

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5927294号  
(P5927294)

(45) 発行日 平成28年6月1日(2016.6.1)

(24) 登録日 平成28年4月28日(2016.4.28)

(51) Int.Cl.		F I			
<b>A 6 1 B</b>	<b>8/12</b>	<b>(2006.01)</b>	A 6 1 B	8/12	
<b>H 0 4 R</b>	<b>19/00</b>	<b>(2006.01)</b>	H 0 4 R	19/00	3 3 0
<b>A 6 1 B</b>	<b>8/14</b>	<b>(2006.01)</b>	A 6 1 B	8/14	

請求項の数 5 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2014-521024 (P2014-521024)
(86) (22) 出願日	平成25年5月10日 (2013.5.10)
(86) 国際出願番号	PCT/JP2013/063173
(87) 国際公開番号	W02013/187158
(87) 国際公開日	平成25年12月19日 (2013.12.19)
審査請求日	平成26年10月8日 (2014.10.8)
(31) 優先権主張番号	特願2012-132026 (P2012-132026)
(32) 優先日	平成24年6月11日 (2012.6.11)
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)

(73) 特許権者	000000376 オリンパス株式会社 東京都八王子市石川町2951番地
(74) 代理人	100076233 弁理士 伊藤 進
(74) 代理人	100101661 弁理士 長谷川 靖
(74) 代理人	100135932 弁理士 篠浦 治
(72) 発明者	佐藤 憲 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリンパス株式会社内

審査官 松谷 洋平

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 超音波ユニットおよび超音波内視鏡

(57) 【特許請求の範囲】

【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ピ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、 $N_1 > N_2$ 、 $N_1 + N_2 = N$ )の第2の超音波振動子セルを有し、

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超音波ユニット。

【請求項2】

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1に記載の超音波ユニット。

$$0.9 \times N_1 < 1.1 \times N_2$$

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 3】

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、 $N_1 > N_2$ 、 $N_1 + N_2 = N$ ）の第 2 の超音波振動子セルを有し、

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、 $A_1 > A_2$ ）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超音波ユニット。

$$0.9 Y < N_1 < 1.1 Y$$

但し、

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

## 【請求項 4】

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、 $A_1 > A_2$ ）であり、以下の式を満足することを特徴とする請求項 1 に記載の超音波ユニット。

$$0.9 Z < N_1 < 1.1 Z$$

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 5】

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。

## 【発明の詳細な説明】

## 【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

10

20

30

40

50

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ピ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、 $N_1 > N_2$ 、 $N_1 + N_2 = N$ ）の第2の超音波振動子セルと、を有し、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。

【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ピ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、 $N_1 > N_2$ 、 $N_1 + N_2 = N$ ）の第2の超音波振動子セルと、を有し、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

10

20

30

40

50

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、を連結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2参照）。

【0015】

操作部42には、湾曲部48を所望の方向に湾曲制御するアングルノブ42Aと、送気および送水操作を行う送気送水ボタン42Bと、吸引操作を行う吸引ボタン42Cと、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42D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30が配設された先端部47には、照明光学系を構成する照明用レンズカバー31と、観察光学系の観察用レンズカバー32と、鉗子口33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30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）60を有する。

【0017】

図3に示すように、外部電極62Aは、ケーブル80の導線81Aと接続され、外部電極62Bはケーブル80の導線81B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60は、第1の主面60SAと、第1の主面60SAと対向する第2の主面60SBと、を有する。そして、エレメント60の第1の主面60SAの略中央部には超音波を送受信する送受信部61が形成されており、第1の主面60SAの両端部には外部電極62A、62Bが配設されている。後述するように、エレメント60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60のセル9は、基体であるシリコン基板10上に、順に積層された、下部電極層11と、下部絶縁層12と、キャビティ13と、その支持層1

10

20

30

40

50

4と、上部絶縁層15と、上部電極層16と、保護層17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60を構成している。

【0020】

下部電極層11は、複数の下部電極11Aと、下部電極11A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11は、同じエレメント60の他のセル9の下部電極11Aを接続している。上部電極層16は、複数の上部電極16Aと、上部電極16A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16A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11Aと上部電極16Aとを有する。

10

【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11Aは互いに接続されており、全ての上部電極16A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16A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。

