズルと、が配設されている。後述するように、超音波ユニット 3 0 は複数の超音波振動子エレメント（以下、「エレメント」という）6 0 を有する。

[0017] 図 3 に示すように、外部電極 6 2 A は、ケーブル 8 0 の導線 8 1 A と接続され、外部電極 6 2 B はケーブル 8 0 の導線 8 1 B と接続されている。

[0018] 図 4 に示すように、超音波を送受信する基本単位であるエレメント 6 0 は、第 1 の主面 6 0 S A と、第 1 の主面 6 0 S A と対向する第 2 の主面 6 0 S B と、を有する。そして、エレメント 6 0 の第 1 の主面 6 0 S A の略中央部には超音波を送受信する送受信部 6 1 が形成されており、第 1 の主面 6 0 S A の両端部には外部電極 6 2 A、6 2 B が配設されている。後述するように、エレメント 6 0 は複数の超音波振動子セル（以下、「セル」という）9 を有する。

[0019] 図 5 に示すように、エレメント 6 0 のセル 9 は、基体であるシリコン基板 1 0 上に、順に積層された、下部電極層 1 1 と、下部絶縁層 1 2 と、キャビティ 1 3 と、その支持層 1 4 と、上部絶縁層 1 5 と、上部電極層 1 6 と、保護層 1 7 と、を有する。なお、図 5 は 1 個のセル 9 の断面構造で示しているが、一般的には数十個～数千個のセル 9 が 1 個のエレメント 6 0 を構成している。

[0020] 下部電極層 1 1 は、複数の下部電極 1 1 A と、下部電極 1 1 A の縁辺部から延設している複数の下部電極配線（不図示）と、を有する。下部電極層 1 1 は、同じエレメント 6 0 の他のセル 9 の下部電極 1 1 A を接続している。

上部電極層 16 は、複数の上部電極 16 A と、上部電極 16 A から延設している複数の上部電極配線（不図示）と、を有する。上部電極層 16 は、同じエレメント 60 の他のセル 9 の上部電極 16 A を接続している。そして、それぞれのセル 9 は、キャビティ 13 を介して対向配置している下部電極 11 A と上部電極 16 A とを有する。

[0021] 以上の説明のように、同じエレメント 60 に配置された複数のセル 9 の全ての下部電極 11 A は互いに接続されており、全ての上部電極 16 A も互いに接続されている。そして下部電極層 11 には、駆動電圧が印加され、上部電極層 16 は接地電位となっている。

[0022] エレメント 60 の下部電極層 11 と上部電極層 16 との間にパルス電圧が印加されると、静電力により上部電極 16 A を含むメンブレン（振動部）18 が振動することで、超音波が発生する。また外部から超音波が入射するとメンブレン 18 が変形し下部電極層 11 と上部電極層 16 との間隔が変化するため、静電容量の変化から超音波を電気信号に変換する。

[0023] 図 6 に示すように、超音波ユニット 30 では、エレメント 60 の N 個のセル 9 は、 N_{1a} 個の第 1 のセル 9 A と、 N_{2a} 個の第 2 のセル 9 B と、を含む（但し、 $N_{1a} \neq N_{2a}$ ）。第 2 のセル 9 B は、第 1 のセル 9 A よりも受信感度が高く送信感度が低い。すなわち、第 1 のセル 9 A が送信感度 S_{T1a} 、受信感度 S_{R1a} であり、第 2 のセル 9 B が送信感度 S_{T2a} （但し、 $S_{T1a} > S_{T2a}$ ）、受信感度 S_{R2a} （但し、 $S_{R1a} < S_{R2a}$ ）である。セル 9 の送信感度および受信感度は、例えば、メンブレン 18 の厚さを変えることで、送信または受信に最適化することができる。

[0024] 以下、超音波ユニット 30（エレメント 60）の送受信感度 S を、送信感度 S_T （単位： Pa/V ）と受信感度 S_R （単位： V/Pa ）との積と定義し、送受信感度 S が最大となる条件を理論的に導き出す。

[0025] エレメント 60 のセル 9 の総数 N_a 、セル 9 A の個数 N_{1a} 、セル 9 B の個数 N_{2a} は、以下の（式 11）で示される。

[0026] （式 11）

$$N_a = N_{1a} + N_{2a}$$

そして、エレメント 60 の送信感度 S_{Ta} は、（式 12）で示される。

[0027] （式 12）

$$S_{Ta} = S_{T1a} \cdot N_{1a} + S_{T2a} \cdot N_{2a} = S_{T1a} \cdot N_{1a} + S_{T2a} \cdot (N_a - N_{1a})$$

一方、エレメント 60 の受信感度 S_{Ra} は、（式 13）で示される。

[0028] （式 13）

$$S_{Ra} = S_{R1a} \cdot N_{1a} + S_{R2a} \cdot N_{2a} = S_{R1a} \cdot N_{1a} + S_{R2a} \cdot (N_a - N_{1a})$$

すなわち、超音波ユニット 30（エレメント 60）では、送信感度が高く受信感度の低い第 1 のセル 9A および送信感度が低く受信感度が高い第 2 のセル 9B が、共に、送信および受信に使用される。

[0029] 既に説明したように、エレメント 60 の送受信感度 S_a は、（式 14）で定義される。

[0030] （式 14）

$$\begin{aligned} S_a &= S_{Ta} \cdot S_{Ra} \\ &= \{S_{T1a} \cdot N_{1a} + S_{T2a} \cdot (N_a - N_{1a})\} \{S_{R1a} \cdot N_{1a} + S_{R2a} \cdot (N_a - N_{1a})\} \\ &= (S_{T1a} S_{R1a} + S_{T2a} S_{R2a} - S_{T1a} S_{R2a} - S_{T2a} S_{R1a}) \cdot N_{1a}^2 \\ &\quad + (S_{T1a} S_{R2a} + S_{T2a} S_{R1a} - 2S_{T2a} S_{R2a}) \cdot N_a N_{1a} + S_{T2a} S_{R2a} N_a^2 \\ &= (S_{T1a} - S_{T2a})(S_{R1a} - S_{R2a}) \left\{ N_{1a} + \frac{S_{T1a} S_{R2a} + S_{T2a} S_{R1a} - 2S_{T2a} S_{R2a}}{2(S_{T1a} - S_{T2a})(S_{R1a} - S_{R2a})} N_a \right\}^2 \\ &\quad + S_{T2a} S_{R2a} N_a^2 - \frac{(S_{T1a} S_{R2a} + S_{T2a} S_{R1a} - 2S_{T2a} S_{R2a})^2 \cdot N_a^2}{4(S_{T1a} - S_{T2a})(S_{R1a} - S_{R2a})} \end{aligned}$$

