

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2015-202182

(P2015-202182A)

(43) 公開日 平成27年11月16日(2015.11.16)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
A 6 1 B 8/00 (2006.01)	A 6 1 B 8/00	4 C 6 0 1
H 0 4 R 17/00 (2006.01)	H 0 4 R 17/00 3 3 0 J	5 D 0 1 9

審査請求 未請求 請求項の数 13 O L (全 62 頁)

(21) 出願番号	特願2014-82675 (P2014-82675)	(71) 出願人	000001270
(22) 出願日	平成26年4月14日 (2014. 4. 14)		コニカミノルタ株式会社
			東京都千代田区丸の内二丁目7番2号
		(74) 代理人	110001254
			特許業務法人光陽国際特許事務所
		(72) 発明者	谷口 哲哉
			東京都千代田区丸の内二丁目7番2号 コニカミノルタ株式会社内
		Fターム(参考)	4C601 DE09 DE14 EE01 EE04 GB01
			HH05 HH06 HH07 HH13 HH16
			HH35 JB45
			5D019 AA21 BB19 BB20 FF04 FF05
			GG01 GG03

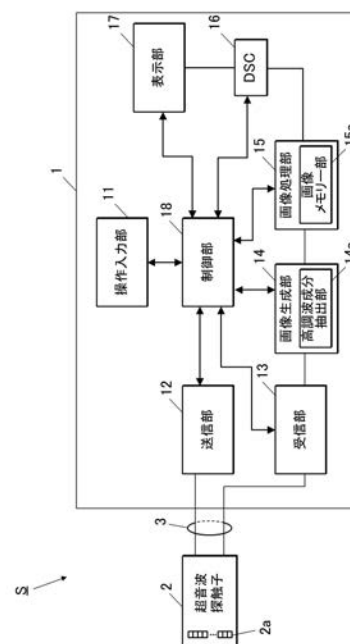
(54) 【発明の名称】 超音波探触子及び超音波画像診断装置

(57) 【要約】

【課題】複数種類の高調波による相殺を低減して距離分解能に優れた超音波画像を得ることができる超音波探触子及び超音波画像診断装置を提供する。

【解決手段】超音波探触子2に入力されたパルス信号とこのパルス信号により出力された送信超音波の反射超音波から得られた受信信号との各周波数における位相差から得られる群遅延と、送信部12によって出力されるパルス信号の各周波数における位相差から得られる群遅延との合算値の、超音波探触子2の-20dBの送受信周波数帯域に含まれる周波数帯域と、当該パルス信号における駆動波形の-20dBの周波数帯域とが重複する周波数帯域における最大値と最小値との差が0.15ラジアン以下となるように、超音波探触子2及び送信部12により出力されるパルス信号の駆動波形を設定する。

【選択図】図2



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

パルス信号の入力によって被検体に向けて送信超音波を出力するとともに、被検体からの反射超音波を受信することにより受信信号を出力する超音波探触子において、

入力したパルス信号と該パルス信号により出力された送信超音波の反射超音波から得られた受信信号との各周波数における位相差から得られる群遅延の、前記超音波探触子の - 20 dB の送受信周波数帯域における最大値と最小値との差が 0.15 ラジアン以下、又は、前記超音波探触子の - 20 dB の送受信周波数帯域における標準偏差が 0.025 以下となるように設定されていることを特徴とする超音波探触子。

【請求項 2】

- 20 dB の比帯域が 120 % 以上であることを特徴とする請求項 1 に記載の超音波探触子。

【請求項 3】

パルス信号の入力によって被検体に向けて送信超音波を出力するとともに、被検体からの反射超音波を受信することにより受信信号を出力する超音波探触子と、所定の駆動波形のパルス信号を出力することにより前記超音波探触子に前記送信超音波を生成させる送信部と、を備えた超音波画像診断装置において、

前記送信部は、各周波数における位相差から得られる群遅延の、前記超音波探触子の - 20 dB の送受信周波数帯域に含まれる周波数帯域と、当該パルス信号における駆動波形の - 20 dB の周波数帯域とが重複する周波数帯域における最大値と最小値との差が 0.15 ラジアン以下、又は、前記超音波探触子の - 20 dB の送受信周波数帯域に含まれる周波数帯域と、当該パルス信号における駆動波形の - 20 dB の周波数帯域とが重複する周波数帯域における標準偏差が 0.025 以下である駆動波形のパルス信号を出力することを特徴とする超音波画像診断装置。

【請求項 4】

パルス信号の入力によって被検体に向けて送信超音波を出力するとともに、被検体からの反射超音波を受信することにより受信信号を出力する超音波探触子と、所定の駆動波形のパルス信号を出力することにより前記超音波探触子に前記送信超音波を生成させる送信部と、を備えた超音波画像診断装置において、

前記超音波探触子に入力されたパルス信号と該パルス信号により出力された送信超音波の反射超音波から得られた受信信号との各周波数における位相差から得られる群遅延と、前記送信部によって出力されるパルス信号の各周波数における位相差から得られる群遅延との合算値の、前記超音波探触子の - 20 dB の送受信周波数帯域に含まれる周波数帯域と、当該パルス信号における駆動波形の - 20 dB の周波数帯域とが重複する周波数帯域における最大値と最小値との差が 0.15 ラジアン以下となるように、前記超音波探触子及び前記送信部により出力されるパルス信号の駆動波形を設定したことを特徴とする超音波画像診断装置。

【請求項 5】

前記超音波探触子は、入力したパルス信号と該パルス信号により出力された送信超音波の反射超音波から得られた受信信号との各周波数における位相差から得られる群遅延の、前記超音波探触子の - 20 dB の送受信周波数帯域における最大値と最小値との差が 0.15 ラジアン以下、又は、前記超音波探触子の - 20 dB の送受信周波数帯域における標準偏差が 0.025 以下となるように設定され、

前記送信部は、各周波数における位相差から得られる群遅延の、前記超音波探触子の - 20 dB の送受信周波数帯域に含まれる周波数帯域と、当該パルス信号における駆動波形の - 20 dB の周波数帯域とが重複する周波数帯域における最大値と最小値との差が 0.15 ラジアン以下、又は、前記超音波探触子の - 20 dB の送受信周波数帯域に含まれる周波数帯域と、当該パルス信号における駆動波形の - 20 dB の周波数帯域とが重複する周波数帯域における標準偏差が 0.025 以下である駆動波形のパルス信号を出力することを特徴とする請求項 4 に記載の超音波画像診断装置。

10

20

30

40

50

【請求項 6】

前記送信部は、前記超音波探触子の - 20 dB の送受信周波数帯域に含まれる周波数帯域と、当該パルス信号における駆動波形の - 20 dB の周波数帯域とが重複する周波数帯域幅が、前記超音波探触子の - 20 dB の送受信周波数帯域幅の 70 % 以上をカバーする駆動波形のパルス信号を出力することを特徴とする請求項 3 ~ 5 の何れか一項に記載の超音波画像診断装置。

【請求項 7】

前記送信部は、周期が 1 . 5 以上である駆動波形のパルス信号を出力することを特徴とする請求項 3 ~ 6 の何れか一項に記載の超音波画像診断装置。

【請求項 8】

前記送信部は、パルス持続時間が前記超音波探触子の - 20 dB の送受信周波数帯域の中心周波数での 2 周期相当の時間以上である駆動波形のパルス信号を出力することを特徴とする請求項 3 ~ 7 の何れか一項に記載の超音波画像診断装置。

【請求項 9】

前記送信部は、5 値以下の制御信号によりパルス信号を出力することを特徴とする請求項 3 ~ 8 の何れか一項に記載の超音波画像診断装置。

【請求項 10】

前記送信部は、それぞれ駆動波形の異なるパルス信号を同一走査線上に時間間隔をおいて複数回出力し、

前記複数回のパルス信号によって生成された前記送信超音波の前記反射超音波から得られた各受信信号を合成し、合成した受信信号に基づいて超音波画像データを生成する画像生成部を備えたことを特徴とする請求項 3 ~ 9 の何れか一項に記載の超音波画像診断装置。

【請求項 11】

前記送信部は、それぞれ駆動波形が非対称のパルス信号を同一走査線上に時間間隔をおいて複数回出力することを特徴とする請求項 10 に記載の超音波画像診断装置。

【請求項 12】

前記送信部は、周波数パワースペクトルの強度ピークが、前記超音波探触子の - 20 dB の送受信周波数帯域の中心周波数よりも低周波側と、当該中心周波数よりも高周波側とのそれぞれに含まれるパルス信号を出力することを特徴とする請求項 3 ~ 11 の何れか一項に記載の超音波画像診断装置。

【請求項 13】

前記送信部は、周波数パワースペクトルの強度ピークが、前記超音波探触子の - 20 dB の送受信周波数帯域の中心周波数よりも高周波側に 2 以上含まれるパルス信号を出力することを特徴とする請求項 12 に記載の超音波画像診断装置。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、超音波探触子及び超音波画像診断装置に関する。

【背景技術】**【0002】**

超音波診断は、超音波探触子を体表に当てるだけの簡単な操作で心臓の拍動や胎児の動きの様子がリアルタイム表示で得られ、かつ安全性が高いため、繰り返し検査を行うことができる。

【0003】

このような超音波画像を表示する技術において、送信信号の基本波成分（周波数 f_0 ）に対する高調波成分（例えば、周波数 $2f_0$ 、 $3f_0$ 等）を画像化することによって、コントラストのよい画像が得られることが知られている。このような撮像法は、ティッシュ・ハーモニック・イメージング（Tissue Harmonic Imaging）と呼ばれている。

【0004】

10

20

30

40

50

上述した高調波成分は、主に超音波が被検体内を伝播する際に生ずる非線形歪みに起因して発生する。すなわち、生体内に照射された超音波は、組織の非線形応答により組織伝播中に信号が歪み、高調波成分が増大する。その結果、その受信信号には、例えば、基本波 f_0 の 2 倍の周波数 $2f_0$ や、3 倍の周波数 $3f_0$ の成分が含まれることとなる。

【0005】

ティッシュ・ハーモニック・イメージングにおける高調波成分を抽出する方法としては、フィルター法とパルスインバージョン法が知られている。

【0006】

フィルター法は、中心周波数が、例えば、 $2f_0$ の帯域通過フィルターを用いて受信信号から $2f_0$ の高調波成分を抽出するものである。

一方、パルスインバージョン法は、極性あるいは時間反転させた第 1 及び第 2 の送信パルス信号を時間間隔をおいて送信し、それぞれの受信信号を合成して基本波成分を打ち消すことにより 2 次高調波成分を強調するものである。

【0007】

ところで、超音波信号に含まれる高調波成分は、基本波成分と比べて周波数が高いため、被検体内の伝搬時に減衰の影響を受けやすく、深部からの反射超音波信号の到達度（ペネトレーション）がよくないという問題がある。一方、基本波成分の周波数 f_0 を下げれば減衰の影響を受けにくくなるため、ペネトレーションは改善するが、分解能が低下してしまうというトレードオフが生じる。

【0008】

上述した 2 つの方法のうち、フィルター法では、基本波及び高調波の区別なく低周波領域をカットしてしまうため、この影響が顕著となり、また、抽出後の帯域も狭くなるために画質もパルスインバージョン法と比較して劣るため、いわゆるローエンドの装置以外ではパルスインバージョン法が主流となっている。

【0009】

近年では、上述したパルスインバージョン法において、超音波の広帯域化に対応して、2 次高調波成分に加え、2 次高調波成分よりも周波数の低い差音成分を利用する等、多種の高調波成分を用いることによって超音波画像の画質の向上を図る方法が提案されている（例えば、特許文献 1）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0010】

【特許文献 1】特開 2002 - 301068 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0011】

しかしながら、上記特許文献 1 に記載の技術では、複数種類の高調波成分を利用するために、超音波探触子の有する群遅延特性によって複数種類の高調波間で相殺が生じ、必ずしも所望の距離分解能が得られないという問題がある。

【0012】

本発明の課題は、複数種類の高調波による相殺を低減して距離分解能に優れた超音波画像を得ることができる超音波探触子及び超音波画像診断装置を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0013】

以上の課題を解決するため、請求項 1 に記載の発明は、パルス信号の入力によって被検体に向けて送信超音波を出力するとともに、被検体からの反射超音波を受信することにより受信信号を出力する超音波探触子において、

入力したパルス信号と該パルス信号により出力された送信超音波の反射超音波から得られた受信信号との各周波数における位相差から得られる群遅延の、前記超音波探触子の -20 dB の送受信周波数帯域における最大値と最小値との差が 0.15 ラジアン以下、又

10

20

30

40

50

は、前記超音波探触子の - 20 dB の送受信周波数帯域における標準偏差が 0.025 以下となるように設定されていることを特徴とする。

【0014】

請求項 2 に記載の発明は、請求項 1 に記載の超音波探触子において、
- 20 dB の比帯域が 120 % 以上であることを特徴とする。

【0015】

請求項 3 に記載の発明は、パルス信号の入力によって被検体に向けて送信超音波を出力するとともに、被検体からの反射超音波を受信することにより受信信号を出力する超音波探触子と、所定の駆動波形のパルス信号を出力することにより前記超音波探触子に前記送信超音波を生成させる送信部と、を備えた超音波画像診断装置において、

10

前記送信部は、各周波数における位相差から得られる群遅延の、前記超音波探触子の - 20 dB の送受信周波数帯域に含まれる周波数帯域と、当該パルス信号における駆動波形の - 20 dB の周波数帯域とが重複する周波数帯域における最大値と最小値との差が 0.15 ラジアン以下、又は、前記超音波探触子の - 20 dB の送受信周波数帯域に含まれる周波数帯域と、当該パルス信号における駆動波形の - 20 dB の周波数帯域とが重複する周波数帯域における標準偏差が 0.025 以下である駆動波形のパルス信号を出力することを特徴とする。

【0016】

請求項 4 に記載の発明は、パルス信号の入力によって被検体に向けて送信超音波を出力するとともに、被検体からの反射超音波を受信することにより受信信号を出力する超音波探触子と、所定の駆動波形のパルス信号を出力することにより前記超音波探触子に前記送信超音波を生成させる送信部と、を備えた超音波画像診断装置において、

20

前記超音波探触子に入力されたパルス信号と該パルス信号により出力された送信超音波の反射超音波から得られた受信信号との各周波数における位相差から得られる群遅延と、前記送信部によって出力されるパルス信号の各周波数における位相差から得られる群遅延との合算値の、前記超音波探触子の - 20 dB の送受信周波数帯域に含まれる周波数帯域と、当該パルス信号における駆動波形の - 20 dB の周波数帯域とが重複する周波数帯域における最大値と最小値との差が 0.15 ラジアン以下となるように、前記超音波探触子及び前記送信部により出力されるパルス信号の駆動波形を設定したことを特徴とする。

【0017】

30

請求項 5 に記載の発明は、請求項 4 に記載の超音波画像診断装置において、

前記超音波探触子は、入力したパルス信号と該パルス信号により出力された送信超音波の反射超音波から得られた受信信号との各周波数における位相差から得られる群遅延の、前記超音波探触子の - 20 dB の送受信周波数帯域における最大値と最小値との差が 0.15 ラジアン以下、又は、前記超音波探触子の - 20 dB の送受信周波数帯域における標準偏差が 0.025 以下となるように設定され、

前記送信部は、各周波数における位相差から得られる群遅延の、前記超音波探触子の - 20 dB の送受信周波数帯域に含まれる周波数帯域と、当該パルス信号における駆動波形の - 20 dB の周波数帯域とが重複する周波数帯域における最大値と最小値との差が 0.15 ラジアン以下、又は、前記超音波探触子の - 20 dB の送受信周波数帯域に含まれる周波数帯域と、当該パルス信号における駆動波形の - 20 dB の周波数帯域とが重複する周波数帯域における標準偏差が 0.025 以下である駆動波形のパルス信号を出力することを特徴とする。

40

【0018】

請求項 6 に記載の発明は、請求項 3 ~ 5 の何れか一項に記載の超音波画像診断装置において、

前記送信部は、前記超音波探触子の - 20 dB の送受信周波数帯域に含まれる周波数帯域と、当該パルス信号における駆動波形の - 20 dB の周波数帯域とが重複する周波数帯域幅が、前記超音波探触子の - 20 dB の送受信周波数帯域幅の 70 % 以上をカバーする駆動波形のパルス信号を出力することを特徴とする。

50

【 0 0 1 9 】

請求項 7 に記載の発明は、請求項 3 ～ 6 の何れか一項に記載の超音波画像診断装置において、

前記送信部は、周期が 1 . 5 以上である駆動波形のパルス信号を出力することを特徴とする。

【 0 0 2 0 】

請求項 8 に記載の発明は、請求項 3 ～ 7 の何れか一項に記載の超音波画像診断装置において、

前記送信部は、パルス持続時間が前記超音波探触子の - 2 0 d B の送受信周波数帯域の中心周波数での 2 周期相当の時間以上である駆動波形のパルス信号を出力することを特徴とする。

10

【 0 0 2 1 】

請求項 9 に記載の発明は、請求項 3 ～ 8 の何れか一項に記載の超音波画像診断装置において、

前記送信部は、5 値以下の制御信号によりパルス信号を出力することを特徴とする。

【 0 0 2 2 】

請求項 1 0 に記載の発明は、請求項 3 ～ 9 の何れか一項に記載の超音波画像診断装置において、

前記送信部は、それぞれ駆動波形の異なるパルス信号を同一走査線上に時間間隔をおいて複数回出力し、

20

前記複数回のパルス信号によって生成された前記送信超音波の前記反射超音波から得られた各受信信号を合成し、合成した受信信号に基づいて超音波画像データを生成する画像生成部を備えたことを特徴とする。

【 0 0 2 3 】

請求項 1 1 に記載の発明は、請求項 1 0 に記載の超音波画像診断装置において、

前記送信部は、それぞれ駆動波形が非対称のパルス信号を同一走査線上に時間間隔をおいて複数回出力することを特徴とする。

【 0 0 2 4 】

請求項 1 2 に記載の発明は、請求項 3 ～ 1 1 の何れか一項に記載の超音波画像診断装置において、

30

前記送信部は、周波数パワースペクトルの強度ピークが、前記超音波探触子の - 2 0 d B の送受信周波数帯域の中心周波数よりも低周波側と、当該中心周波数よりも高周波側とのそれぞれに含まれるパルス信号を出力することを特徴とする。

【 0 0 2 5 】

請求項 1 3 に記載の発明は、請求項 1 2 に記載の超音波画像診断装置において、

前記送信部は、周波数パワースペクトルの強度ピークが、前記超音波探触子の - 2 0 d B の送受信周波数帯域の中心周波数よりも高周波側に 2 以上含まれるパルス信号を出力することを特徴とする。

【 発明の効果 】

【 0 0 2 6 】

40

本発明によれば、複数種類の高調波による相殺を低減して距離分解能に優れた超音波画像を得ることができる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 2 7 】

【 図 1 】 超音波画像診断装置の外観構成を示す図である。

【 図 2 】 超音波画像診断装置の概略構成を示すブロック図である。

【 図 3 】 超音波探触子の送受信帯域特性と群遅延特性について説明する図である。

【 図 4 】 送信部の概略構成を示すブロック図である。

【 図 5 】 パルス信号の駆動波形について説明する図である。

【 図 6 】 超音波探触子の送受信帯域とパルス信号の駆動波形との関係について説明する図

50

である。

【図 7】駆動波形の特性について説明する図である。

【図 8】周波数と当該周波数の 2 周期に相当する時間との関係を示すグラフである。

【図 9】超音波探触子 A の特性を示す図である。

【図 10】超音波探触子 B の特性を示す図である。

【図 11】超音波探触子 C の特性を示す図である。

【図 12】超音波探触子 D の特性を示す図である。

【図 1 3】駆動波形 A の特性を示す図である。

【図 1 4】駆動波形 B の特性を示す図である。

【図 15】駆動波形 C の特性を示す図である。

【図 16】駆動波形 D の特性を示す図である。

【図 17】駆動波形 E の特性を示す図である。

【図 18】駆動波形 F の特性を示す図である。

【図 19】駆動波形 G の特性を示す図である。

【図 20】駆動波形 H の特性を示す図である。

【図 2 1】超音波探触子 A の群遅延と、駆動波形 A の群遅延との合算結果を表す図である

○

【図 2 2】超音波探触子 B の群遅延と、駆動波形 B の群遅延との合算結果を表す図である

○

【図 23】超音波探触子 A の群遅延と、駆動波形 G の群遅延との合算結果を表す図である

○

【図 2 4】周波数と当該周波数の 2 周期に相当する時間との関係を示すグラフである。

【図 2 5】超音波探触子の群遅延と、駆動波形の群遅延との合算結果の最大値と最小値との差と、評価結果との関係について示す図である。

【図 2 6】超音波探触子の群遅延の標準偏差と、評価結果との関係について示す図である

○

【図 2 7】超音波探触子の群遅延の最大値と最小値との差と、評価結果との関係について示す図である。

【図 28】駆動波形の群遅延の標準偏差と、評価結果との関係について示す図である。

【図 29】駆動波形の群遅延の標準偏差と、評価結果との関係について示す図である。

【図 3 0】駆動波形の群遅延の最大値と最小値との差と、評価結果との関係について示す図である。

【図 3 1】 駆動波形の群遅延の最大値と最小値との差と、評価結果との関係について示す図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 2 8 】

以下、本発明の実施の形態に係る超音波画像診断装置について、図面を参照して説明する。ただし、発明の範囲は図示例に限定されない。なお、以下の説明において、同一の機能及び構成を有するものについては、同一の符号を付し、その説明を省略する。

【 0 0 2 9 】

本実施の形態に係る超音波画像診断装置５は、図１及び図２に示すように、超音波画像診断装置本体１と超音波探触子２とを備えている。超音波探触子２は、図示しない生体等の被検体に対して超音波（送信超音波）を送信するとともに、この被検体で反射した超音波の反射波（反射超音波：エコー）を受信する。超音波画像診断装置本体１は、超音波探触子２とケーブル３を介して接続され、超音波探触子２に電気信号の駆動信号を送信することによって超音波探触子２に被検体に対して送信超音波を送信させるとともに、超音波探触子２にて受信した被検体内からの反射超音波に応じて超音波探触子２で生成された電気信号である受信信号に基づいて被検体内の内部状態を超音波画像として画像化する。

【 0 0 3 0 】

超音波探触子 2 は、例えば、バッキング層、圧電層、音響整合層及び音響レンズ等を備

えてこれらが積層されることにより構成されている。また、圧電層には、圧電素子を有する振動子 2 a が備えられており、この振動子 2 a は、例えば、方位方向に一次元アレイ状に複数配列されている。本実施の形態では、例えば、192 個の振動子 2 a を備えた超音波探触子 2 を用いている。なお、振動子 2 a は、二次元アレイ状に配列されたものであってもよい。また、振動子 2 a の個数は、任意に設定することができる。また、本実施の形態では、超音波探触子 2 について、リニア走査方式の電子スキャンプローブを採用したが、電子走査方式あるいは機械走査方式の何れを採用してもよく、また、リニア走査方式、セクタ走査方式あるいはコンベックス走査方式の何れの方式を採用することもできる。また、本実施の形態では、高分解能の送信超音波を得るべく、広帯域での超音波の送信を良好な感度にて行うことのできる超音波探触子を適用するのが効果が高く、より良質な超音波画像を取得することができる。超音波探触子における帯域幅は任意に設定してもよいが、-20 dB の比帯域が 120 % 以上であるのが好ましい。

10

【0031】

本実施の形態では、-20 dB の送受信周波数帯域における最大値と最小値との差が 0.15 ラジアン以下である群遅延特性を有する超音波探触子が用いられる。

ここで、超音波探触子における群遅延特性は、超音波の送受信の結果についての群遅延特性を指しており、超音波探触子に与えた電気信号と超音波の送受信の結果得られた電気信号との周波数毎の位相差により求められるものである。

【0032】

具体的には、例えば、図 3 (A) に示すような送受信帯域特性を有する超音波探触子では、-20 dB における下限周波数 (FL20) が 3.99 MHz で、上限周波数 (FH20) が 19.72 MHz となっているので、この超音波探触子の -20 dB の送受信周波数帯域は、3.99 ~ 19.72 MHz となる。そして、図 3 (A) に示される送受信帯域特性を有する超音波探触子の群遅延特性は、図 3 (B) に示すようになる。図 3 (B) に示すように、位相差 (遅延量) は周波数毎に変化しており、その特性は超音波探触子の特性により異なっている。そして、本実施の形態では、この群遅延のうちの超音波の送受信が有効に行われる -20 dB の送受信周波数帯域において振れ幅が小さいこと、すなわち、群遅延量の最大値と最小値との差 (d) が小さいことが重要であり、この差分が小さいほど、好ましくは、最大値と最小値との差が 0.15 ラジアン以下であることが、複数種類の高調波間での相殺が生じ難く、所望の距離分解能が得られ、好ましい受信信号を得ることができる。

20

30

【0033】

なお、-20 dB の送受信周波数帯域における標準偏差が 0.025 以下となるような群遅延特性であっても同様の効果を得ることができる。

ここで、群遅延の標準偏差は、例えば、対象データを母集団全体とみなしたときの標準偏差である下記式 (1) により求められる。

【数 1】

$$\sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n}} \quad \dots (1)$$

40

(ここで $\bar{x}$ は対象データの平均値、 n は対象データ数を表す)

算出にかかる群遅延特性のデータ粒度は、超音波探触子の -20 dB の送受信周波数帯域内に 200 点以上あることが再現性ある結果を得るために好ましい。

【0034】

超音波探触子 2 における群遅延特性は、超音波探触子 2 を構成する各構成要素のパラメ

50

ーターを適宜変更することにより制御することができる。例えば、振動子 2 a に適用される圧電材料の特性の他、バッキング層を構成するバッキング材のダンピング性能や音響反射性能、音響整合層を構成する音響整合材の枚数や音響整合材の音響インピーダンス及び厚み等を適宜に設定することにより超音波探触子 2 の周波数特性や群遅延特性を調整することができる。また、超音波が直接通過しない振動子 2 a の間に充填される充填材についても、振動子 2 a の不要振動モードひいては群遅延特性に影響を与えるため、このパラメーターや超音波探触子 2 の製造プロセスの変更も群遅延特性を制御する調整要素となり得る。したがって、これらの総合的な調整により様々な特性を有する超音波探触子 2 を作製することが可能となる。

【0035】

超音波画像診断装置本体 1 は、例えば、図 2 に示すように、操作入力部 1 1 と、送信部 1 2 と、受信部 1 3 と、画像生成部 1 4 と、画像処理部 1 5 と、D S C (Digital Scan Converter) 1 6 と、表示部 1 7 と、制御部 1 8 とを備えて構成されている。

【0036】

操作入力部 1 1 は、例えば、診断開始を指示するコマンドや被検体の個人情報等のデータの入力等を行うための各種スイッチ、ボタン、トラックボール、マウス、キーボード等を備えており、操作信号を制御部 1 8 に出力する。

【0037】

送信部 1 2 は、制御部 1 8 の制御に従って、超音波探触子 2 にケーブル 3 を介して電気信号である駆動信号を供給して超音波探触子 2 に送信超音波を発生させる回路である。より具体的には、送信部 1 2 は、図 4 に示すように、例えば、クロック発生回路 1 2 1、パルス発生回路 1 2 2、デューティー設定部 1 2 3 及び遅延回路 1 2 4 を備えている。

【0038】

クロック発生回路 1 2 1 は、駆動信号の送信タイミングや送信周波数を決定するクロック信号を発生させる回路である。

パルス発生回路 1 2 2 は、所定の周期で駆動信号としてのパルス信号を発生させるための回路である。パルス発生回路 1 2 2 は、例えば、図 5 に示すように、5 値 (+ H V / + M V / 0 / - M V / - H V) の電圧を切り替えて出力することにより、矩形波によるパルス信号を発生させることができる。このとき、パルス信号の振幅については、正極性及び負極性で同一となるようにしたが、これに限定されない。本実施の形態では、5 値の電圧を切り替えてパルス信号を出力するようにしたが、5 値に限定されず、適宜の値に設定することができるが、5 値以下が好ましい。これにより、低コストで周波数成分の制御の自由度を向上させることができ、より高分解能である送信超音波を得ることができる。

デューティー設定部 1 2 3 は、パルス発生回路 1 2 2 から出力されるパルス信号のデューティー比を設定する。すなわち、パルス発生回路 1 2 2 は、デューティー設定部 1 2 3 によって設定されたデューティー比に従ったパルス波形によるパルス信号を出力する。デューティー比は、例えば、操作入力部 1 1 による入力操作により可変することができる。

【0039】

本実施の形態において、超音波探触子 2 の送受信周波数帯域の中心周波数の低周波側及び高周波側にそれぞれ超音波探触子 2 の送受信周波数帯域に含まれるピークが発生するようなパルス信号のデューティー比を設定するのが好適である。このとき、デューティー設定部 1 2 3 は、超音波探触子の - 20 d B の送受信周波数帯域における感度が - 20 d B 以上となるようにパルス信号のデューティー比を設定すると、より好ましい。

【0040】

ここで、図 6 を参照してより具体的に説明する。図 6 (A) は、超音波探触子の送受信帯域特性 P r の一例を表している。図 6 (B) は、送信部 1 2 により出力されるパルス信号の駆動波形の一例を表している。図 6 (C) は、図 6 (B) に示されるパルス信号の駆動波形を周波数解析 (F F T) した周波数パワースペクトルを表している。図 6 (D) は、超音波探触子から出力された送信超音波を周波数解析 (F F T) した結果を表している。

。

10

20

30

40

50

例えば、図 6 (A) に示すような超音波探触子は、ピーク周波数が 14.2 MHz 、 -20 dB における下限周波数 ($FL20$) が 3.4 MHz 、上限周波数 ($FH20$) が 21.2 MHz 、中心周波数 ($FC20$) が 12.3 MHz 、 -20 dB の比帯域が 145% である。