20

【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9Aと、 $N_{2a}$ 個の第2のセル9Bと、を含む（但し、 $N_{1a} + N_{2a} = N$ ）。第2のセル9Bは、第1のセル9A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9Aが送信感度 $S_{T1a}$ 、受信感度 $S_{R1a}$ であり、第2のセル9B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】

30

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9Aの個数 $N_{1a}$ 、セル9Bの個数 $N_{2a}$ は、以下の（式11）で示される。

【0026】

（式11）

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

40

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）

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

50

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）

$$\begin{aligned}
 S_a &= S_{T1a} \cdot S_{R1a} \\
 &= \{S_{T1a} \cdot N_1 + S_{T2a} \cdot (N_a - N_{1a})\} \{S_{R1a} \cdot N_{1a} + S_{R2a} \cdot (N_a - N_{1a})\} \\
 &= (S_{T1a} S_{R1a} + S_{T2a} S_{R2a} - S_{T1a} S_{R2a} - S_{T2a} S_{R1a}) \cdot N_{1a}^2 \\
 &\quad + (S_{T1a} S_{R2a} + S_{T2a} S_{R1a} - 2S_{T2a} S_{R2a}) \cdot N_a N_{1a} + S_{T2a} S_{R2a} N_a^2 \\
 &= (S_{T1a} - S_{T2a})(S_{R1a} - S_{R2a}) \left\{ N_{1a} + \frac{S_{T1a} S_{R2a} + S_{T2a} S_{R1a} - 2S_{T2a} S_{R2a}}{2(S_{T1a} - S_{T2a})(S_{R1a} - S_{R2a})} N_a \right\}^2 \\
 &\quad + S_{T2a} S_{R2a} N_a^2 - \frac{(S_{T1a} S_{R2a} + S_{T2a} S_{R1a} - 2S_{T2a} S_{R2a})^2 \cdot N_a^2}{4(S_{T1a} - S_{T2a})(S_{R1a} - S_{R2a})}
 \end{aligned}
 \tag{10}$$

（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16）

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

すなわち、第1のセル9Aの数 $N_{1a}$ が（式15）に示すように、第2のセル9Bの数 $N_{2a}$ が（式16）に示すように構成されたエレメント60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30は、送信に適した第1のセル9Aと受信に適した第2のセル9B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9A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9B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15）で示される数の第1のセル9A、および（式16）で示される数の第2のセル9Bを有する超音波ユニット30は、送受信感度が高い。そして、超音波ユニット30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15）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15）等で示される数から $\pm 10\%$ の範囲内であればよい。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 3 6 】

すなわち、(式15)で示される数(X)に対して、第1のセル9Aの数 $N_{1a}$ は以下の(式15A)を満たしていればよい。

## 【 0 0 3 7 】

(式15A)

$$0.9X - N_{1a} - 1.1X$$

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。

## 【 0 0 3 8 】

(式15)および(式16)より、第1のセル9Aの数 $N_{1a}$ 、第2のセル9Bの数 $N_{2a}$ は(式17)、(式18)のようになる。 10

## 【 0 0 3 9 】

(式17)

$$\begin{aligned} N_{1a} &= \frac{2 \cdot \frac{1}{2} S_{T1a} \cdot 3 S_{R1a} - S_{T1a} \cdot 3 S_{R1a} - \frac{1}{2} S_{T2a} S_{R1a}}{2(S_{T1a} - \frac{1}{2} S_{T1a})(S_{R1a} - 3 S_{R1a})} N_a \\ &= \frac{-\frac{1}{2} S_{T2a} S_{R1a}}{2(\frac{1}{2} S_{T1a})(-2 S_{R1a})} N_a = \frac{-\frac{1}{2} S_{T2a} S_{R1a}}{-2 S_{T1a} S_{R1a}} \cdot N_a = \frac{1}{4} N_a \end{aligned}$$

(式18)

$$\begin{aligned} N_{2a} &= \frac{2 S_{T1a} S_{R1a} - S_{T1a} \cdot 3 S_{R1a} - \frac{1}{2} S_{T1a} S_{R1a}}{2(S_{T1a} - \frac{1}{2} S_{T1a})(S_{R1a} - 3 S_{R1a})} N_a \\ &= \frac{-\frac{3}{2} S_{T1a} S_{R1a}}{-2 S_{T1a} S_{R1a}} N_a = \frac{3}{4} N_a \end{aligned}$$