（式 14）より、最大の送受信感度 S_a となる第 1 のセル 9A の数 N_{1a} は、（式 15）で示される。

[0031] （式 15）

$$N_{1a} = \frac{2S_{T2a} S_{R2a} - S_{T1a} S_{R2a} - S_{T2a} S_{R1a}}{2(S_{T1a} - S_{T2a})(S_{R1a} - S_{R2a})} N_a$$

なお、最大の送受信感度 S_a となる第 2 のセル 9B の数 N_{2a} は、（式 16）で示される。

[0032] (式 1 6)

$$N_{2a} = N_a - N_{1a} = \frac{2S_{T1a}S_{R1a} - S_{T1a}S_{R2a} - S_{T2a}S_{R1a}}{2(S_{T1a} - S_{T2a})(S_{R1a} - S_{R2a})} N_a$$

すなわち、第 1 のセル 9 A の数 N_{1a} が (式 1 5) に示すように、第 2 のセル 9 B の数 N_{2a} が (式 1 6) に示すように構成されたエレメント 6 0 は送受信感度 S_a が最大となる。

[0033] 以上の説明のように、超音波ユニット 3 0 は、送信に適した第 1 のセル 9 A と受信に適した第 2 のセル 9 B との両方を用いて、送信および受信を行う。このため、送信に適した第 1 のセル 9 A だけを用いて送信を行う従来の超音波ユニットよりも送信感度が高い。同様に受信に適した第 2 のセル 9 B だけを用いて受信を行う従来の超音波ユニットよりも受信感度が高い。

[0034] さらに、(式 1 5) で示される数の第 1 のセル 9 A、および (式 1 6) で示される数の第 2 のセル 9 B を有する超音波ユニット 3 0 は、送受信感度が高い。そして、超音波ユニット 3 0 を具備する超音波内視鏡 2 は送受信感度が高い。

[0035] なお、セル 9 の数 (比率) は、厳密に (式 1 5) 等 で示される数に限定されるものではなく、エレメント内での配置等の関係から、(式 1 5) 等 で示される数から $\pm 10\%$ の範囲内であればよい。

[0036] すなわち、(式 1 5) で示される数 (X) に対して、第 1 のセル 9 A の数 N_{1a} は以下の (式 1 5 A) を満たしていればよい。

[0037] (式 1 5 A)

$$0.9X \leq N_{1a} \leq 1.1X$$

以下、具体例として、 $S_{T2a} = 1/2 S_{T1a}$ 、 $S_{R2a} = 3 S_{R1a}$ の場合について例示する。

[0038] (式 1 5) および (式 1 6) より、第 1 のセル 9 A の数 N_{1a} 、第 2 のセル 9 B の数 N_{2a} は (式 1 7)、(式 1 8) のようになる。

[0039] (式 1 7)

$$N_{1a} = \frac{2 \cdot \frac{1}{2} S_{T1a} \cdot 3S_{R1a} - S_{T1a} \cdot 3S_{R1a} - \frac{1}{2} S_{T2a} S_{R1a}}{2(S_{T1a} - \frac{1}{2} S_{T1a})(S_{R1a} - 3S_{R1a})} N_a$$

$$= \frac{-\frac{1}{2} S_{T2a} S_{R1a}}{2(\frac{1}{2} S_{T1a})(-2S_{R1a})} N_a = \frac{-\frac{1}{2} S_{T2a} S_{R1a}}{-2S_{T1a} S_{R1a}} \cdot N_a = \frac{1}{4} N_a$$

(式 18)

$$N_{2a} = \frac{2S_{T1a} S_{R1a} - S_{T1a} \cdot 3S_{R1a} - \frac{1}{2} S_{T1a} S_{R1a}}{2(S_{T1a} - \frac{1}{2} S_{T1a})(S_{R1a} - 3S_{R1a})} N_a$$

$$= \frac{-\frac{3}{2} S_{T1a} S_{R1a}}{-2S_{T1a} S_{R1a}} N_a = \frac{3}{4} N_a$$

すなわち、エレメント 60 の複数のセル 9 の個数を、25% が第 1 のセル 9A、75% が第 2 のセル 9B となるように設定することで、送受信効率は最大となる。

[0040] なお、第 1 のセル 9A の個数 N_{1a} が、複数のセル 9 の個数 N_a の 22.5% (25×0.9) 以上 27.5% (25×1.1) 以下であれば、効果があることは既に説明した通りである。

[0041] <第 2 実施形態>

次に、第 2 実施形態の超音波ユニット 30b および超音波内視鏡 2b について説明する。超音波ユニット 30b 等は、超音波ユニット 30 等と類似しているので、同じ構成要素には同じ符号を付し説明は省略する。

[0042] 超音波ユニット 30b のエレメント 60b では、個数 N_{1b} の第 1 のセル 9Ab が占有面積 A_{1b} の送信専用セルであり、個数 N_{2b} の第 2 のセル 9Bb が占有面積 A_{2b} (但し、 $A_{1b} \neq A_{2b}$) の受信専用セルである。

[0043] すなわち、超音波ユニット 30b では、エレメント 60b に配置された駆動電位電極である第 1 のセル 9Ab の下部電極と第 2 のセル 9Bb の下部電極とは接続されていない。なお、接地電位電極である第 1 のセル 9Ab の上部電極と第 2 のセル 9Bb の上部電極とは接続されていてもよい。

