

(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
2016 年 12 月 15 日(15.12.2016)



(10) 国際公開番号
WO 2016/199236 A1

- (51) 国際特許分類:
A61B 18/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/066675
- (22) 国際出願日: 2015 年 6 月 10 日(10.06.2015)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人: オリンパス株式会社 (OLYMPUS CORPORATION) [JP/JP]; 〒1510072 東京都渋谷区幡ヶ谷 2 丁目 4 3 番 2 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 江幡 定生 (EBATA, Sadao); 〒1510072 東京都渋谷区幡ヶ谷 2 丁目 4 3 番 2 号 オリンパス株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 上田 邦生, 外 (UEDA, Kunio et al.); 〒2208137 神奈川県横浜市西区みなとみらい 2-2-1 横浜ランドマークタワー 37F Kanagawa (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, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, 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, SA, 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.

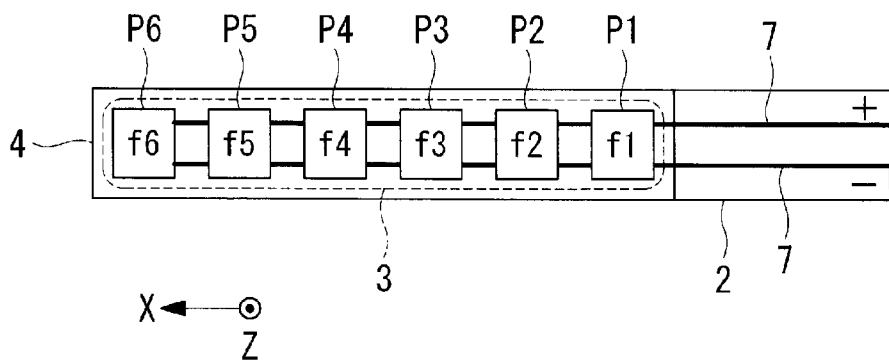
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, 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 TREATMENT DEVICE

(54) 発明の名称: 超音波処置装置



(57) Abstract: This ultrasonic treatment device is provided with an oscillator array (3) comprising a plurality of ultrasonic oscillators (P1, P2, P3, P4, P5, P6) arranged in substantially the same plane and having different resonance frequency characteristics (f1, f2, f3), an electric power cable (7) for electrically connecting the ultrasonic oscillators (P1, P2, P3, P4, P5, P6) to each other in parallel and supplying an alternating voltage to the ultrasonic oscillators (P1, P2, P3, P4, P5, P6), and a voltage generating unit for temporally varying the period of the alternating voltage supplied to the electric power cable (7) and causing each of the ultrasonic oscillators (P1, P2, P3, P4, P5, P6) to oscillate.

(57) 要約: 本発明の超音波処置装置は、略同一平面上に配列され異なる共振周波数特性 (f1, f2, f3) を有する複数の超音波振動子 (P1, P2, P3, P4, P5, P6) からなる振動子アレイ (3) と、超音波振動子 (P1, P2, P3, P4, P5, P6) 間を電氣的に並列に接続し、超音波振動子 (P1, P2, P3, P4, P5, P6) に交番電圧を供給する電力ケーブル (7) と、電力ケーブル (7) に供給する交番電圧の周期を時間的に変化させ、超音波振動子 (P1, P2, P3, P4, P5, P6) の各々を振動させる電圧発生部と、を備える。

WO 2016/199236 A1

明 細 書

発明の名称：超音波処置装置

技術分野

[0001] 本発明は、超音波処置装置に関するものである。

背景技術

[0002] 従来、複数の超音波振動子から略同時に超音波を放射する超音波処置装置が知られている（例えば、特許文献1および2参照。）。別々の超音波振動子から放射された超音波が互いに干渉して強め合うことによって、超音波の振幅が局所的に増大する。したがって、振幅が増大する位置（焦点）を生体組織の患部に配置することによって、患部の周辺組織への超音波の影響を抑制しながら患部に超音波を作用させて該患部を処置することができる。

[0003] 特許文献1では、互いに周波数が異なる交番電圧を複数の超音波振動子に印加することによって、複数の超音波振動子から互いに周波数が異なる超音波を発生させている。特許文献2では、複数の超音波振動子にタイミングをずらしながら交番電圧を印加することによって、一点に同時に到達するような遅延時間を有する複数の超音波を発生させている。焦点の位置は、特許文献1においては交番電圧の周波数に応じて変化し、特許文献2においては交番電圧を印加するタイミングのずれ（遅延時間）に応じて変化する。したがって、超音波振動子に印加する交番電圧の周波数または遅延時間を制御することによって、焦点の位置を変更し、処置可能な範囲を拡大することができる。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2000-254139号公報

特許文献2：特開2006-204929号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 体内に挿入して使用する体内式の超音波処置装置は、体内での操作性を確保するために細径であることが求められる。しかしながら、特許文献1および2の超音波処置装置は、複数の超音波振動子に周波数または遅延時間の異なる交番電圧を印加するために超音波振動子毎に電力ケーブルを必要とし、超音波振動子と同数の電力ケーブルを設ける必要がある。したがって、細径な構造とすることが難しいという問題がある。

[0006] 本発明は、上述した事情に鑑みてなされたものであって、焦点の位置を変更可能である細径の超音波処置装置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

[0007] 上記目的を達成するため、本発明は以下の手段を提供する。

本発明は、異なる共振周波数特性を有する複数の超音波振動子からなる振動子アレイと、前記複数の超音波振動子間を電氣的に並列に接続し、前記複数の超音波振動子に交番電圧を供給する電力ケーブルと、該電力ケーブルに供給する前記交番電圧の周期を時間的に変化させ、前記異なる共振周波数特性を有する複数の超音波振動子の各々を振動させる電圧発生部と、を備える超音波処置装置を提供する。

発明の効果

[0008] 本発明によれば、焦点の位置を変更可能である細径の超音波処置装置を提供することができるという効果を奏する。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]本発明の第1の実施形態に係る超音波処置装置の全体構成図である。

[図2]図1の超音波処置装置の処置部に設けられた振動子アレイを示す平面図である。

[図3]図2の振動子アレイの等価回路を示す図である。

[図4]図1の超音波処置装置において電圧発生回路から振動子アレイに供給されるFM電圧を示す図である。

[図5]図4のFM電圧によって振動子アレイ内の各圧電素子が励振されるタイミングを示す図である。

[図6]図4のFM電圧が供給された振動子アレイから放射される超音波の波面を示す図である。

[図7]図2の振動子アレイの変形例を示す側面図である。

[図8]本発明の第2の実施形態に係る超音波処置装置における振動子アレイを示す平面図である。

[図9]図8の振動子アレイから放射される超音波の波面を示す図である。

[図10]図8の振動子アレイの変形例を示す平面図である。

[図11]図10の振動子アレイから放射される超音波の波面を示す図である。

[図12]図8の振動子アレイのもう1つの変形例を示す平面図である。

[図13]図12の振動子アレイから放射される超音波の波面を示す図である。

[図14]本発明の第3の実施形態に係る超音波処置装置の全体構成図である。

[図15]図14の超音波処置装置の処置部に設けられた振動子アレイと、該振動子アレイから放射される超音波の波面を示す図である。

[図16]振動子アレイの各圧電素子と焦点との位置関係を示す図である。

[図17]図14の超音波処置装置における変調制御部によって決定された周波数の順番を示す図である。

[図18]図14の超音波処置装置における正弦波変換部によって生成されたFM電圧を示す図である。

[図19]図14の振動子アレイの変形例と、該振動子アレイから放射される超音波の波面を示す図である。

[図20]図14の振動子アレイのもう1つの変形例と、該振動子アレイから放射される超音波の波面を示す図である。

[図21]図20の振動子アレイに供給されるFM電圧のタイミングと周波数の変化とを示す図である。

[図22]本発明の第4の実施形態に係る超音波処置装置におけるFM電圧を示す図である。

[図23]図22のFM電圧によって振動子アレイ内の各圧電素子が励振されるタイミングを示す図である。

[図24]図22のFM電圧が供給された振動子アレイから放射される超音波の波面を示す図である。

発明を実施するための形態

[0010] (第1の実施形態)

本発明の第1の実施形態に係る超音波処置装置1について図1から図7を参照して説明する。

本実施形態に係る超音波処置装置1は、図1に示されるように、体内に挿入可能な細長い挿入部2と、該挿入部2の先端に設けられ、超音波を放射する振動子アレイ3を有する処置部4と、挿入部2の基端に接続され、振動子アレイ3を駆動するための電圧発生回路(電圧発生部)5を内蔵する本体部6と、振動子アレイ3を電圧発生回路5に接続する電力ケーブル7とを備えている。

[0011] 振動子アレイ3は、図2に示されるように、同一平面上において挿入部2の長手方向(X方向)に一行に配列する複数の圧電素子(超音波振動子)P1～P6を備えている。以下、6個の圧電素子を備える場合について説明するが、圧電素子の数は適宜変更可能である。

[0012] 6個の圧電素子P1～P6のうち、最も外側に位置する2個の圧電素子P1、P6の共振周波数 f_1 、 f_6 は互いに等しく、最も中心側に位置する2個の圧電素子P2、P5の共振周波数 f_3 、 f_4 は互いに等しく、残りの2個の圧電素子P3、P4の共振周波数 f_2 、 f_5 は互いに等しい。ここで、共振周波数 f_1 、 f_2 、 f_3 の大小関係は、 $f_1 < f_2 < f_3$ となっている。すなわち、6個の圧電素子P1～P6は、外側から中心側に向かって共振周波数 $f_1 \sim f_6$ が順に高くなるように、かつ、共振周波数 $f_1 \sim f_6$ の分布が振動子アレイ3の中心に対して点対称となるように、配列されている。

[0013] 6個の圧電素子P1～P6は全て、正負一対の電力ケーブル7に並列に接続されており、電力ケーブル7から交番電圧が供給されるようになっている。一対の電力ケーブル7は挿入部2の内部を通して本体部6まで延び、一対の電力ケーブル7の基端は、電圧発生回路5内の電力増幅部10に接続され

ている。これにより、6個の圧電素子P1～P6は、共通の一对の電力ケーブル7を介して電圧発生回路5に並列に接続されている。

[0014] 図3は、6個の圧電素子P1～P6と電圧発生回路5との接続を表す等価回路である。電圧発生回路5は、デジタルの周波数変調(FM)信号を発生する周波数変調(FM)部8と、FM信号をD/A変換して正弦波状の周波数変調(FM)電圧を生成する正弦波変換部9と、該正弦波変換部9によって生成されたFM電圧を増幅する電力増幅部10とを備えている。

[0015] FM部8は、圧電素子P1～P6の共振周波数 $f_1 \sim f_6$ の間で低い方から高い方へ順に周波数が時間変化する正弦波状のFM信号を発生する。具体的には、FM信号は、共振周波数 $f_1 (= f_6)$ 、 $f_2 (= f_5)$ 、 $f_3 (= f_4)$ と等しい周波数をそれぞれ有するパルス状の3つの周波数成分(以下、「周波数成分 f_1 」、「周波数成分 f_2 」および「周波数成分 f_3 」ともいう。)を含み、周波数成分 f_2 は周波数成分 f_1 よりも遅延時間 T_{12} だけ遅れており、周波数成分 f_3 は周波数成分 f_2 よりも遅延時間 T_{23} だけ遅れている。すなわち、遅延時間とは、一の周波数成分の開始時刻から次の周波数成分の開始時刻までの時間である。時間遅延 T_{12} 、 T_{23} は、後述する焦点Fの位置に基づいて使用者が設定することができるようになっている。