この超音波探触子に対して、例えば、図 6 (B) に示すような駆動波形を有するパルス信号 S_g を与える。このパルス信号 S_g は、矩形波からなり、5 値の電圧を切り替えることにより生成することができる。このパルス信号 S_g の駆動波形を周波数解析して得られる周波数パワースペクトルは、図 6 (C) に示すように、超音波探触子の -20 dB の送信周波数帯域の中心周波数 ($FC20$) よりも低周波側に 1 つの強度ピーク ($PK1: 5.8\text{ MHz}$) を有し、高周波側に 2 つの強度ピーク ($PK2: 13.2\text{ MHz}$ 、 $PK3: 19.2\text{ MHz}$) を有していることがわかる (なお、解析結果を図 6 (C) 中、 S_f で示す) 。すなわち、図 6 (A) に示すような特性を有する超音波探触子に図 6 (B) に示すような駆動波形を有するパルス信号を与えると、超音波探触子の送受信周波数帯域 ($FL20 - FH20$) の中心周波数 ($FC20$) の低周波側及び高周波側にそれぞれ超音波探触子の送受信周波数帯域に含まれるピーク ($PK1 \sim PK3$) が発生することがわかる。このとき、各強度ピークにおける強度 ($P1: 3.8\text{ dB}$ 、 $P2: 2.0\text{ dB}$ 、 $P3: 1.4\text{ dB}$) は、超音波探触子の送受信周波数帯域の中心周波数と同一の周波数 (12.3 MHz) の周波数成分の強度 (1.1 dB) よりも大きくなっている。また、各強度ピーク間の周波数領域における強度は、強度ピークの強度の最大値である $PK1$ における強度を基準として -20 dB 以上となっている。その結果、図 6 (D) に示すような特性の送信超音波が超音波探触子から出力される。

10

20

【0041】

本実施の形態における超音波探触子 2 の送受信帯域特性やパルス信号の駆動波形については、上述したものに限定されず、本発明を実現可能な範囲において適宜設定することができる。

また、本実施の形態では、超音波探触子 2 の送受信周波数帯域の中心周波数 ($FC20$) の高周波側に強度ピークを 2 つ有するようなパルス信号を出力するようにしたが、3 つ以上であってもよい。超音波探触子 2 の送受信周波数帯域の中心周波数 ($FC20$) の高周波側に強度ピークを 2 つ以上有するようなパルス信号とすると、より高周波側に広帯域なパルス信号を出力することができるようになる。なお、超音波探触子 2 の送受信周波数帯域の中心周波数 ($FC20$) の高周波側に強度ピークを 1 つだけ有するようなパルス信号としてもよい。

30

【0042】

遅延回路 124 は、駆動信号の送信タイミングを振動子毎に対応した個別経路毎に遅延時間を設定し、設定された遅延時間だけ駆動信号の送信を遅延させて送信超音波によって構成される送信ビームの集束を行うための回路である。

【0043】

以上のように構成された送信部 12 は、制御部 18 の制御に従って、駆動信号を供給する複数の振動子 2 a を、超音波の送受信毎に所定数ずらしながら順次切り替え、出力の選択された複数の振動子 2 a に対して駆動信号を供給することによりスキャンを行う。

40

【0044】

本実施の形態では、送信部 12 は、超音波探触子 2 の -20 dB の送受信周波数帯域に含まれる周波数帯域と、当該パルス信号における駆動波形の -20 dB の周波数帯域とが重複する周波数帯域における最大値と最小値との差が 0.15 ラジアン以下である群遅延特性を有する駆動波形のパルス信号を出力するように構成されている。本実施の形態では、駆動波形の周波数解析を行った際の周波数毎の位相成分を応答遅延とみなして演算した結果を駆動波形の群遅延特性としている。

【0045】

具体的には、例えば、図 7 (A) に示すような駆動波形を周波数解析すると、図 7 (B) に示すようなパワースペクトルが得られる。そして、図 7 (A) に示される駆動波形の

50

群遅延特性は、図 7 (C) に示すようになる。この駆動波形の - 20 dB の周波数帯域は、図 7 (B) に示すように、下限周波数 (FL 20 (V)) から上限周波数 (FH 20 (V)) の範囲となる。そして、このような駆動波形のパルス信号を図 3 (A) に示される送受信帯域特性を有する超音波探触子に与えるような場合には、超音波探触子の - 20 dB の送受信周波数帯域に含まれる周波数帯域 (本実施の形態では、下限周波数 (FL 20 (P)) から上限周波数 (FH 20 (P)) の範囲である 3 . 99 ~ 19 . 72 MHz) と、図 7 (B) に示される駆動波形の - 20 dB の周波数帯域 (下限周波数 (FL 20 (V)) から上限周波数 (FH 20 (V)) の範囲) とが重複する周波数帯域における群遅延量の最大値と最小値との差 (d) が小さいことが重要であり、この差分が小さいほど、好ましくは、最大値と最小値との差が 0 . 15 ラジアン以下であることが、複数種類の高調波間での相殺が生じ難く、所望の距離分解能が得られ、好ましい受信信号を得ることができる。すなわち、上述の場合では、超音波探触子の - 20 dB の送受信周波数帯域に含まれる周波数帯域と、駆動波形の - 20 dB の周波数帯域とが重複する周波数帯域は、超音波探触子の - 20 dB の送受信周波数帯域に含まれる周波数帯域と一致するので、その範囲における群遅延量の最大値と最小値との差 (d) ができるだけ小さいことが好ましい。

10

【 0046 】

群遅延特性は、駆動波形を適宜変化させることにより制御することができる。なお、超音波探触子 2 の - 20 dB の送受信周波数帯域に含まれる周波数帯域と、当該パルス信号の - 20 dB の周波数帯域とが重複する周波数帯域における標準偏差が 0 . 025 以下となるような群遅延特性であってもよい。標準偏差の求め方は、上述した通りである。

20

【 0047 】

また、本実施の形態において、さらに、上述したようにして得られる超音波探触子 2 の群遅延と、この超音波探触子 2 に与えるパルス信号における駆動波形の群遅延とを合算して得られた群遅延の、超音波探触子 2 の - 20 dB の送受信周波数帯域に含まれる周波数帯域と、当該パルス信号における駆動波形の - 20 dB の周波数帯域とが重複する周波数帯域における最大値と最小値との差が 0 . 15 ラジアン以下となるように、超音波探触子 2 及び駆動波形を設定することがより好適である。なお、超音波探触子 2 の群遅延特性及び駆動波形の群遅延特性の少なくとも何れかが上述した条件を満たさなくても、合算した群遅延が上述した条件を満たすものであればよい。

30

【 0048 】

なお、本実施の形態において、超音波探触子 2 の - 20 dB の送受信周波数帯域に含まれる周波数帯域と、当該パルス信号における駆動波形の - 20 dB の周波数帯域とが重複する周波数帯域幅が、超音波探触子 2 の - 20 dB の送受信周波数帯域幅の 70 % 以上をカバーするような駆動波形のパルス信号を出力すると、広帯域の超音波の送受信ができるので、本発明の効果を好適に得ることができる。上述した条件によれば、超音波探触子 2 の - 20 dB の送受信周波数帯域に含まれる周波数帯域と、当該パルス信号における駆動波形の - 20 dB の周波数帯域とが重複する周波数帯域幅が、超音波探触子 2 の - 20 dB の送受信周波数帯域幅の 100 % を占めるため、広帯域で良好な超音波の送受信を行うことができる。

40

【 0049 】

また、本実施の形態において、出力するパルス信号の駆動波形を、周期が 1 . 5 以上である駆動波形とすると、パルス信号の出力電圧を時間軸方向に分散させることができるので、最大出力電圧を小さくすることができ、コストの低減を図ることができる。なお、駆動波形の周期が 1 . 5 未満であってもよい。

【 0050 】

また、本実施の形態において、出力するパルス信号のパルス持続時間を超音波探触子 2 の - 20 dB の送受信周波数帯域の中心周波数での 2 周期相当の時間以上とすることにより、パルス信号の出力電圧を時間軸方向に分散させることができるので、好ましい。図 8 は、周波数と当該周波数の 2 周期に相当する時間との関係を示している。本実施の形態で

50

は、図 8 中、曲線 H で示される時間以上にパルス持続時間を設定するのが好ましい。例えば、図 3 (A) に示すような送受信帯域特性を有する超音波探触子 2 の - 20 dB の送受信周波数帯域の中心周波数 (FC20) は 11.86 MHz であるので、パルス持続時間は、これに対応する時間 T 以上に設定されるのが好ましい。なお、パルス持続時間が超音波探触子 2 の - 20 dB の送受信周波数帯域の中心周波数での 2 周期相当の時間未満であってもよい。

【0051】

また、本実施の形態では、後述する高調波成分を抽出するために、パルスインバージョン法を実施することができる。すなわち、送信部 12 は、パルスインバージョン法を実施する場合には、第 1 のパルス信号と、この第 1 のパルス信号とは極性反転した第 2 のパルス信号とを同一走査線上に時間間隔をおいて送信することができる。なお、このとき、第 1 のパルス信号の複数のデューティーのうちの少なくとも 1 つを異ならせて極性反転させた、第 1 のパルス信号とは波形が非対称である第 2 のパルス信号を送信するようにしてもよい。ここで、波形が非対称とは、線対称でも点对称でもないことをいう。すなわち、時間反転しても極性反転しても形状が一致しない (対称でない) ことをいう。また、第 2 のパルス信号は、第 1 のパルス信号とは時間反転させたものであってもよい。すなわち、本実施の形態では、送信部 12 は、それぞれ駆動波形の異なるパルス信号を同一走査線上に時間間隔をおいて複数回出力することができる。

【0052】

図 2 に示すように、受信部 13 は、制御部 18 の制御に従って、超音波探触子 2 からケーブル 3 を介して電気信号の受信信号を受信する回路である。受信部 13 は、例えば、増幅器、A/D 変換回路、整相加算回路を備えている。増幅器は、受信信号を、振動子 2a 毎に対応した個別経路毎に、予め設定された所定の増幅率で増幅させるための回路である。A/D 変換回路は、増幅された受信信号をアナログ - デジタル変換 (A/D 変換) するための回路である。整相加算回路は、A/D 変換された受信信号に対して、振動子 2a 毎に対応した個別経路毎に遅延時間を与えて時相を整え、これらを加算 (整相加算) して音線データを生成するための回路である。

【0053】

画像生成部 14 は、受信部 13 からの音線データに対して包絡線検波処理や対数増幅などを実施し、ゲインの調整等を行って輝度変換することにより、B モード画像データを生成する。すなわち、B モード画像データは、受信信号の強さを輝度によって表したものである。画像生成部 14 にて生成された B モード画像データは、画像処理部 15 に送信される。また、画像生成部 14 は、高調波成分抽出部 14a を備えている。

【0054】

高調波成分抽出部 14a は、受信部 13 から出力された受信信号からパルスインバージョン法を実施して高調波成分を抽出する。本実施の形態では、高調波成分抽出部 14a により、2 次高調波を主体とした高調波成分を抽出することができる。2 次高調波成分は、上述した第 1 のパルス信号及び第 2 のパルス信号からそれぞれ発生した 2 つの送信超音波にそれぞれ対応する反射超音波から得られる受信信号を加算 (合成) して受信信号に含まれる基本波成分を除去した上でフィルター処理を行うことにより抽出することができる。

【0055】

画像処理部 15 は、DRAM (Dynamic Random Access Memory) などの半導体メモリによって構成された画像メモリ部 15a を備えている。画像処理部 15 は、画像生成部 14 から出力された B モード画像データをフレーム単位で画像メモリ部 15a に記憶する。フレーム単位での画像データを超音波画像データ、あるいはフレーム画像データということがある。画像処理部 15 は、画像メモリ部 15a に記憶した超音波画像データを適宜読み出して DSC 16 に出力する。

【0056】

DSC 16 は、画像処理部 15 より受信した超音波画像データをテレビジョン信号の走査方式による画像信号に変換し、表示部 17 に出力する。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 7 】

表示部 17 は、L C D (Liquid Crystal Display)、C R T (Cathode-Ray Tube) ディスプレイ、有機 E L (Electronic Luminescence) ディスプレイ、無機 E L ディスプレイ及びプラズマディスプレイ等の表示装置が適用可能である。表示部 17 は、D S C 16 から出力された画像信号に従って表示画面上に超音波画像の表示を行う。

【 0 0 5 8 】

制御部 18 は、例えば、C P U (Central Processing Unit)、R O M (Read Only Memory)、R A M (Random Access Memory) を備えて構成され、R O M に記憶されているシステムプログラム等の各種処理プログラムを読み出して R A M に展開し、展開したプログラムに従って超音波画像診断装置 S の各部の動作を集中制御する。

10

R O M は、半導体等の不揮発メモリー等により構成され、超音波画像診断装置 S に対応するシステムプログラム及び該システムプログラム上で実行可能な各種処理プログラムや、各種データ等を記憶する。これらのプログラムは、コンピュータが読み取り可能なプログラムコードの形態で格納され、C P U は、当該プログラムコードに従った動作を逐次実行する。

R A M は、C P U により実行される各種プログラム及びこれらプログラムに係るデータを一時的に記憶するワークエリアを形成する。

【 実施例 1 】

【 0 0 5 9 】

以下、実施例により本発明をより詳細に説明するが、勿論本発明はこれらの実施例に限定されるものではない。

20

【 0 0 6 0 】

まず、以下に説明する実施例及び比較例で使用される超音波探触子 2 としての超音波探触子 A ~ D について説明する。

【 0 0 6 1 】

< 超音波探触子 A >

超音波探触子 A として、図 9 に示される特性を有するものを使用した。ここで、図 9 (A) は、超音波探触子 A にインパルス信号が与えられたときにおけるインパルス応答特性を示し、図 9 (B) は、超音波探触子 A の送受信帯域特性を示し、図 9 (C) は、超音波探触子 A に与えられたインパルス信号と、このインパルス信号によって超音波の送受信が行われた結果得られた受信信号との周波数毎の位相差により求められた群遅延特性を示している。なお、図 9 (A) 中、横軸は時間を示し、縦軸は電圧を示している。また、図 9 (B) 中、横軸は周波数を示し、縦軸は感度を示している。また、図 9 (C) 中、横軸は周波数を示し、縦軸は群遅延量を示している。

30

ここで、群遅延特性の測定は、超音波探触子からの超音波を反射させるための平板を、その板面が超音波探触子に対して垂直に向けるようにして水中に設置して行った。平板は、いわゆるフラットプレートフォーカス (Flat Plate Focus) の位置、すなわち、超音波探触子に備えられる音響レンズによる超音波の収束により超音波の強度の極大値が得られる位置に設置した。超音波探触子に与えるインパルス信号は、周波数特性、群遅延特性ともに実質的に平坦なインパルス信号とした。そして、O l y m p u s 製バルサーレーバ 5 9 0 0 P R を用い、送信モード = 1 u J で超音波探触子の 1 素子を駆動し、フラットプレートフォーカスの距離に配置された脱気水中の S U S 平板に対して超音波の送受信を行った際の受信電気信号に対して周波数解析を行って位相特性を得、これを微分することにより群遅延特性を得た。以下に掲げる超音波探触子についても同様にして群遅延特性の測定を行った。

40

超音波探触子 A の送受信帯域特性は、図 9 (B) に示すように、下限周波数 (F L 2 0) が 3 . 9 9 M H z 、上限周波数 (F H 2 0) が 1 9 . 7 2 M H z 、中心周波数 (F C 2 0) が 1 1 . 8 6 M H z 、送受信 - 2 0 d B の比帯域が 1 3 3 % となっている。また、超音波探触子 A の - 2 0 d B の送受信帯域幅 (F L 2 0 : 3 . 9 9 M H z ~ F H 2 0 : 1 9 . 7 2 M H z) における群遅延量の最大値と最小値との差は 0 . 0 8 2 であり、この送受

50

信帯域幅における群遅延量の標準偏差は0.0184であった。

【0062】

< 超音波探触子 B >

超音波探触子 B として、図 10 に示される特性を有するものを使用した。ここで、図 10 (A) は、超音波探触子 B にインパルス信号が与えられたときにおけるインパルス応答特性を示し、図 10 (B) は、超音波探触子 B の送受信帯域特性を示し、図 10 (C) は、超音波探触子 B に与えられたインパルス信号と、このインパルス信号によって超音波の送受信が行われた結果得られた受信信号との周波数毎の位相差により求められた群遅延特性を示している。なお、図 10 (A) 中、横軸は時間を示し、縦軸は電圧を示している。また、図 10 (B) 中、横軸は周波数を示し、縦軸は感度を示している。また、図 10 (C) 中、横軸は周波数を示し、縦軸は群遅延量を示している。

10

超音波探触子 B の送受信帯域特性は、図 10 (B) に示すように、下限周波数 (FL20) が 3.82 MHz、上限周波数 (FH20) が 19.86 MHz、中心周波数 (FC20) が 11.84 MHz、送受信 - 20 dB の比帯域が 135 % となっている。また、超音波探触子 B の - 20 dB の送受信帯域幅 (FL20 : 3.82 MHz ~ FH20 : 19.86 MHz) における群遅延量の最大値と最小値との差は 0.082 であり、この送受信帯域幅における群遅延量の標準偏差は 0.0198 であった。

【0063】

< 超音波探触子 C >

超音波探触子 C として、図 11 に示される特性を有するものを使用した。ここで、図 11 (A) は、超音波探触子 C にインパルス信号が与えられたときにおけるインパルス応答特性を示し、図 11 (B) は、超音波探触子 C の送受信帯域特性を示し、図 11 (C) は、超音波探触子 C に与えられたインパルス信号と、このインパルス信号によって超音波の送受信が行われた結果得られた受信信号との周波数毎の位相差により求められた群遅延特性を示している。なお、図 11 (A) 中、横軸は時間を示し、縦軸は電圧を示している。また、図 11 (B) 中、横軸は周波数を示し、縦軸は感度を示している。また、図 11 (C) 中、横軸は周波数を示し、縦軸は群遅延量を示している。

20

超音波探触子 C の送受信帯域特性は、図 11 (B) に示すように、下限周波数 (FL20) が 3.75 MHz、上限周波数 (FH20) が 20.23 MHz、中心周波数 (FC20) が 11.99 MHz、送受信 - 20 dB の比帯域が 137 % となっている。また、超音波探触子 C の - 20 dB の送受信帯域幅 (FL20 : 3.75 MHz ~ FH20 : 20.23 MHz) における群遅延量の最大値と最小値との差は 0.154 であり、この送受信帯域幅における群遅延量の標準偏差は 0.0287 であった。

30

【0064】

< 超音波探触子 D >

超音波探触子 D として、図 12 に示される特性を有するものを使用した。ここで、図 12 (A) は、超音波探触子 D にインパルス信号が与えられたときにおけるインパルス応答特性を示し、図 12 (B) は、超音波探触子 D の送受信帯域特性を示し、図 12 (C) は、超音波探触子 D に与えられたインパルス信号と、このインパルス信号によって超音波の送受信が行われた結果得られた受信信号との周波数毎の位相差により求められた群遅延特性を示している。なお、図 12 (A) 中、横軸は時間を示し、縦軸は電圧を示している。また、図 12 (B) 中、横軸は周波数を示し、縦軸は感度を示している。また、図 12 (C) 中、横軸は周波数を示し、縦軸は群遅延量を示している。

40

超音波探触子 D の送受信帯域特性は、図 12 (B) に示すように、下限周波数 (FL20) が 3.96 MHz、上限周波数 (FH20) が 19.78 MHz、中心周波数 (FC20) が 11.87 MHz、送受信 - 20 dB の比帯域が 133 % となっている。また、超音波探触子 D の - 20 dB の送受信帯域幅 (FL20 : 3.96 MHz ~ FH20 : 19.78 MHz) における群遅延量の最大値と最小値との差は 0.200 であり、この送受信帯域幅における群遅延量の標準偏差は 0.0301 であった。

【0065】

50

(実施例 1)

まず、超音波探触子 2 として上述した超音波探触子 A を用いた。

【0066】

上述した送信部 12 から出力される第 1 のパルス信号として、図 13 (A) に示すような駆動波形 A の駆動信号とした。この駆動波形 A を周波数解析して得られた周波数パワースペクトルを図 13 (B) に示す。また、図 13 (C) は、駆動波形 A の群遅延特性である。なお、図 13 (A) 中、横軸は時間を示し、縦軸は電圧を示している。また、図 13 (B) 中、横軸は周波数を示し、縦軸は信号強度を示している。また、図 13 (C) 中、横軸は周波数を示し、縦軸は群遅延量を示している。

ここで、群遅延特性の測定は、超音波画像診断装置本体に備えられるプローブレセプタクルを $50\ \Omega$ の抵抗で終端して駆動した際の電圧波形を測定し、この電圧波形に対して周波数解析を行って位相特性を得、これを微分することにより群遅延特性を得た。以下に掲げる駆動波形についても同様にして群遅延特性の測定を行った。

また、この駆動波形 A は、超音波探触子 A の -20 dB の送受信周波数帯域内 ($3.9\text{ MHz} \sim 19.72\text{ MHz}$) において強度ピークを 3 つ有しており、そのうちの 1 つが、超音波探触子 A の -20 dB の送受信周波数帯域における中心周波数 ($FC20:11.86\text{ MHz}$) よりも低周波側に含まれ、残りの 2 つが、超音波探触子 A の -20 dB の送受信周波数帯域における中心周波数 ($FC20:11.86\text{ MHz}$) よりも高周波側に含まれている。

【0067】

駆動波形 A のパルス持続時間は 233 ns であり、これは、超音波探触子 A の -20 dB の送受信周波数帯域の中心周波数 ($FC20:11.86\text{ MHz}$) での 2.76 周期相当の時間となっている。すなわち、駆動波形 A のパルス持続時間は、超音波探触子 A の -20 dB の送受信周波数帯域の中心周波数 ($FC20:11.86\text{ MHz}$) での 2 周期相当の時間以上となっている (図 24 参照)。

【0068】

そして、超音波探触子 A の -20 dB の送受信周波数帯域に含まれる周波数帯域と、駆動波形 A の -20 dB の周波数帯域とが重複する周波数帯域は、超音波探触子 A の -20 dB の送受信周波数帯域と一致しており、下限周波数 ($FL20$) の 3.99 MHz から上限周波数 ($FH20$) の 19.72 MHz の範囲となる。そして、この周波数帯域幅の超音波探触子 A の -20 dB の送受信周波数帯域幅に対するカバー率は 100% となっている。

【0069】

そして、超音波探触子 A の -20 dB の送受信周波数帯域に含まれる周波数帯域と、駆動波形 A の -20 dB の周波数帯域とが重複する周波数帯域における駆動波形 A の群遅延の最大値と最小値との差は 0.107 ラジアンであった。また、超音波探触子 A の -20 dB の送受信周波数帯域に含まれる周波数帯域と、駆動波形 A の -20 dB の周波数帯域とが重複する周波数帯域における駆動波形 A の群遅延の標準偏差は 0.0208 であった。

【0070】

そして、上述のようにして得られた超音波探触子 A の群遅延と、駆動波形 A の群遅延との合算値の、超音波探触子 A の -20 dB の送受信周波数帯域に含まれる周波数帯域と、駆動波形 A の -20 dB の周波数帯域とが重複する周波数帯域における最大値と最小値との差は 0.115 であった。なお、超音波探触子 A の群遅延と、駆動波形 A の群遅延との合算結果を図 21 に示す。

【0071】

また、第 2 のパルス信号として、駆動波形 A を極性反転させた駆動波形の駆動信号とした。

【0072】

(実施例 2)

10

20

30

40

50

まず、超音波探触子 2 として上述した超音波探触子 B を用いた。

【0073】

上述した送信部 12 から出力される第 1 のパルス信号として、実施例 1 と同じ駆動波形 A の駆動信号とした。

この駆動波形 A は、超音波探触子 B の - 20 dB の送受信周波数帯域内 (3 . 82 MHz ~ 19 . 86 MHz) において強度ピークを 3 つ有しており、そのうちの 1 つが、超音波探触子 B の - 20 dB の送受信周波数帯域における中心周波数 (FC20 : 11 . 84 MHz) よりも低周波側に含まれ、残りの 2 つが、超音波探触子 B の - 20 dB の送受信周波数帯域における中心周波数 (FC20 : 11 . 84 MHz) よりも高周波側に含まれている。

10

【0074】

駆動波形 A のパルス持続時間は 233 ns であり、これは、超音波探触子 B の - 20 dB の送受信周波数帯域の中心周波数 (FC20 : 11 . 84 MHz) での 2 . 76 周期相当の時間となっている。すなわち、駆動波形 A のパルス持続時間は、超音波探触子 B の - 20 dB の送受信周波数帯域の中心周波数 (FC20 : 11 . 84 MHz) での 2 周期相当の時間以上となっている (図 24 参照) 。

【0075】

そして、超音波探触子 B の - 20 dB の送受信周波数帯域に含まれる周波数帯域と、駆動波形 A の - 20 dB の周波数帯域とが重複する周波数帯域は、超音波探触子 B の - 20 dB の送受信周波数帯域と一致しており、下限周波数 (FL20) の 3 . 82 MHz から 20

20

【0076】

そして、超音波探触子 B の - 20 dB の送受信周波数帯域に含まれる周波数帯域と、駆動波形 A の - 20 dB の周波数帯域とが重複する周波数帯域における駆動波形 A の群遅延の最大値と最小値との差は 0 . 107 ラジアンであった。また、超音波探触子 B の - 20 dB の送受信周波数帯域に含まれる周波数帯域と、駆動波形 A の - 20 dB の周波数帯域とが重複する周波数帯域における駆動波形 A の群遅延の標準偏差は 0 . 0208 であつた。

30

【0077】

そして、上述のようにして得られた超音波探触子 B の群遅延と、駆動波形 A の群遅延との合算値の、超音波探触子 B の - 20 dB の送受信周波数帯域に含まれる周波数帯域と、駆動波形 A の - 20 dB の周波数帯域とが重複する周波数帯域における最大値と最小値との差は 0 . 089 であった。

【0078】

また、第 2 のパルス信号として、駆動波形 A を極性反転させた駆動波形の駆動信号とした。

【0079】

(実施例 3)

40

まず、超音波探触子 2 として上述した超音波探触子 A を用いた。

【0080】

上述した送信部 12 から出力される第 1 のパルス信号として、実施例 1 と同じ駆動波形 A の駆動信号とした。

【0081】

また、第 2 のパルス信号として、図 15 (A) に示すような駆動波形 C の駆動信号とした。この駆動波形 C を周波数解析して得られた周波数パワースペクトルを図 15 (B) に示す。また、図 15 (C) は、駆動波形 C の群遅延特性である。なお、図 15 (A) 中、横軸は時間を示し、縦軸は電圧を示している。また、図 15 (B) 中、横軸は周波数を示し、縦軸は信号強度を示している。また、図 15 (C) 中、横軸は周波数を示し、縦軸は

50

群遅延量を示している。

また、この駆動波形 C は、超音波探触子 A の - 20 dB の送受信周波数帯域内 (3 . 99 MHz ~ 19 . 72 MHz) において強度ピークを 2 つ有しており、超音波探触子 A の - 20 dB の送受信周波数帯域における中心周波数 (FC20 : 11 . 86 MHz) の低周波側及び高周波側に 1 つずつ含まれている。

駆動波形 C は、駆動波形 A の駆動波形の一部のデューティーを変更して極性反転させたものである。

【 0082 】

駆動波形 C のパルス持続時間は 233 ns であり、これは、超音波探触子 A の - 20 dB の送受信周波数帯域の中心周波数 (FC20 : 11 . 86 MHz) での 2 . 76 周期相当の時間となっている。すなわち、駆動波形 C のパルス持続時間は、超音波探触子 A の - 20 dB の送受信周波数帯域の中心周波数 (FC20 : 11 . 86 MHz) での 2 周期相当の時間以上となっている (図 24 参照) 。

10

【 0083 】

そして、超音波探触子 A の - 20 dB の送受信周波数帯域に含まれる周波数帯域と、駆動波形 C の - 20 dB の周波数帯域とが重複する周波数帯域は、下限周波数 (FL20) の 3 . 99 MHz から上限周波数 (FH20) の 16 . 13 MHz の範囲となる。すなわち、下限周波数は、超音波探触子 A の - 20 dB の送受信周波数帯域の下限周波数と一致するが、上限周波数は、超音波探触子 A の - 20 dB の送受信周波数帯域の上限周波数よりも小さい周波数となっており、この周波数帯域は、超音波探触子 A の - 20 dB の送受信周波数帯域よりも狭帯域となっている。そして、この周波数帯域幅の超音波探触子 A の - 20 dB の送受信周波数帯域幅に対するカバー率は 77 % となっている。

20

【 0084 】

そして、超音波探触子 A の - 20 dB の送受信周波数帯域に含まれる周波数帯域と、駆動波形 C の - 20 dB の周波数帯域とが重複する周波数帯域における駆動波形 C の群遅延の最大値と最小値との差は 0 . 079 ラジアンであった。また、超音波探触子 A の - 20 dB の送受信周波数帯域に含まれる周波数帯域と、駆動波形 C の - 20 dB の周波数帯域とが重複する周波数帯域における駆動波形 C の群遅延の標準偏差は 0 . 0117 であった。

30

【 0085 】

そして、上述のようにして得られた超音波探触子 A の群遅延と、駆動波形 C の群遅延との合算値の、超音波探触子 A の - 20 dB の送受信周波数帯域に含まれる周波数帯域と、駆動波形 C の - 20 dB の周波数帯域とが重複する周波数帯域における最大値と最小値との差は 0 . 087 であった。

【 0086 】

(実施例 4)

まず、超音波探触子 2 として上述した超音波探触子 A を用いた。

【 0087 】

上述した送信部 12 から出力される第 1 のパルス信号として、図 14 (A) に示すような駆動波形 B の駆動信号とした。この駆動波形 B を周波数解析して得られた周波数パワースペクトルを図 14 (B) に示す。また、図 14 (C) は、駆動波形 B の群遅延特性である。なお、図 14 (A) 中、横軸は時間を示し、縦軸は電圧を示している。また、図 14 (B) 中、横軸は周波数を示し、縦軸は信号強度を示している。また、図 14 (C) 中、横軸は周波数を示し、縦軸は群遅延量を示している。