[0044] エレメント 60b において第 1 のセル 9Ab および第 2 のセル 9Bb を配置する送受信部 61 の面積を A、エレメント 60b を構成する超音波セルの数の総和を N_b とおくと (式 21) および (式 22) の関係が成り立つ。

[0045] (式 2 1)

$$N_b = N_{1b} + N_{2b}$$

(式 2 2)

$$A = A_{1b} \cdot N_{1b} + A_{2b} \cdot N_{2b}$$

すなわち、セル 9 b の占有面積とは、例えば個々のキャビティの直径等を意味するものではなく、図 7 に示すように、エレメント 6 0 に配置した場合の中心と周囲の他のセル 9 b の中心との中間点を結ぶ線で囲まれる部分の面積である。

[0046] (式 2 2) を変形すると (式 2 3) となる。

[0047] (式 2 3)

$$N_{2b} = \frac{1}{A_{2b}} (A - A_{1b} \cdot N_{1b})$$

第 1 のセル 9 A b の送信感度を S_{Tb} 、第 2 のセル 9 B b の受信感度を S_{Rb} とすると、エレメント 6 0 b の送受信感度 S_b は、(式 2 4) で示される。

[0048] (式 2 4)

$$\begin{aligned} S_b &= (S_{Tb} \cdot N_{1b}) \cdot (S_{Rb} \cdot N_{2b}) \\ &= S_{Tb} S_{Rb} \cdot \frac{1}{A_{2b}} \{ (A - A_{1b} \cdot N_{1b}) N_{1b} \} \\ &= -S_{Tb} S_{Rb} \cdot \frac{A_{1b}}{A_{2b}} \left(N_{1b}^2 - \frac{A}{A_{1b}} N_{1b} \right) \\ &= -S_{Tb} S_{Rb} \cdot \frac{A_{1b}}{A_{2b}} \left\{ \left(N_{1b} - \frac{A}{2A_{1b}} \right)^2 - \left(\frac{A}{2A_{1b}} \right)^2 \right\} \end{aligned}$$

(式 2 4) から、第 1 のセル 9 A b の数 N_{1b} が、(式 2 5) を満たす場合に送受信感度 S_b が最大となることが明らかである。

[0049] (式 2 5)

$$N_{1b} = \frac{A}{2A_{1b}}$$

なお、この場合の第 2 のセル 9 B b の数 N_{2b} は、(式 2 6) で示される。

[0050] (式 2 6)

$$N_{2b} = \frac{1}{A_{2b}} \left(A - A_{1b} \cdot \frac{A}{2A_{1b}} \right) = \frac{1}{A_{2b}} \left(A - \frac{A}{2} \right) = \frac{A}{2A_{2b}}$$

したがって、超音波セル 9 A b、9 B b の数の比より (式 2 7) が得られる。

[0051] (式 2 7)

$$N_{1b} : N_{2b} = \frac{A}{2A_{1b}} : \frac{A}{2A_{2b}}$$

$$\frac{N_{2b}}{A_{1b}} = \frac{N_{1b}}{A_{2b}}$$

$$N_{2b} = \frac{A_{1b}}{A_{2b}} N_{1b}$$

(式 2 2) および (式 2 7) より、超音波セル 9 A b、9 B b の数の関係は (式 2 8) の通りとなる。

[0052] (式 2 8)

$$N_b = N_{1b} + N_{2b} = N_{1b} + \frac{A_{1b}}{A_{2b}} N_{1b} = \left(1 + \frac{A_{1b}}{A_{2b}} \right) N_{1b} = \frac{A_{1b} + A_{2b}}{A_{2b}} N_{1b}$$

よって、超音波ユニット 3 0 b では送受信感度 S_b が最大となるのは、(式 2 9) を満足する場合である。

[0053] (式 2 9)

$$N_{1b} = \frac{A_{2b}}{A_{1b} + A_{2b}} N_b$$

なお、送受信感度 S_b が最大となる第 2 のセル 9 B b の数 N_{2b} は、(式 3 0) で示される。

[0054] (式 3 0)

$$N_{2b} = \frac{A_{1b}}{A_{1b} + A_{2b}} N_b$$

また、セル 9 の数 (比率) は、厳密に (式 2 9) 等 で示される数に限定されるものではなく、エレメント内での配置等の関係から、(式 2 9) 等 で示

される数から±10%の範囲内であればよい。

[0055] すなわち、(式29)で示される数(Y)に対して、第1のセル9Abの数 N_{1b} は以下の(式29A)を満たしていればよい。

[0056] $0.9Y \leq N_{1b} \leq 1.1Y$ (式29A)

以下、具体例として、第2のセル9Bbの面積 A_{2b} が第1のセル9Abの面積 A_{1b} の2倍、すなわち $A_{2b} = 2A_{1b}$ であった場合について説明する。(式29)および(式30)より、送受信感度 S_b が最大第1のセル9Abの数 N_{1b} 、第2のセル9Bbの数 N_{2b} は、(式31)、(式32)で示される。

[0057] (式31)

$$N_{1b} = \frac{A_{2b}}{A_{1b} + A_{2b}} N_b = \frac{2A_{1b}}{A_{1b} + 2A_{1b}} N_b = \frac{2}{3} N_b$$

(式32)

$$N_{2b} = \frac{A_{1b}}{A_{1b} + A_{2b}} N_b = \frac{A_{1b}}{A_{1b} + 2A_{1b}} N_b = \frac{1}{3} N_b$$

すなわち、エレメント60の複数のセル9の個数を、2/3が第1のセル9Aとし、1/3が第2のセル9Bとなるように設定することで、送受信効率は最大となる。

[0058] なお、第1のセル9Abの個数 N_{1b} が、複数のセル9の個数 N_b の60%((2/3)×0.9)以上73.3%((2/3)×1.1)以下であれば効果があることは既に説明した通りである。