[0016] 図4に示されるように、正弦波変換部9は、FM部8によって発生されたFM信号をD/A変換することによって、周波数が f_1 、 f_2 および f_3 の順に時間変化するFM電圧を生成する。

[0017] 次に、このように構成された超音波処置装置1の作用について説明する。

FM部8によってFM信号が発生されると、該FM信号が正弦波変換部9によってD/A変換されることによってFM電圧が生成される。FM電圧は、電力増幅部10によって増幅された後に、一对の電力ケーブル7を介して振動子アレイ3内の6個の圧電素子P1～P6に同時に供給される。

[0018] FM電圧が供給された各圧電素子P1～P6は、FM電圧の周波数とその共振周波数 $f_1 \sim f_6$ と等しくなる時刻においてのみ励振する。したがって

、図5に示されるように、6個の圧電素子P1～P6は、FM電圧の周波数の時間変化に応じて、共振周波数 f_1 、 f_2 、 f_3 が低いものから順に、すなわち外側に位置するものから順に、励振する。これにより、6個の圧電素子P1～P6から放射された超音波を、振動子アレイ3の中心の略前方において互いに重ね合わせることができる。このときに、圧電素子P1、P6が励振するタイミングと圧電素子P2、P5が励振するタイミングの時間差は遅延時間 T_{12} に等しくなり、圧電素子P2、P5が励振するタイミングと圧電素子P3、P4が励振するタイミングの時間差は遅延時間 T_{23} に等しくなる。

[0019] ここで、図6に示されるように、6個の圧電素子P1～P6から放射された6つの超音波の全てが、振動子アレイ3の略中心のZ方向前方に位置する所定の焦点Fに同時に到達するように、遅延時間 T_{12} 、 T_{23} が設定されている。Z方向は、圧電素子P1～P6が配列されている平面に直交する方向である。遅延時間 T_{12} 、 T_{23} は、焦点Fと各圧電素子P1～P6との間の距離と、超音波の伝搬速度とに基づいて算出することができる。これにより、焦点Fにおいては、6つの超音波同士の干渉によって、超音波の振幅が局所的に増幅される。したがって、焦点Fに位置する生体組織を局所的に処置することができる。

[0020] このように、本実施形態によれば、周波数の異なる6個の圧電素子P1～P6が正負一对の電力ケーブル7を介して電圧発生回路5に電氣的に並列に接続され、周波数（周期）が時間変化するように変調されたFM電圧（交番電圧）が一对の電力ケーブル7を介して6個の圧電素子P1～P6に供給される。これにより、正負一对のみの電力ケーブル7を用いて6個の圧電素子P1～P6の励振のタイミングを個別に制御して6個の圧電素子P1～P6を異なるタイミングで励振させることができ、挿入部2を細径化することができるという利点がある。また、圧電素子P1～P6を駆動するための電圧発生回路5も、圧電素子P1～P6の数に依らずに1組のみで足りるので、本体部6の小型化も図ることができるという利点がある。

[0021] さらに、焦点Fの位置は、6個の圧電素子P1～P6から超音波が放射されるタイミングの遅延時間に応じて変化する。したがって、FM信号に含まれる周波数成分 f_1 、 f_2 、 f_3 間の遅延時間 T_{12} 、 T_{23} を調整することによって、焦点Fの位置をZ方向に変更することができるという利点がある。さらに、振動子アレイ3において共振周波数 $f_1 \sim f_6$ の分布が振動子アレイ3の中心に対して点対称となるように圧電素子P1～P6を配列することによって、振動子アレイ3から放射される複数の超音波の対称性を向上し、6個の圧電素子P1～P6から放射された超音波が焦点Fに到達する時刻を、より高精度に一致させることができる。これにより、より強い超音波を焦点Fに発生させることができる。

[0022] 本実施形態においては、図7に示されるように、圧電素子P1～P6の厚さを異ならせることによって、圧電素子P1～P6の共振周波数 $f_1 \sim f_6$ を異ならせてもよい。

圧電素子の振動モードとして厚み縦振動を用いる場合、圧電素子の共振周波数は、その厚さに反比例する。厚み縦振動とは、厚さ方向に分極した圧電素子に対して厚さ方向に電圧を印加することで圧電素子が厚さ方向に振動するモードである。厚み縦振動モードにおいて、圧電素子は、その厚さが振動の半波長の整数倍と等しくなるときに、最も大きな振幅で振動する。したがって、圧電素子の厚さを異ならせるだけで、圧電素子の共振周波数を異ならせることができる。

[0023] この場合、図7に示されるように、振動子アレイ3の外側から中心側に向かって順に厚さが小さくなるように6個の圧電素子P1～P6を配列することによって、外側の圧電素子P1、P6から順に励振させることができる。

[0024] また、本実施形態においては、外側から中心側に向かって共振周波数 $f_1 \sim f_6$ が順に高くなるように圧電素子P1～P6が配列されていることとしたが、これに代えて、外側から中心側に向かって共振周波数 $f_1 \sim f_6$ が順に低くなるように圧電素子P1～P6が配列されていてもよい。この場合、共振周波数 $f_1 \sim f_6$ の間で高い方から低い方へ順に周波数が時間変化する

F M電圧を振動子アレイ 3 に供給することによって、6 個の圧電素子 P 1 ~ P 6 から放射される 6 つの超音波を焦点 F に同時に到達させることができる。

[0025] (第 2 の実施形態)

次に、本発明の第 2 の実施形態に係る超音波処置装置について図 8 から図 13 を参照して説明する。

本実施形態においては、第 1 の実施形態と異なる構成について主に説明し、第 1 の実施形態と共通する構成については同一の符号を付して説明を省略する。

本実施形態に係る超音波処置装置は、図 8 に示されるように、同一平面上において 2 次元的に配列された複数個の圧電素子からなる振動子アレイ 31 を備えている点で、第 1 の実施形態と異なっている。図 8 から図 13 においては、図が煩雑になることを防ぐために、各圧電素子を示す符号を省略し、代わりに各圧電素子にはその共振周波数 $f_1 \sim f_{36}$ を示している。以下、36 個の圧電素子を備える場合について説明するが、圧電素子の数は適宜変更可能である。

[0026] 36 個の圧電素子は、互いに直交する 2 つの方向に沿って正方配列されている。36 個の圧電素子の共振周波数 $f_1 \sim f_{36}$ は全て異なっている。図 8 の振動子アレイ 31 において、共振周波数 $f_1 \sim f_{36}$ の大小関係は、 $f_1 < f_2 < \dots < f_{35} < f_{36}$ となっている。振動子アレイ 31 において、外側の圧電素子から中心側の圧電素子に向かって共振周波数が順に高くなるように、かつ、共振周波数の分布が振動子アレイ 31 の中心に対して略点对称となるように、36 個の圧電素子は配列されている。36 個の圧電素子は全て、共通の正負一対の電力ケーブル 7 を介して電圧発生回路 5 に並列に接続されている。

[0027] 本実施形態においては、第 1 の実施形態の変形例において説明したように、圧電素子の厚さを異ならせることによって、共振周波数 $f_1 \sim f_{36}$ を異ならせてもよい。すなわち、外側から中心側に向かって順に厚さが小さくな

るように、圧電素子を配列してもよい。

[0028] FM部8は、共振周波数 $f_1 \sim f_{36}$ の間で低い方から高い方へ順に周波数が時間変化するFM信号を生成する。すなわち、FM信号は、共振周波数 $f_1, f_2, \dots, f_{36}$ と等しい周波数をそれぞれ有する36個の周波数成分を含んでいる。FM信号において時間軸方向に隣接する2つの周波数成分間の遅延時間は、焦点Fの位置に基づいて設定されている。これにより、正弦波変換部9によって、周波数が $f_1, f_2, \dots, f_{36}$ の順に変化するFM電圧が生成される。

[0029] 次に、このように構成された超音波処置装置の作用について説明する。

電力発生回路5から一対の電力ケーブル7を介して36個の圧電素子に同時にFM電圧が供給されると、各圧電素子は、FM電圧の周波数とその共振周波数 $f_1 \sim f_{36}$ と等しくなる時刻においてのみ励振する。したがって、36個の圧電素子は、共振周波数 $f_1 \sim f_{36}$ が低いものから順に、すなわち外側に位置するものから順に、励振する。これにより、36個の圧電素子からは、図9に示されるように、36個のパルス状の超音波が遅延時間に等しい時間差で順に放射される。

[0030] ここで、36個の圧電素子から放射された36個の超音波の全てが所定の焦点Fに同時に到達するように、FM信号における周波数成分間の遅延時間、すなわち、36個の圧電素子が励振するタイミングの時間差が設定されている。これにより、焦点Fにおいては、36個の超音波同士の干渉によって、超音波の振幅が局所的に増幅される。したがって、焦点Fに位置する生体組織を局所的に処置することができる。

[0031] このように、本実施形態によれば、一対の電力ケーブル7と一組の電圧発生回路5のみを用いて36個の圧電素子を異なるタイミングで励振させることができる。これにより、挿入部2を細径化し、本体部6を小型化することができるという利点がある。また、FM信号に含まれる周波数成分間の遅延時間を調整することによって、焦点Fの位置をZ方向に変更することができるという利点がある。

[0032] なお、本実施形態においては、圧電素子が2次元配列された振動子アレイ31について説明したが、図10に示されるように、第1の実施形態の振動子アレイ3と同様に、圧電素子が1次元配列されていてもよい。この場合も、外側の圧電素子から中心側の圧電素子に向かって共振周波数 $f_1 \sim f_6$ が順に高くなるように、かつ、共振周波数 $f_1 \sim f_6$ の分布が振動子アレイ32の中心に対して略点对称となるように、圧電素子は配列される。図10の振動子アレイ32において、共振周波数 $f_1 \sim f_6$ の大小関係は、 $f_1 < f_2 < f_3 < f_4 < f_5 < f_6$ となっている。この場合、周波数が f_1 、 f_2 、…、 f_6 の順に変化するFM電圧を振動子アレイ32に供給することによって、図11に示されるように、6個の圧電素子から放射された超音波を焦点Fに同時に到達させることができる。

[0033] また、本実施形態においては、36個の圧電素子の全てを共通の一对の電力ケーブル7に並列に接続することとしたが、これに代えて、図12に示されるように、振動子アレイ33を複数のブロックに分け、同一のブロックに属する全ての圧電素子を一对の電力ケーブル7に並列に接続してもよい。図12の例において、振動子アレイ33は、各ブロックが3個×3個の圧電素子からなるように4つのブロックに分けられ、合計4対の電力ケーブル7が振動子アレイ33に接続されている。

このようにしても、全ての圧電素子に個別に一对の電力ケーブル7を接続する場合と比べて、電力ケーブル7の数を大幅に削減することができる。

[0034] また、本実施形態においては、圧電素子の共振周波数 $f_1 \sim f_{36}$ が全て異なることとしたが、これに代えて、図12に示されるように、一部の圧電素子が等しい共振周波数 f_1 、 f_2 、 f_3 を有していてもよい。

この場合も、外側の圧電素子から中心側の圧電素子に向かって共振周波数が順に高くなるように、かつ、共振周波数 f_1 、 f_2 、 f_3 の分布が振動子アレイ33の中心に対して略点对称となるように、圧電素子が配列される。