40

また、この駆動波形 B は、超音波探触子 A の - 20 dB の送受信周波数帯域内 (3 . 99 MHz ~ 19 . 72 MHz) において強度ピークを 3 つ有しており、そのうちの 1 つが、超音波探触子 A の - 20 dB の送受信周波数帯域における中心周波数 (FC20 : 11 . 86 MHz) よりも低周波側に含まれ、残りの 2 つが、超音波探触子 A の - 20 dB の送受信周波数帯域における中心周波数 (FC20 : 11 . 86 MHz) よりも高周波側に含まれている。

50

【0088】

駆動波形 B のパルス持続時間は 207 ns であり、これは、超音波探触子 A の -20 dB の送受信周波数帯域の中心周波数 ($\text{FC}20:11.86\text{ MHz}$) での 2.45 周期相当の時間となっている。すなわち、駆動波形 B のパルス持続時間は、超音波探触子 A の -20 dB の送受信周波数帯域の中心周波数 ($\text{FC}20:11.86\text{ MHz}$) での 2 周期相当の時間以上となっている (図 24 参照)。

【0089】

そして、超音波探触子 A の -20 dB の送受信周波数帯域に含まれる周波数帯域と、駆動波形 B の -20 dB の周波数帯域とが重複する周波数帯域は、超音波探触子 A の -20 dB の送受信周波数帯域と一致しており、下限周波数 ($\text{FL}20$) の 3.99 MHz から 10

【0090】

そして、超音波探触子 A の -20 dB の送受信周波数帯域に含まれる周波数帯域と、駆動波形 B の -20 dB の周波数帯域とが重複する周波数帯域における駆動波形 B の群遅延の最大値と最小値との差は 0.092 ラジアンであった。また、超音波探触子 A の -20 dB の送受信周波数帯域に含まれる周波数帯域と、駆動波形 B の -20 dB の周波数帯域とが重複する周波数帯域における駆動波形 B の群遅延の標準偏差は 0.0195 であつた。 20

【0091】

そして、上述のようにして得られた超音波探触子 A の群遅延と、駆動波形 B の群遅延との合算値の、超音波探触子 A の -20 dB の送受信周波数帯域に含まれる周波数帯域と、駆動波形 B の -20 dB の周波数帯域とが重複する周波数帯域における最大値と最小値との差は 0.120 であった。

【0092】

また、第 2 のパルス信号として、駆動波形 B を極性反転させた駆動波形の駆動信号とした。

【0093】

(実施例 5)

まず、超音波探触子 2 として上述した超音波探触子 A を用いた。 30

【0094】

上述した送信部 12 から出力される第 1 のパルス信号として、図 15 を参照して上述した駆動波形 C の駆動信号とした。

【0095】

また、第 2 のパルス信号として、駆動波形 C を極性反転させた駆動波形の駆動信号とした。

【0096】

(実施例 6)

まず、超音波探触子 2 として上述した超音波探触子 A を用いた。 40

【0097】

上述した送信部 12 から出力される第 1 のパルス信号として、図 16 (A) に示すような駆動波形 D の駆動信号とした。この駆動波形 D を周波数解析して得られた周波数パワースペクトルを図 16 (B) に示す。また、図 16 (C) は、駆動波形 D の群遅延特性である。なお、図 16 (A) 中、横軸は時間を示し、縦軸は電圧を示している。また、図 16 (B) 中、横軸は周波数を示し、縦軸は信号強度を示している。また、図 16 (C) 中、横軸は周波数を示し、縦軸は群遅延量を示している。

また、この駆動波形 D は、超音波探触子 A の -20 dB の送受信周波数帯域内 ($3.99\text{ MHz} \sim 19.72\text{ MHz}$) において強度ピークを 2 つ有しており、超音波探触子 A の -20 dB の送受信周波数帯域における中心周波数 ($\text{FC}20:11.86\text{ MHz}$) の低 50

周波側及び高周波側に1つずつ含まれている。

【0098】

駆動波形Dのパルス持続時間は180nsであり、これは、超音波探触子Aの-20dBの送受信周波数帯域の中心周波数(FC20:11.86MHz)での2.13周期相当の時間となっている。すなわち、駆動波形Dのパルス持続時間は、超音波探触子Aの-20dBの送受信周波数帯域の中心周波数(FC20:11.86MHz)での2周期相当の時間以上となっている(図24参照)。

【0099】

そして、超音波探触子Aの-20dBの送受信周波数帯域に含まれる周波数帯域と、駆動波形Dの-20dBの周波数帯域とが重複する周波数帯域は、下限周波数(FL20)の3.99MHzから上限周波数(FH20)の17.02MHzの範囲となる。すなわち、下限周波数は、超音波探触子Aの-20dBの送受信周波数帯域の下限周波数と一致するが、上限周波数は、超音波探触子Aの-20dBの送受信周波数帯域の上限周波数よりも小さい周波数となっており、この周波数帯域は、超音波探触子Aの-20dBの送受信周波数帯域よりも狭帯域となっている。そして、この周波数帯域幅の超音波探触子Aの-20dBの送受信周波数帯域幅に対するカバー率は83%となっている。

10

【0100】

そして、超音波探触子Aの-20dBの送受信周波数帯域に含まれる周波数帯域と、駆動波形Dの-20dBの周波数帯域とが重複する周波数帯域における駆動波形Dの群遅延の最大値と最小値との差は0.065ラジアンであった。また、超音波探触子Aの-20dBの送受信周波数帯域に含まれる周波数帯域と、駆動波形Dの-20dBの周波数帯域とが重複する周波数帯域における駆動波形Dの群遅延の標準偏差は0.0130であった。

20

【0101】

そして、上述のようにして得られた超音波探触子Aの群遅延と、駆動波形Dの群遅延との合算値の、超音波探触子Aの-20dBの送受信周波数帯域に含まれる周波数帯域と、駆動波形Dの-20dBの周波数帯域とが重複する周波数帯域における最大値と最小値との差は0.089であった。

【0102】

また、第2のパルス信号として、駆動波形Dを極性反転させた駆動波形の駆動信号とした。

30

【0103】

(実施例7)

まず、超音波探触子2として上述した超音波探触子Aを用いた。

【0104】

上述した送信部12から出力される第1のパルス信号として、図17(A)に示すような駆動波形Eの駆動信号とした。この駆動波形Eを周波数解析して得られた周波数パワースペクトルを図17(B)に示す。また、図17(C)は、駆動波形Eの群遅延特性である。なお、図17(A)中、横軸は時間を示し、縦軸は電圧を示している。また、図17(B)中、横軸は周波数を示し、縦軸は信号強度を示している。また、図17(C)中、横軸は周波数を示し、縦軸は群遅延量を示している。

40

また、この駆動波形Eは、超音波探触子Aの-20dBの送受信周波数帯域内(3.99MHz~19.72MHz)において強度ピークを2つ有しており、超音波探触子Aの-20dBの送受信周波数帯域における中心周波数(FC20:11.86MHz)の低周波側及び高周波側に1つずつ含まれている。

【0105】

駆動波形Eのパルス持続時間は180nsであり、これは、超音波探触子Aの-20dBの送受信周波数帯域の中心周波数(FC20:11.86MHz)での2.13周期相当の時間となっている。すなわち、駆動波形Eのパルス持続時間は、超音波探触子Aの-20dBの送受信周波数帯域の中心周波数(FC20:11.86MHz)での2周期相

50

当の時間以上となっている（図 2 4 参照）。

【 0 1 0 6 】

そして、超音波探触子 A の - 2 0 d B の送受信周波数帯域に含まれる周波数帯域と、駆動波形 E の - 2 0 d B の周波数帯域とが重複する周波数帯域は、下限周波数（F L 2 0）の 3 . 9 9 M H z から上限周波数（F H 2 0）の 1 6 . 8 8 M H z の範囲となる。すなわち、下限周波数は、超音波探触子 A の - 2 0 d B の送受信周波数帯域の下限周波数と一致するが、上限周波数は、超音波探触子 A の - 2 0 d B の送受信周波数帯域の上限周波数よりも小さい周波数となっており、この周波数帯域は、超音波探触子 A の - 2 0 d B の送受信周波数帯域よりも狭帯域となっている。そして、この周波数帯域幅の超音波探触子 A の - 2 0 d B の送受信周波数帯域幅に対するカバー率は 8 2 % となっている。

10

【 0 1 0 7 】

そして、超音波探触子 A の - 2 0 d B の送受信周波数帯域に含まれる周波数帯域と、駆動波形 E の - 2 0 d B の周波数帯域とが重複する周波数帯域における駆動波形 E の群遅延の最大値と最小値との差は 0 . 0 8 6 ラジアンであった。また、超音波探触子 A の - 2 0 d B の送受信周波数帯域に含まれる周波数帯域と、駆動波形 E の - 2 0 d B の周波数帯域とが重複する周波数帯域における駆動波形 E の群遅延の標準偏差は 0 . 0 1 4 9 であった。

【 0 1 0 8 】

そして、上述のようにして得られた超音波探触子 A の群遅延と、駆動波形 E の群遅延との合算値の、超音波探触子 A の - 2 0 d B の送受信周波数帯域に含まれる周波数帯域と、駆動波形 E の - 2 0 d B の周波数帯域とが重複する周波数帯域における最大値と最小値との差は 0 . 1 2 7 であった。

20

【 0 1 0 9 】

また、第 2 のパルス信号として、駆動波形 E を極性反転させた駆動波形の駆動信号とした。

【 0 1 1 0 】

（実施例 8）

まず、超音波探触子 2 として上述した超音波探触子 B を用いた。

【 0 1 1 1 】

上述した送信部 1 2 から出力される第 1 のパルス信号として、図 1 4 を参照して上述した駆動波形 B の駆動信号とした。

30

この駆動波形 B は、超音波探触子 B の - 2 0 d B の送受信周波数帯域内（3 . 8 2 M H z ~ 1 9 . 8 6 M H z）において強度ピークを 3 つ有しており、そのうちの 1 つが、超音波探触子 B の - 2 0 d B の送受信周波数帯域における中心周波数（F C 2 0 : 1 1 . 8 4 M H z）よりも低周波側に含まれ、残りの 2 つが、超音波探触子 B の - 2 0 d B の送受信周波数帯域における中心周波数（F C 2 0 : 1 1 . 8 4 M H z）よりも高周波側に含まれている。

【 0 1 1 2 】

駆動波形 B のパルス持続時間は 2 0 7 n s であり、これは、超音波探触子 B の - 2 0 d B の送受信周波数帯域の中心周波数（F C 2 0 : 1 1 . 8 4 M H z）での 2 . 4 5 周期相当の時間となっている。すなわち、駆動波形 B のパルス持続時間は、超音波探触子 B の - 2 0 d B の送受信周波数帯域の中心周波数（F C 2 0 : 1 1 . 8 4 M H z）での 2 周期相当の時間以上となっている（図 2 4 参照）。

40

【 0 1 1 3 】

そして、超音波探触子 B の - 2 0 d B の送受信周波数帯域に含まれる周波数帯域と、駆動波形 B の - 2 0 d B の周波数帯域とが重複する周波数帯域は、超音波探触子 B の - 2 0 d B の送受信周波数帯域と一致しており、下限周波数（F L 2 0）の 3 . 8 2 M H z から上限周波数（F H 2 0）の 1 9 . 8 6 M H z の範囲となる。そして、この周波数帯域幅の超音波探触子 B の - 2 0 d B の送受信周波数帯域幅に対するカバー率は 1 0 0 % となっている。

50

【0114】

そして、超音波探触子Bの-20dBの送受信周波数帯域に含まれる周波数帯域と、駆動波形Bの-20dBの周波数帯域とが重複する周波数帯域における駆動波形Bの群遅延の最大値と最小値との差は0.092ラジアンであった。また、超音波探触子Bの-20dBの送受信周波数帯域に含まれる周波数帯域と、駆動波形Bの-20dBの周波数帯域とが重複する周波数帯域における駆動波形Bの群遅延の標準偏差は0.0194であった。

【0115】

そして、上述のようにして得られた超音波探触子Bの群遅延と、駆動波形Bの群遅延との合算値の、超音波探触子Bの-20dBの送受信周波数帯域に含まれる周波数帯域と、駆動波形Bの-20dBの周波数帯域とが重複する周波数帯域における最大値と最小値との差は0.134であった。なお、超音波探触子Bの群遅延と、駆動波形Bの群遅延との合算結果を図22に示す。

10

【0116】

また、第2のパルス信号として、駆動波形Bを極性反転させた駆動波形の駆動信号とした。

【0117】

(実施例9)

まず、超音波探触子2として上述した超音波探触子Bを用いた。

【0118】

20

上述した送信部12から出力される第1のパルス信号として、図16を参照して上述した駆動波形Dの駆動信号とした。

この駆動波形Dは、超音波探触子Bの-20dBの送受信周波数帯域内(3.82MHz~19.86MHz)において強度ピークを2つ有しており、超音波探触子Bの-20dBの送受信周波数帯域における中心周波数(FC20:11.84MHz)の低周波側及び高周波側に1つずつ含まれている。

【0119】

駆動波形Dのパルス持続時間は180nsであり、これは、超音波探触子Bの-20dBの送受信周波数帯域の中心周波数(FC20:11.84MHz)での2.13周期相当の時間となっている。すなわち、駆動波形Dのパルス持続時間は、超音波探触子Bの-20dBの送受信周波数帯域の中心周波数(FC20:11.84MHz)での2周期相当の時間以上となっている(図24参照)。

30

【0120】

そして、超音波探触子Bの-20dBの送受信周波数帯域に含まれる周波数帯域と、駆動波形Dの-20dBの周波数帯域とが重複する周波数帯域は、下限周波数(FL20)の3.82MHzから上限周波数(FH20)の17.02MHzの範囲となる。すなわち、下限周波数は、超音波探触子Bの-20dBの送受信周波数帯域の下限周波数と一致するが、上限周波数は、超音波探触子Bの-20dBの送受信周波数帯域の上限周波数よりも小さい周波数となっており、この周波数帯域は、超音波探触子Bの-20dBの送受信周波数帯域よりも狭帯域となっている。そして、この周波数帯域幅の超音波探触子Bの-20dBの送受信周波数帯域幅に対するカバー率は82%となっている。

40

【0121】

そして、超音波探触子Bの-20dBの送受信周波数帯域に含まれる周波数帯域と、駆動波形Dの-20dBの周波数帯域とが重複する周波数帯域における駆動波形Dの群遅延の最大値と最小値との差は0.065ラジアンであった。また、超音波探触子Bの-20dBの送受信周波数帯域に含まれる周波数帯域と、駆動波形Dの-20dBの周波数帯域とが重複する周波数帯域における駆動波形Dの群遅延の標準偏差は0.0131であった。

【0122】

そして、上述のようにして得られた超音波探触子Bの群遅延と、駆動波形Dの群遅延と

50

の合算値の、超音波探触子 B の - 20 dB の送受信周波数帯域に含まれる周波数帯域と、駆動波形 D の - 20 dB の周波数帯域とが重複する周波数帯域における最大値と最小値との差は 0.076 であった。

【0123】

また、第 2 のパルス信号として、駆動波形 D を極性反転させた駆動波形の駆動信号とした。

【0124】

(比較例 1)

まず、超音波探触子 2 として上述した超音波探触子 C を用いた。

【0125】

上述した送信部 12 から出力される第 1 のパルス信号として、実施例 1 と同じ駆動波形 A の駆動信号とした。

この駆動波形 A は、超音波探触子 C の - 20 dB の送受信周波数帯域内 (3.75 MHz ~ 20.23 MHz) において強度ピークを 3 つ有しており、そのうちの 1 つが、超音波探触子 C の - 20 dB の送受信周波数帯域における中心周波数 (FC20: 11.99 MHz) よりも低周波側に含まれ、残りの 2 つが、超音波探触子 C の - 20 dB の送受信周波数帯域における中心周波数 (FC20: 11.99 MHz) よりも高周波側に含まれている。

【0126】

駆動波形 A のパルス持続時間は 233 ns であり、これは、超音波探触子 C の - 20 dB の送受信周波数帯域の中心周波数 (FC20: 11.99 MHz) での 2.79 周期相当の時間となっている。

【0127】

そして、超音波探触子 C の - 20 dB の送受信周波数帯域に含まれる周波数帯域と、駆動波形 A の - 20 dB の周波数帯域とが重複する周波数帯域は、超音波探触子 C の - 20 dB の送受信周波数帯域と一致しており、下限周波数 (FL20) の 3.75 MHz から上限周波数 (FH20) の 20.23 MHz の範囲となる。そして、この周波数帯域幅の超音波探触子 C の - 20 dB の送受信周波数帯域幅に対するカバー率は 100% となっている。

【0128】

そして、超音波探触子 C の - 20 dB の送受信周波数帯域に含まれる周波数帯域と、駆動波形 A の - 20 dB の周波数帯域とが重複する周波数帯域における駆動波形 A の群遅延の最大値と最小値との差は 0.107 ラジアンであった。また、超音波探触子 C の - 20 dB の送受信周波数帯域に含まれる周波数帯域と、駆動波形 A の - 20 dB の周波数帯域とが重複する周波数帯域における駆動波形 A の群遅延の標準偏差は 0.0206 であった。

【0129】

そして、上述のようにして得られた超音波探触子 C の群遅延と、駆動波形 A の群遅延との合算値の、超音波探触子 C の - 20 dB の送受信周波数帯域に含まれる周波数帯域と、駆動波形 A の - 20 dB の周波数帯域とが重複する周波数帯域における最大値と最小値との差は 0.152 であった。

【0130】

また、第 2 のパルス信号として、駆動波形 A を極性反転させた駆動波形の駆動信号とした。

【0131】

(比較例 2)

まず、超音波探触子 2 として上述した超音波探触子 D を用いた。

【0132】

上述した送信部 12 から出力される第 1 のパルス信号として、実施例 1 と同じ駆動波形 A の駆動信号とした。

10

20

30

40

50

この駆動波形 A は、超音波探触子 D の - 20 dB の送受信周波数帯域内 (3 . 96 MHz ~ 19 . 78 MHz) において強度ピークを 3 つ有しており、そのうちの 1 つが、超音波探触子 D の - 20 dB の送受信周波数帯域における中心周波数 (FC20 : 11 . 87 MHz) よりも低周波側に含まれ、残りの 2 つが、超音波探触子 D の - 20 dB の送受信周波数帯域における中心周波数 (FC20 : 11 . 87 MHz) よりも高周波側に含まれている。

【 0 1 3 3 】

駆動波形 A のパルス持続時間は 233 ns であり、これは、超音波探触子 D の - 20 dB の送受信周波数帯域の中心周波数 (FC20 : 11 . 87 MHz) での 2 . 77 周期相当の時間となっている。

10

【 0 1 3 4 】

そして、超音波探触子 D の - 20 dB の送受信周波数帯域に含まれる周波数帯域と、駆動波形 A の - 20 dB の周波数帯域とが重複する周波数帯域は、超音波探触子 D の - 20 dB の送受信周波数帯域と一致しており、下限周波数 (FL20) の 3 . 96 MHz から上限周波数 (FH20) の 19 . 78 MHz の範囲となる。そして、この周波数帯域幅の超音波探触子 D の - 20 dB の送受信周波数帯域幅に対するカバー率は 100 % となっている。

【 0 1 3 5 】

そして、超音波探触子 D の - 20 dB の送受信周波数帯域に含まれる周波数帯域と、駆動波形 A の - 20 dB の周波数帯域とが重複する周波数帯域における駆動波形 A の群遅延の最大値と最小値との差は 0 . 107 ラジアンであった。また、超音波探触子 D の - 20 dB の送受信周波数帯域に含まれる周波数帯域と、駆動波形 A の - 20 dB の周波数帯域とが重複する周波数帯域における駆動波形 A の群遅延の標準偏差は 0 . 0208 であった。

20

【 0 1 3 6 】

そして、上述のようにして得られた超音波探触子 D の群遅延と、駆動波形 A の群遅延との合算値の、超音波探触子 D の - 20 dB の送受信周波数帯域に含まれる周波数帯域と、駆動波形 A の - 20 dB の周波数帯域とが重複する周波数帯域における最大値と最小値との差は 0 . 163 であった。

【 0 1 3 7 】

また、第 2 のパルス信号として、駆動波形 A を極性反転させた駆動波形の駆動信号とした。

30

【 0 1 3 8 】

(比較例 3)

まず、超音波探触子 2 として上述した超音波探触子 A を用いた。

【 0 1 3 9 】

上述した送信部 12 から出力される第 1 のパルス信号として、図 18 (A) に示すような駆動波形 F の駆動信号とした。この駆動波形 F を周波数解析して得られた周波数パワースペクトルを図 18 (B) に示す。また、図 18 (C) は、駆動波形 F の群遅延特性である。なお、図 18 (A) 中、横軸は時間を示し、縦軸は電圧を示している。また、図 18 (B) 中、横軸は周波数を示し、縦軸は信号強度を示している。また、図 18 (C) 中、横軸は周波数を示し、縦軸は群遅延量を示している。

40

また、この駆動波形 F は、超音波探触子 A の - 20 dB の送受信周波数帯域内 (3 . 9 MHz ~ 19 . 72 MHz) において強度ピークを 3 つ有しており、そのうちの 1 つが、超音波探触子 A の - 20 dB の送受信周波数帯域における中心周波数 (FC20 : 11 . 86 MHz) よりも低周波側に含まれ、残りの 2 つが、超音波探触子 A の - 20 dB の送受信周波数帯域における中心周波数 (FC20 : 11 . 86 MHz) よりも高周波側に含まれている。

【 0 1 4 0 】

駆動波形 F のパルス持続時間は 194 ns であり、これは、超音波探触子 A の - 20 dB

50

Bの送受信周波数帯域の中心周波数（FC20：11.86MHz）での2.30周期相当の時間となっている。

【0141】

そして、超音波探触子Aの-20dBの送受信周波数帯域に含まれる周波数帯域と、駆動波形Fの-20dBの周波数帯域とが重複する周波数帯域は、超音波探触子Aの-20dBの送受信周波数帯域と一致しており、下限周波数（FL20）の3.99MHzから上限周波数（FH20）の19.72MHzの範囲となる。そして、この周波数帯域幅の超音波探触子Aの-20dBの送受信周波数帯域幅に対するカバー率は100%となっている。

【0142】

そして、超音波探触子Aの-20dBの送受信周波数帯域に含まれる周波数帯域と、駆動波形Fの-20dBの周波数帯域とが重複する周波数帯域における駆動波形Fの群遅延の最大値と最小値との差は0.153ラジアンであった。また、超音波探触子Aの-20dBの送受信周波数帯域に含まれる周波数帯域と、駆動波形Fの-20dBの周波数帯域とが重複する周波数帯域における駆動波形Fの群遅延の標準偏差は0.0287であった。

【0143】

そして、上述のようにして得られた超音波探触子Aの群遅延と、駆動波形Fの群遅延との合算値の、超音波探触子Aの-20dBの送受信周波数帯域に含まれる周波数帯域と、駆動波形Fの-20dBの周波数帯域とが重複する周波数帯域における最大値と最小値との差は0.162であった。

【0144】

また、第2のパルス信号として、駆動波形Fを極性反転させた駆動波形の駆動信号とした。

【0145】

（比較例4）

まず、超音波探触子2として上述した超音波探触子Aを用いた。

【0146】

上述した送信部12から出力される第1のパルス信号として、図19（A）に示すような駆動波形Gの駆動信号とした。この駆動波形Gを周波数解析して得られた周波数パワースペクトルを図19（B）に示す。また、図19（C）は、駆動波形Gの群遅延特性である。なお、図19（A）中、横軸は時間を示し、縦軸は電圧を示している。また、図19（B）中、横軸は周波数を示し、縦軸は信号強度を示している。また、図19（C）中、横軸は周波数を示し、縦軸は群遅延量を示している。

また、この駆動波形Gは、超音波探触子Aの-20dBの送受信周波数帯域内（3.99MHz～19.72MHz）において強度ピークを3つ有しており、そのうちの2つが、超音波探触子Aの-20dBの送受信周波数帯域における中心周波数（FC20：11.86MHz）よりも低周波側に含まれ、残りの1つが、超音波探触子Aの-20dBの送受信周波数帯域における中心周波数（FC20：11.86MHz）よりも高周波側に含まれている。

【0147】

駆動波形Gのパルス持続時間は225nsであり、これは、超音波探触子Aの-20dBの送受信周波数帯域の中心周波数（FC20：11.86MHz）での2.67周期相当の時間となっている。

【0148】

そして、超音波探触子Aの-20dBの送受信周波数帯域に含まれる周波数帯域と、駆動波形Gの-20dBの周波数帯域とが重複する周波数帯域は、超音波探触子Aの-20dBの送受信周波数帯域と一致しており、下限周波数（FL20）の3.99MHzから上限周波数（FH20）の19.72MHzの範囲となる。そして、この周波数帯域幅の超音波探触子Aの-20dBの送受信周波数帯域幅に対するカバー率は100%となつて

10

20

30

40

50

いる。

【0149】

そして、超音波探触子 A の - 20 dB の送受信周波数帯域に含まれる周波数帯域と、駆動波形 G の - 20 dB の周波数帯域とが重複する周波数帯域における駆動波形 G の群遅延の最大値と最小値との差は 0.195 ラジアンであった。また、超音波探触子 A の - 20 dB の送受信周波数帯域に含まれる周波数帯域と、駆動波形 G の - 20 dB の周波数帯域とが重複する周波数帯域における駆動波形 G の群遅延の標準偏差は 0.0314 であった。

【0150】

そして、上述のようにして得られた超音波探触子 A の群遅延と、駆動波形 G の群遅延との合算値の、超音波探触子 A の - 20 dB の送受信周波数帯域に含まれる周波数帯域と、駆動波形 G の - 20 dB の周波数帯域とが重複する周波数帯域における最大値と最小値との差は 0.204 であった。なお、超音波探触子 A の群遅延と、駆動波形 G の群遅延との合算結果を図 23 に示す。

10

【0151】

また、第 2 のパルス信号として、駆動波形 G を極性反転させた駆動波形の駆動信号とした。

【0152】

(比較例 5)

まず、超音波探触子 2 として上述した超音波探触子 A を用いた。

20

【0153】

上述した送信部 12 から出力される第 1 のパルス信号として、図 20 (A) に示すような駆動波形 H の駆動信号とした。この駆動波形 H を周波数解析して得られた周波数パワースペクトルを図 20 (B) に示す。また、図 20 (C) は、駆動波形 H の群遅延特性である。なお、図 20 (A) 中、横軸は時間を示し、縦軸は電圧を示している。また、図 20 (B) 中、横軸は周波数を示し、縦軸は信号強度を示している。また、図 20 (C) 中、横軸は周波数を示し、縦軸は群遅延量を示している。

この駆動波形 H は、超音波探触子 A の - 20 dB の送受信周波数帯域内 (3.99 MHz ~ 19.72 MHz) において強度ピークを 2 つ有しており、超音波探触子 A の - 20 dB の送受信周波数帯域における中心周波数 (FC20: 11.86 MHz) の低周波側及び高周波側に 1 つずつ含まれている。

30

【0154】

駆動波形 H のパルス持続時間は 238 ns であり、これは、超音波探触子 A の - 20 dB の送受信周波数帯域の中心周波数 (FC20: 11.86 MHz) での 2.82 周期相当の時間となっている。

【0155】

そして、超音波探触子 A の - 20 dB の送受信周波数帯域に含まれる周波数帯域と、駆動波形 H の - 20 dB の周波数帯域とが重複する周波数帯域は、下限周波数 (FL20) の 3.99 MHz から上限周波数 (FH20) の 16.18 MHz の範囲となる。すなわち、下限周波数は、超音波探触子 A の - 20 dB の送受信周波数帯域の下限周波数と一致するが、上限周波数は、超音波探触子 A の - 20 dB の送受信周波数帯域の上限周波数よりも小さい周波数となっており、この周波数帯域は、超音波探触子 A の - 20 dB の送受信周波数帯域よりも狭帯域となっている。そして、この周波数帯域幅の超音波探触子 A の - 20 dB の送受信周波数帯域幅に対するカバー率は 77 % となっている。

40

【0156】

そして、超音波探触子 A の - 20 dB の送受信周波数帯域に含まれる周波数帯域と、駆動波形 H の - 20 dB の周波数帯域とが重複する周波数帯域における駆動波形 H の群遅延の最大値と最小値との差は 0.172 ラジアンであった。また、超音波探触子 A の - 20 dB の送受信周波数帯域に含まれる周波数帯域と、駆動波形 H の - 20 dB の周波数帯域とが重複する周波数帯域における駆動波形 H の群遅延の標準偏差は 0.0278 であった

50

。

【 0 1 5 7 】

そして、上述のようにして得られた超音波探触子 A の群遅延と、駆動波形 H の群遅延との合算値の、超音波探触子 A の - 2 0 d B の送受信周波数帯域に含まれる周波数帯域と、駆動波形 H の - 2 0 d B の周波数帯域とが重複する周波数帯域における最大値と最小値との差は 0 . 1 7 0 であった。

【 0 1 5 8 】

また、第 2 のパルス信号として、駆動波形 H を極性反転させた駆動波形の駆動信号とした。

【 0 1 5 9 】

(比較例 6)

まず、超音波探触子 2 として上述した超音波探触子 B を用いた。

【 0 1 6 0 】

上述した送信部 1 2 から出力される第 1 のパルス信号として、比較例 5 と同じ駆動波形 H の駆動信号とした。

この駆動波形 H は、超音波探触子 B の - 2 0 d B の送受信周波数帯域内 (3 . 8 2 M H z ~ 1 9 . 8 6 M H z) において強度ピークを 2 つ有しており、超音波探触子 B の - 2 0 d B の送受信周波数帯域における中心周波数 (F C 2 0 : 1 1 . 8 4 M H z) の低周波側及び高周波側に 1 つずつ含まれている。