[0059] 以上の説明のように、超音波ユニット30bは、送信専用の第1のセル9Abだけを用いて送信を行い、受信専用の第2のセル9Bbだけを用いて受信を行う。しかし、従来の超音波ユニットとは異なり、第1のセル9Abの占有面積 A_{1b} と、第2のセル9Bbの占有面積 A_{2b} と、が異なる。

[0060] 上記で説明したように、送信専用セルおよび受信専用セルを有するエレメント60bでは、送受信感度の最大値となるセルの個数(比率)は、送信感度または受信感度は関係がない。

[0061] そして、それぞれのエレメント60bが(式31)、(式32)で示され

る数のセル 9 A b、9 B b を有する超音波ユニット 3 0 b は、送受信感度が高い。そして、超音波ユニット 3 0 b を具備する超音波内視鏡 2 b は、送受信感度が高い。

[0062] <第 3 実施形態>

次に、第 3 実施形態の超音波ユニット 3 0 c および超音波内視鏡 2 c について説明する。超音波ユニット 3 0 c 等は、超音波ユニット 3 0 等と類似しているので、同じ構成要素には同じ符号を付し説明は省略する。

[0063] 超音波ユニット 3 0 c のエレメント 6 0 c は、超音波セルが配置可能な部分の面積を A_c 、第 1 のセル 9 A c が送信感度 S_{T1c} 、受信感度 S_{R1c} 、面積が A_{1c} であり、第 2 のセル 9 A c が、送信感度 S_{T2c} (但し、 $S_{T1c} > S_{T2c}$)、受信感度 S_{R2c} (但し、 $S_{R1c} < S_{R2c}$)、面積 A_{2c} (但し、 $A_{1c} \neq A_{2c}$) である。

[0064] すなわち、(式 4 1) が成り立つ。

[0065] (式 4 1)

$$A_c = A_{1c} \cdot N_{1c} + A_{2c} \cdot N_{2c}$$

(式 4 1) を変形すると、(式 4 2) が得られる。

[0066] (式 4 2)

$$N_{2c} = \frac{1}{A_{2c}} (A_c - A_{1c} \cdot N_{1c})$$

エレメント 6 0 c の送信感度 S_{Tc} は (式 4 3) で示される。

[0067] (式 4 3)

$$S_{Tc} = S_{T1c} \cdot N_{1c} + S_{T2c} \cdot N_{2c}$$

一方、エレメント 6 0 c の受信感度 S_{Rc} は (式 4 4) で示される。

[0068] (式 4 4)

$$S_{Rc} = S_{R1c} \cdot N_{1c} + S_{R2c} \cdot N_{2c}$$

そして、エレメント 6 0 c の送受信感度 S_c は (式 4 5) で示される。

[0069] (式 4 5)

$$\begin{aligned}
S_c &= S_{Tc} \cdot S_{Rc} \\
&= (S_{T1c} \cdot N_{1c} + S_{T2c} \cdot N_{2c}) (S_{R1c} \cdot N_{1c} + S_{R2c} \cdot N_{2c}) \\
&= S_{T1c} S_{R1c} \cdot N_{1c}^2 + (S_{T1c} S_{R2c} + S_{T2c} S_{R1c}) N_{1c} N_{2c} + S_{T2c} S_{R2c} \cdot N_{2c}^2 \\
&= S_{T1c} S_{R1c} \cdot N_{1c}^2 + \frac{1}{A_{2c}} (S_{T1c} S_{R2c} + S_{T2c} S_{R1c}) (A_c - A_{1c} N_{1c}) N_{1c} + \frac{1}{A_{2c}^2} S_{T2c} S_{R2c} (A_c - A_{1c} N_{1c})^2
\end{aligned}$$

ここで、 α 、 β 、 γ を、以下のように定義する。

$$\begin{aligned}
[0070] \quad \alpha &= S_{T1c} S_{R1c} A_{2c}^2 - (S_{T1c} S_{R2c} + S_{T2c} S_{R1c}) A_{1c} A_{2c} + S_{T2c} S_{R2c} A_{1c}^2 \\
\beta &= \{(S_{T1c} S_{R2c} + S_{T2c} S_{R1c}) A_{2c} - 2 S_{T2c} S_{R2c} A_{1c}\} A_c \\
\gamma &= S_{T2c} S_{R2c} A_c^2
\end{aligned}$$

それにより、送受信感度 S_c は（式４６）で表される。

[0071] （式４６）

$$\begin{aligned}
S_c &= \frac{1}{A_{2c}^2} (\alpha N_{1c}^2 + \beta N_{1c} + \gamma) \\
&= \frac{1}{\alpha A_{2c}^2} \left\{ \left(N_{1c} + \frac{\beta}{2\alpha} \right)^2 - \left(\frac{\beta}{2\alpha} \right)^2 + \frac{\gamma}{\alpha} \right\}
\end{aligned}$$

（式４６）から、第１のセル９Ａｃの数 N_{1c} が（式４７）を満たす場合に、送受信感度 S_c は最大となることは明らかである。

[0072] （式４７）

$$N_{1c} = -\frac{\beta}{2\alpha} = \frac{A_c}{2} \cdot \frac{2 S_{T2c} S_{R2c} A_{1c} - (S_{T1c} S_{R2c} + S_{T2c} S_{R1c}) A_{2c}}{S_{T1c} S_{R1c} A_{2c}^2 - (S_{T1c} S_{R2c} + S_{T2c} S_{R1c}) A_{1c} A_{2c} + S_{T2c} S_{R2c} A_{1c}^2}$$