このようにしても、図13に示されるように、焦点Fに略同時に36個の超音波が到達するように、36個の圧電素子を励振させることができる。

[0035] また、本実施形態においては、外側から中心側に向かって共振周波数 $f_1 \sim f_{36}$ が順に高くなるように圧電素子が配列されていることとしたが、これに代えて、外側から中心側に向かって共振周波数 $f_1 \sim f_{36}$ が順に低くなるように圧電素子が配列されていてもよい。この場合、共振周波数 $f_1 \sim f_{36}$ の間で高い方から低い方へ順に周波数が時間変化する FM 電圧を振動子アレイ 31 に供給することによって、36 個の圧電素子から放射される 36 つの超音波を焦点 F に同時に到達させることができる。

[0036] (第 3 の実施形態)

次に、本発明の第 3 の実施形態に係る超音波処置装置 100 について図 14 から図 20 を参照して説明する。

本実施形態においては、第 1 の実施形態と異なる構成について主に説明し、第 1 の実施形態と共通する構成については同一の符号を付して説明を省略する。

本実施形態に係る超音波処置装置 100 は、焦点 F の位置を変更可能であり、焦点 F の位置に応じて FM 信号における周波数成分の順番および遅延時間を制御する点で、第 1 の実施形態と異なっている。具体的には、超音波処置装置 100 の本体部 61 には、図 14 に示されるように、焦点位置設定部 11 および変調制御部 12 がさらに設けられている。

[0037] 図 15 は、本実施形態における振動子アレイ 34 を示している。図 15 に示されるように、振動子アレイ 34 は、2 次元配列された 36 個の圧電素子からなり、圧電素子の共振周波数 $f_1 \sim f_{36}$ ($f_1 < f_2 < \dots < f_{35} < f_{36}$) は全て異なっている。図 15 の振動子アレイ 34 においては、共振周波数 $f_1 \sim f_{36}$ が外側から中心側に向かって順に高くなるように圧電素子が配列されているが、本実施形態においては、圧電素子の配列の順は任意であってよい。

なお、図 15 から図 20 においては、図が煩雑になることを防ぐために、各圧電素子を示す符号を省略し、代わりに各圧電素子にはその共振周波数 $f_1 \sim f_{36}$ を示している。

[0038] 焦点位置設定部 11 は、振動子アレイ 34 に対する焦点 F の位置を設定する。焦点 F の位置は、例えば、操作者による入力操作に従って決定されるようになっている。

変調制御部 12 は、焦点位置設定部 11 によって設定された焦点 F の位置に基づいて、周波数 $f_1 \sim f_{36}$ をそれぞれ有する 36 個の周波数成分の順番を決定し、周波数成分間の遅延時間を算出する。

[0039] 具体的には、変調制御部 12 は、図 16 に示されるように、各圧電素子から焦点までの距離 $D_1, D_3, D_5, D_7, D_{17}, D_{21}$ を計算する。次に、変調制御部 12 は、距離が長い圧電素子の共振周波数の周波数成分が先に、距離が短い圧電素子の共振周波数の周波数成分が後になるように、図 17 に示されるように、36 個の周波数成分の順番を決定する。本例においては、共振周波数 f_{15} を有する圧電素子の Z 方向前方に焦点が設定されているものとする。

[0040] 次に、変調制御部 12 は、決定した順番において隣接する 2 個の周波数成分間の遅延時間 $T(i, j)$ ($i = 1, 2, \dots, 36, j = 1, 2, \dots, 36$) を、該 2 個の周波数成分と等しい共振周波数を有する 2 個の圧電素子の距離 D_i, D_j の差から算出する。遅延時間 $T(i, j)$ は、当該 2 個の圧電素子から放射された 2 つの超音波が焦点 F に到達するまでの所要時間の差であり、下式から算出することができる。下式において、 D_i, D_j (ただし、 $D_i > D_j$) はそれぞれ、当該 2 個の圧電素子の焦点 F までの距離であり、 V は、振動子アレイ 34 と焦点 F との間の媒質中における超音波の伝搬速度である。

$$T(i, j) = (D_i - D_j) / V$$

[0041] FM 部 8 は、変調制御部 12 によって決定された順番および遅延時間に従って 36 個の周波数成分を組み合わせた FM 信号を生成する。これにより、正弦波変換部 9 によって、図 18 に示されるように、焦点 F から最も遠い圧電素子の共振周波数 f_4 から、最も近い圧電素子の共振周波数 f_{15} へ順に周波数が変化する FM 電圧が生成される。

[0042] 次に、このように構成された超音波処置装置 100 の作用について説明する。

焦点位置設定部 11 によって焦点 F の位置が設定されると、変調制御部 12 によって、FM 信号を構成する 36 個の周波数成分の順番が各圧電素子から焦点 F までの距離の大小関係に基づいて決定され、決定された順番において隣接する 2 個の周波数成分間の遅延時間が、対応する 2 個の圧電素子の距離 D_i 、 D_j の差に基づいて算出される。次に、FM 部 8 によって、決定された周波数成分の順番および遅延時間に従って FM 信号が生成され、該 FM 信号から FM 電圧が生成される。

[0043] このようにして生成された FM 電圧が電力ケーブル 7 を介して振動子アレイ 34 に供給されると、焦点 F から遠い圧電素子から順に励振し、全ての圧電素子から放射された超音波は同時に焦点 F に到達する。

[0044] このように、本実施形態によれば、各圧電素子から焦点 F までの距離に基づいて励振させる圧電素子の順番および遅延時間を制御することによって、焦点 F の位置を、Z 方向のみならず、該 Z 方向に直交する任意の方向にも変更することができるという利点がある。これにより、処置可能な範囲をさらに拡大することができるという利点がある。

[0045] なお、本実施形態においては、圧電素子が 2 次元配列された振動子アレイ 34 について説明したが、振動子アレイ 35 は、図 19 に示されるように、全て異なる共振周波数 $f_1 \sim f_6$ を有する圧電素子 $P_1 \sim P_6$ が 1 次元配列されていてもよい。この場合には、焦点 F を X 方向および Z 方向に変更することができる。

[0046] また、本実施形態においては、図 20 に示されるように、一部の圧電素子が等しい共振周波数を有していてもよい。図 20 の振動子アレイ 36 は、第 2 の実施形態において説明した振動子アレイ 33 と同様に、4 つのブロック A～D に分けられ、同一のブロックに属する全ての圧電素子が、共通の電力ケーブル 7 を介して電圧発生回路 5 に並列に接続されている。

[0047] 図 21 は、4 対の電力ケーブル 7 から図 20 の振動子アレイ 36 に供給さ

れるFM電圧の周波数およびタイミングを示している。図21に示されるように、焦点Fから遠いブロック程、先に励振し、かつ、各ブロックA～Dの中でも焦点Fから遠い圧電素子程、先に励振するように、4つのFM電圧間の遅延時間、および、各FM電圧内の周波数成分間の遅延時間が制御される。

[0048] (第4の実施形態)

次に、本発明の第4の実施形態に係る超音波処置装置について図22から図24を参照して説明する。

本実施形態においては、第1の実施形態と異なる構成について主に説明し、第1の実施形態と共通する構成については同一の符号を付して説明を省略する。

本実施形態に係る超音波処置装置は、第1の実施形態と同一の振動子アレイ3を備えるが、振動子アレイ3に供給されるFM電圧に関して第1の実施形態と異なっている。

[0049] FM部8は、3つの周波数成分 f_1 、 f_2 、 f_3 を含むFM信号を発生する。ただし、本実施形態においては、各周波数成分 f_1 、 f_2 、 f_3 は、パルス信号ではなく、連続して発生する信号である。ここで、FM部8は、低い周波数成分から順に信号を発生する。これにより、3つの周波数成分 f_1 、 f_2 、 f_3 が、周波数の低いものから順番に重畳されるようになっている。具体的には、FM信号は、最初は周波数成分 f_1 のみを含み、次に2つの周波数成分 f_1 、 f_2 を含み、次に3つの周波数成分 f_1 、 f_2 、 f_3 を含む。これにより、正弦波変換部9によって、図22に示されるように、周波数 f_1 、 f_2 、 f_3 を有する3つの周波数成分を含み、該3つの周波数成分が周波数の低いものから順番に重畳されるFM電圧が生成される。

[0050] 次に、このように構成された超音波処置装置の作用について説明する。

FM電圧が6個の圧電素子P1～P6に同時に供給されると、各圧電素子P1～P6は、FM電圧の周波数とその共振周波数と等しい時刻においてのみ励振する。したがって、図23に示されるように、6個の圧電素子P1～

P 6 は、F M 電圧の周波数の時間変化に応じて、共振周波数 f_1 、 f_2 、 f_3 が低いものから順に励振する。これにより、図 2 4 に示されるように、6 個の圧電素子 P 1 ~ P 6 から放射された 6 個の超音波を焦点 F に同時に到達させることができる。

また、 f_1 、 f_2 、 f_3 の重畳位相を変えることで、6 個の圧電素子 P 1 ~ P 6 から放射された 6 個の超音波が同時に到達する焦点 F の位置を変化させることができる。

[0051] この場合に、F M 電圧に含まれる各周波数成分 f_1 、 f_2 、 f_3 は、パルス状ではなく、一定期間にわたって連続するため、励振を開始した各圧電素子 P 1 ~ P 6 は励振し続ける。したがって、本実施形態によれば、生体組織に対して超音波を連続的に照射して処置効果を向上することができるという利点がある。

[0052] なお、本実施形態においても、外側から中心側に向かって共振周波数 f_1 ~ f_6 が順に低くなるように圧電素子 P 1 ~ P 6 を配列し、3 つの周波数成分 f_1 、 f_2 、 f_3 が周波数の高いものから順番に重畳される F M 電圧を振動子アレイ 3 に供給してもよい。

また、本実施形態においては、第 1 の実施形態において説明した振動子アレイ 3 を用いた場合について説明したが、これに代えて、第 2 または第 3 の実施形態において説明した振動子アレイ 3 1、3 2、3 3、3 4、3 5、3 6 を用いてもよい。