【 0 1 6 1 】

駆動波形 H のパルス持続時間は 2 3 8 n s であり、これは、超音波探触子 B の - 2 0 d B の送受信周波数帯域の中心周波数 (F C 2 0 : 1 1 . 8 4 M H z) での 2 . 8 2 周期相当の時間となっている。

【 0 1 6 2 】

そして、超音波探触子 B の - 2 0 d B の送受信周波数帯域に含まれる周波数帯域と、駆動波形 H の - 2 0 d B の周波数帯域とが重複する周波数帯域は、下限周波数 (F L 2 0) の 3 . 8 2 M H z から上限周波数 (F H 2 0) の 1 6 . 1 8 M H z の範囲となる。すなわち、下限周波数は、超音波探触子 B の - 2 0 d B の送受信周波数帯域の下限周波数と一致するが、上限周波数は、超音波探触子 B の - 2 0 d B の送受信周波数帯域の上限周波数よりも小さい周波数となっており、この周波数帯域は、超音波探触子 B の - 2 0 d B の送受信周波数帯域よりも狭帯域となっている。そして、この周波数帯域幅の超音波探触子 B の - 2 0 d B の送受信周波数帯域幅に対するカバー率は 7 7 % となっている。

【 0 1 6 3 】

そして、超音波探触子 B の - 2 0 d B の送受信周波数帯域に含まれる周波数帯域と、駆動波形 H の - 2 0 d B の周波数帯域とが重複する周波数帯域における駆動波形 H の群遅延の最大値と最小値との差は 0 . 1 7 2 ラジアンであった。また、超音波探触子 B の - 2 0 d B の送受信周波数帯域に含まれる周波数帯域と、駆動波形 H の - 2 0 d B の周波数帯域とが重複する周波数帯域における駆動波形 H の群遅延の標準偏差は 0 . 0 2 7 7 であった。

。

【 0 1 6 4 】

そして、上述のようにして得られた超音波探触子 B の群遅延と、駆動波形 H の群遅延との合算値の、超音波探触子 B の - 2 0 d B の送受信周波数帯域に含まれる周波数帯域と、駆動波形 H の - 2 0 d B の周波数帯域とが重複する周波数帯域における最大値と最小値との差は 0 . 1 6 2 であった。

【 0 1 6 5 】

また、第 2 のパルス信号として、駆動波形 H を極性反転させた駆動波形の駆動信号とした。

【 0 1 6 6 】

上述した各実施例及び比較例の各条件を下記表 1 に示す。

【 0 1 6 7 】

10

20

30

40

50

【表 1】

	超音波探触子(Probe)					駆動波形					Probe-20dB帯域内における 駆動波形の帯域			群遅延 (radian; BW20内)		Probe+駆動波形 群遅延合算 (radian; BW20内)	
	No.	FL20 [MHz]	FH20 [MHz]	FC20 [MHz]	BW20 [%]	群遅延 (radian; BW20内)		No.	パルス 持続時間 [nsec]	Probe-20dB 中心周波数 換算波数	FL20 [MHz]	FH20 [MHz]	Probe-BW20電力率[%]	標準偏差	Max-Min	Max-Min	
						標準偏差	Max-Min										
実施例1	A	3.99	19.72	11.86	133%	0.0184	0.082	第1送波 A (極性反転)	233	2.76	3.99	19.72	100%	0.0208	0.107	0.115	
実施例2	B	3.82	19.86	11.84	135%	0.0198	0.082	第2送波 A (極性反転)	233	2.76	3.82	19.86	100%	0.0208	0.107	0.089	
比較例1	C	3.75	20.23	11.99	137%	0.0287	0.154	第1送波 A (極性反転)	233	2.79	3.75	20.23	100%	0.0206	0.107	0.152	
比較例2	D	3.96	19.78	11.87	133%	0.0301	0.200	第2送波 A (極性反転)	233	2.77	3.96	19.78	100%	0.0208	0.107	0.163	
実施例3	A	3.99	19.72	11.86	133%	0.0184	0.082	第1送波 A (極性反転)	233	2.76	3.99	19.72	100%	0.0208	0.107	0.115	
実施例4								第2送波 C (極性反転)	233	2.76	3.99	16.13	77%	0.0117	0.079	0.087	
実施例5								第1送波 D (極性反転)	180	2.13	3.99	17.02	83%	0.0130	0.065	0.089	
実施例6								第2送波 E (極性反転)	180	2.13	3.99	16.88	82%	0.0149	0.086	0.127	
実施例7								第1送波 F (極性反転)	194	2.30	3.99	19.72	100%	0.0287	0.153	0.162	
比較例3								第2送波 G (極性反転)	225	2.67	3.99	19.72	100%	0.0314	0.195	0.204	
比較例4								第1送波 H (極性反転)	238	2.82	3.99	16.18	77%	0.0278	0.172	0.170	
比較例5								第2送波 B (極性反転)	207	2.45	3.82	19.86	100%	0.0194	0.092	0.134	
実施例8	B	3.82	19.86	11.84	135%	0.0198	0.082	第1送波 D (極性反転)	180	2.13	3.82	17.02	82%	0.0131	0.065	0.076	
実施例9								第2送波 H (極性反転)	238	2.82	3.82	16.18	77%	0.0277	0.172	0.162	
比較例6								第1送波 A (極性反転)	233	2.76	3.99	19.72	100%	0.0208	0.107	0.115	

< 評価方法 >

G a m m e x 社製の R M I 4 0 4 G S - L E 0 . 5 と同一の音響等価材の深度 1 5 m m の位置に 5 0 μ m の S U S ワイヤーを埋設した。そして、上記表 1 に示された条件の駆動波形である第 1 のパルス信号と第 2 のパルス信号とを同一走査線上に時間間隔をおいて超音波探触子に与えて第 1 の超音波及び第 2 の超音波の送受信を行い、受信した第 1 の超音波及び第 2 の超音波からそれぞれ得られた受信信号を上述したパルスインバージョン法により合成し、T H I (T i s s u e H a r m o n i c I m a g i n g) による超音波画像を得た。このとき、送信焦点を 1 5 m m とした。そして、画像化を行った際のワイヤー描出輝度を音響強度 (d B) に変換し、その 2 0 d B 分解能 (距離分解能、方位分解能) を得た。また、G a m m e x 社製の R M I 4 0 3 G S - L E 0 . 5 の音響等価材部に対し、送信焦点を 1 5 m m にして第 1 の超音波及び第 2 の超音波の送受信を行い、上述のようにして連続する 2 フレーム分の超音波画像を取得し、この 2 フレームの超音波画像の相関を求め、この相関が 0 . 5 を下回る深度を特定し、これを深達度 (P e n e t r a t i o n) とした。また、実施例 1 ~ 9 及び比較例 1 ~ 6 のそれぞれの条件にて手根、M P 関節 (M e t a c a r p o P h a l a n g e a j o i n t) 屈筋腱、上腕二頭筋長頭腱、内側半月板の描出を行い、整形外科関連に従事する医師及び臨床検査技師の合計 1 0 名により下記の評価基準により評点を得、その値を平均してこれを描出性スコアとした。

10

[評価基準]

- 1 0 : 組織状態の把握に対して申し分ない程度の描出性
- 8 : 組織状態の把握に対して実用上問題ない程度の描出性
- 6 : 良好ではないが組織状態の把握は可能な程度の描出性
- 4 : 組織状態の把握に支障がある程度の描出性
- 2 : 組織状態の把握が困難な程度の描出性

20

以上の評価結果を下記表 2 に示す。

【 0 1 6 9 】

【表 2】

	画質評価結果						
	距離分解能[μ m]	方位分解能[μ m]	Penetration[mm]	手根	MP関節屈筋腱	上腕二頭筋長頭腱	内側半月板
実施例1	190	628	59	9.7	9.8	8.3	8.0
実施例2	212	640	56	9.4	9.7	8.1	7.8
比較例1	329	698	49	6.6	7.6	6.8	5.9
比較例2	339	696	50	6.4	7.4	6.4	6.0
実施例3	198	630	62	9.6	9.7	8.9	8.6
実施例4	222	646	54	9.2	9.6	7.9	7.6
実施例5	230	660	55	9.0	9.1	7.9	7.6
実施例6	220	691	60	8.9	9.6	7.7	8.1
実施例7	240	689	57	8.6	9.0	7.6	7.9
比較例3	346	688	52	6.0	6.8	6.6	6.3
比較例4	389	708	49	5.5	6.2	5.6	5.2
比較例5	341	692	52	5.9	7.0	6.6	6.2
実施例8	244	688	54	8.4	8.8	7.4	7.6
実施例9	222	689	60	8.9	9.6	7.7	8.1
比較例6	352	679	50	6.2	7.3	6.2	6.2

【0170】

< 評価結果 >

上記表2の結果より、実施例1～9によれば、比較例1～6と比較すると、距離分解能がよいことがわかった。また、実施例1～9によれば、比較例1～6に比べ、描出評価が高いことがわかった。具体的な評価結果については、以下に示す。

【0171】

図25(A)は、実施例1～9及び比較例1～6の評価結果から、超音波探触子の群遅延と、駆動波形の群遅延との合算値の、超音波探触子の-20dBの送受信周波数帯域に含まれる周波数帯域と、駆動波形の-20dBの周波数帯域とが重複する周波数帯域における最大値と最小値との差と、距離分解能との関係について表したグラフである。これによれば、超音波探触子の群遅延と、駆動波形の群遅延との合算値の最大値と最小値との差

が 0.15 ラジアン以下である場合には、0.15 ラジアンを超える場合よりも距離分解能に優れていることがわかった。

【0172】

図 25 (B) は、実施例 1 ~ 9 及び比較例 1 ~ 6 の評価結果から、超音波探触子の群遅延と、駆動波形の群遅延との合算値の、超音波探触子の -20 dB の送受信周波数帯域に含まれる周波数帯域と、駆動波形の -20 dB の周波数帯域とが重複する周波数帯域における最大値と最小値との差と、手根、MP 関節屈筋腱、上腕二頭筋長頭腱及び内側半月板の各描出評価値の合計 (画質評点合計) との関係について表したグラフである。これによれば、超音波探触子の群遅延と、駆動波形の群遅延との合算値の最大値と最小値との差が 0.15 ラジアン以下である場合は、0.15 ラジアンを超える場合に比べて、画質評点合計が大きく上回っていることがわかった。

10

【0173】

図 26 (A) は、実施例 1 ~ 2 及び比較例 1 ~ 2 の評価結果から、超音波探触子の -20 dB の送受信帯域幅における群遅延量の標準偏差と、距離分解能との関係について表したグラフである。これによれば、超音波探触子の群遅延量の標準偏差が 0.025 以下である場合には、0.025 をを超える場合よりも距離分解能に優れていることがわかった。

【0174】

図 26 (B) は、実施例 1 ~ 2 及び比較例 1 ~ 2 の評価結果から、超音波探触子の -20 dB の送受信帯域幅における群遅延量の標準偏差と、画質評点合計との関係について表したグラフである。これによれば、超音波探触子の群遅延の標準偏差が 0.025 以下である場合には、0.025 をを超える場合に比べて画質評点合計が大きく上回っていることがわかった。

20

【0175】

図 27 (A) は、実施例 1 ~ 2 及び比較例 1 ~ 2 の評価結果から、超音波探触子の -20 dB の送受信帯域幅における群遅延量の最大値と最小値との差と、距離分解能との関係について表したグラフである。これによれば、超音波探触子の群遅延量の最大値と最小値との差が 0.15 ラジアン以下である場合には、0.15 ラジアンを超える場合よりも距離分解能に優れていることがわかった。

【0176】

図 27 (B) は、実施例 1 ~ 2 及び比較例 1 ~ 2 の評価結果から、超音波探触子の -20 dB の送受信帯域幅における群遅延量の最大値と最小値との差と、画質評点合計との関係について表したグラフである。これによれば、超音波探触子の群遅延量の最大値と最小値との差が 0.15 ラジアン以下である場合には、0.15 ラジアンを超える場合に比べて画質評点合計が大きく上回っていることがわかった。

30

【0177】

図 28 (A) は、実施例 1、3 ~ 7 及び比較例 3 ~ 5 の評価結果から、超音波探触子 A の -20 dB の送受信周波数帯域に含まれる周波数帯域と、駆動波形の -20 dB の周波数帯域とが重複する周波数帯域における駆動波形の群遅延の標準偏差と、距離分解能との関係について表したグラフである。これによれば、駆動波形の群遅延の標準偏差が 0.025 以下である場合には、0.025 をを超える場合よりも距離分解能に優れていることがわかった。

40

【0178】

図 28 (B) は、実施例 1、3 ~ 7 及び比較例 3 ~ 5 の評価結果から、超音波探触子 A の -20 dB の送受信周波数帯域に含まれる周波数帯域と、駆動波形の -20 dB の周波数帯域とが重複する周波数帯域における駆動波形の群遅延の標準偏差と、画質評点合計との関係について表したグラフである。これによれば、駆動波形の群遅延の標準偏差が 0.025 以下である場合には、0.025 をを超える場合に比べて画質評点合計が大きく上回っていることがわかった。

【0179】

図 29 (A) は、実施例 2、8、9 及び比較例 6 の評価結果から、超音波探触子 B の -

50

20 dB の送受信周波数帯域に含まれる周波数帯域と、駆動波形の - 20 dB の周波数帯域とが重複する周波数帯域における駆動波形の群遅延の標準偏差と、距離分解能との関係について表したグラフである。これによれば、駆動波形の群遅延の標準偏差が 0.025 以下である場合には、0.025 を超える場合よりも距離分解能に優れていることがわかった。

【0180】

図 29 (B) は、実施例 2、8、9 及び比較例 6 の評価結果から、超音波探触子 B の - 20 dB の送受信周波数帯域に含まれる周波数帯域と、駆動波形の - 20 dB の周波数帯域とが重複する周波数帯域における駆動波形の群遅延の標準偏差と、画質評点合計との関係について表したグラフである。これによれば、駆動波形の群遅延の標準偏差が 0.025 以下である場合には、0.025 を超える場合に比べて画質評点合計が大きく上回っていることがわかった。

10

【0181】

図 30 (A) は、実施例 1、3 ~ 7 及び比較例 3 ~ 5 の評価結果から、超音波探触子 A の - 20 dB の送受信周波数帯域に含まれる周波数帯域と、駆動波形の - 20 dB の周波数帯域とが重複する周波数帯域における駆動波形の群遅延の最大値と最小値との差と、距離分解能との関係について表したグラフである。これによれば、駆動波形の群遅延の最大値と最小値との差が 0.15 ラジアン以下である場合には、0.15 ラジアンを超える場合よりも距離分解能に優れていることがわかった。

【0182】

20

図 30 (B) は、実施例 1、3 ~ 7 及び比較例 3 ~ 5 の評価結果から、超音波探触子 A の - 20 dB の送受信周波数帯域に含まれる周波数帯域と、駆動波形の - 20 dB の周波数帯域とが重複する周波数帯域における駆動波形の群遅延の最大値と最小値との差と、画質評点合計との関係について表したグラフである。これによれば、駆動波形の群遅延の最大値と最小値との差が 0.15 ラジアン以下である場合には、0.15 ラジアンを超える場合に比べて画質評点合計が大きく上回っていることがわかった。

【0183】

図 31 (A) は、実施例 2、8、9 及び比較例 6 の評価結果から、超音波探触子 B の - 20 dB の送受信周波数帯域に含まれる周波数帯域と、駆動波形の - 20 dB の周波数帯域とが重複する周波数帯域における駆動波形の群遅延の最大値と最小値との差と、距離分解能との関係について表したグラフである。これによれば、駆動波形の群遅延の最大値と最小値との差が 0.15 ラジアン以下である場合には、0.15 ラジアンを超える場合よりも距離分解能に優れていることがわかった。

30

【0184】

図 31 (B) は、実施例 2、8、9 及び比較例 6 の評価結果から、超音波探触子 B の - 20 dB の送受信周波数帯域に含まれる周波数帯域と、駆動波形の - 20 dB の周波数帯域とが重複する周波数帯域における駆動波形の群遅延の最大値と最小値との差と、画質評点合計との関係について表したグラフである。これによれば、駆動波形の群遅延の最大値と最小値との差が 0.15 ラジアン以下である場合には、0.15 ラジアンを超える場合に比べて画質評点合計が大きく上回っていることがわかった。

40

【0185】

以上説明したように、本実施の形態によれば、超音波探触子 2 は、入力したパルス信号とこのパルス信号により出力された送信超音波の反射超音波から得られた受信信号との各周波数における位相差から得られる群遅延の、超音波探触子 2 の - 20 dB の送受信周波数帯域における最大値と最小値との差が 0.15 ラジアン以下、又は、超音波探触子 2 の - 20 dB の送受信周波数帯域における標準偏差が 0.025 以下となるように設定されている。その結果、超音波の送受信が行われる帯域において、超音波探触子における群遅延量のバラツキが小さいので、複数種類の高調波による相殺を低減して距離分解能に優れた超音波画像を得ることができるようになる。

【0186】

50

また、本実施の形態によれば、超音波探触子 2 は、 -20 dB の比帯域を 120% 以上としたので、より高分解能である超音波を送受信することができるようになる。

【0187】

また、本実施の形態によれば、超音波探触子 2 は、パルス信号の入力によって被検体に向けて送信超音波を出力するとともに、被検体からの反射超音波を受信することにより受信信号を出力する。送信部 12 は、所定の駆動波形のパルス信号を出力することにより超音波探触子 2 に送信超音波を生成させる。送信部 12 は、各周波数における位相差から得られる群遅延の、超音波探触子 2 の -20 dB の送受信周波数帯域に含まれる周波数帯域と、当該パルス信号における駆動波形の -20 dB の周波数帯域とが重複する周波数帯域における最大値と最小値との差が 0.15 ラジアン以下、又は、超音波探触子の -20 dB の送受信周波数帯域に含まれる周波数帯域と、当該パルス信号における駆動波形の -20 dB の周波数帯域とが重複する周波数帯域における標準偏差が 0.025 以下である駆動波形のパルス信号を出力する。その結果、超音波の送受信が行われる帯域において、駆動波形における群遅延量のバラツキが小さいので、複数種類の高調波による相殺を低減して距離分解能に優れた超音波画像を得ることができるようになる。

10

【0188】

また、本実施の形態によれば、超音波探触子 2 は、パルス信号の入力によって被検体に向けて送信超音波を出力するとともに、被検体からの反射超音波を受信することにより受信信号を出力する。送信部 12 は、所定の駆動波形のパルス信号を出力することにより超音波探触子 2 に送信超音波を生成させる。超音波探触子 2 に入力されたパルス信号とこのパルス信号により出力された送信超音波の反射超音波から得られた受信信号との各周波数における位相差から得られる群遅延と、送信部 12 によって出力されるパルス信号の各周波数における位相差から得られる群遅延との合算値の、超音波探触子 2 の -20 dB の送受信周波数帯域に含まれる周波数帯域と、当該パルス信号における駆動波形の -20 dB の周波数帯域とが重複する周波数帯域における最大値と最小値との差が 0.15 ラジアン以下となるように、超音波探触子 2 及び送信部 12 により出力されるパルス信号の駆動波形を設定する。その結果、超音波の送受信が行われる帯域において、超音波の送受信に際して受信信号における群遅延量のバラツキが小さいので、複数種類の高調波による相殺を低減して距離分解能に優れた超音波画像を得ることができるようになる。

20

【0189】

また、本実施の形態によれば、超音波探触子 2 は、入力したパルス信号とこのパルス信号により出力された送信超音波の反射超音波から得られた受信信号との各周波数における位相差から得られる群遅延の、超音波探触子 2 の -20 dB の送受信周波数帯域における最大値と最小値との差が 0.15 ラジアン以下、又は、超音波探触子 2 の -20 dB の送受信周波数帯域における標準偏差が 0.025 以下となるように設定されている。送信部 12 は、各周波数における位相差から得られる群遅延の、超音波探触子 2 の -20 dB の送受信周波数帯域に含まれる周波数帯域と、当該パルス信号における駆動波形の -20 dB の周波数帯域とが重複する周波数帯域における最大値と最小値との差が 0.15 ラジアン以下、又は、超音波探触子 2 の -20 dB の送受信周波数帯域に含まれる周波数帯域と、当該パルス信号における駆動波形の -20 dB の周波数帯域とが重複する周波数帯域における標準偏差が 0.025 以下である駆動波形のパルス信号を出力する。その結果、超音波探触子における群遅延量のバラツキと、駆動波形における群遅延量のバラツキとを小さくして受信信号における群遅延量のバラツキを小さくしたので、設計を容易にして距離分解能に優れた超音波画像を得ることができるようになる。

30

40

【0190】

また、本実施の形態によれば、送信部 12 は、超音波探触子 2 の -20 dB の送受信周波数帯域に含まれる周波数帯域と、当該パルス信号における駆動波形の -20 dB の周波数帯域とが重複する周波数帯域幅が、超音波探触子 2 の -20 dB の送受信周波数帯域幅の 70% 以上をカバーする駆動波形のパルス信号を出力する。その結果、広帯域の超音波の送受信を行うことができる。

50

【 0 1 9 1 】

また、本実施の形態によれば、送信部 1 2 は、周期が 1 . 5 以上である駆動波形のパルス信号を出力する。その結果、パルス信号の出力の際の最大出力電圧を抑えることができ、コストを低減させることができる。

【 0 1 9 2 】

また、本実施の形態によれば、送信部 1 2 は、パルス持続時間が超音波探触子 2 の - 2 0 d B の送受信周波数帯域の中心周波数での 2 周期相当の時間以上である駆動波形のパルス信号を出力する。その結果、パルス信号の出力の際の最大出力電圧を抑えることができ、コストを低減させることができる。

【 0 1 9 3 】

また、本実施の形態によれば、送信部 1 2 は、5 値以下の制御信号によりパルス信号を出力する。その結果、安価で距離分解能を向上させることができるようになる。

【 0 1 9 4 】

また、本実施の形態によれば、送信部 1 2 は、それぞれ駆動波形の異なるパルス信号を同一走査線上に時間間隔をおいて複数回出力する。画像生成部 1 4 は、複数回のパルス信号によって生成された送信超音波の反射超音波から得られた各受信信号を合成し、合成した受信信号に基づいて超音波画像データを生成する。その結果、パルスインバージョン法において、広帯域で高調波を受信することができるので、安価で距離分解能がさらに向上した超音波画像を得ることができるようになる。

【 0 1 9 5 】

また、本実施の形態によれば、送信部 1 2 は、それぞれ駆動波形が非対称のパルス信号を同一走査線上に時間間隔をおいて複数回出力する。その結果、高度の正負駆動対称性を有する送信駆動装置を備えていなくても、分解能を維持しつつペネトレーションを向上させることができるようになる。

【 0 1 9 6 】

また、本実施の形態によれば、送信部 1 2 は、周波数パワースペクトルの強度ピークが、超音波探触子 2 の - 2 0 d B の送受信周波数帯域の中心周波数よりも低周波側と、当該中心周波数よりも高周波側とのそれぞれに含まれるパルス信号を出力する。その結果、広帯域の送波を行うことができ、高次高調波成分だけでなく差音成分も利用できるようになって広帯域の高調波を受信できるようになり、距離分解能が向上する。

【 0 1 9 7 】

また、本実施の形態によれば、送信部 1 2 は、周波数パワースペクトルの強度ピークが、超音波探触子 2 の - 2 0 d B の送受信周波数帯域の中心周波数よりも高周波側に 2 以上含まれるパルス信号を出力する。その結果、より広帯域の高調波を受信できるようになり、距離分解能がより向上する。

【 0 1 9 8 】

なお、本発明の実施の形態における記述は、本発明に係る超音波画像診断装置の一例であり、これに限定されるものではない。超音波画像診断装置を構成する各機能部の細部構成及び細部動作に関しても適宜変更可能である。