20

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。

## 【 0 0 4 0 】

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%( $25 \times 0.9$ )以上27.5%( $25 \times 1.1$ )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。 30

## 【 0 0 4 1 】

< 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等と類似しているため、同じ構成要素には同じ符号を付し説明は省略する。

## 【 0 0 4 2 】

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、 $A_{1b} = A_{2b}$ )の受信専用セルである。 40

## 【 0 0 4 3 】

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。

## 【 0 0 4 4 】

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。 50

【 0 0 4 5 】

( 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。

10

【 0 0 4 6 】

( 式 2 2 ) を変形すると ( 式 2 3 ) となる。

【 0 0 4 7 】

( 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。

【 0 0 4 8 】

( 式 2 4 )

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

20

30

( 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。

【 0 0 4 9 】

( 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。

【 0 0 5 0 】

( 式 2 6 )

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

40

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。

【 0 0 5 1 】

( 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22)および(式27)より、超音波セル9Ab、9Bbの数の関係は(式28)の通りとなる。

【0052】

(式28)

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

よって、超音波ユニット30bでは送受信感度 $S_b$ が最大となるのは、(式29)を満足する場合である。

【0053】

(式29)

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

なお、送受信感度 $S_b$ が最大となる第2のセル9Bbの数 $N_{2b}$ は、(式30)で示される。

【0054】

(式30)

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

また、セル9の数(比率)は、厳密に(式29)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29)等で示される数から $\pm 10\%$ 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】

$$0.9Y \leq N_{1b} \leq 1.1Y \quad (\text{式29A})$$

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)

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

10

20

30

40

50

すなわち、エレメント 6 0 の複数のセル 9 の個数を、 $2/3$  が第 1 のセル 9 A b とし、 $1/3$  が第 2 のセル 9 B b となるように設定することで、送受信効率は最大となる。

【 0 0 5 8 】

なお、第 1 のセル 9 A b の個数  $N_{1b}$  が、複数のセル 9 の個数  $N_b$  の  $60\% ((2/3) \times 0.9)$  以上  $73.3\% ((2/3) \times 1.1)$  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。

【 0 0 5 9 】

以上の説明のように、超音波ユニット 3 0 b は、送信専用の第 1 のセル 9 A b だけを用いて送信を行い、受信専用の第 2 のセル 9 B b 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 9 A b の占有面積  $A_{1b}$  と、第 2 のセル 9 B b の占有面積  $A_{2b}$  と、が異なる。

10

【 0 0 6 0 】

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 6 0 b 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。

【 0 0 6 1 】

そして、それぞれのエレメント 6 0 b が（式 3 1）、（式 3 2）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。

【 0 0 6 2 】

20

< 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 等と類似しているため、同じ構成要素には同じ符号を付し説明は省略する。

【 0 0 6 3 】

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 B 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、 $A_{1c} > A_{2c}$ ）である。

【 0 0 6 4 】

30

すなわち、（式 4 1）が成り立つ。

【 0 0 6 5 】

（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。

【 0 0 6 6 】

（式 4 2）

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

40

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

【 0 0 6 7 】

（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。

【 0 0 6 8 】

（式 4 4）

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

そして、エレメント 60c の送受信感度  $S_c$  は (式 45) で示される。

【0069】

(式 45)

$$\begin{aligned} S_c &= S_{Tc} \cdot S_{Rc} \\ &= (S_{T1c} \cdot N_{1c} + S_{T2c} \cdot N_{2c})(S_{R1c} \cdot N_{1c} + S_{R2c} \cdot N_{2c}) \\ &= S_{T1c} S_{R1c} \cdot N_{1c}^2 + (S_{T1c} S_{R2c} + S_{T2c} S_{R1c}) N_{1c} N_{2c} + S_{T2c} S_{R2c} \cdot N_{2c}^2 \\ &= S_{T1c} S_{R1c} \cdot N_{1c}^2 + \frac{1}{A_{2c}} (S_{T1c} S_{R2c} + S_{T2c} S_{R1c}) (A_c - A_{1c} N_{1c}) N_{1c} + \frac{1}{A_{2c}^2} S_{T2c} S_{R2c} (A_c - A_{1c} N_{1c})^2 \end{aligned} \quad 10$$