符号の説明

[0053] 1、1 0 0 超音波処置装置

3、3 1、3 2、3 3、3 4、3 5、3 6 振動子アレイ

5 電圧発生回路（電圧発生部）

7 電力ケーブル

1 1 焦点位置設定部

1 2 変調制御部

P 1、P 2、P 3、P 4、P 5、P 6 圧電素子（超音波振動子）

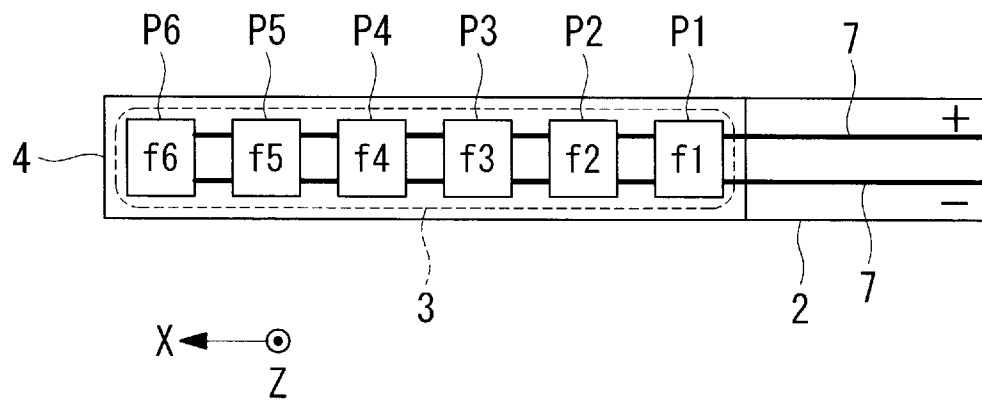
請求の範囲

- [請求項1] 異なる共振周波数特性を有する複数の超音波振動子からなる振動子アレイと、
- 前記複数の超音波振動子間を電氣的に並列に接続し、前記複数の超音波振動子に交番電圧を供給する電力ケーブルと、
- 該電力ケーブルに供給する前記交番電圧の周期を時間的に変化させ、前記異なる共振周波数特性を有する複数の超音波振動子の各々を振動させる電圧発生部と、
- を備える超音波処置装置。
- [請求項2] 前記振動子アレイにおいて、前記複数の超音波振動子は、前記共振周波数が外側から中心側に向かって順に高くまたは低くなるように配列される
- 請求項1に記載の超音波処置装置。
- [請求項3] 前記振動子アレイにおいて、前記複数の超音波振動子は、前記共振周波数の分布が前記振動子アレイの中心に対して略点対称となるように配列される
- 請求項2に記載の超音波処置装置。
- [請求項4] 前記振動子アレイにおいて、前記複数の超音波振動子は、該超音波振動子の厚さが外側から中心側に向かって順に小さくまたは大きくなるように配列される
- 請求項2または請求項3に記載の超音波処置装置。
- [請求項5] 焦点の位置を設定する焦点位置設定部と、
- 該焦点位置設定部によって設定された前記焦点の位置と各前記超音波振動子との間の距離に基づいて、前記電圧発生部が前記電力ケーブルに供給する交番電圧の時間的な変化の遅延時間を制御する変調制御部と、
- を備える請求項1から請求項4のいずれかに記載の超音波処置装置。
- [請求項6] 前記電圧発生部は、複数の周波数成分を重畳した前記交番電圧を発

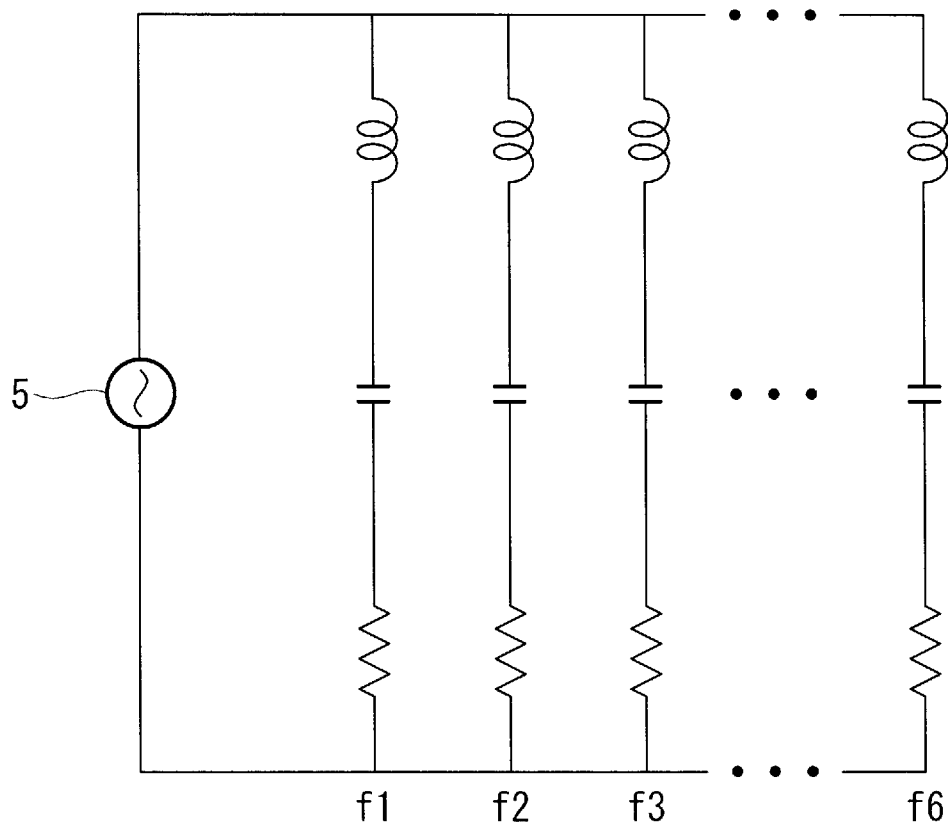
生させ、前記異なる共振周波数特性を有する複数の超音波振動子の各々を連続的に振動させる

請求項 1 から請求項 5 のいずれかに記載の超音波処置装置。

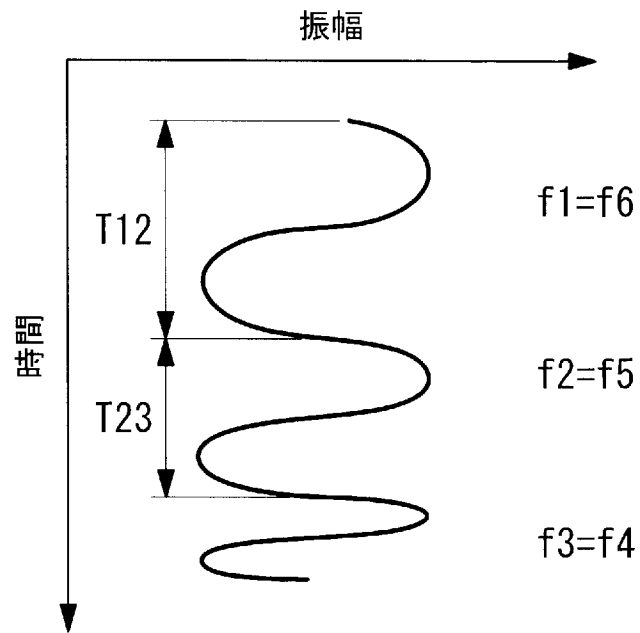
[図2]



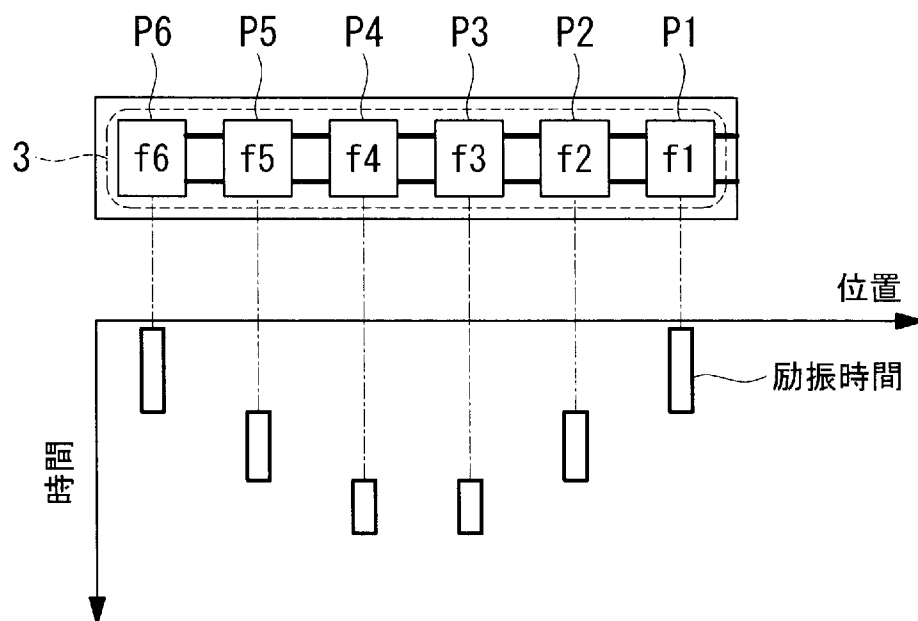
[図3]



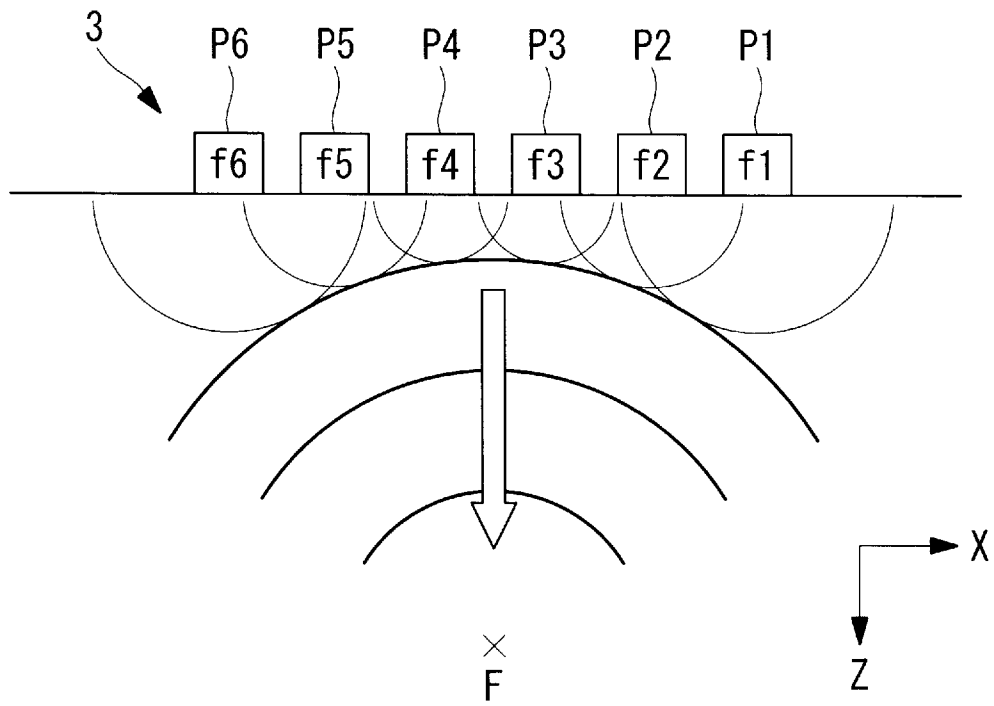
[図4]



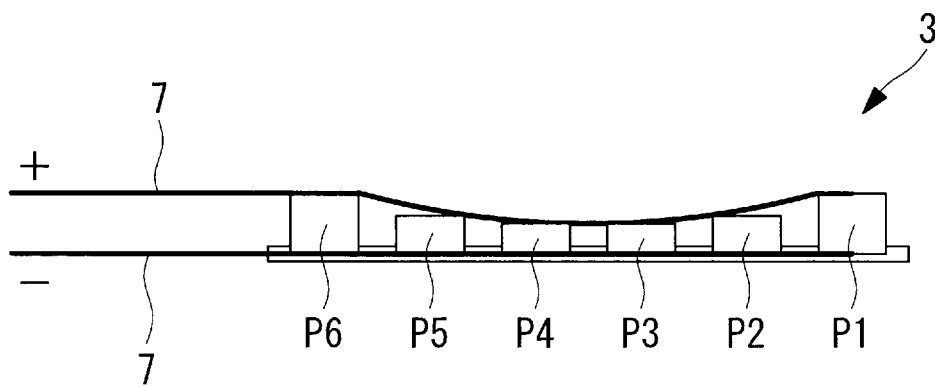
[図5]