一方、送受信感度 S_c は最大となる第２のセル９Ｂｃの数 N_{2c} は、（式４８）で示される。

[0073] （式４８）

$$\begin{aligned}
N_{2c} &= \frac{1}{A_{2c}} (A_c - A_{1c} \cdot N_{1c}) \\
&= \frac{1}{A_{2c}} \left[A_c - A_{1c} \left\{ \frac{A_c}{2} \cdot \frac{2 S_{T2c} S_{R2c} A_{1c} - (S_{T1c} S_{R2c} + S_{T2c} S_{R1c}) A_{2c}}{S_{T1c} S_{R1c} A_{2c}^2 - (S_{T1c} S_{R2c} + S_{T2c} S_{R1c}) A_{1c} A_{2c} + S_{T2c} S_{R2c} A_{1c}^2} \right\} \right] \\
&= \frac{A_c}{2} \cdot \frac{2 S_{T1c} S_{R1c} A_{2c} - (S_{T1c} S_{R2c} + S_{T2c} S_{R1c}) A_{1c}}{S_{T1c} S_{R1c} A_{2c}^2 - (S_{T1c} S_{R2c} + S_{T2c} S_{R1c}) A_{1c} A_{2c} + S_{T2c} S_{R2c} A_{1c}^2}
\end{aligned}$$

したがって、それぞれのセルの数の比より（式４９）が得られる。

[0074] （式４９）

$$N_{1c} : N_{2c} = 2S_{T2c}S_{R2c}A_{1c} - (S_{T1c}S_{R2c} + S_{T2c}S_{R1c})A_{2c} : 2S_{T1c}S_{R1c}A_{2c} - (S_{T1c}S_{R2c} + S_{T2c}S_{R1c})A_{1c}$$

$$N_{2c} = \frac{2S_{T1c}S_{R1c}A_{2c} - (S_{T1c}S_{R2c} + S_{T2c}S_{R1c})A_{1c}}{2S_{T2c}S_{R2c}A_{1c} - (S_{T1c}S_{R2c} + S_{T2c}S_{R1c})A_{2c}} N_{1c}$$

エレメント６０ｃを構成するセルの数の総和を N_c とすると（式５０）および（式５１）が成り立つ。

[0075] （式５０）

$$N_c = N_{1c} + N_{2c}$$

$$N_c = N_{1c} + \frac{2S_{T1c}S_{R1c}A_{2c} - (S_{T1c}S_{R2c} + S_{T2c}S_{R1c})A_{1c}}{2S_{T2c}S_{R2c}A_{1c} - (S_{T1c}S_{R2c} + S_{T2c}S_{R1c})A_{2c}} N_{1c}$$

$$N_c = \left\{ 1 + \frac{2S_{T1c}S_{R1c}A_{2c} - (S_{T1c}S_{R2c} + S_{T2c}S_{R1c})A_{1c}}{2S_{T2c}S_{R2c}A_{1c} - (S_{T1c}S_{R2c} + S_{T2c}S_{R1c})A_{2c}} \right\} N_{1c}$$

$$N_c = \frac{2S_{T1c}S_{R1c}A_{2c} - (S_{T1c}S_{R2c} + S_{T2c}S_{R1c})A_{1c} + 2S_{T2c}S_{R2c}A_{1c} - (S_{T1c}S_{R2c} + S_{T2c}S_{R1c})A_{2c}}{2S_{T2c}S_{R2c}A_{1c} - (S_{T1c}S_{R2c} + S_{T2c}S_{R1c})A_{2c}} N_{1c}$$

$$N_c = \frac{2S_{T1c}S_{R1c}A_{2c} + 2S_{T2c}S_{R2c}A_{1c} - (S_{T1c}S_{R2c} + S_{T2c}S_{R1c})(A_{1c} + A_{2c})}{2S_{T2c}S_{R2c}A_{1c} - (S_{T1c}S_{R2c} + S_{T2c}S_{R1c})A_{2c}} N_{1c}$$

$$N_{1c} = \frac{2S_{T2c}S_{R2c}A_{1c} - (S_{T1c}S_{R2c} + S_{T2c}S_{R1c})A_{2c}}{2S_{T1c}S_{R1c}A_{2c} + 2S_{T2c}S_{R2c}A_{1c} - (S_{T1c}S_{R2c} + S_{T2c}S_{R1c})(A_{1c} + A_{2c})} N_c$$

（式５１）

$$N_{2c} = \frac{2S_{T1c}S_{R1c}A_{2c} - (S_{T1c}S_{R2c} + S_{T2c}S_{R1c})A_{1c}}{2S_{T1c}S_{R1c}A_{2c} + 2S_{T2c}S_{R2c}A_{1c} - (S_{T1c}S_{R2c} + S_{T2c}S_{R1c})(A_{1c} + A_{2c})} N_c$$

第１のセル９Ａｃの数 N_{Tc} および第２のセル９Ｂｃの数 N_{Rc} が、（式５０）および（式５１）を満たすエレメント６０ｃ（超音波ユニット３０ｃ）は送受信感度 S_c が最大となる。

[0076] また、セル９の数（比率）は、厳密に（式５０）等で示される数に限定されるものではなく、エレメント内での配置等の関係から、（式５０）等で示される数から±１０％の範囲内であればよい。

[0077] すなわち、（式５０）で示される数（Ｚ）に対して、第１のセル９Ａｃの数 N_{1c} は以下の（式５０Ａ）を満たしていればよい。

[0078] $Z \cdot 0.9 \leq N_{1c} \leq Z \cdot 1.1$ (式50A)

例えば、 $N_c = 1000$ 、送信感度 $S_{T1c} = 100 \text{ Pa/V}$ 、送信感度 $S_{T2c} = 20 \text{ Pa/V}$ 、受信感度 $S_{R1c} = 300 \text{ pV/Pa}$ 、受信感度 $S_{R2c} = 900 \text{ pV/Pa}$ 、面積 $A_c = 4.2 \text{ mm}^2$ 、面積 $A_{1c} = 4000 \mu\text{m}^2$ 、 $A_{2c} = 5000 \mu\text{m}^2$ の場合は、 $N_{1c} = 800$ 、 $N_{2c} = 200$ 、となる。

[0079] なお、第1のセル9Acの個数 N_{1c} が、720 (800×0.9) 以上880 (800×1.1) 以下であれば効果があることは既に説明した通りである。