ここで、 $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$  を、以下のように定義する。

【0070】

$$\begin{aligned} \alpha &= S_{T1c} S_{R1c} A_{2c}^2 - (S_{T1c} S_{R2c} + S_{T2c} S_{R1c}) A_{1c} A_{2c} + S_{T2c} S_{R2c} A_{1c}^2 \\ \beta &= \{(S_{T1c} S_{R2c} + S_{T2c} S_{R1c}) A_{2c} - 2S_{T2c} S_{R2c} A_{1c}\} A_c \\ \gamma &= S_{T2c} S_{R2c} A_c^2 \end{aligned} \quad 20$$

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。 30

【0072】

(式 47)

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

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)

$$\begin{aligned} N_{2c} &= \frac{1}{A_{2c}} (A_c - A_{1c} \cdot N_{1c}) \\ &= \frac{1}{A_{2c}} \left[ A_c - A_{1c} \left\{ \frac{A_c}{2} \cdot \frac{2S_{T2c} S_{R2c} A_{1c} - (S_{T1c} S_{R2c} + S_{T2c} S_{R1c}) A_{2c}}{S_{T1c} S_{R1c} A_{2c}^2 - (S_{T1c} S_{R2c} + S_{T2c} S_{R1c}) A_{1c} A_{2c} + S_{T2c} S_{R2c} A_{1c}^2} \right\} \right] \\ &= \frac{A_c}{2} \cdot \frac{2S_{T1c} S_{R1c} A_{2c} - (S_{T1c} S_{R2c} + S_{T2c} S_{R1c}) A_{1c}}{S_{T1c} S_{R1c} A_{2c}^2 - (S_{T1c} S_{R2c} + S_{T2c} S_{R1c}) A_{1c} A_{2c} + S_{T2c} S_{R2c} A_{1c}^2} \end{aligned} \quad 40$$

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】

50

(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 $N_{1c}$ および第2のセル9Bcの数 $N_{2c}$ 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 $\pm 10\%$ 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】

$$Z \cdot 0.9 \leq N_{1c} \leq Z \cdot 1.1 \quad (\text{式50A})$$

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 $A_{1c} = 4000 \text{ } \mu\text{m}^2$ 、 $A_{2c} = 5000 \text{ } \mu\text{m}^2$ 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 $\times$ 0.9)以上880(800 $\times$ 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