【 符号の説明 】

【 0 1 9 9 】

- S 超音波画像診断装置
- 2 超音波探触子
- 1 2 送信部
- 1 4 画像生成部
- 1 8 制御部

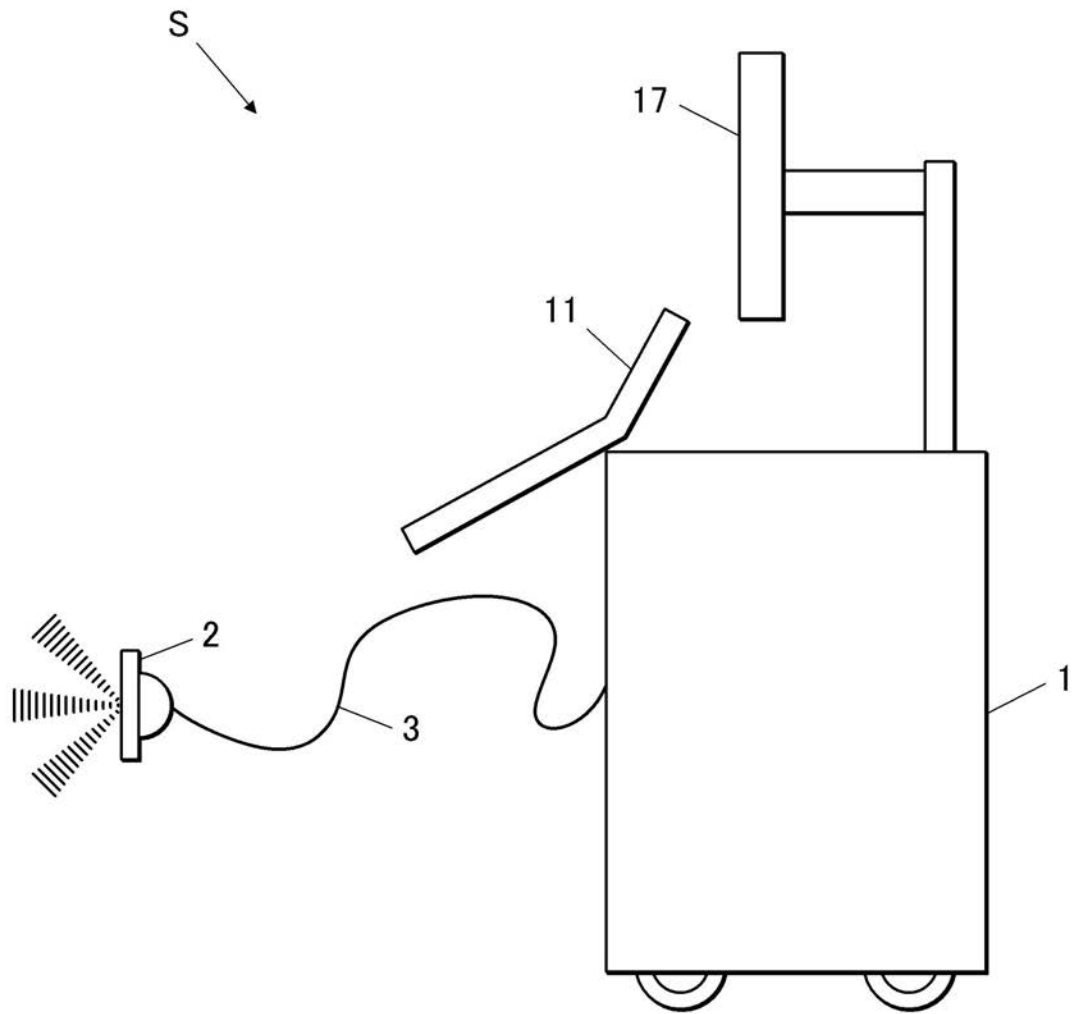
10

20

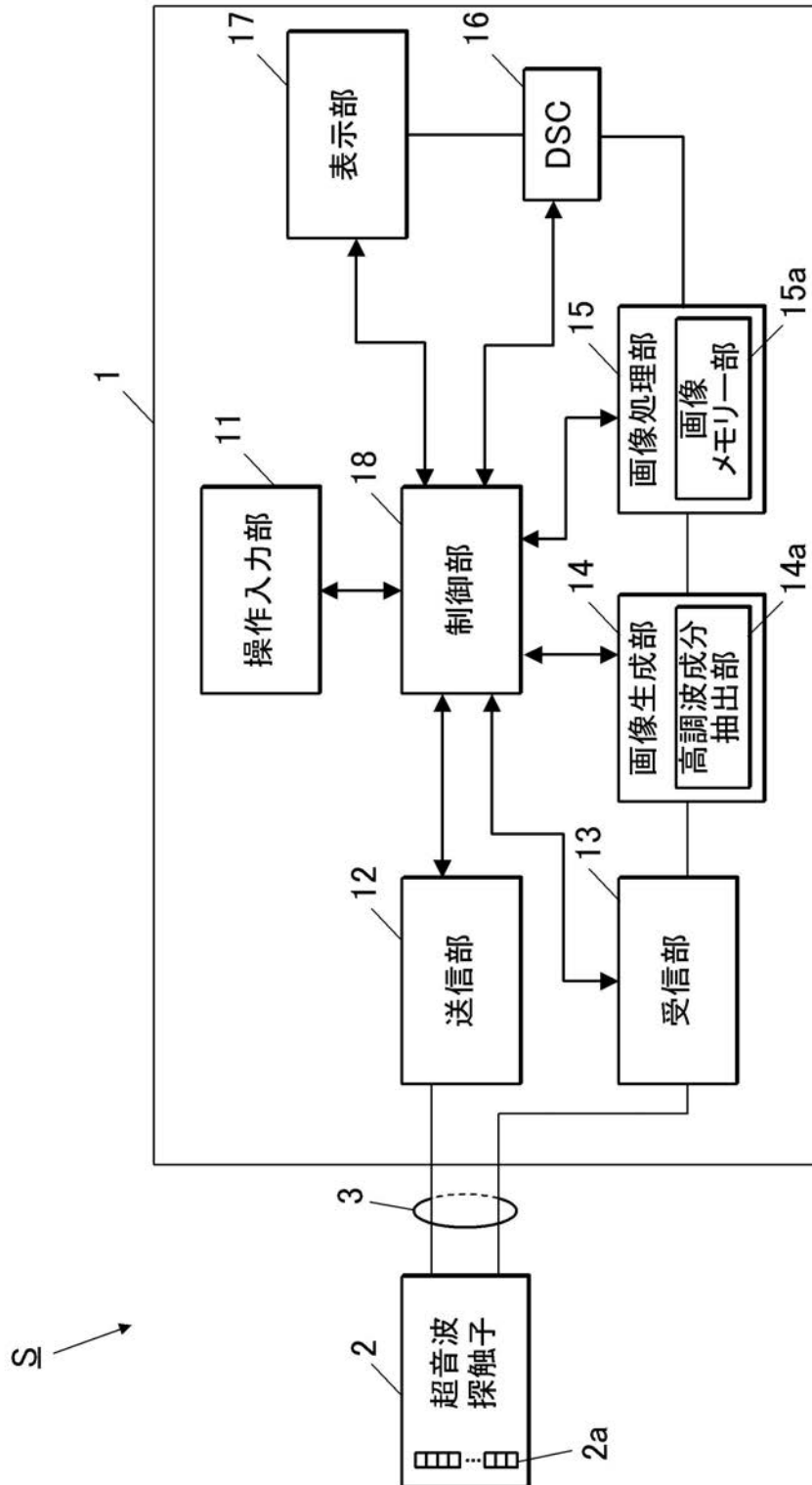
30

40

【図 1】

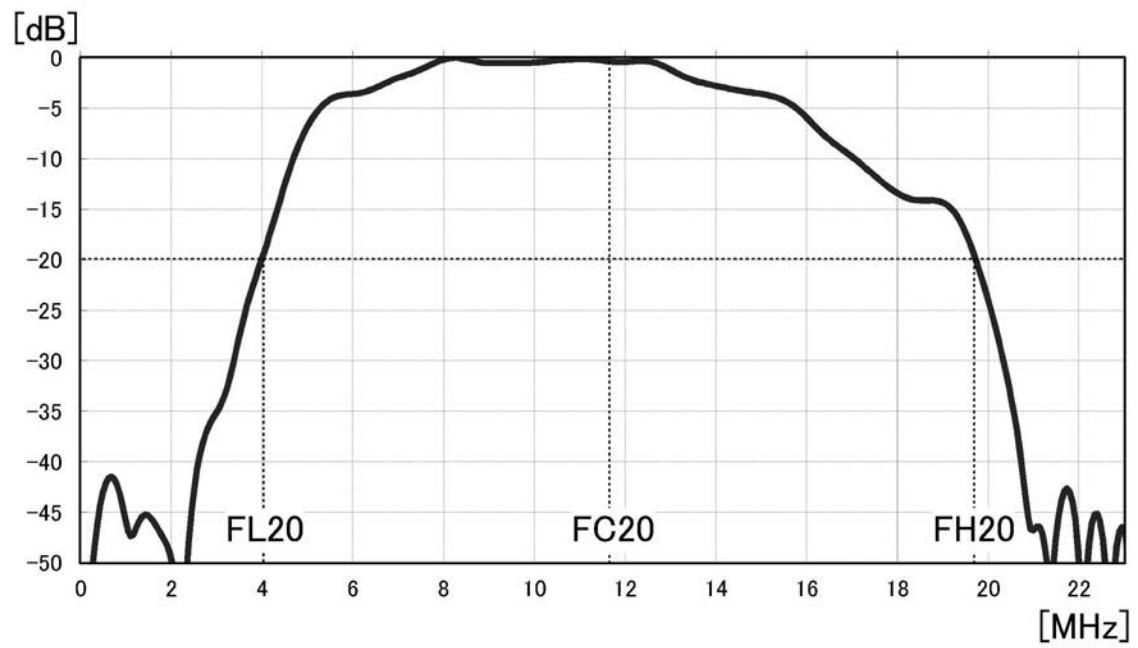


【図 2】

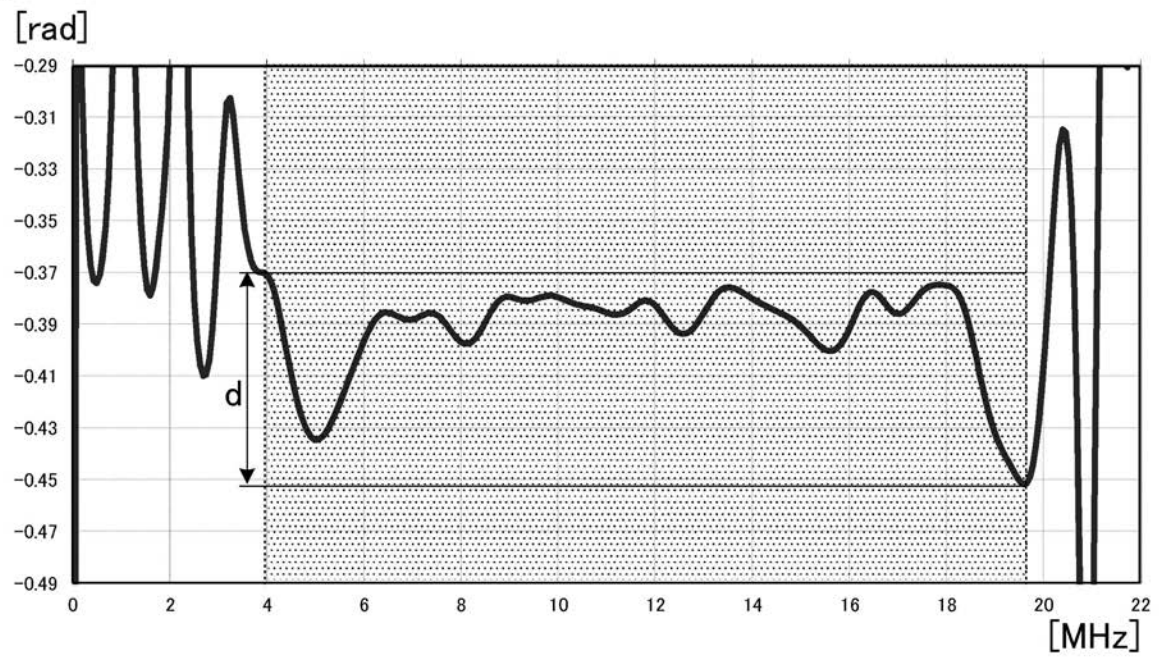


【図 3】

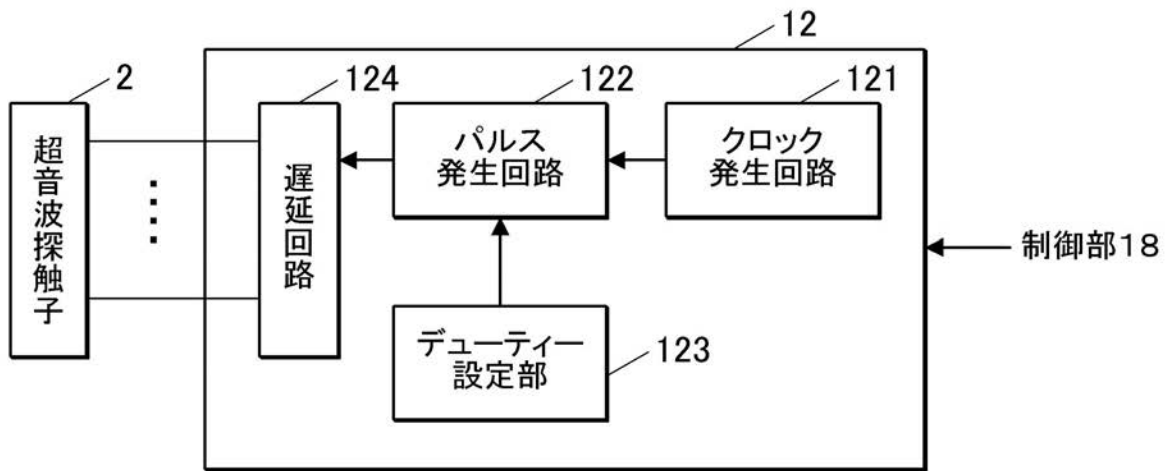
(A)



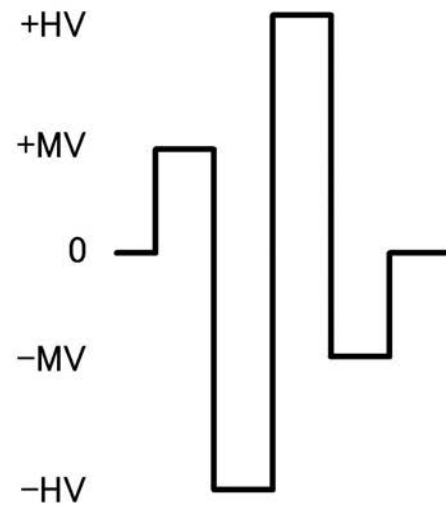
(B)



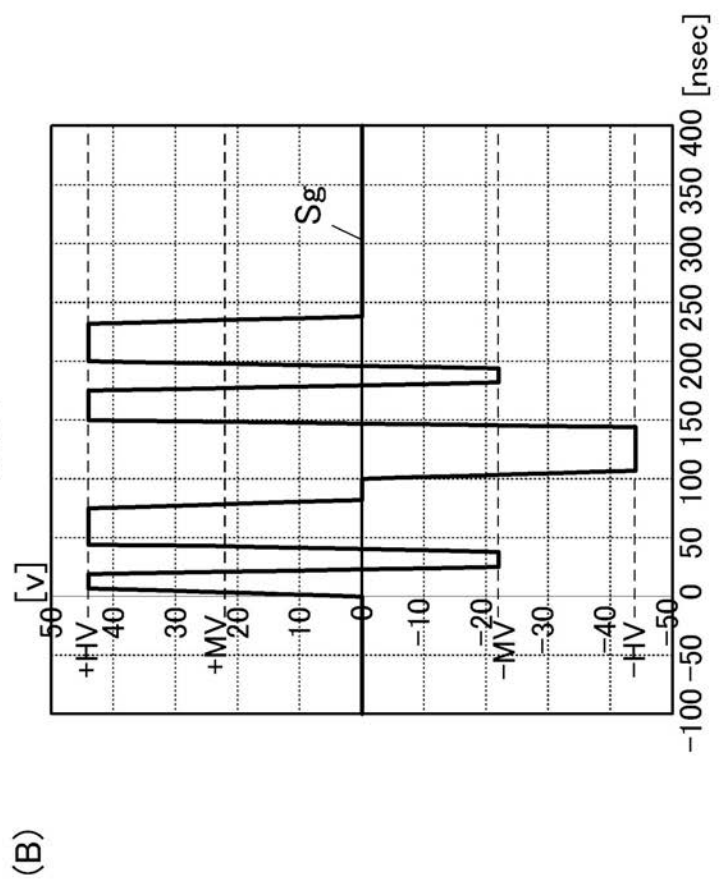
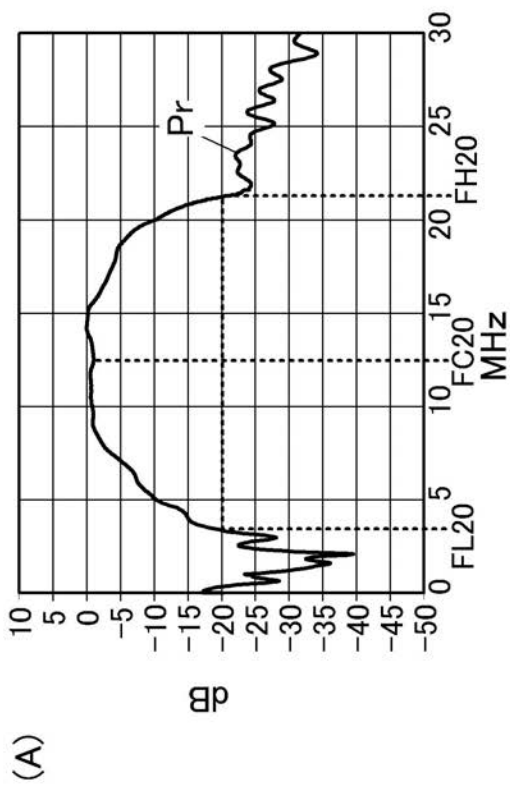
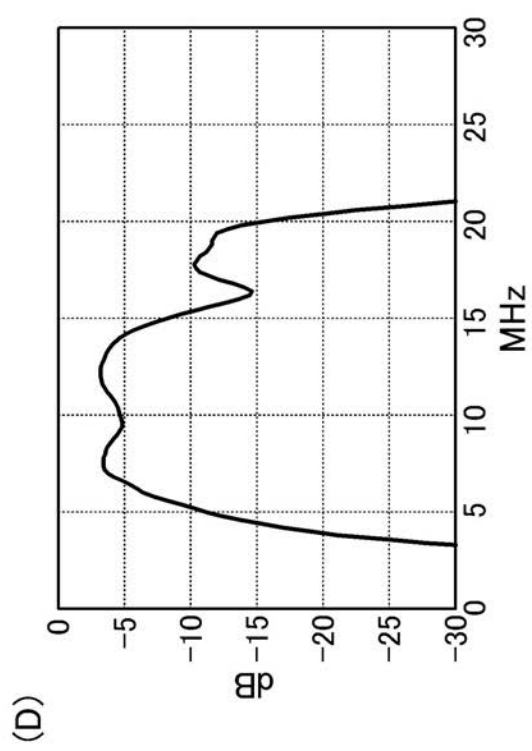
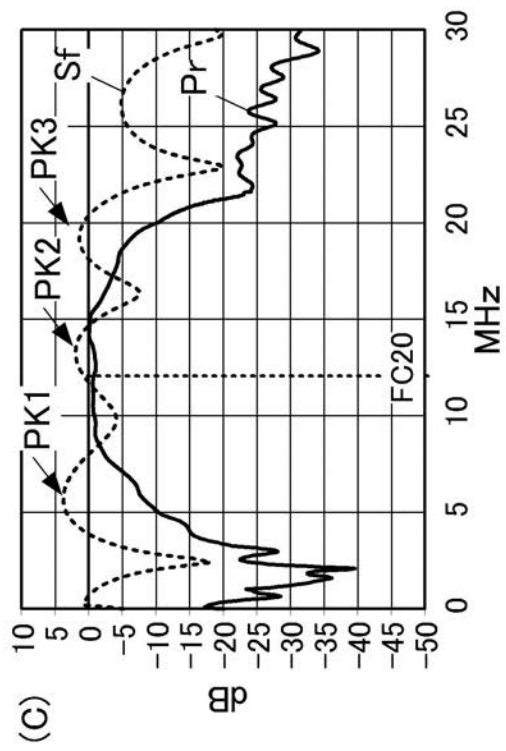
【図 4】



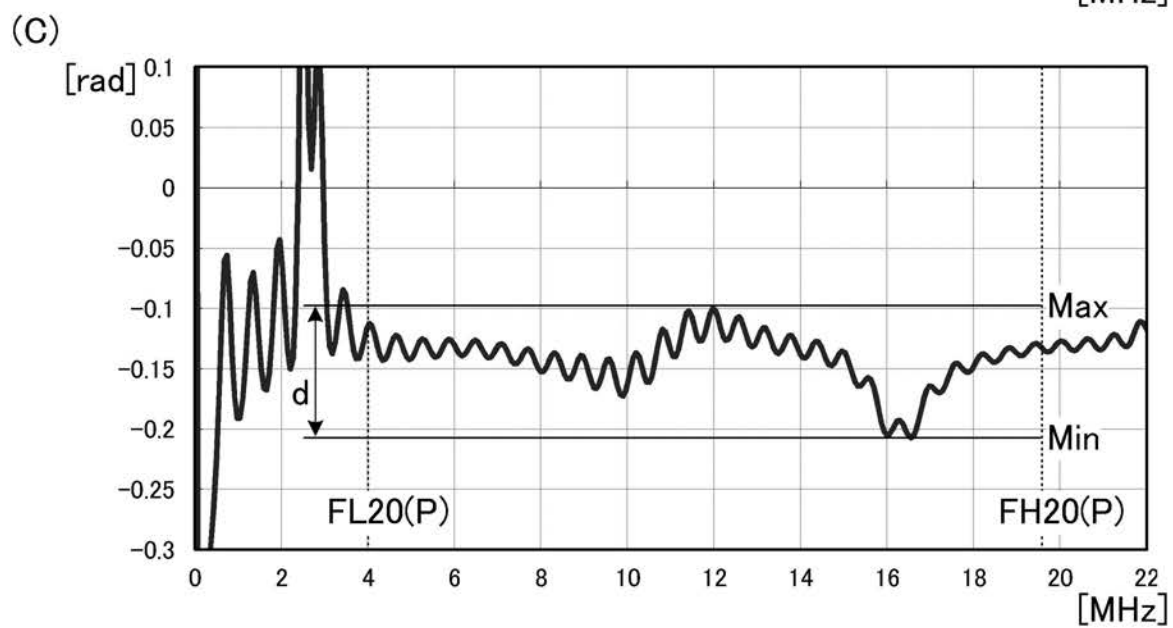
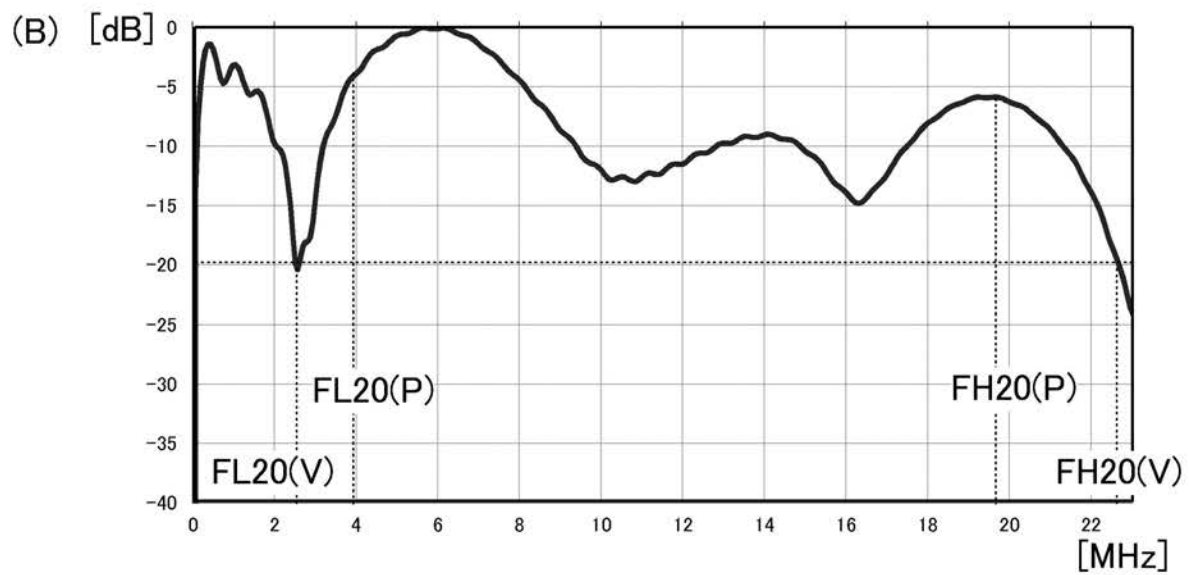
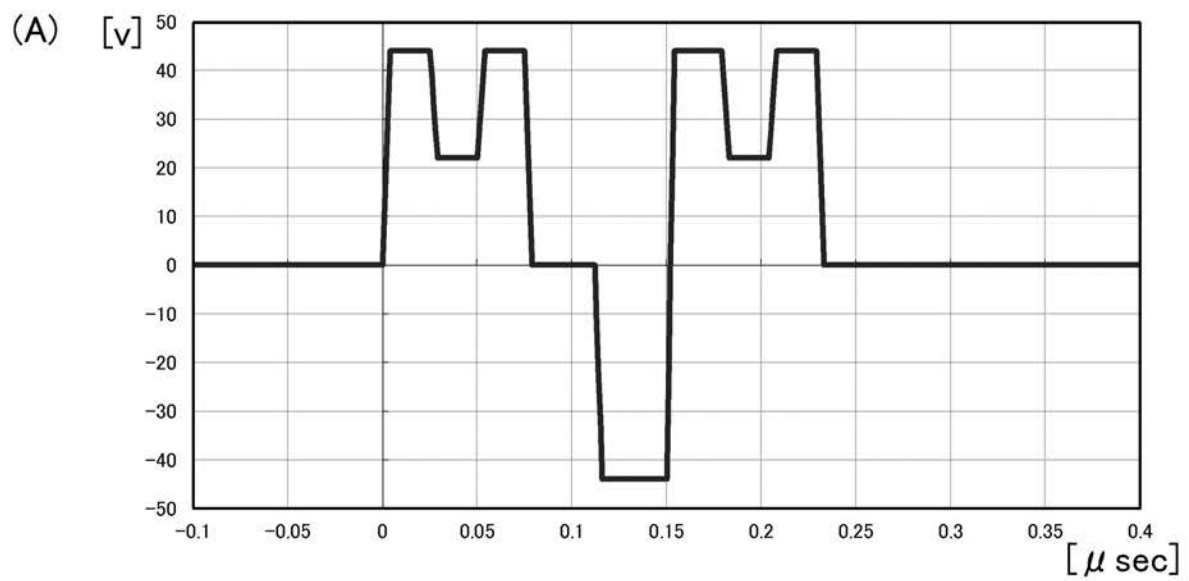
【図 5】