[0080] 超音波ユニット30cは、超音波ユニット30、30bの効果を併せ持つため、送受信感度が、より高い。そして超音波ユニット30cを具備する超音波内視鏡2cは送受信感度が、より高い。

[0081] 本発明は、上述した実施形態等に限定されるものではなく、本発明の要旨を変えない範囲において、種々の変更、改変等が可能である。

[0082] 本出願は、2012年6月11日に日本国に出願された特願2012-132026号を優先権主張の基礎として出願するものであり、上記の開示内容は、本願明細書、請求の範囲、図面に引用されたものとする。

請求の範囲

[請求項1] 下部電極とメンブレンを構成する上部電極とがキャビティを介して対向配置しているN個の超音波振動子セルを含む複数の超音波振動子エレメントを具備し、

前記超音波振動子エレメントが、 N_1 個の第1の超音波振動子セルと、前記第1の超音波振動子セルよりも受信感度が高く送信感度の低い N_2 個（但し、 $N_1 \neq N_2$ 、 $N_1 + N_2 = N$ ）の第2の超音波振動子セルを有することを特徴とする超音波ユニット。

[請求項2] 前記第1の超音波振動子セルの上部電極と前記第2の超音波振動子セルの上部電極とが接続されており、前記第1の超音波振動子セルの下部電極と前記第2の超音波振動子セルの下部電極とが接続されており、前記第1の超音波振動子セルおよび前記第2の超音波振動子セルが送信および受信に使用されることを特徴とする請求項1に記載の超音波ユニット。

[請求項3] 前記第1の超音波振動子セルが送信感度 S_{T1} 、受信感度 S_{R1} であり、前記第2の超音波振動子セルが送信感度 S_{T2} （但し、 $S_{T1} > S_{T2}$ ）、受信感度 S_{R2} （但し、 $S_{R1} < S_{R2}$ ）であり、以下の式を満足することを特徴とする請求項2に記載の超音波ユニット。

$$0.9X \leq N_1 \leq 1.1X$$

但し、

$$X = \frac{2S_{T2}S_{R2} - S_{T1}S_{R2} - S_{T2}S_{R1}}{2(S_{T1} - S_{T2})(S_{R1} - S_{R2})} N$$

[請求項4] 前記第1の超音波振動子セルが面積 A_1 の送信専用セルであり、前記第2の超音波振動子セルが面積 A_2 （但し、 $A_1 \neq A_2$ ）の受信専用セルであり、以下の式を満足することを特徴とする請求項1に記載の超音波ユニット。

$$0.9Y \leq N_1 \leq 1.1Y$$

但し、

$$Y = \frac{A_2}{A_1 + A_2} N$$

[請求項5] 前記第1の超音波振動子セルが送信感度 S_{T1} 、受信感度 S_{R1} 、面積が A_1 であり、前記第2の超音波振動子セルが、送信感度 S_{T2} （但し、 $S_{T1} > S_{T2}$ ）、受信感度 S_{R2} （但し、 $S_{R1} < S_{R2}$ ）、面積 A_2 （但し、 $A_1 \neq A_2$ ）であり、以下の式を満足することを特徴とする請求項2に記載の超音波ユニット。