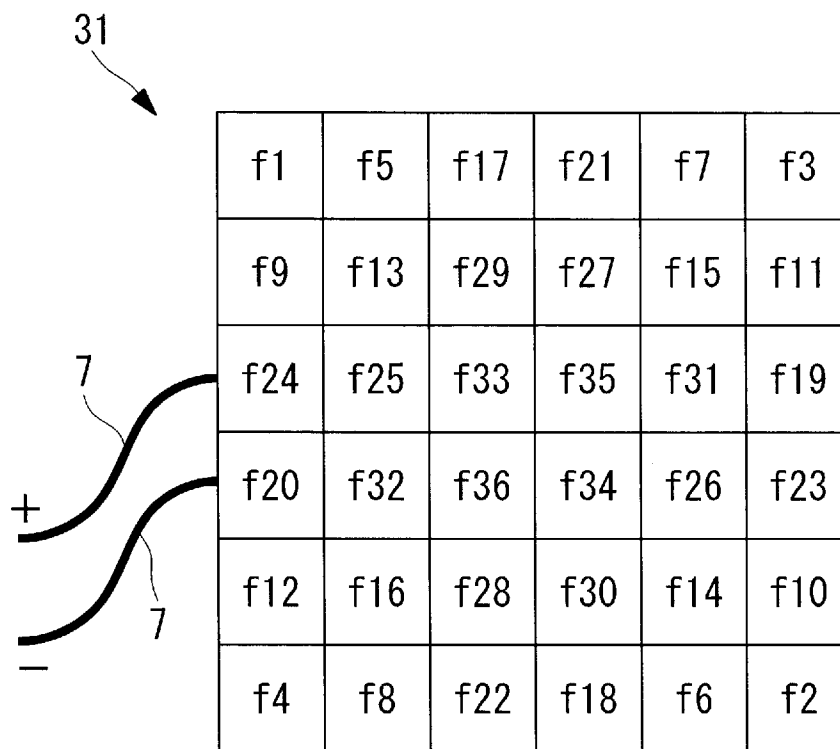
[図6]



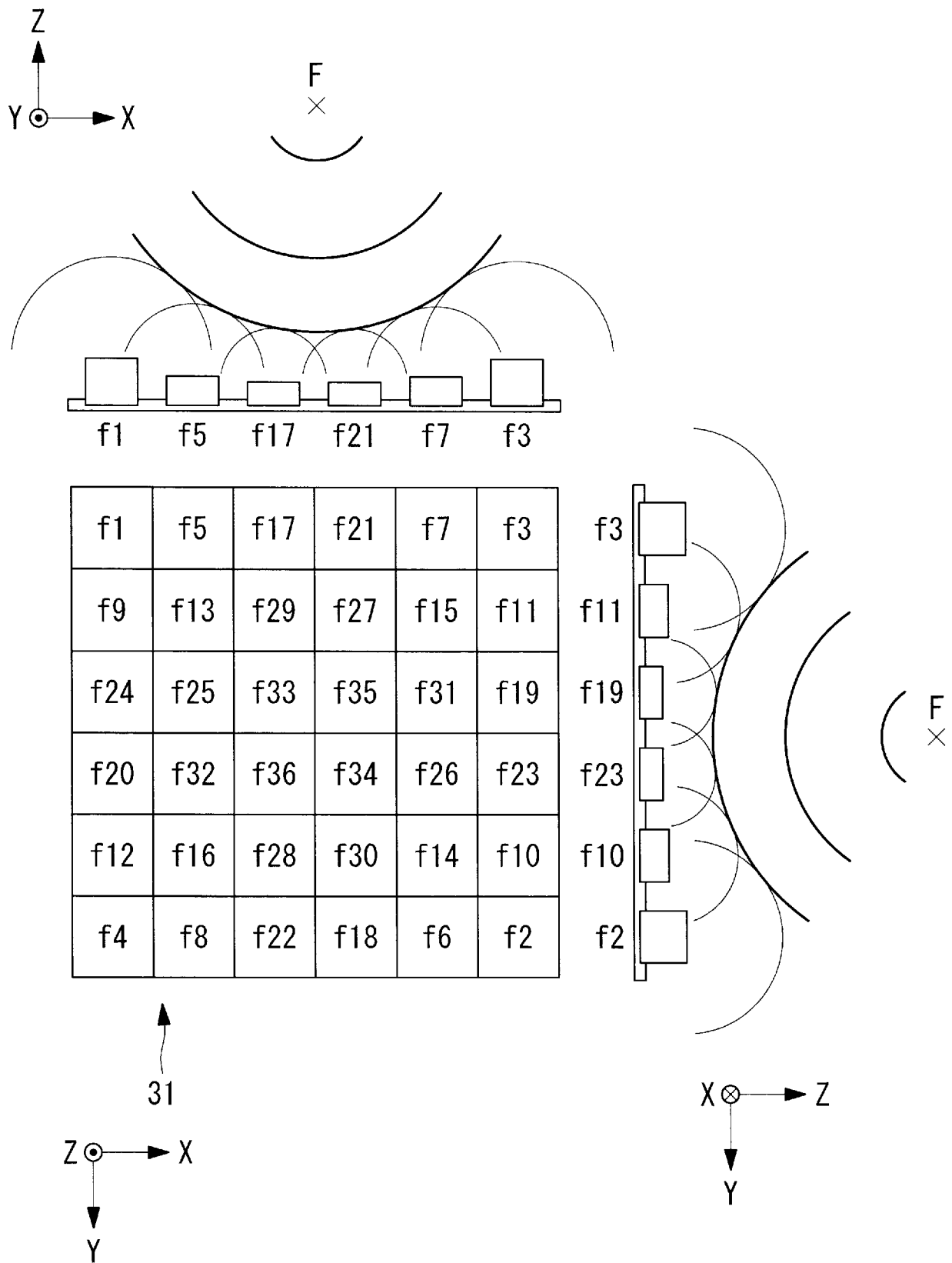
[図7]



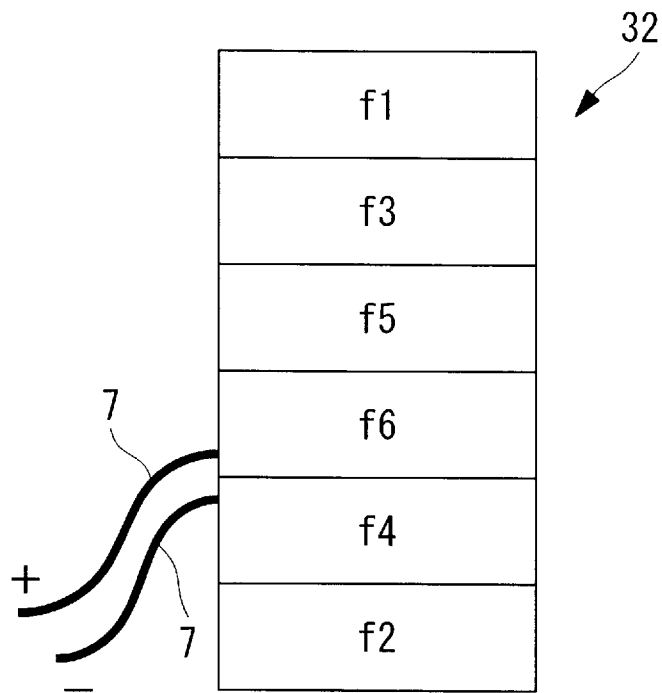
[図8]



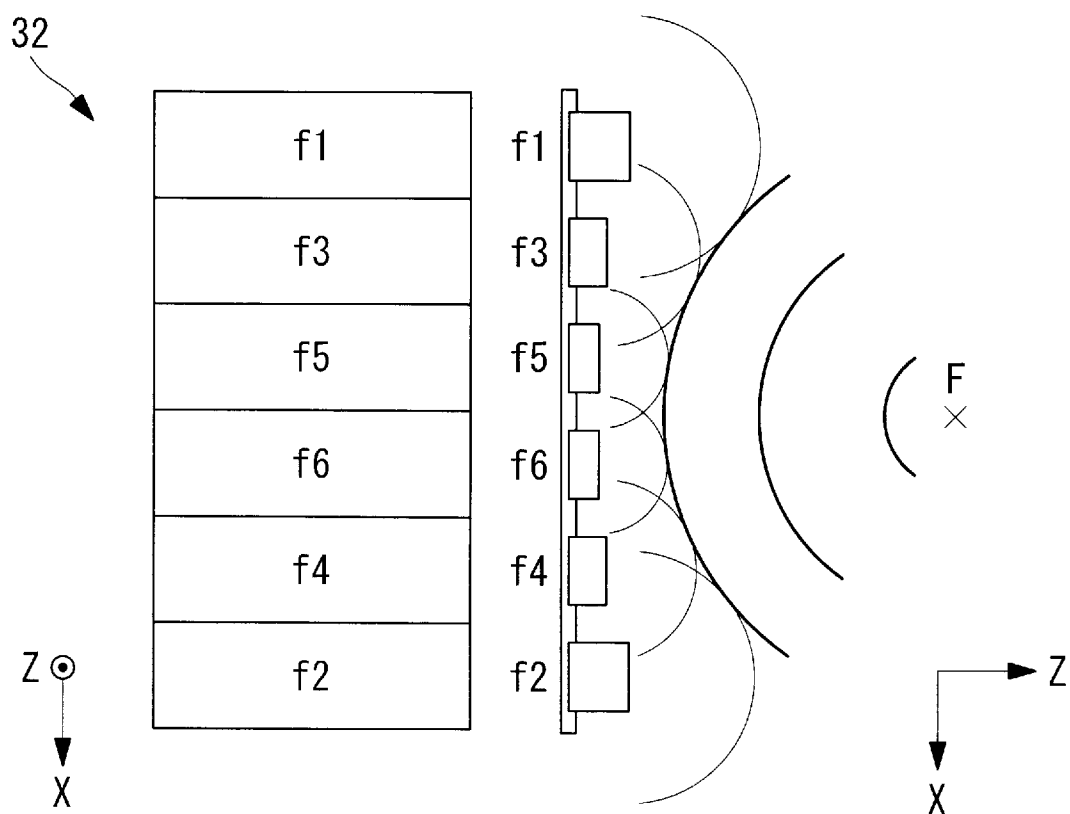
[図9]