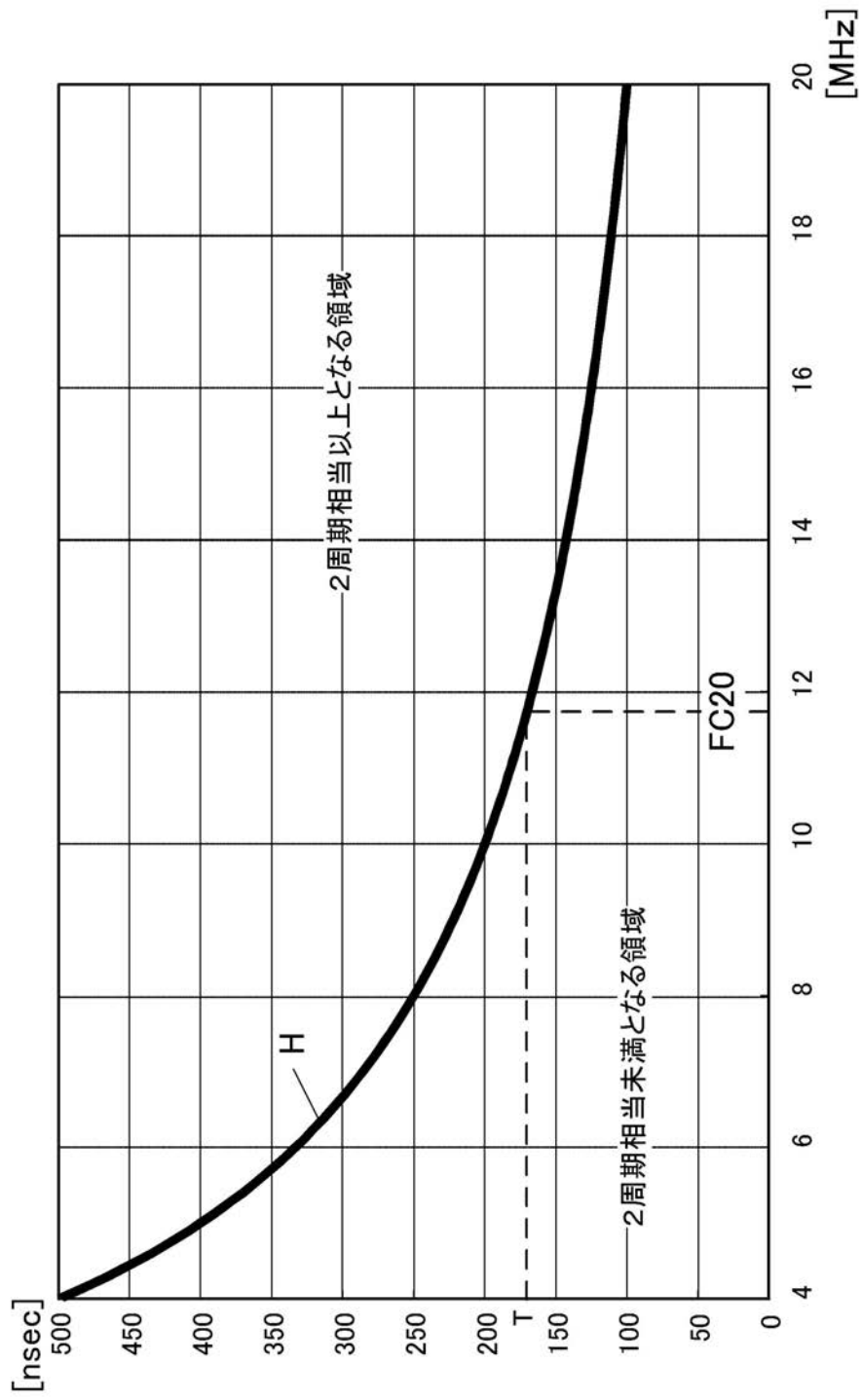
【図 6】



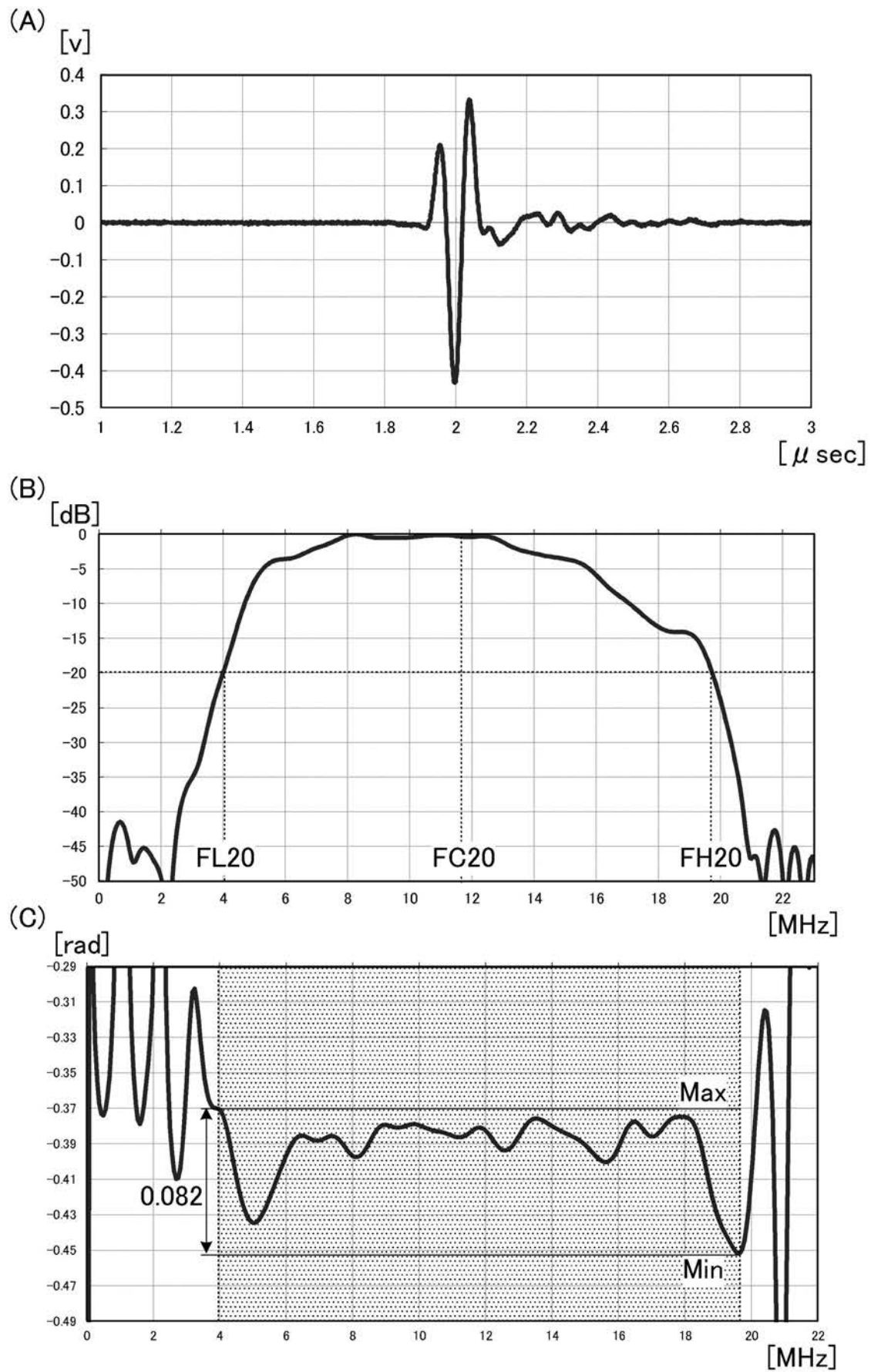
【 図 7 】



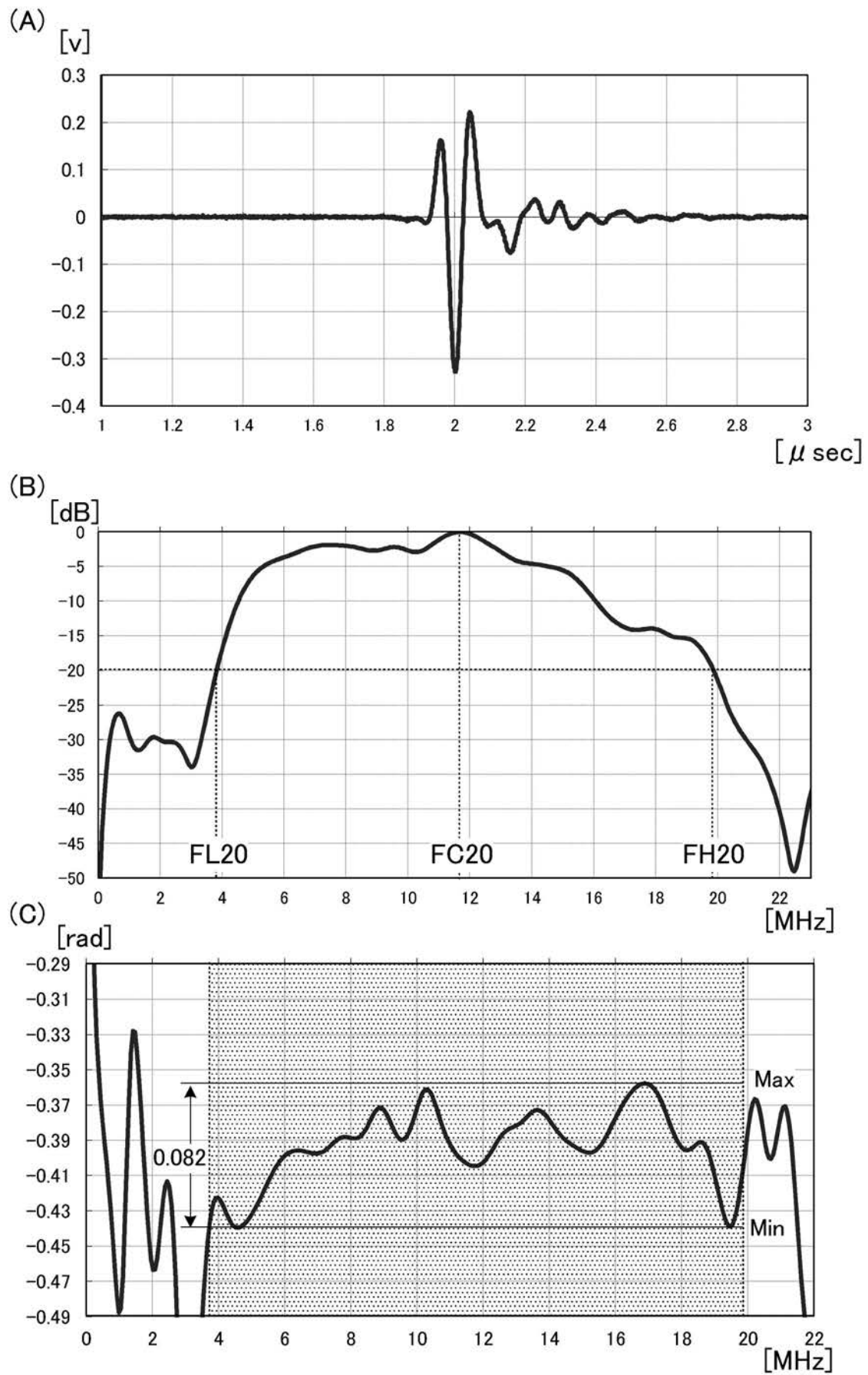
【図 8】



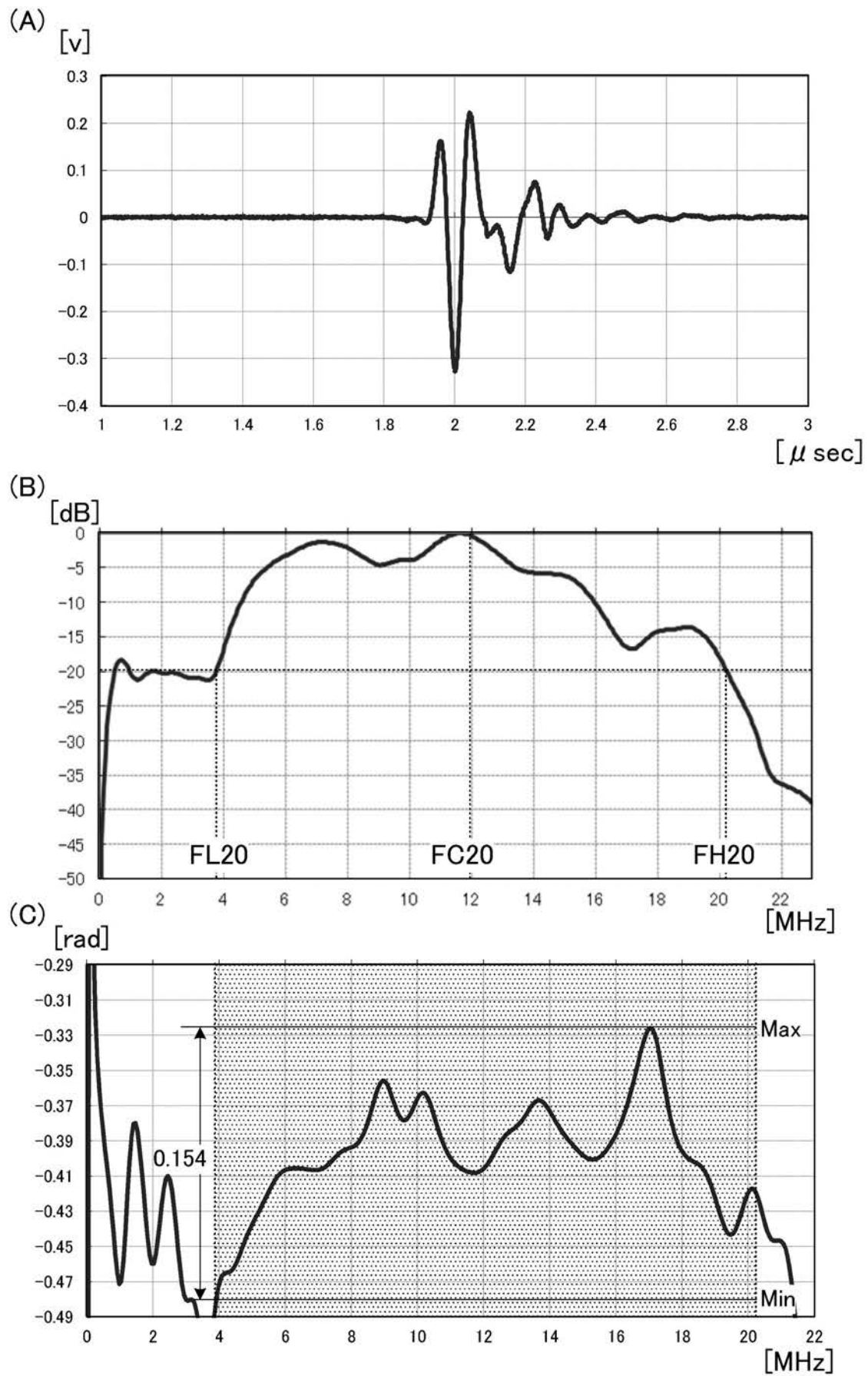
【図 9】



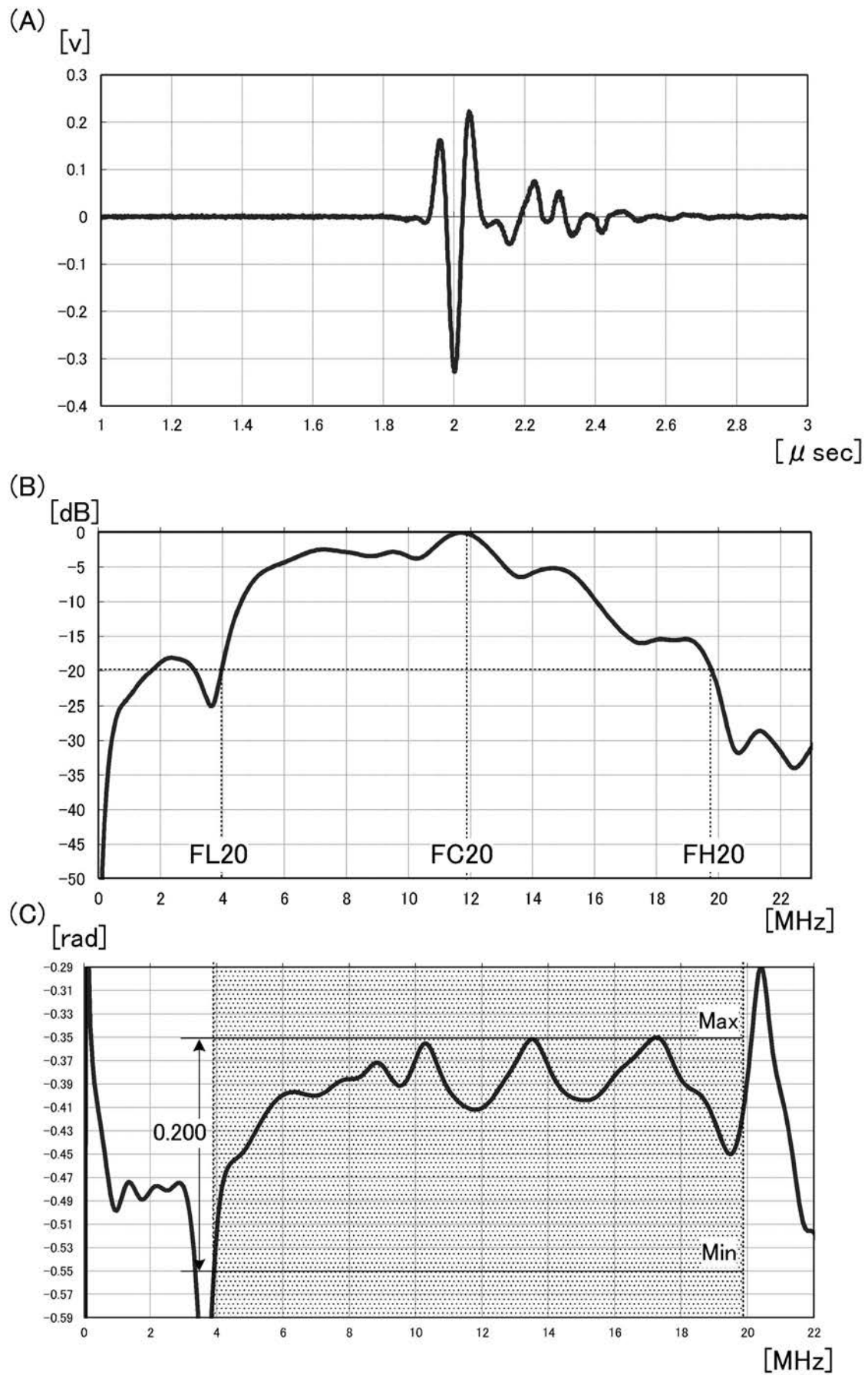
【図 10】



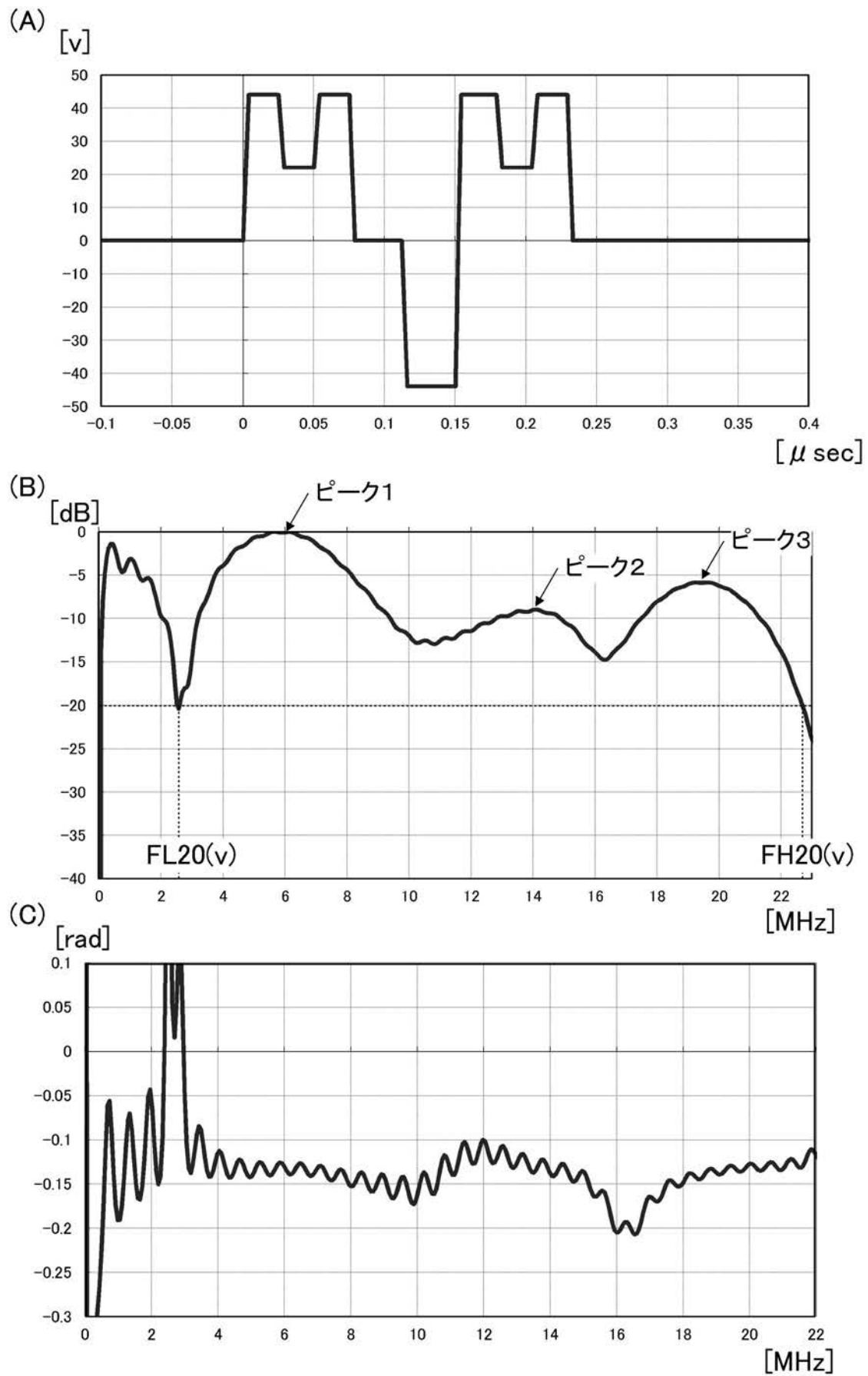
【図 11】



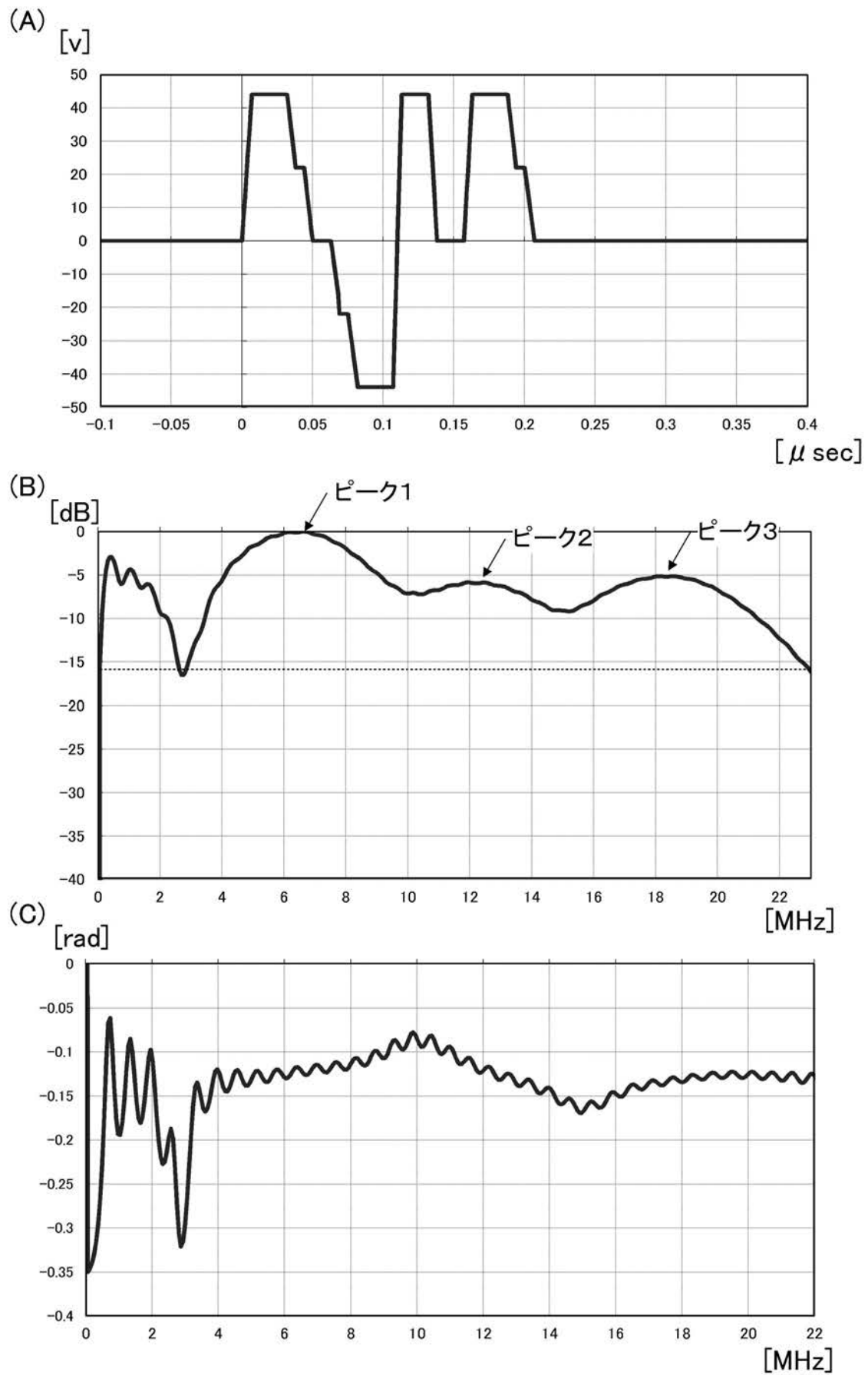
【図 12】



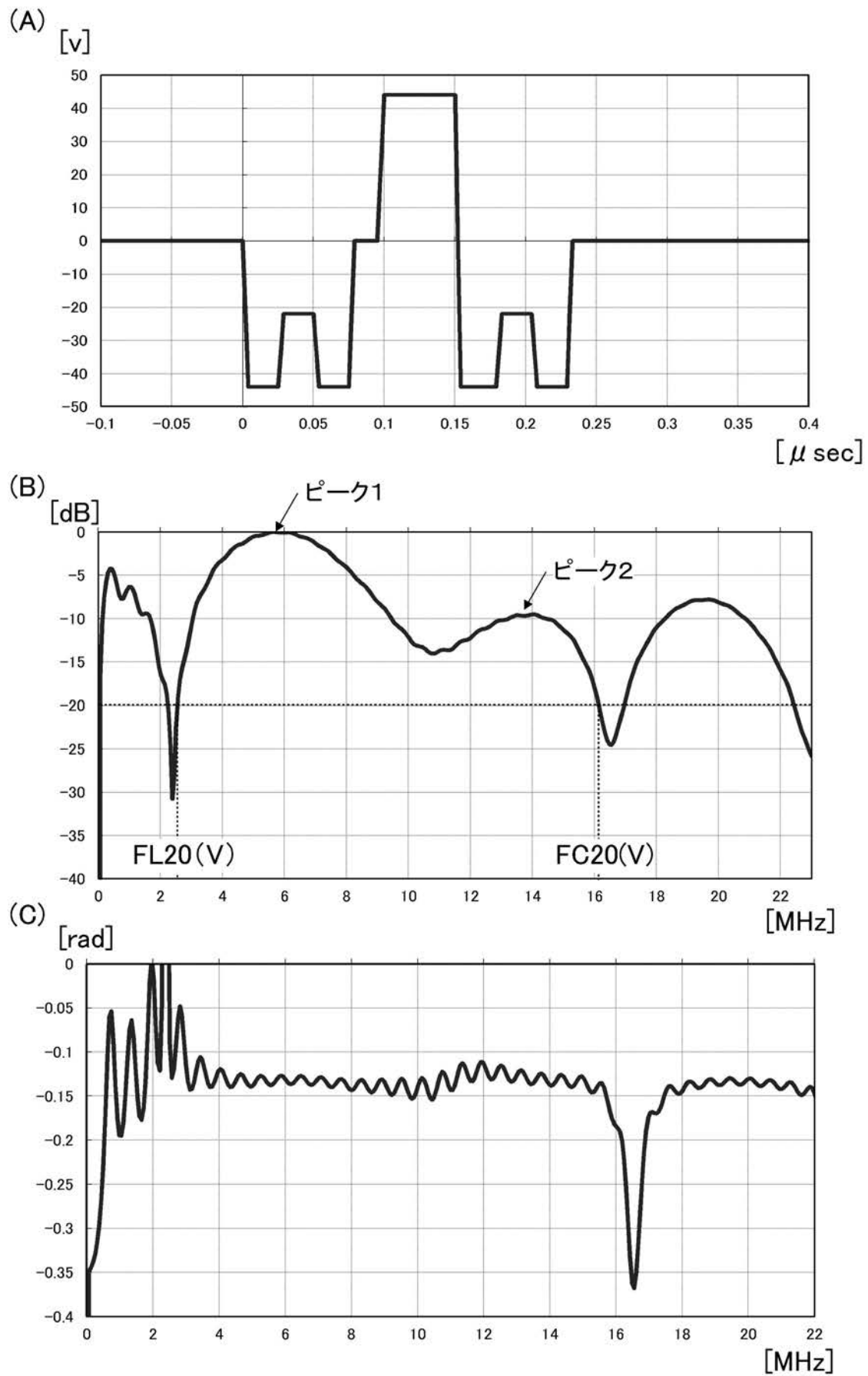
【図 13】



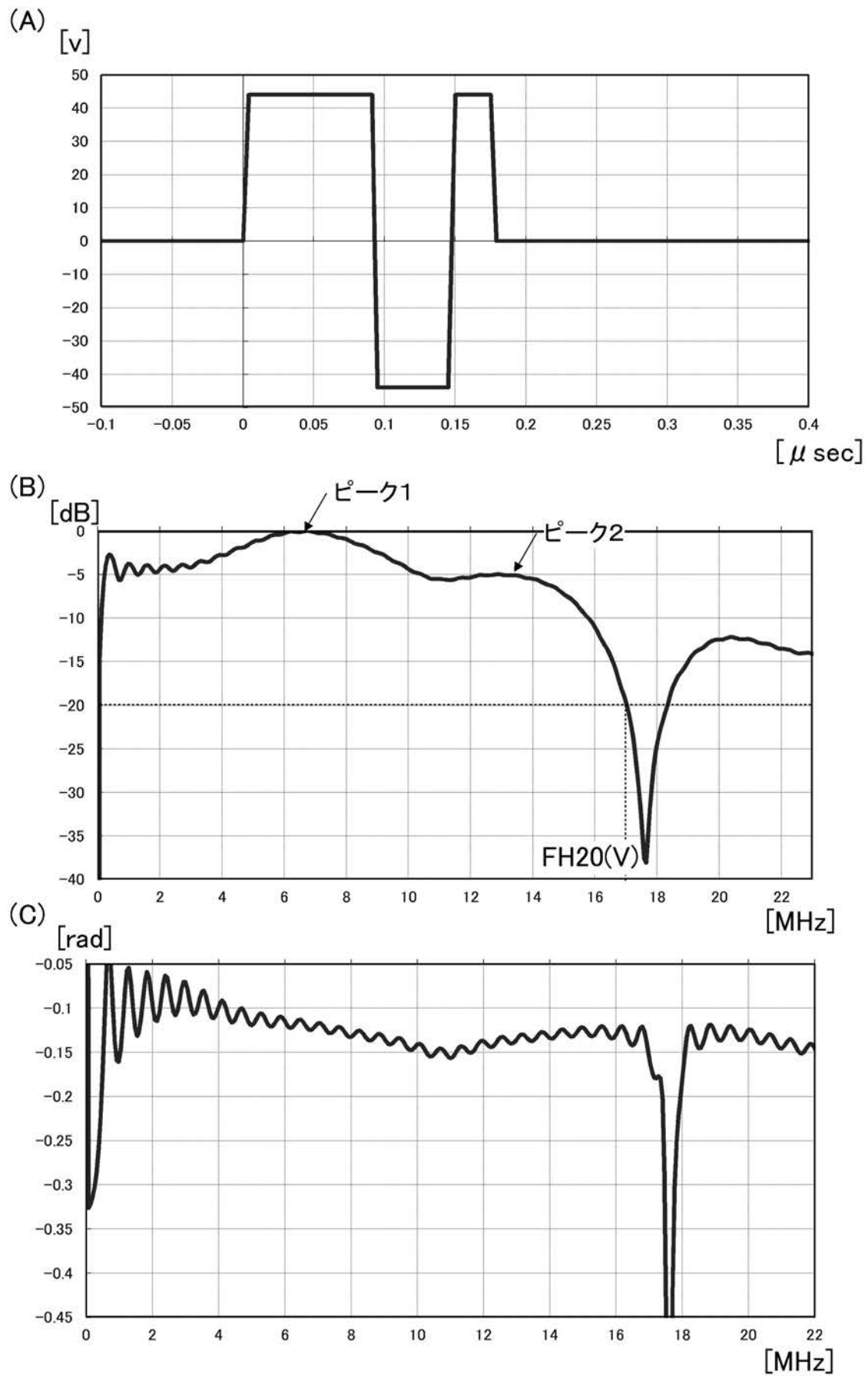
【図 14】



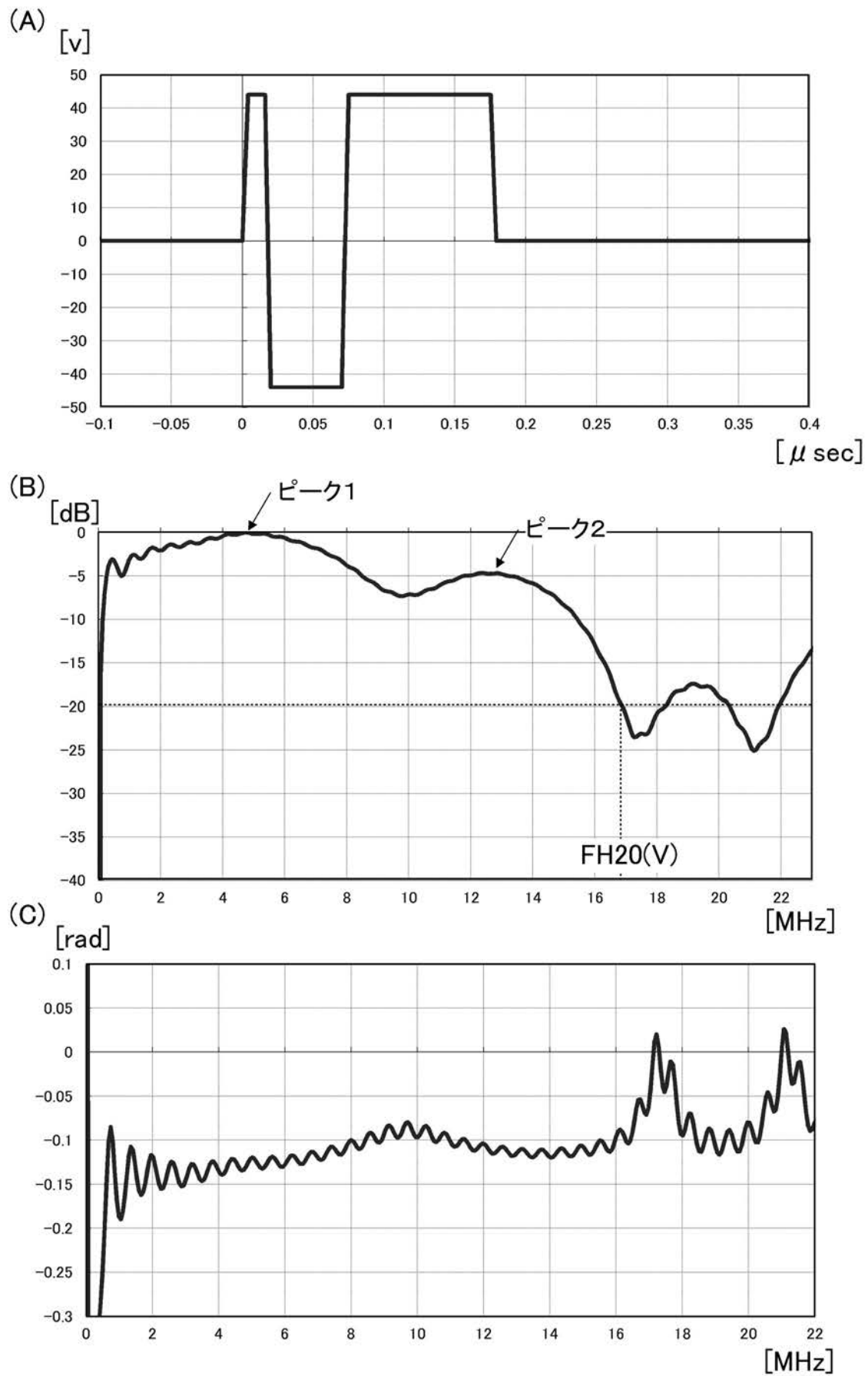