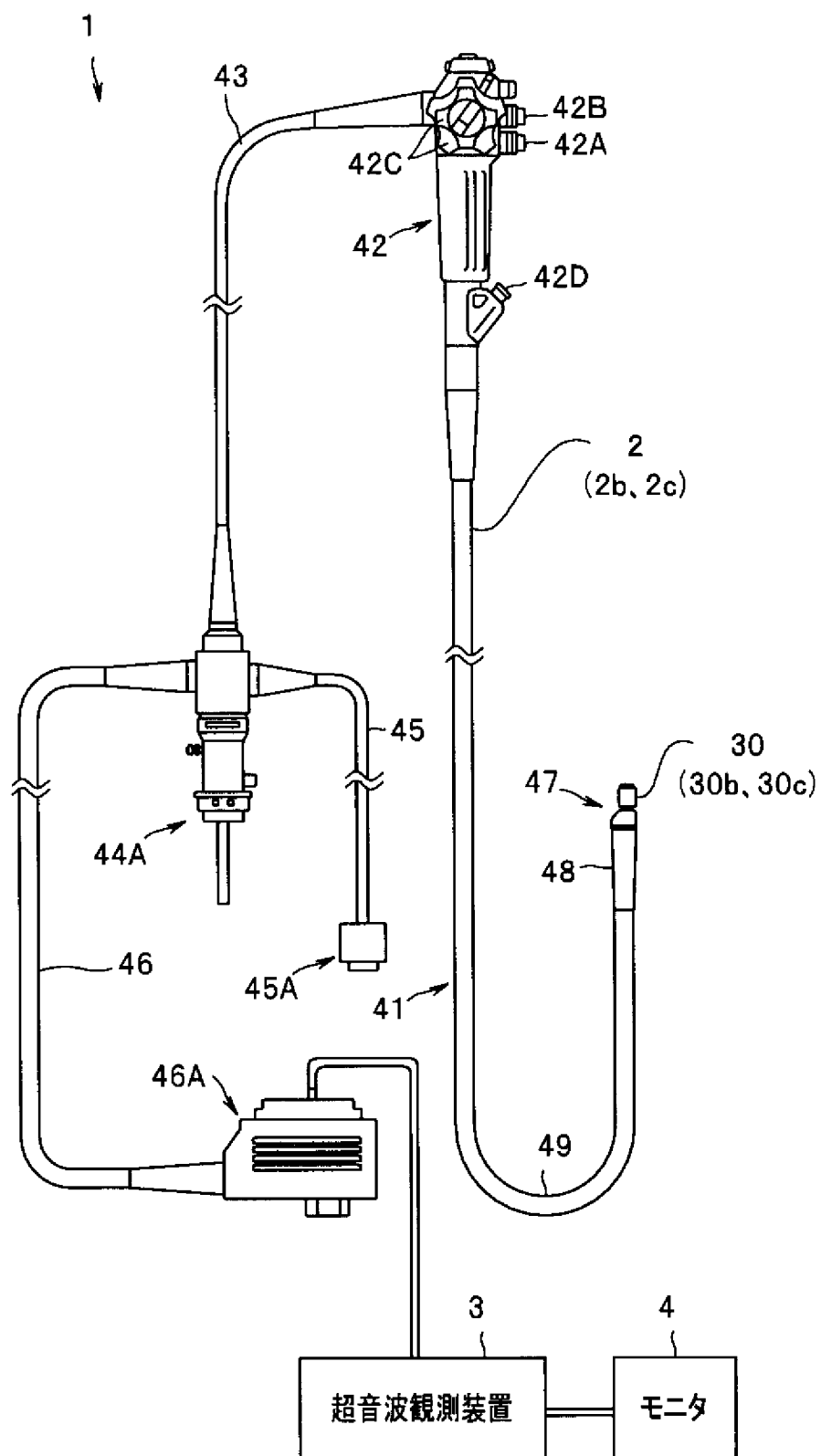
$$0.9Z \leq N_1 \leq 1.1Z$$

但し、

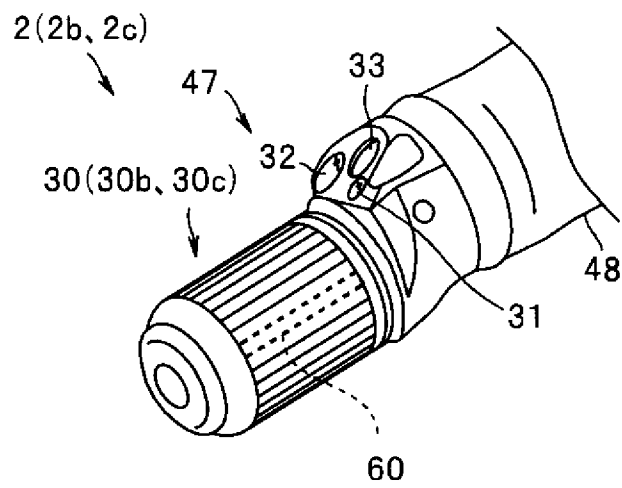
$$Z = \frac{2S_{T2}S_{R2}A_1 - (S_{T1}S_{R2} + S_{T2}S_{R1})A_2}{2S_{T1}S_{R1}A_2 + 2S_{T2}S_{R2}A_1 - (S_{T1}S_{R2} + S_{T2}S_{R1})(A_1 + A_2)} N$$

[請求項6] 請求項1から請求項5のいずれか1項に記載の超音波ユニットを有する先端部を具備することを特徴とする超音波内視鏡。

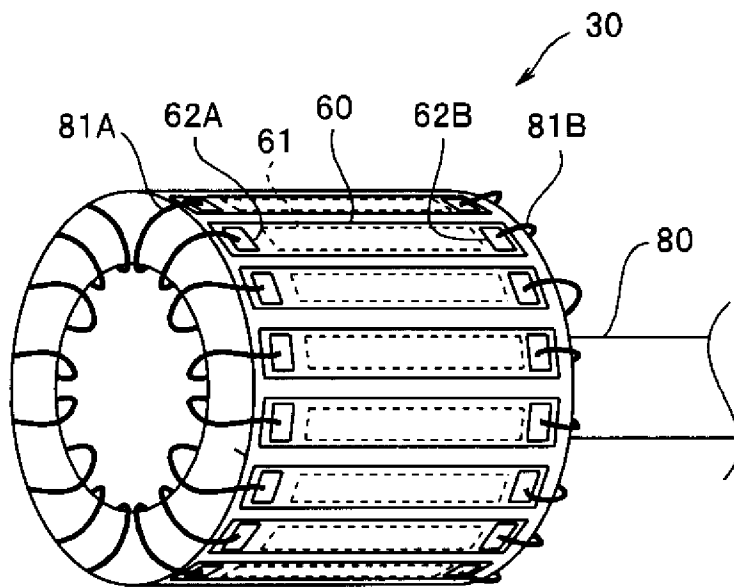
[図1]



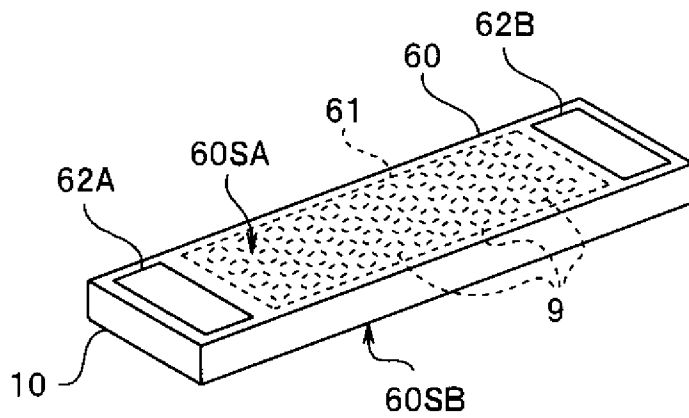
[図2]