10

20

30

40

50

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。

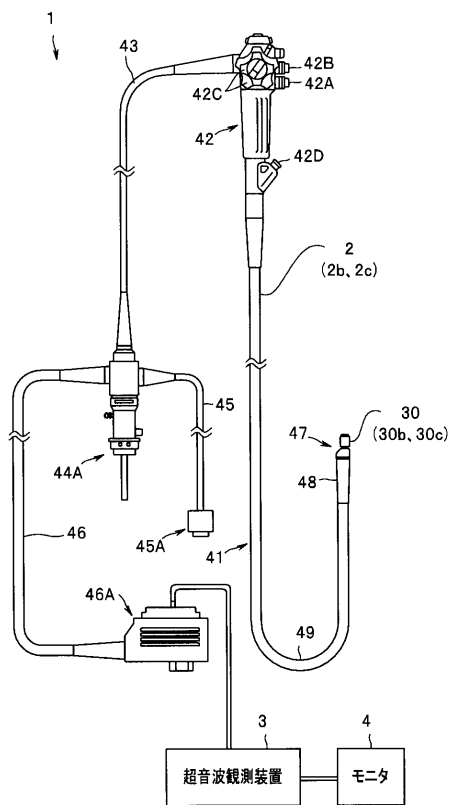
【 0 0 8 1 】

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。

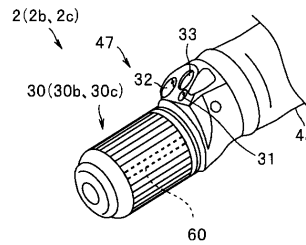
【 0 0 8 2 】

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。

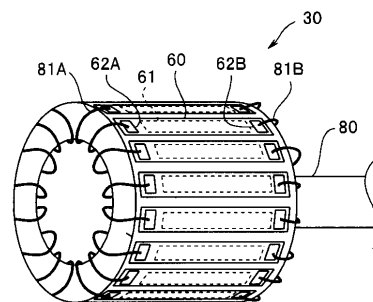
【 図 1 】



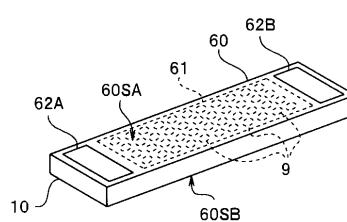
【 図 2 】



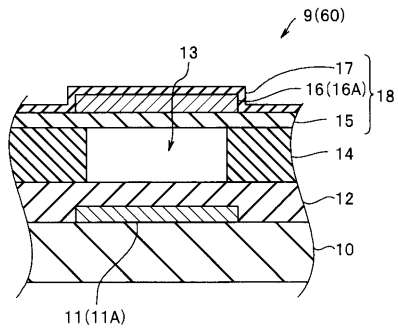
【 図 3 】



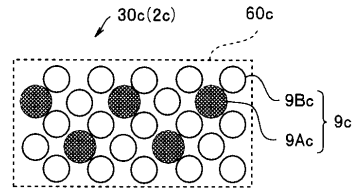
【 図 4 】



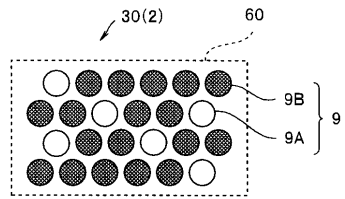
【 5 】



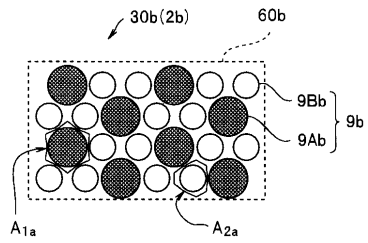
【 8 】



【 6 】



【 7 】



---

フロントページの続き

(56)参考文献 特開2002-336248(JP,A)  
特開平03-165749(JP,A)  
特開2011-025055(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A61B	8/12
A61B	8/14
H04R	19/00

专利名称(译)	超声波单元和超声波内窥镜		
公开(公告)号	<a href="#">JP5927294B2</a>	公开(公告)日	2016-06-01
申请号	JP2014521024	申请日	2013-05-10
[标]申请(专利权)人(译)	奥林巴斯株式会社		
申请(专利权)人(译)	奥林巴斯公司		
当前申请(专利权)人(译)	奥林巴斯公司		
[标]发明人	佐藤 憲		
发明人	佐藤 憲		
IPC分类号	A61B8/12 H04R19/00 A61B8/14		
CPC分类号	A61B8/4483 A61B1/005 A61B8/12 A61B8/445 A61B8/4455 A61B8/4494 B06B1/0292 B06B2201/20 H02N1/08		
FI分类号	A61B8/12 H04R19/00.330 A61B8/14		
代理人(译)	伊藤 进 长谷川 靖 ShinoUra修		
优先权	2012132026 2012-06-11 JP		
其他公开文献	JPWO2013187158A1		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a>		

摘要(译)

超声波单元30包括多个元件60，所述多个元件60包括N个单元9，构成膜18的下部电极11A和上部电极16A通过空腔13彼此相对，第一个单元9A和N2（其中N1，N1，N2，2N≠N2，N1+N2=N）。

(21) 出願番号	特願2014-521024 (P2014-521024)	(73) 特許権者	000000376	
(86) (22) 出願日	平成25年5月10日 (2013.5.10)		オリンパス株式会社	
(86) 国際出願番号	PCT/JP2013/063173		東京都八王子市石川町2951番地	
(87) 国際公開番号	W02013/187158	(74) 代理人	100076233	
(87) 国際公開日	平成25年12月19日 (2013.12.19)		弁理士 伊藤 進	
	審査請求日	平成26年10月8日 (2014.10.8)	(74) 代理人	100101661
(31) 優先権主張番号	特願2012-132026 (P2012-132026)		弁理士 長谷川 靖	
(32) 優先日	平成24年6月11日 (2012.6.11)	(74) 代理人	100135832	
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		弁理士 藤澤 治	
		(72) 発明者	佐藤 憲 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリンパス株式会社内	
		審査官	松谷 洋平	

最終頁に続く