【図 15】



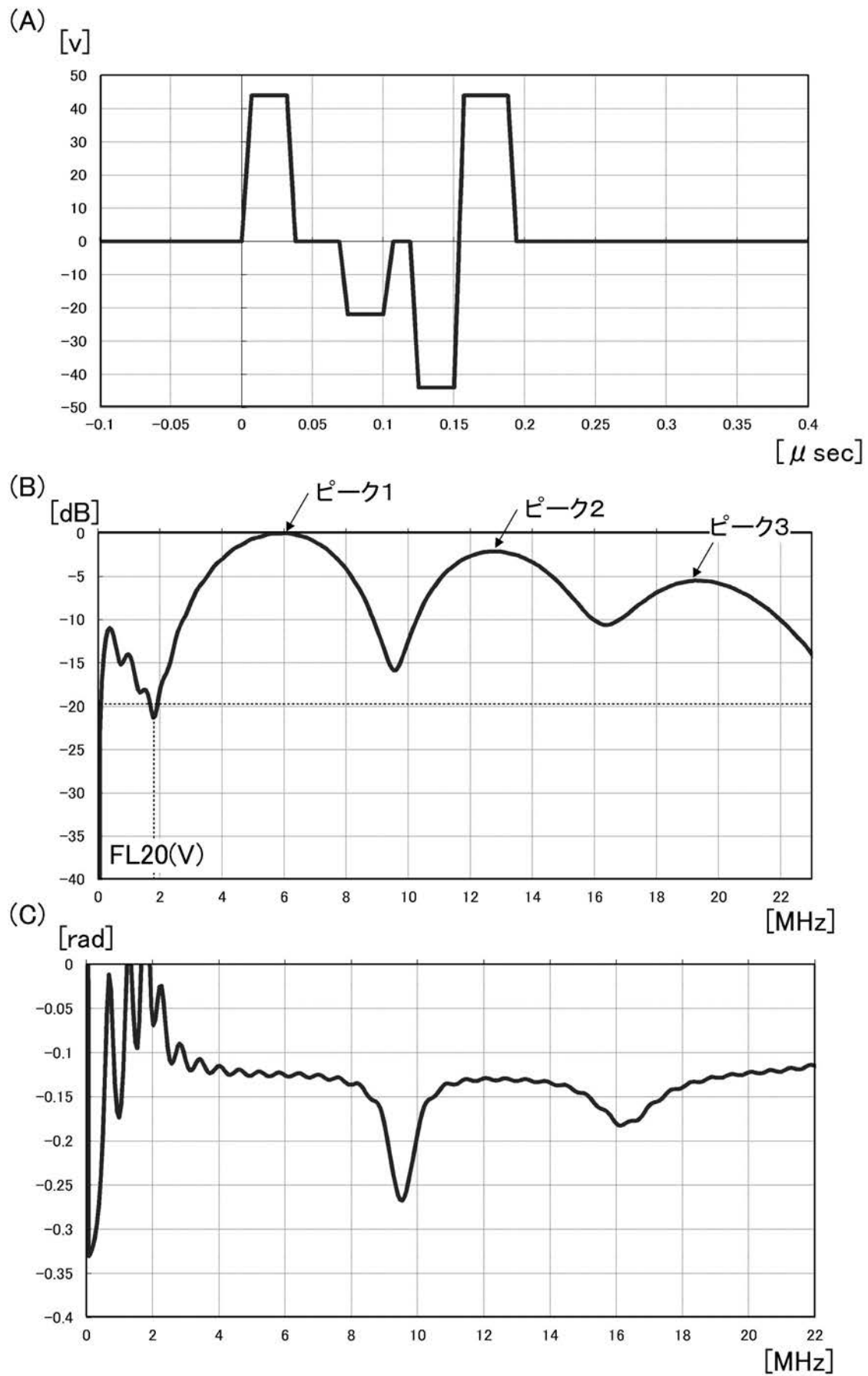
【図 16】



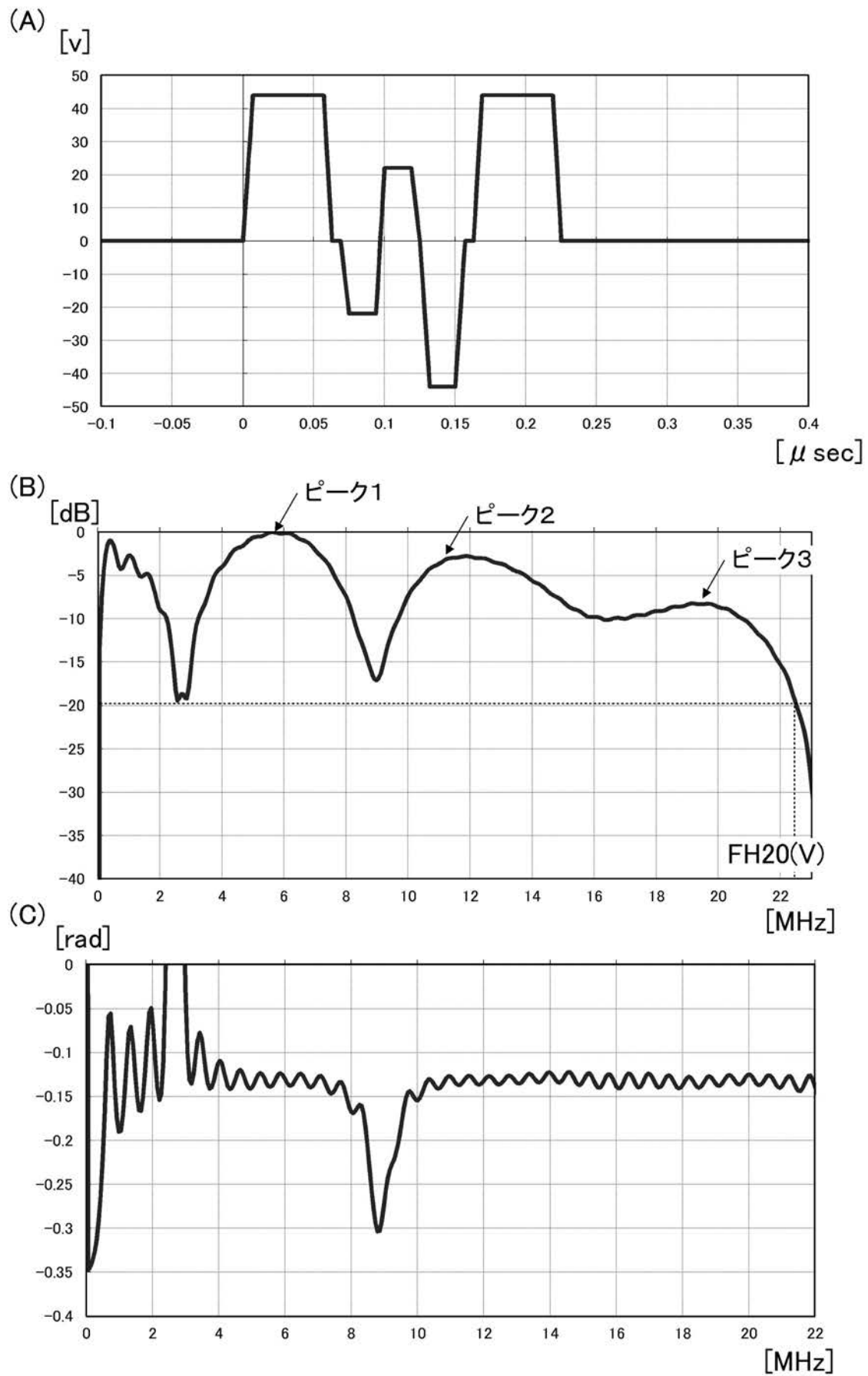
【図 17】



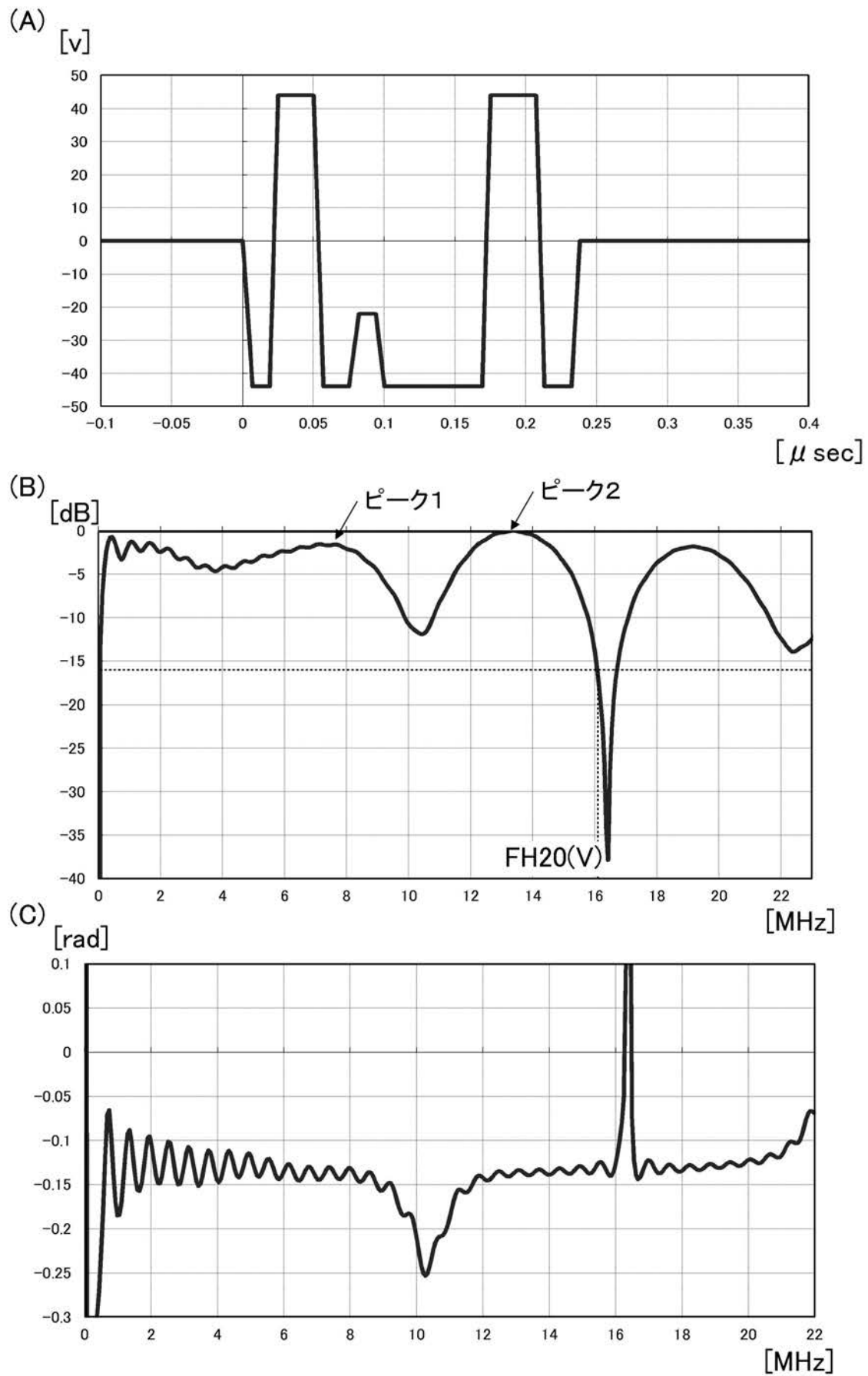
【図 18】



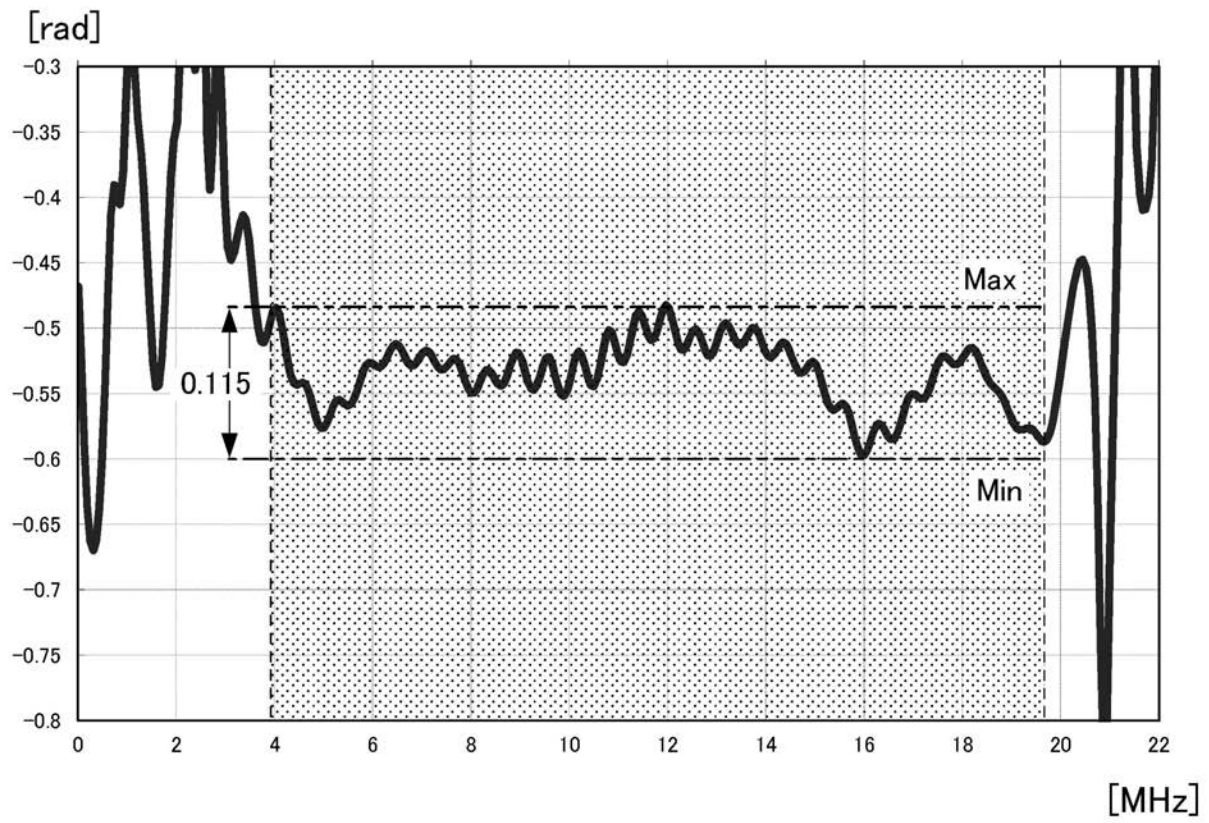
【図 19】



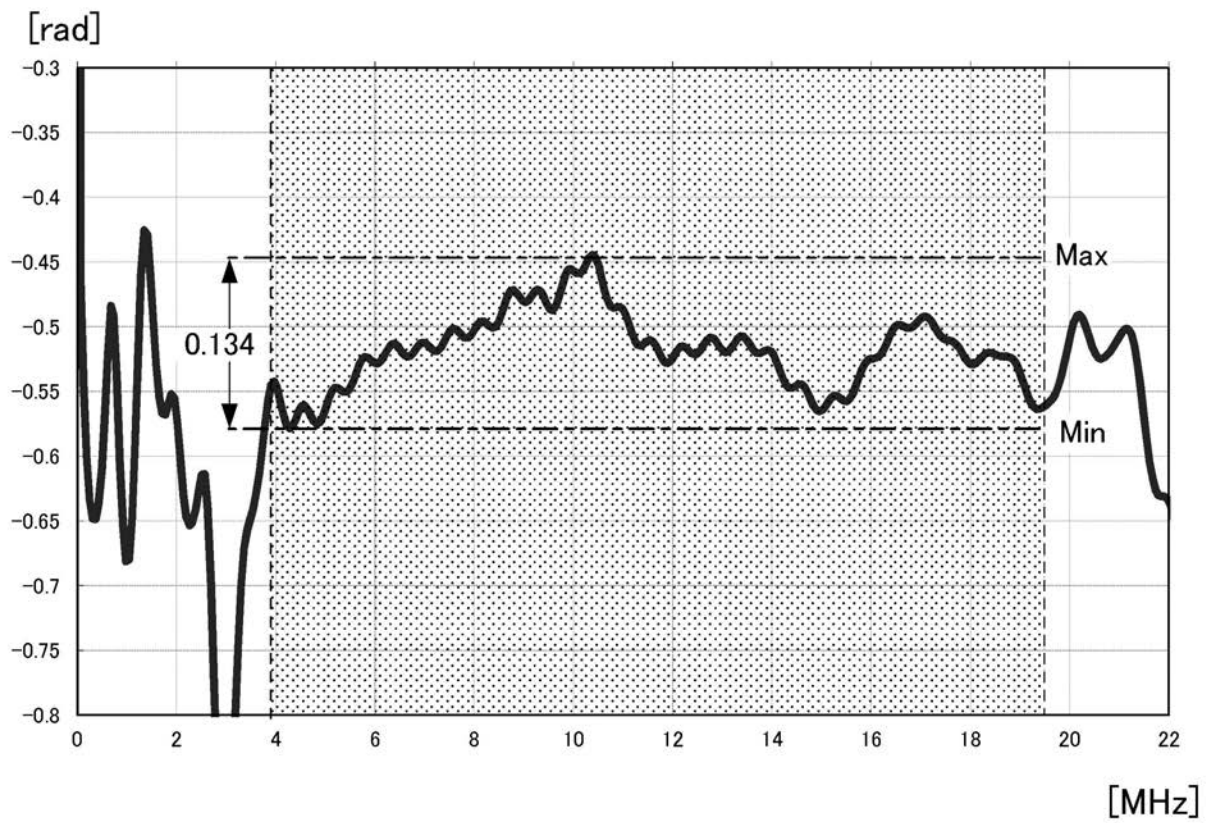
【図 20】



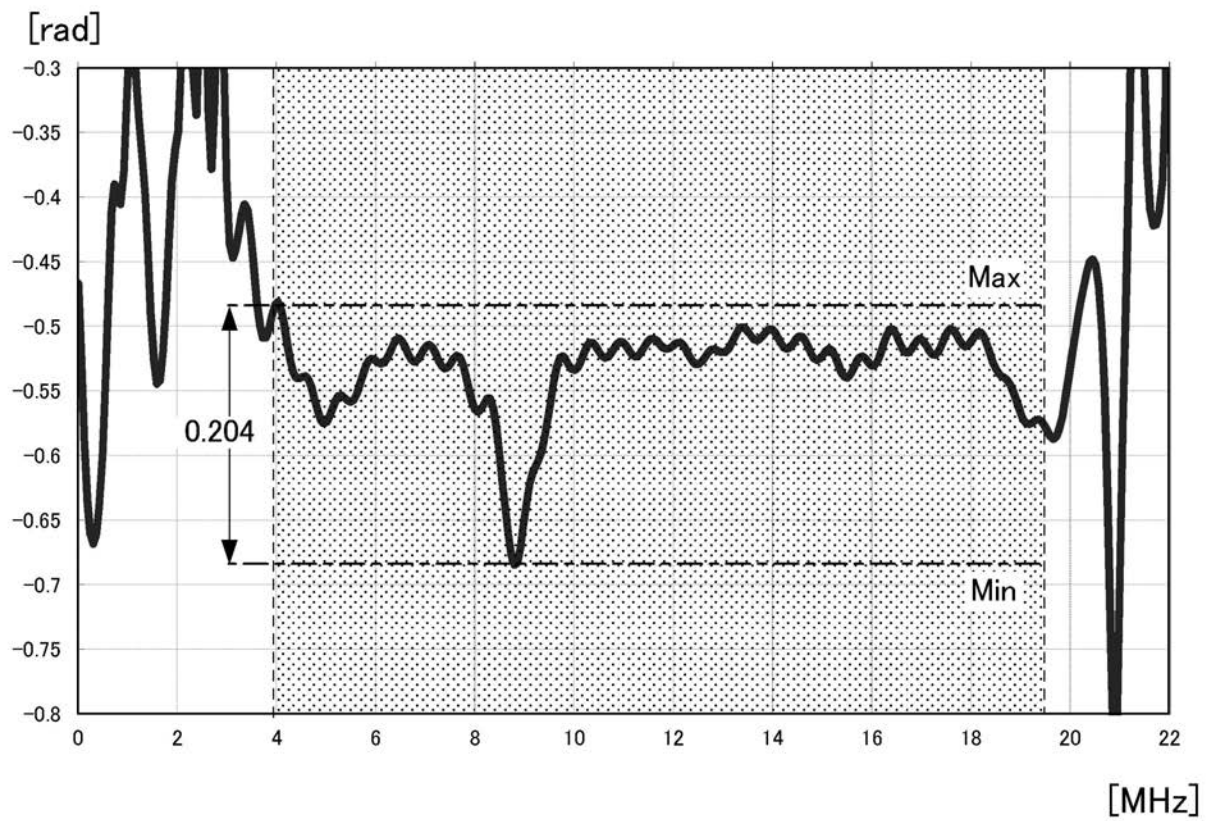
【図 2 1】



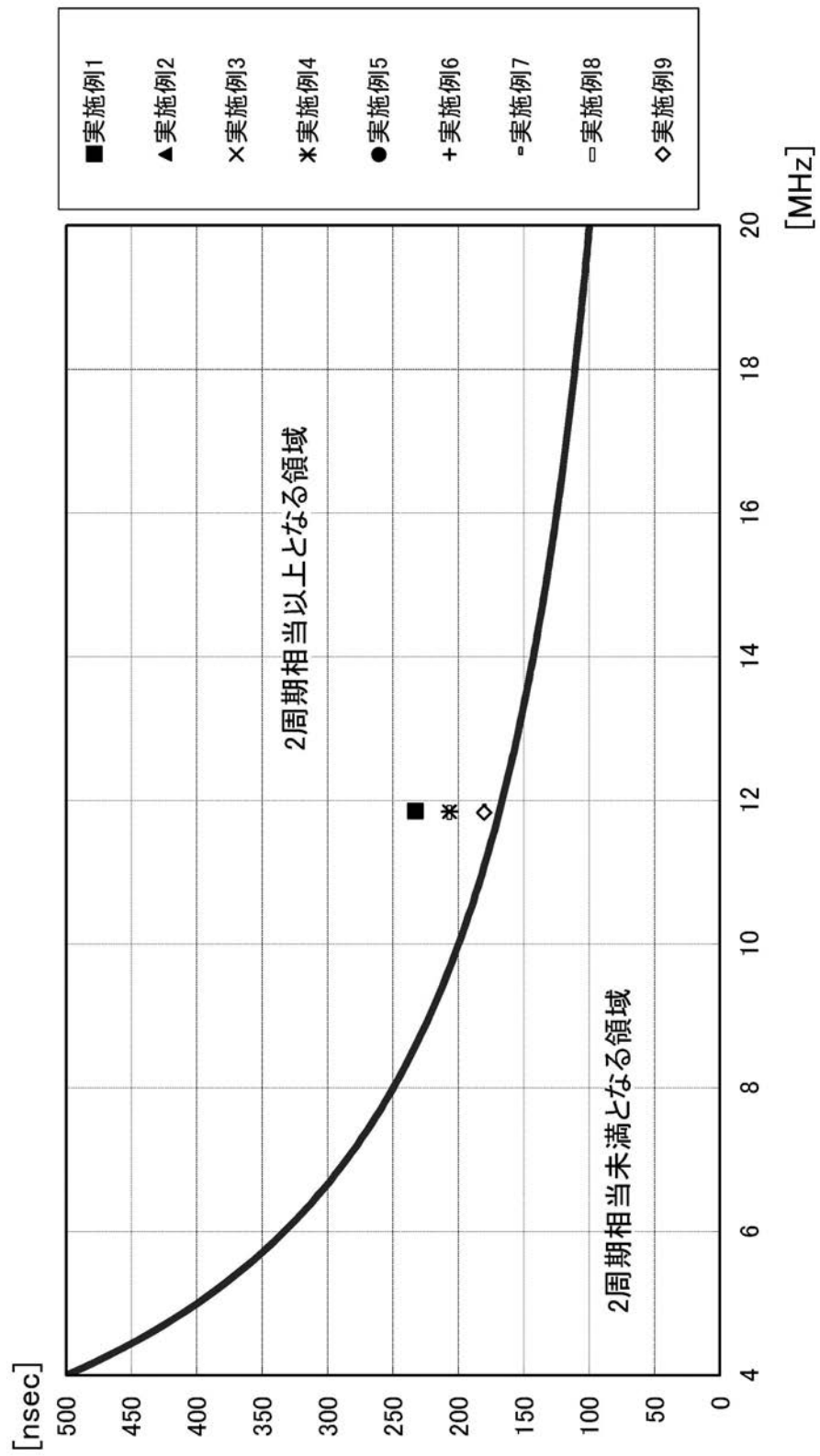
【図 2 2】



【図 23】

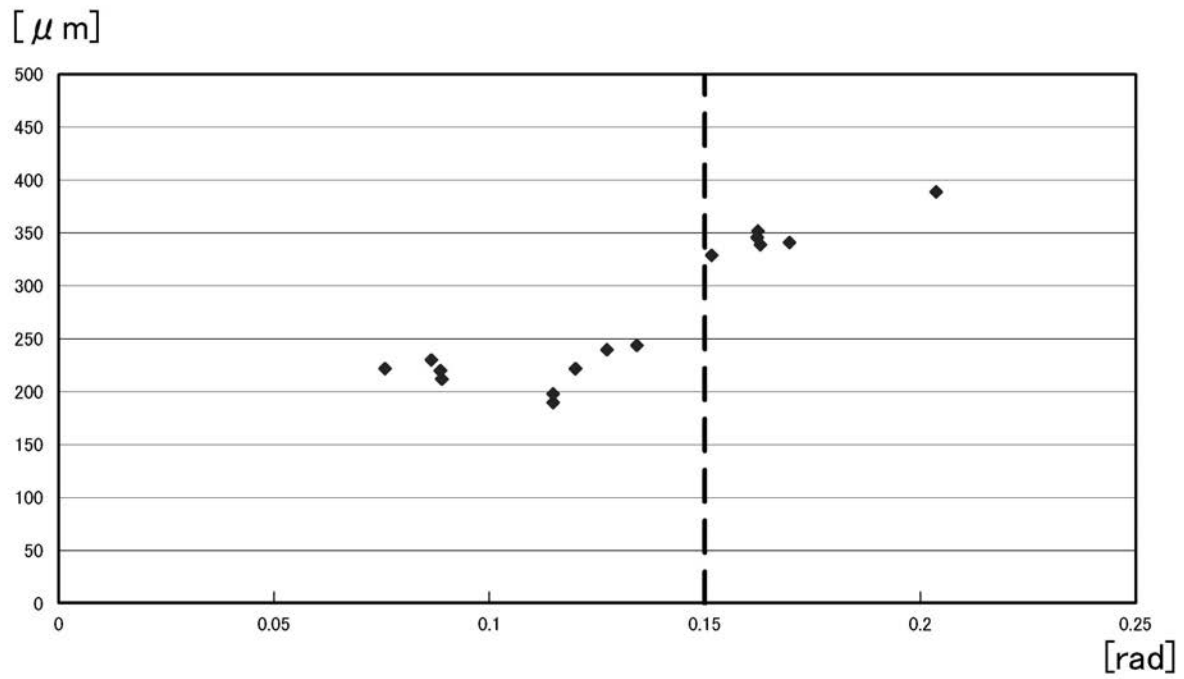


【図 2 4】

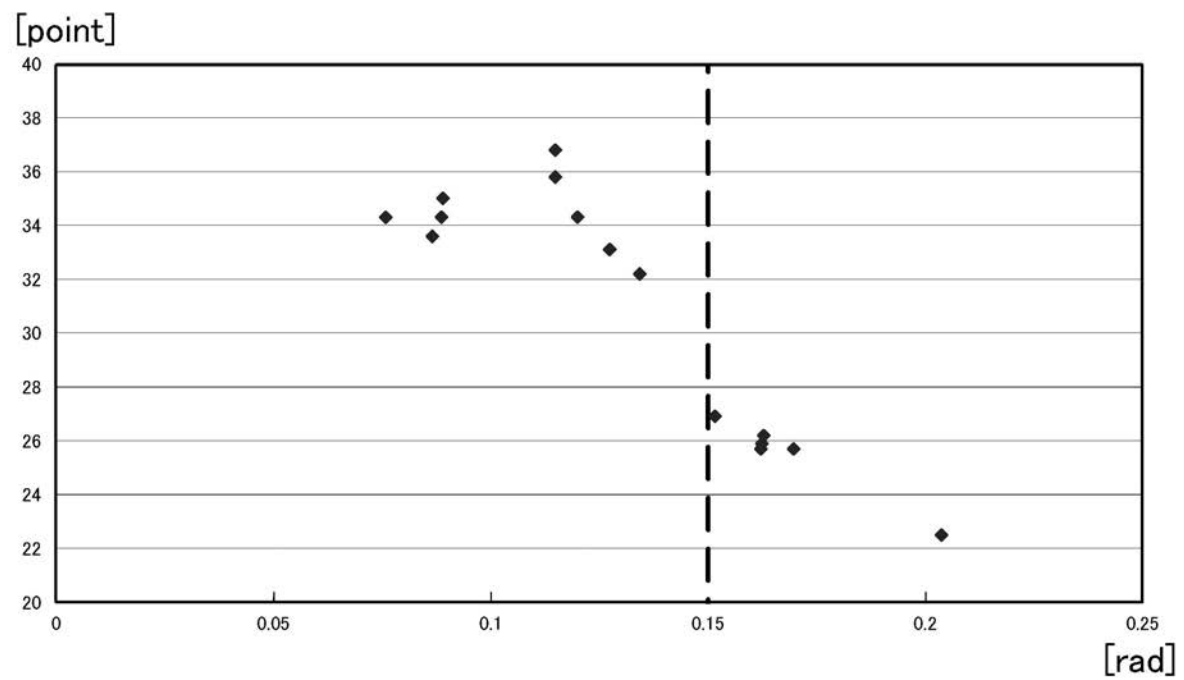


【図 25】

(A)