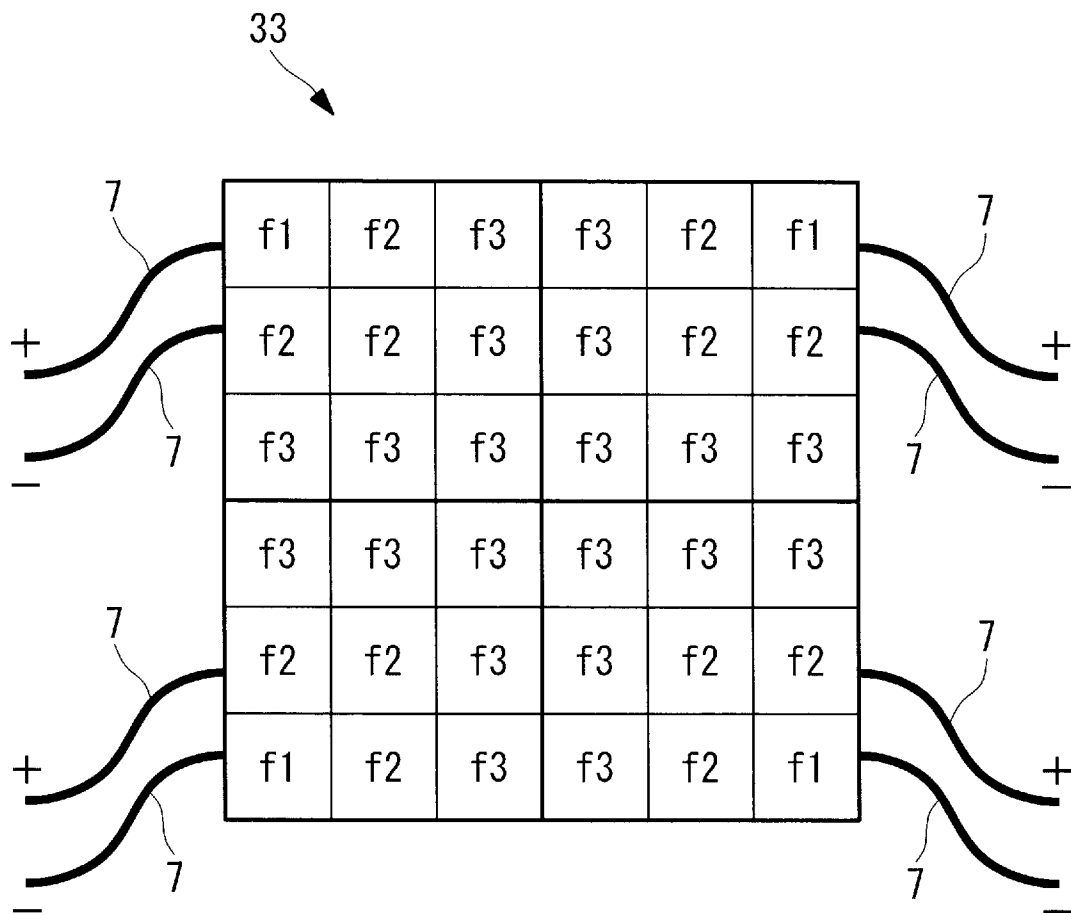
[図10]



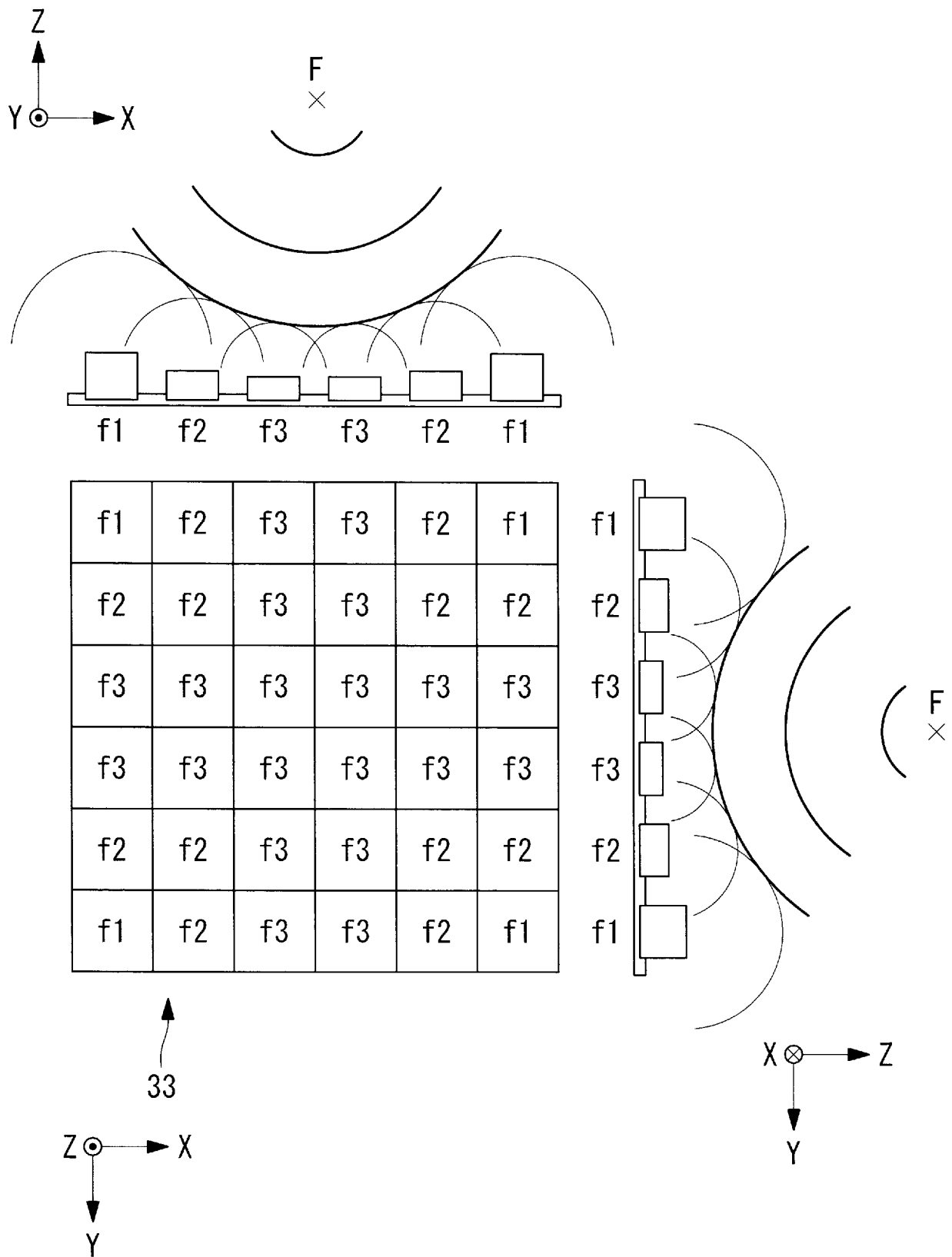
[図11]



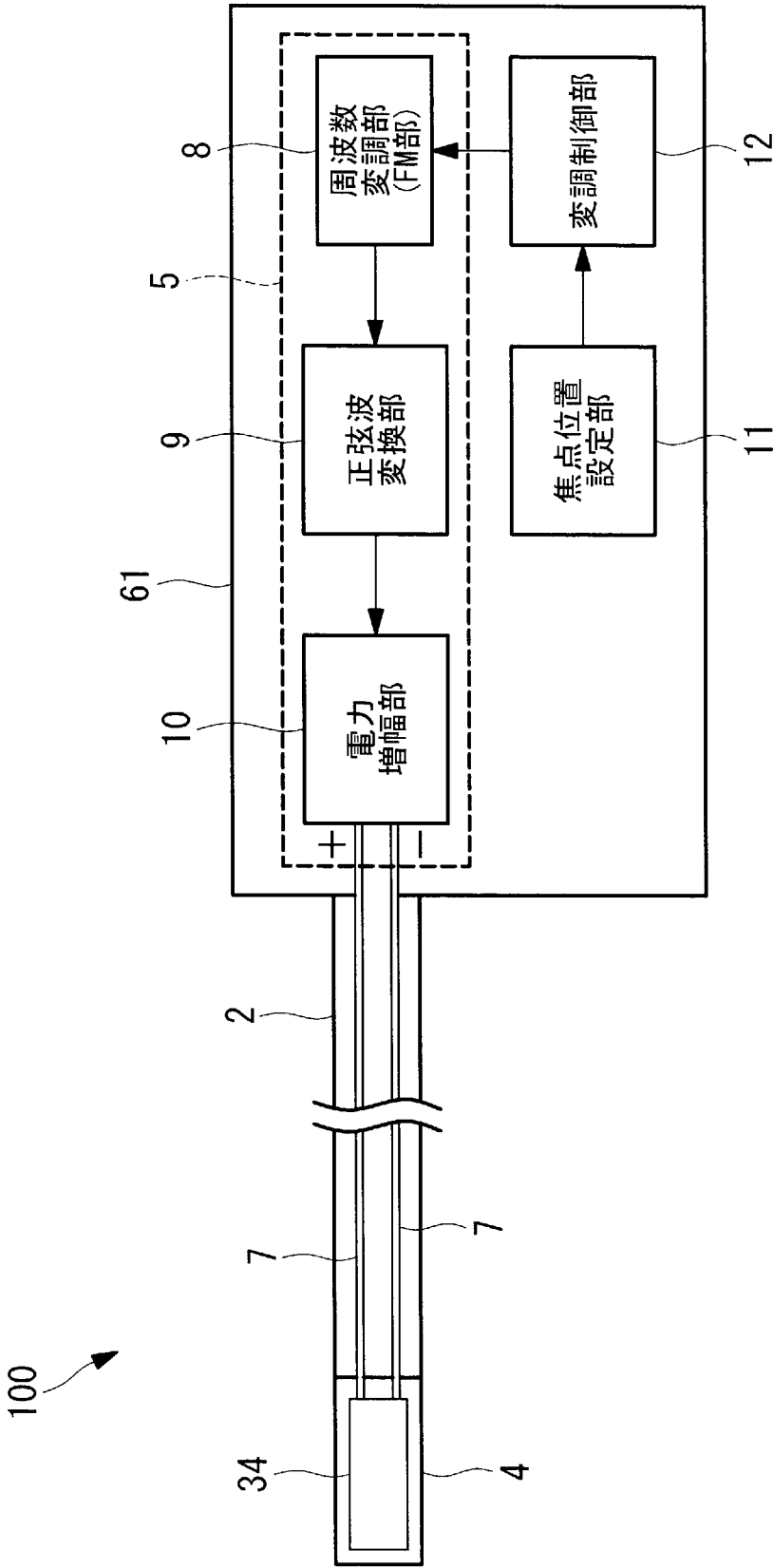
[図12]



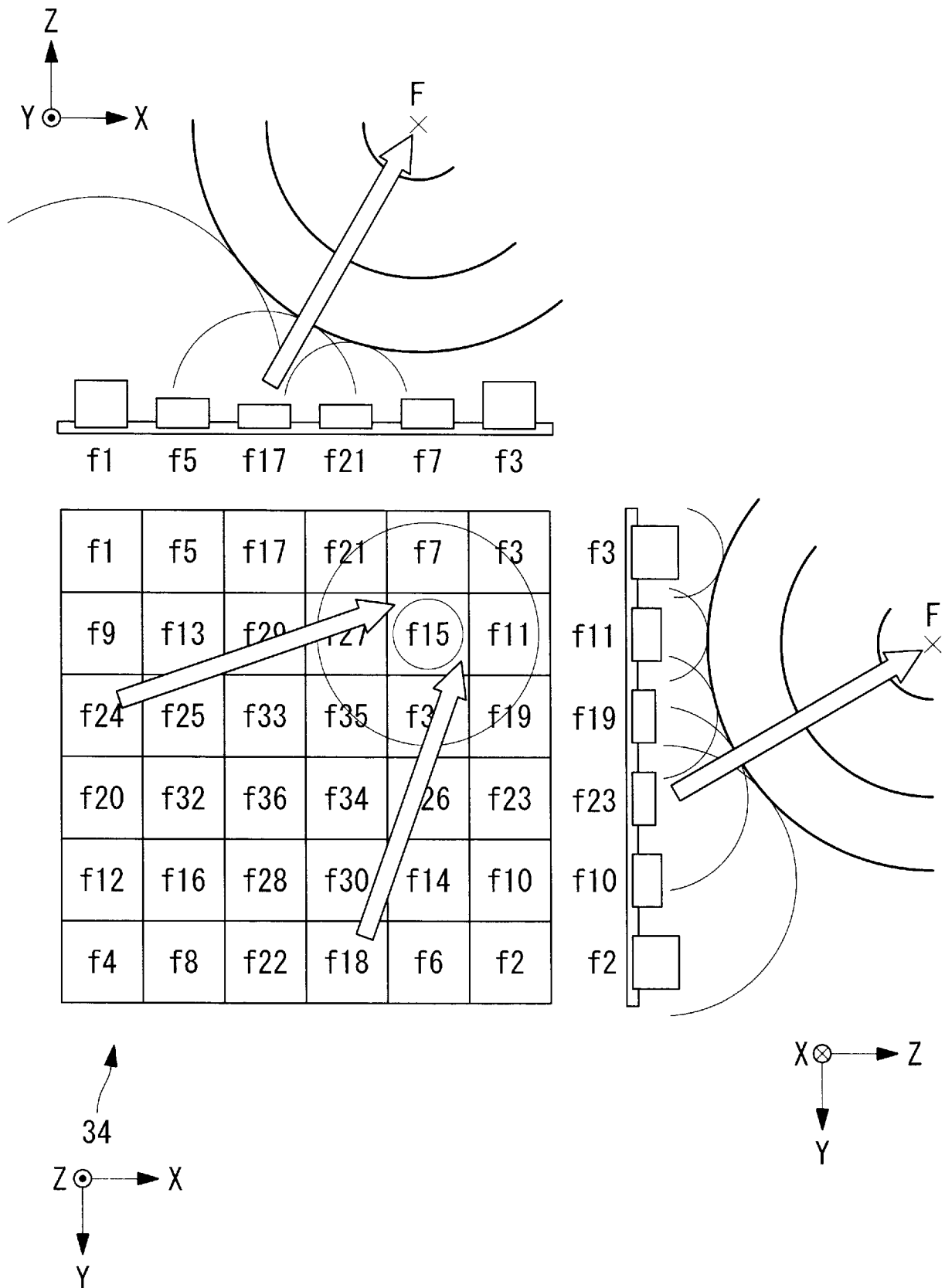
[図13]