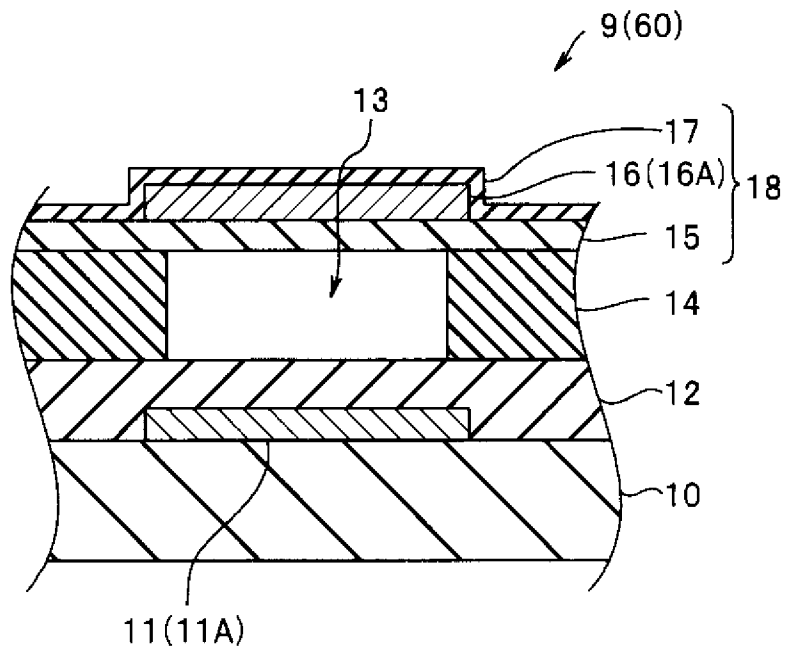
[図3]



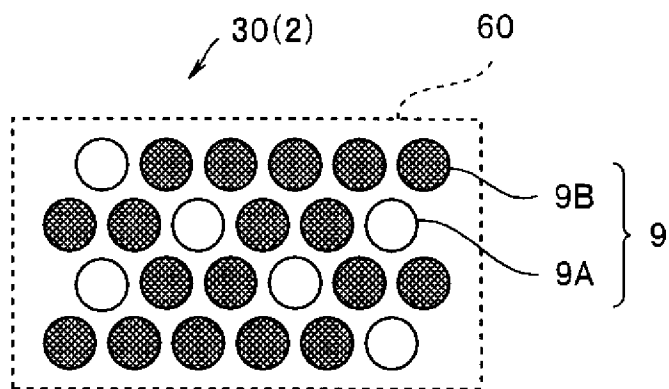
[図4]



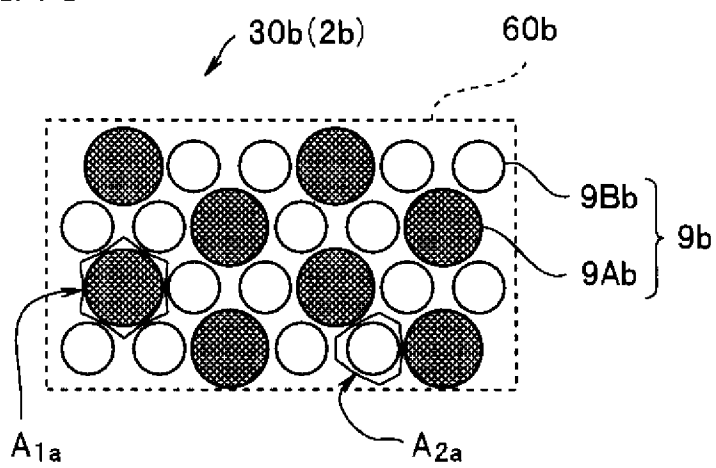
[図5]



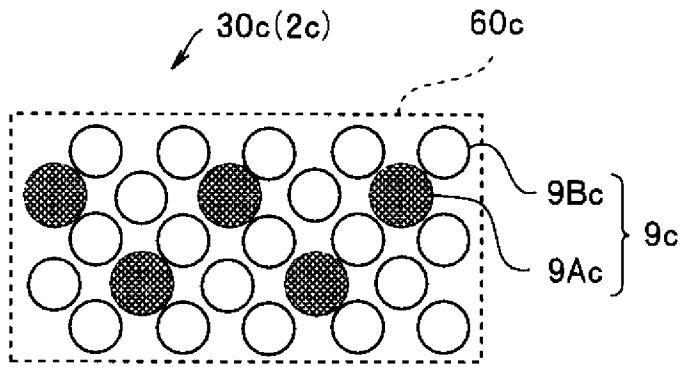
[図6]



[図7]



[図8]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/063173

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

A61B8/12(2006.01) i, H04R1/40(2006.01) i, H04R19/00(2006.01) i

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

A61B8/12, H04R1/40, H04R19/00

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

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2013

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2013 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2013

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2002-336248 A (Aloka Co., Ltd.), 26 November 2002 (26.11.2002), paragraphs [0012] to [0016] (Family: none)	1, 6 2-5
Y A	JP 3-165749 A (Aloka Co., Ltd.), 17 July 1991 (17.07.1991), page 3, upper right column, line 7 to lower left column, line 9 (Family: none)	1, 6 2-5
A	JP 2011-25055 A (Olympus Corp.), 10 February 2011 (10.02.2011), paragraphs [0007], [0021] (Family: none)	1-6



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

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

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

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

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

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

"T"

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

"X"

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

"Y"

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

"&"

document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

10 July, 2013 (10.07.13)

Date of mailing of the international search report

23 July, 2013 (23.07.13)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/063173

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
P, A	JP 2013-34665 A (Olympus Medical Systems Corp.), 21 February 2013 (21.02.2013), entire text; all drawings (Family: none)	1-6

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. A61B8/12(2006.01)i, H04R1/40(2006.01)i, H04R19/00(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. A61B8/12, H04R1/40, H04R19/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 3 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 3 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 3 年

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

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y A	JP 2002-336248 A（アロカ株式会社）2002.11.26, 段落【0012】－【0016】（ファミリーなし）	1, 6 2-5
Y A	JP 3-165749 A（アロカ株式会社）1991.07.17, 第3頁右上欄第7行 －左下欄第9行（ファミリーなし）	1, 6 2-5
A	JP 2011-25055 A（オリンパス株式会社）2011.02.10, 段落【0007】【0021】（ファミリーなし）	1-6

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

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

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

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

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

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

1 0 . 0 7 . 2 0 1 3

国際調査報告の発送日

2 3 . 0 7 . 2 0 1 3

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

松谷 洋平

2 Q

3 4 1 0

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 9 2

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
P, A	JP 2013-34665 A (オリンパスメディカルシステムズ株式会社) 2013.02.21, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-6