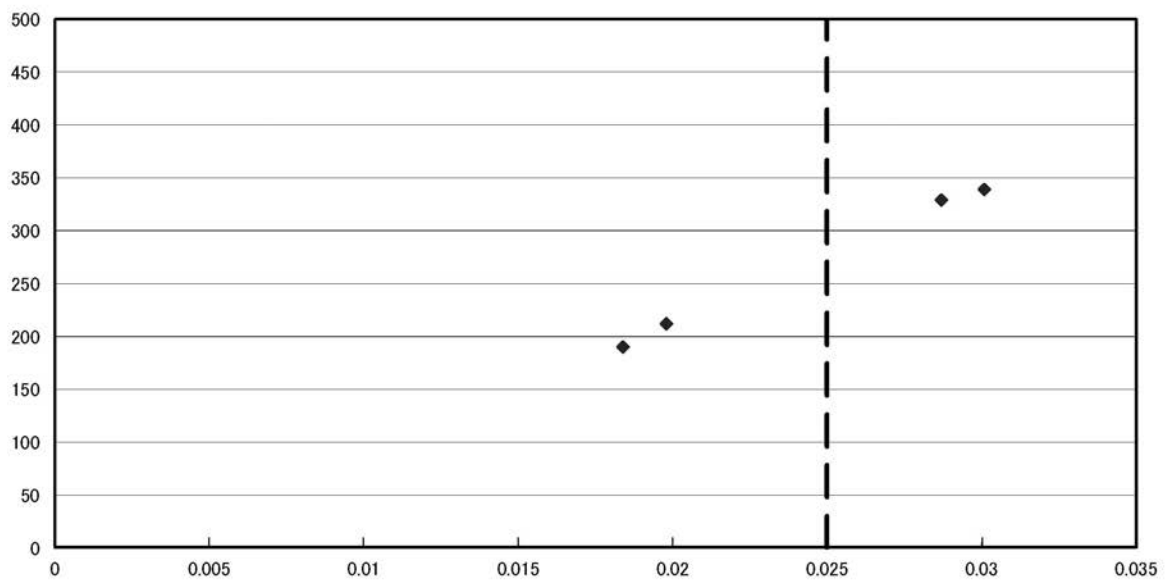


(B)



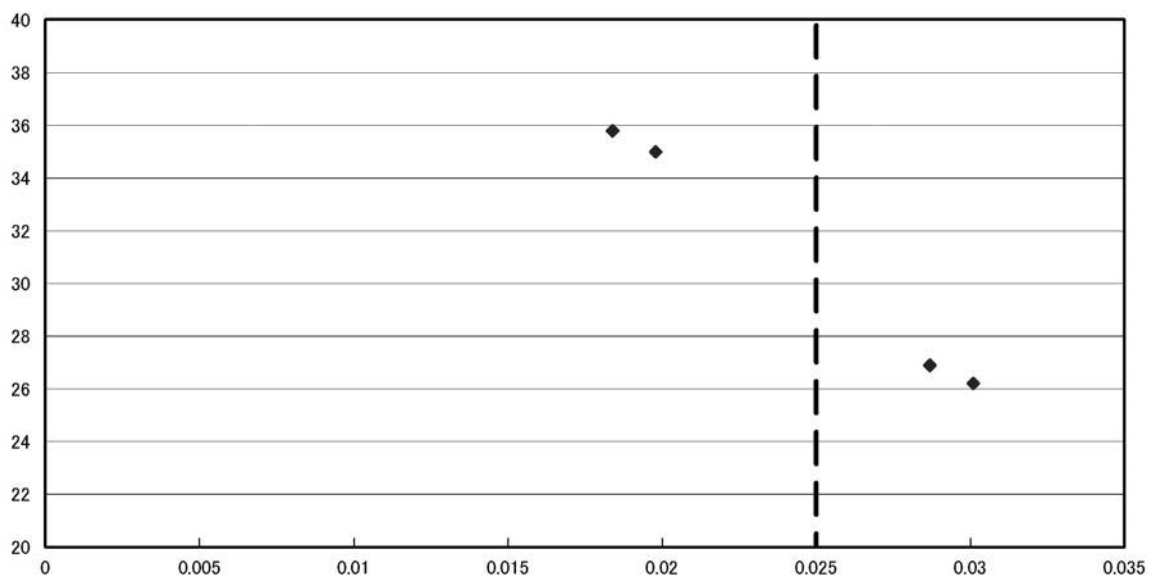
【図 26】

(A)

[μm]

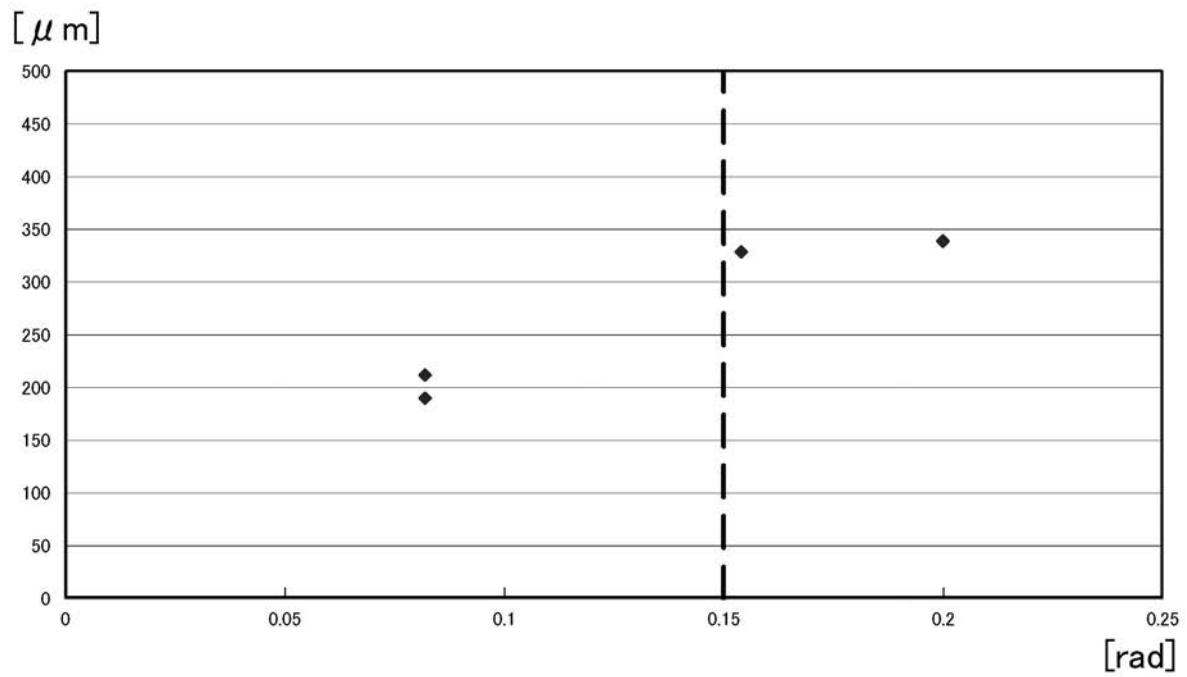
(B)

[point]

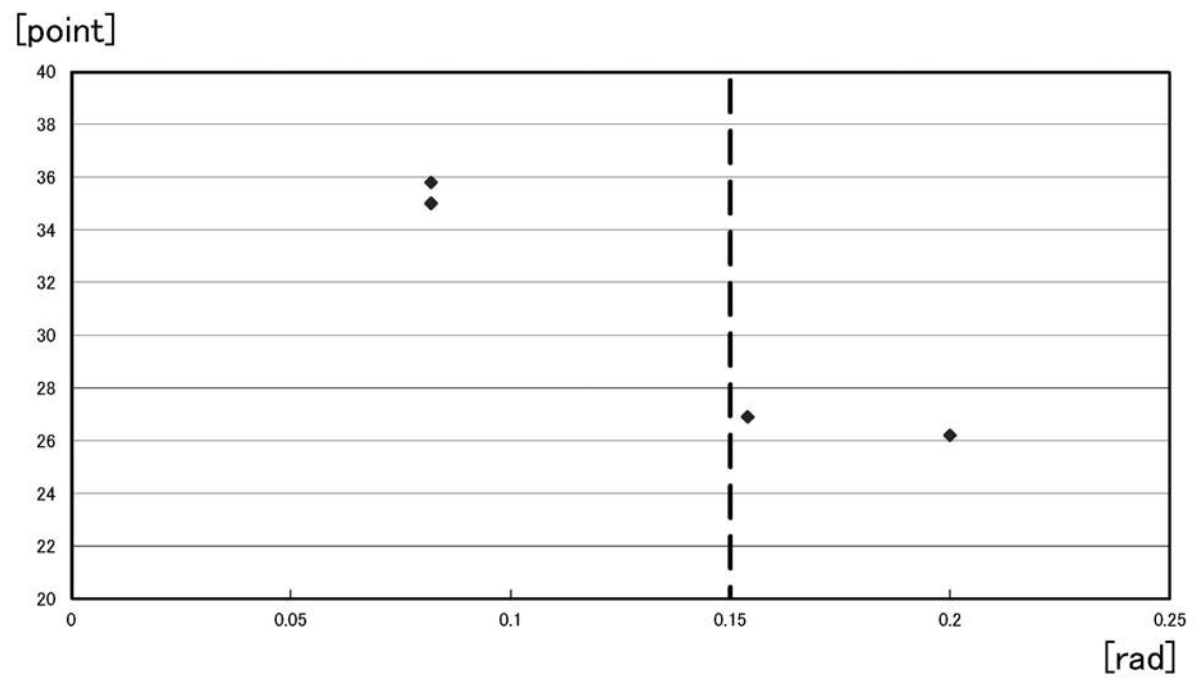


【図 27】

(A)

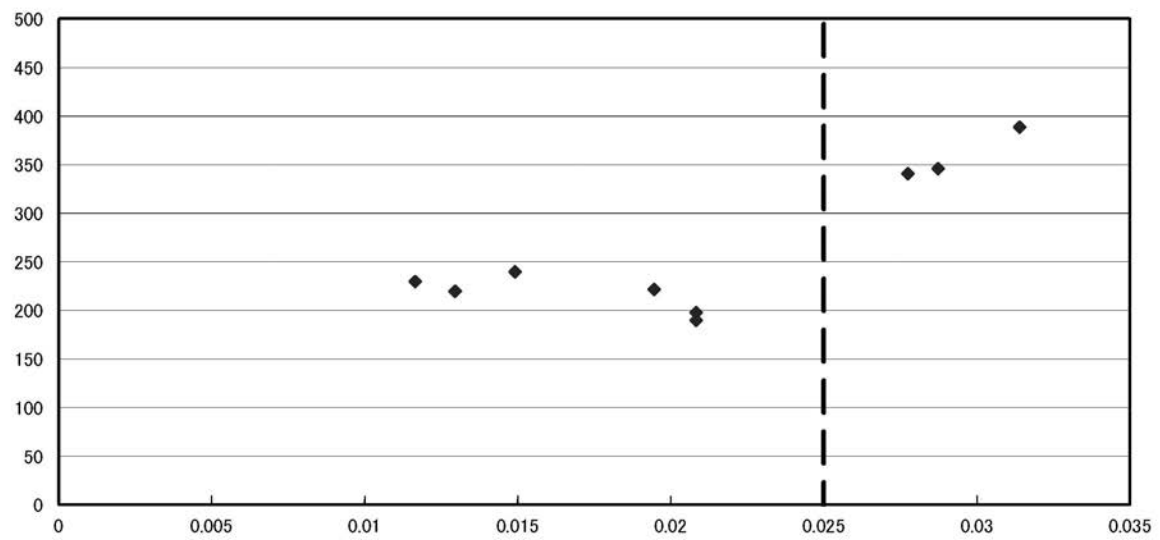


(B)



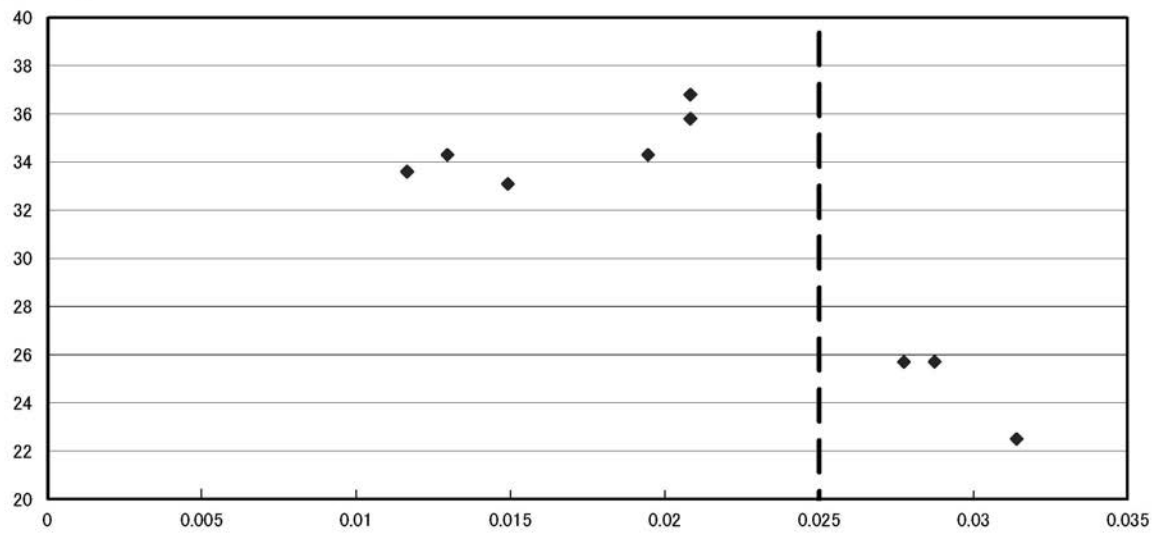
【図 28】

(A)

[μm]

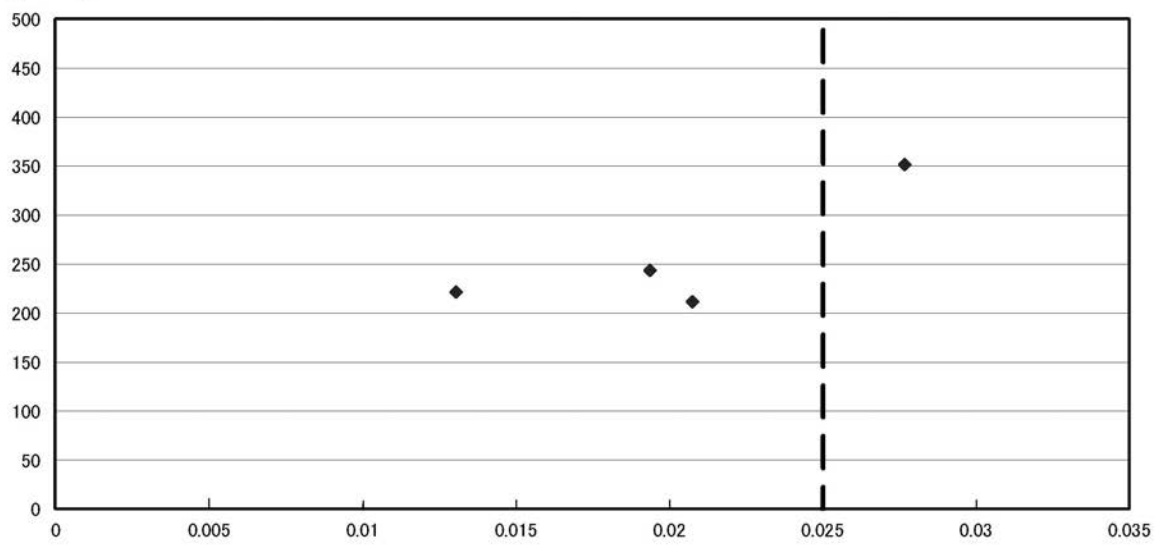
(B)

[point]



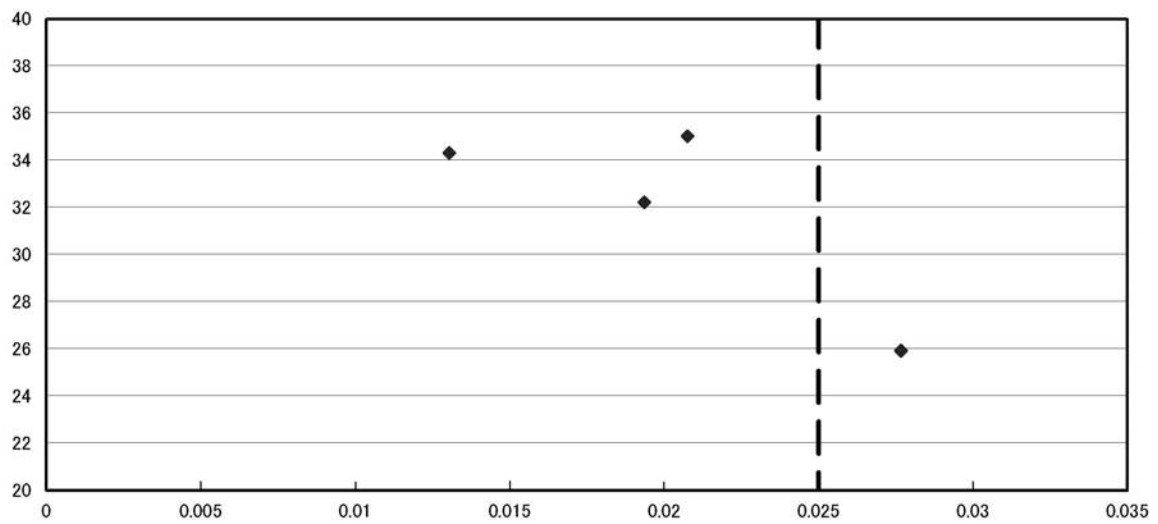
【図 29】

(A)

[μm]

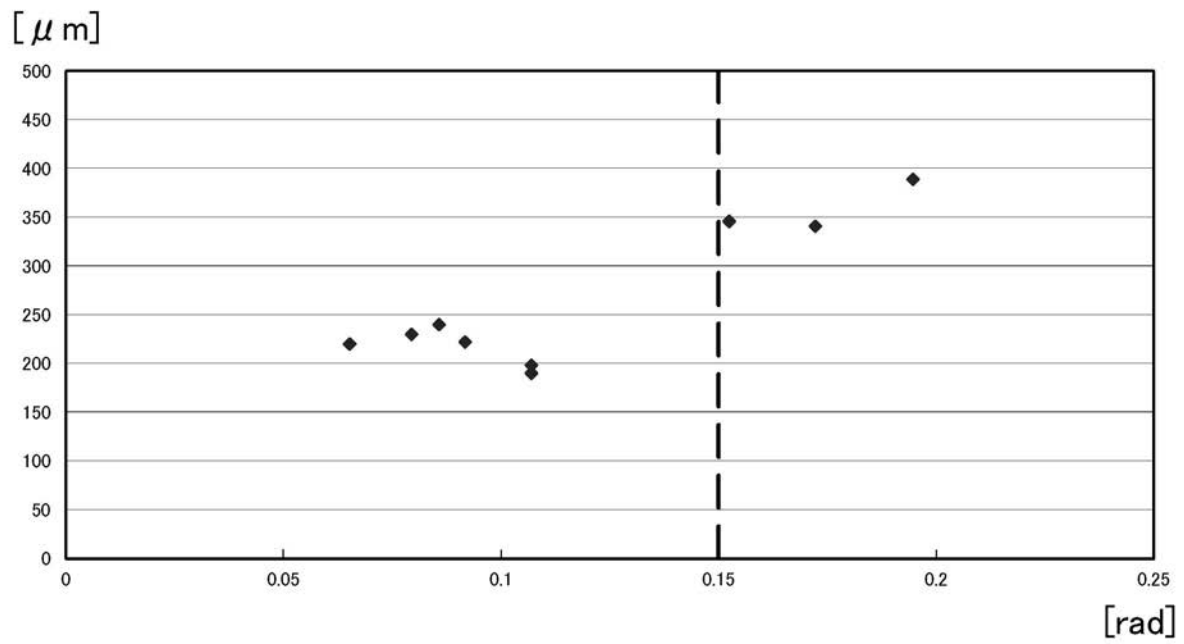
(B)

[point]

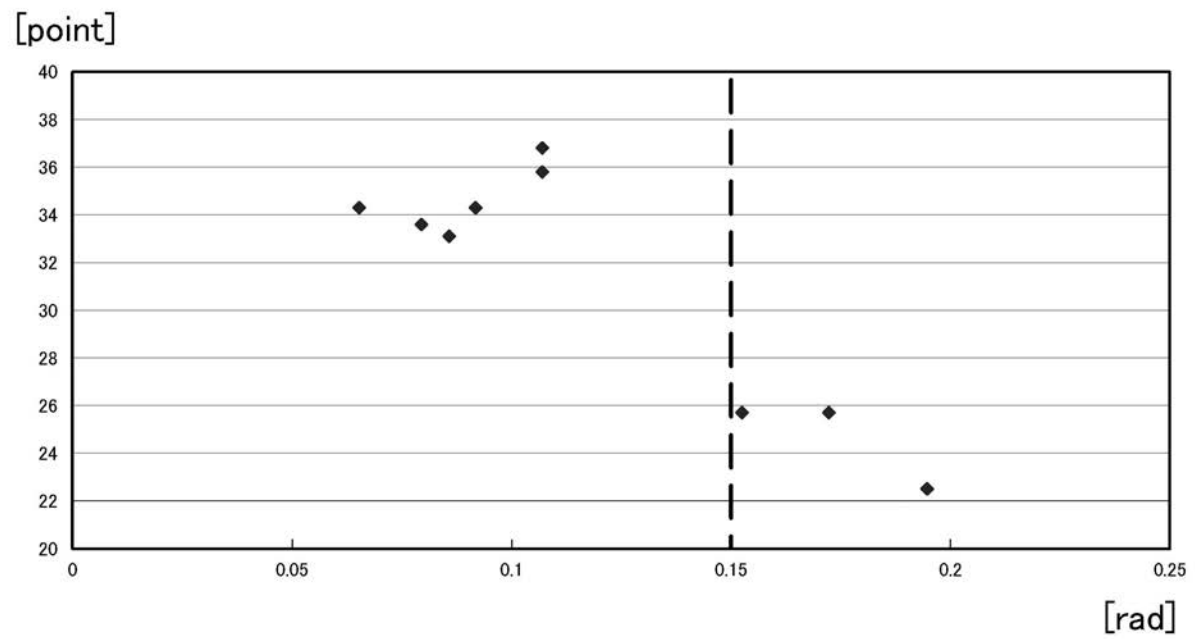


【図 30】

(A)

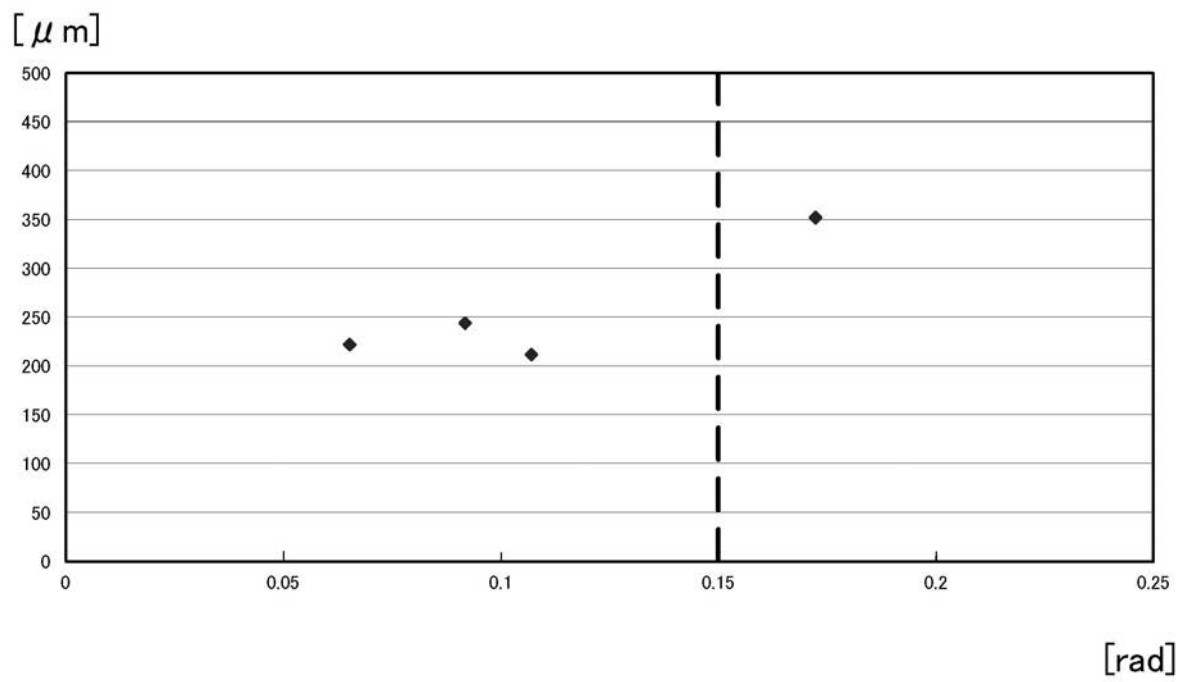


(B)

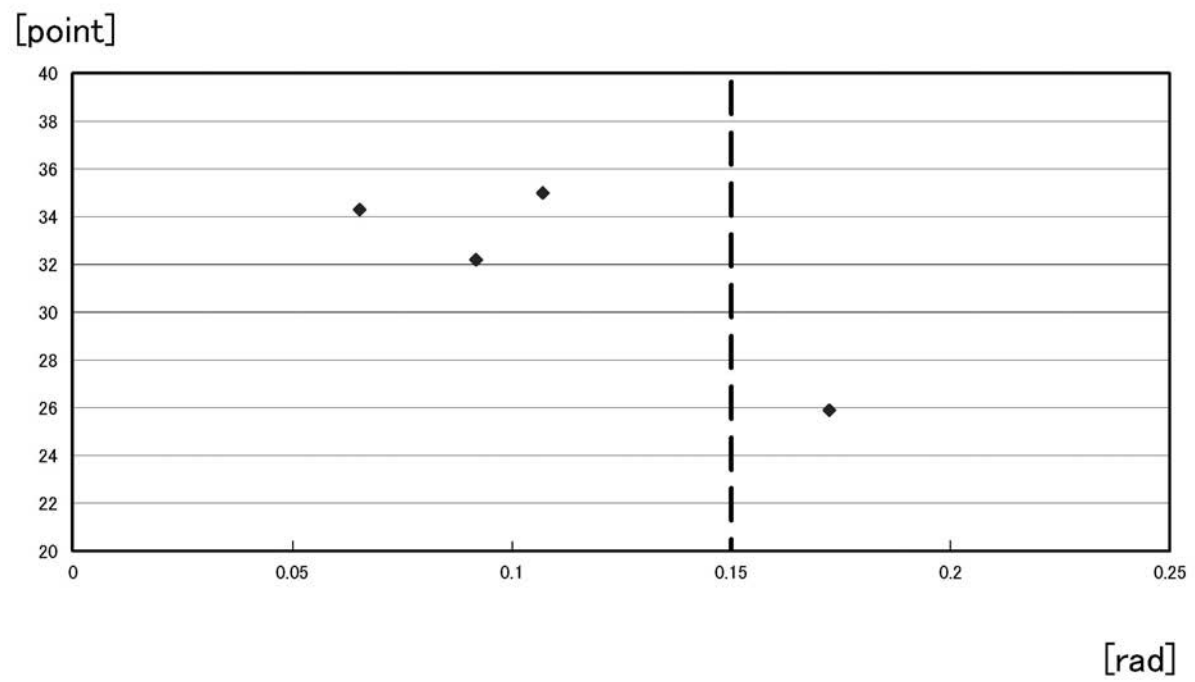


【図 3 1】

(A)



(B)



专利名称(译)	超声波探头和超声图像诊断设备		
公开(公告)号	JP2015202182A	公开(公告)日	2015-11-16
申请号	JP2014082675	申请日	2014-04-14
[标]申请(专利权)人(译)	柯尼卡株式会社		
申请(专利权)人(译)	柯尼卡美能达有限公司		
[标]发明人	谷口哲哉		
发明人	谷口 哲哉		
IPC分类号	A61B8/00 H04R17/00		
CPC分类号	A61B8/08 A61B8/0866 A61B8/4444 A61B8/4483 A61B8/48 A61B8/5207 A61B8/5269 A61B8/54 G01S7/5202 G01S7/52038 G01S7/52047 G01S15/895		
FI分类号	A61B8/00 H04R17/00.330.J A61B8/14		
F-TERM分类号	4C601/DE09 4C601/DE14 4C601/EE01 4C601/EE04 4C601/GB01 4C601/HH05 4C601/HH06 4C601/HH07 4C601/HH13 4C601/HH16 4C601/HH35 4C601/JB45 5D019/AA21 5D019/BB19 5D019/BB20 5D019/FF04 5D019/FF05 5D019/GG01 5D019/GG03		
其他公开文献	JP6344026B2		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)	(21) 出願番号 (22) 出願日	特願2014-82675 (P2014-82675) 平成26年4月14日 (2014. 4. 14)	(71) 出願人 000001270 コニカミノルタ株式会社 東京都千代田区丸の内二丁目7番2号 (74) 代理人 110001254 特許業務法人光陽国際特許事務所 (72) 発明者 谷口 哲哉 東京都千代田区丸の内二丁目7番2号 コニカミノルタ株式会社内 Fターム(参考) 4C601 DE09 DE14 EE01 EE04 GB01 HH05 HH06 HH07 HH13 HH16 HH35 JB45 5D019 AA21 BB19 BB20 FF04 FF05 GG01 GG03
-------	-----------------------	--	--

解决的问题：提供一种超声波探头和超声波图像诊断装置，其能够通过减少多种谐波的抵消来获得距离分辨率优异的超声波图像。 解决方案：从输入到超声探头2的脉冲信号与从脉冲信号输出的发射超声波的反射超声波获得的接收信号之间的每个频率上的相位差获得的群延迟，从发送部12输出的脉冲信号的各频率的相位差，超声波探头2的-20dB的发送接收频带所包含的频带，以及脉冲信号所得到的群延迟之和。在驱动波形的-20dB频带小于或等于0.15弧度的频带中的最大值和最小值之间的差，由超声波探头2和发送器12输出的脉冲信号 设置驱动波形。[选择图]图2