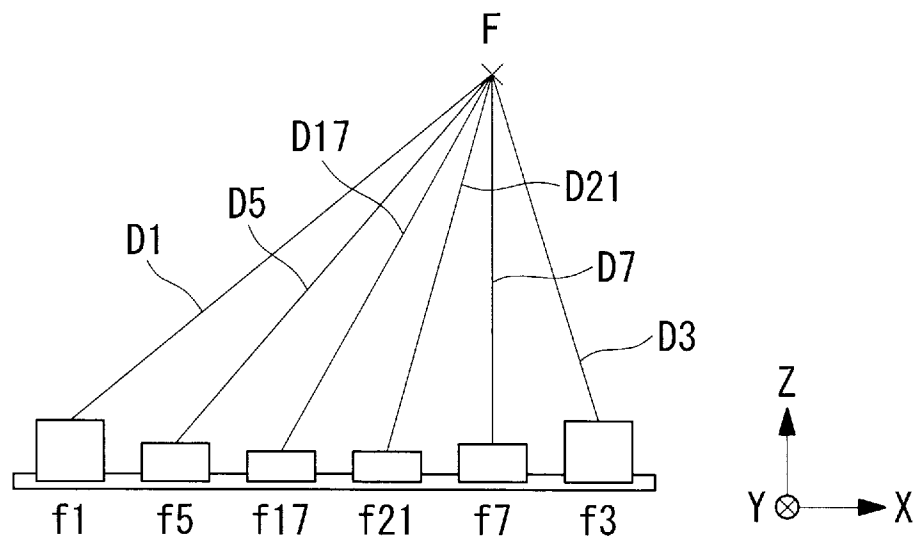
[図14]



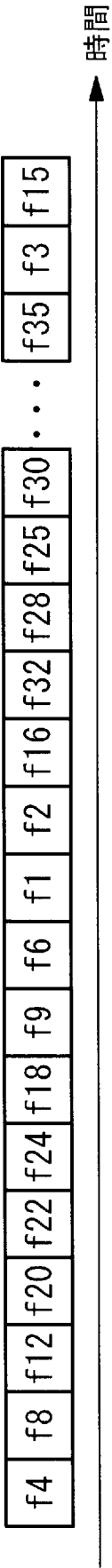
[図15]



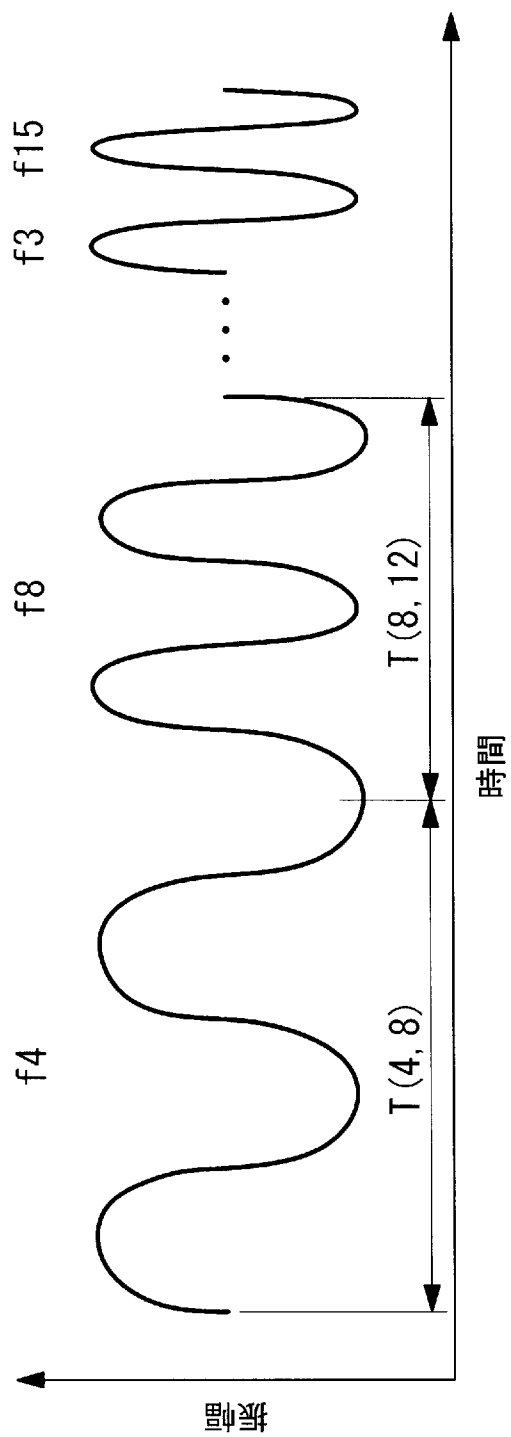
[図16]



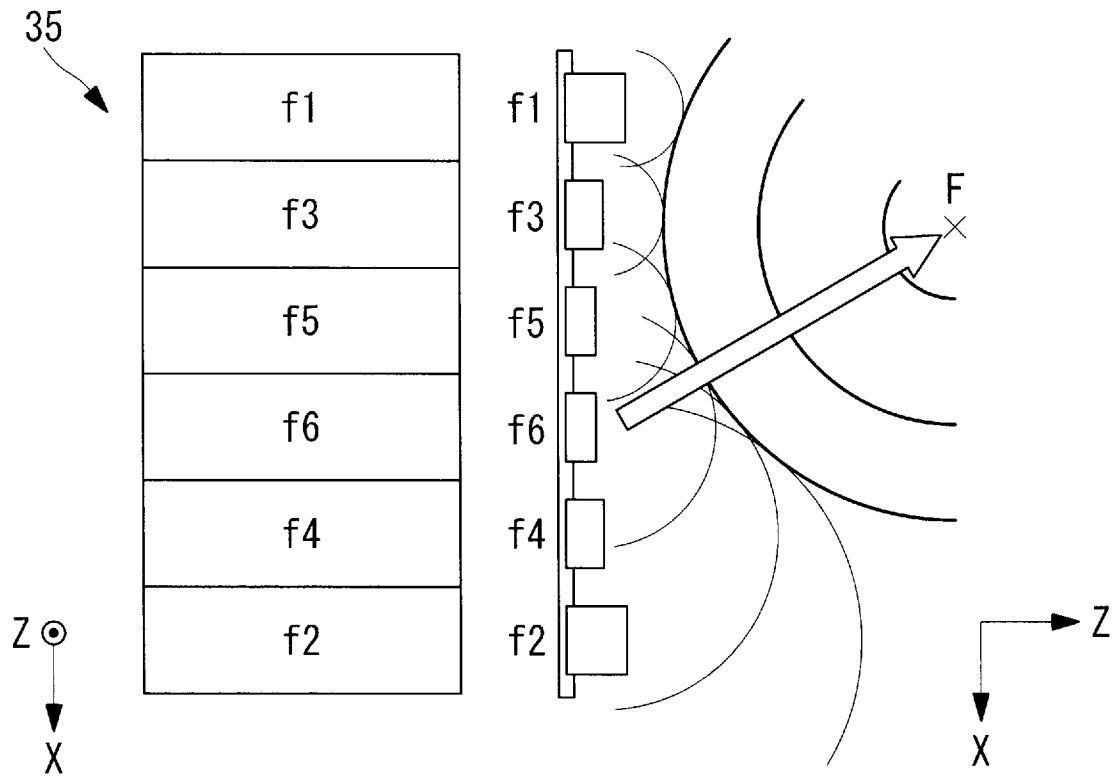
[図17]



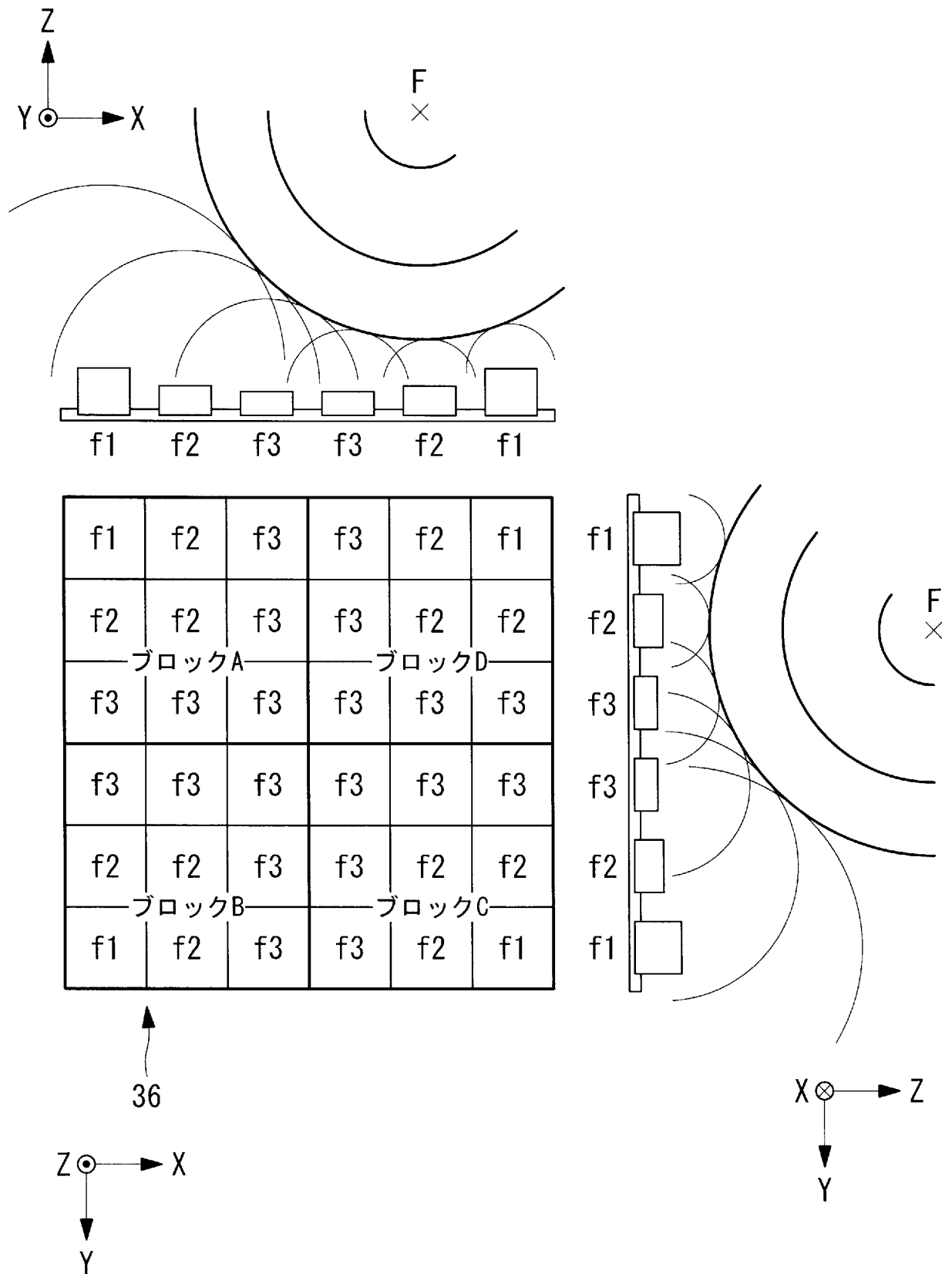
[図18]



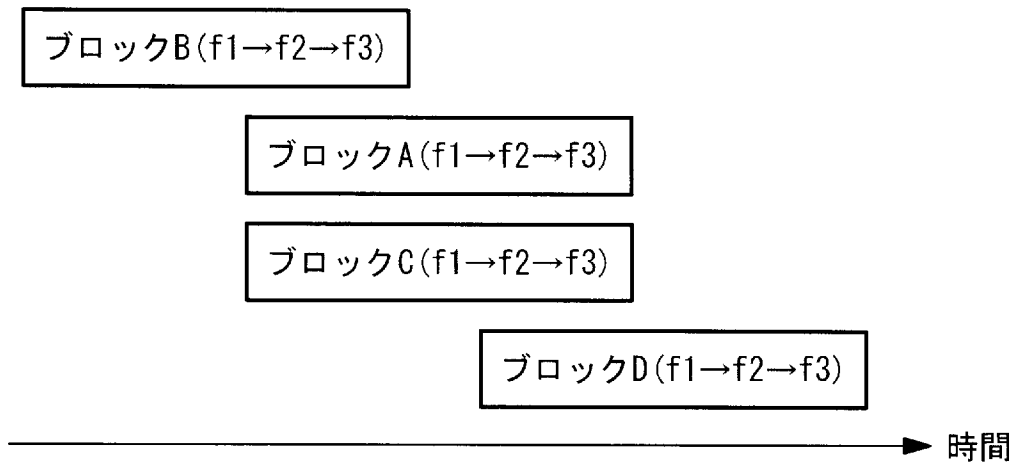
[図19]



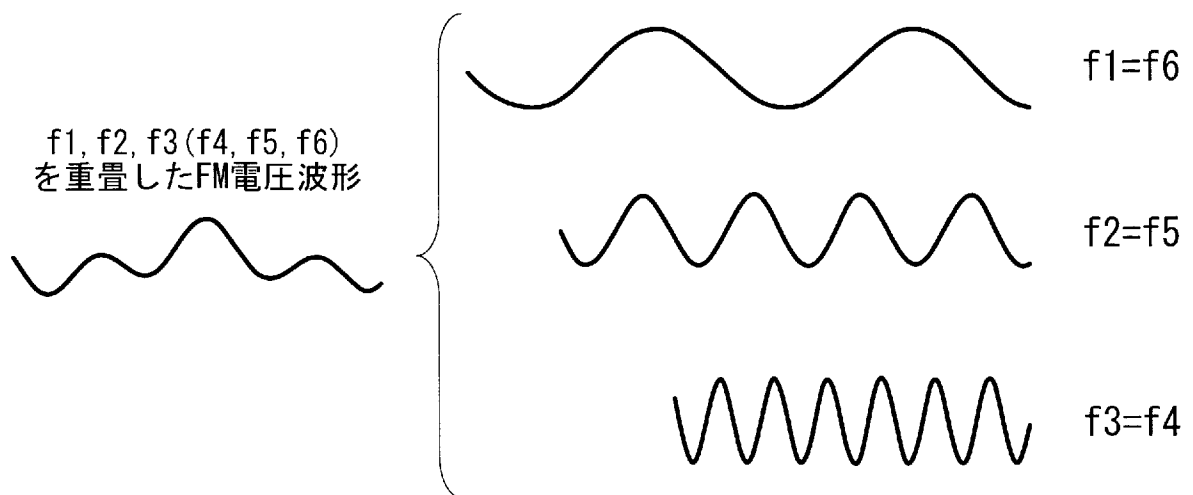
[図20]



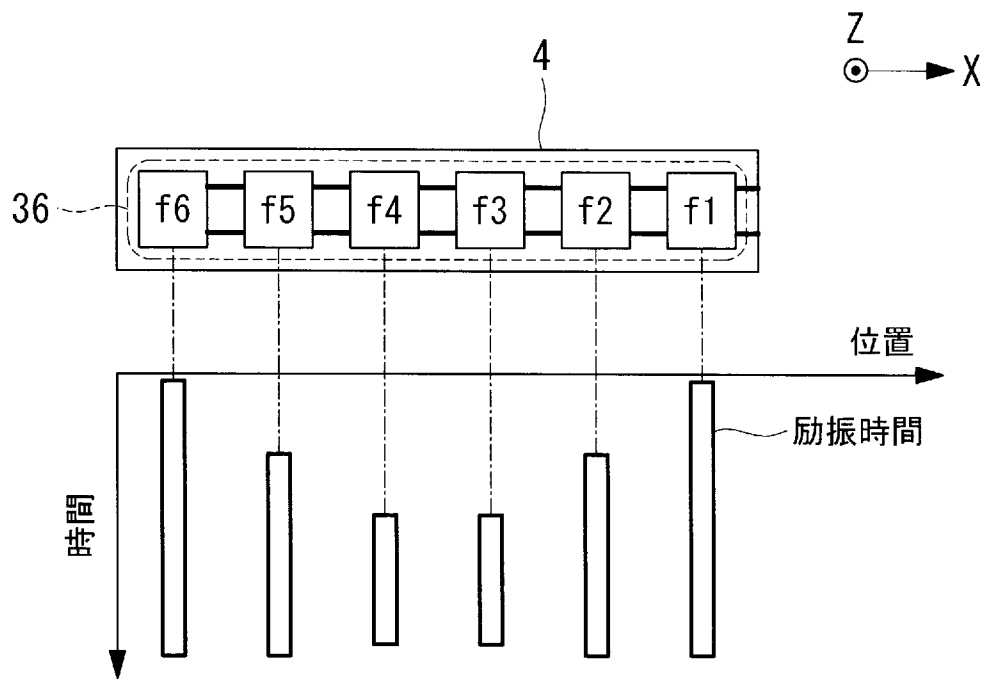
[図21]



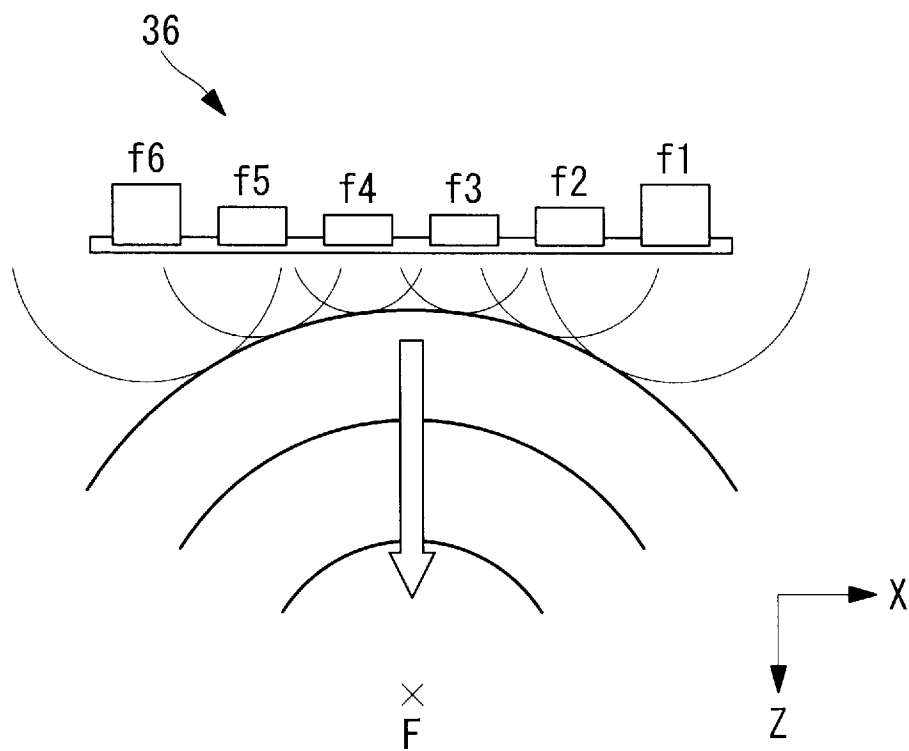
[図22]



[図23]



[図24]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/066675

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

A61B18/00(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)

A61B18/00

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	1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2015	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2015

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.
A	JP 2000-254137 A (Olympus Optical Co., Ltd.), 19 September 2000 (19.09.2000), entire text; all drawings (Family: none)	1-6
A	JP 06-105851 A (Toshiba Corp.), 19 April 1994 (19.04.1994), entire text; all drawings (Family: none)	1-6
A	US 2004/0073114 A1 (Leonard R. OLIVER), 15 April 2004 (15.04.2004), entire text; all drawings & WO 2003/057275 A2 & AU 2002367296 A	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
31 August 2015 (31.08.15)

Date of mailing of the international search report
08 September 2015 (08.09.15)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/066675

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2004/0019318 A1 (Richard R. WILSON), 29 January 2004 (29.01.2004), entire text; all drawings (Family: none)	1-6
A	US 4526168 A (Dieter HASSLER), 02 July 1985 (02.07.1985), 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. A61B18/00(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. A61B18/00

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	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2015年
日本国実用新案登録公報	1996-2015年
日本国登録実用新案公報	1994-2015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
A	JP 2000-254137 A（オリンパス光学工業株式会社）2000.09.19, 全文, 全図（ファミリーなし）	1-6
A	JP 06-105851 A（株式会社東芝）1994.04.19, 全文, 全図（ファミリーなし）	1-6
A	US 2004/0073114 A1（Leonard R. OLIVER）2004.04.15, 全文, 全図 & WO 2003/057275 A2 & AU 2002367296 A	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

31.08.2015

国際調査報告の発送日

08.09.2015

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）

沼田 規好

3 I

3930

電話番号 03-3581-1101 内線 3386

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
A	US 2004/0019318 A1 (Richard R. WILSON) 2004.01.29, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-6
A	US 4526168 A (Dieter HASSLER) 1985.07.02, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-6