

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：

一 国際調査報告（条約第21条(3)）

(57) 要約：アクチュエータ（11）は、基板（21）、枠体（22）、連結部材（23）、および、圧電素子（30）を備える。基板（21）は、主面（201）と主面（202）とを有し、平面視において回転対称形状である。枠体（22）は、基板（21）の外周縁（e21）よりも外方に配置される。連結部材（23）は、基板（21）の外周縁（e21）と枠体（22）に接続し、枠体（22）に対して、基板（21）を振動可能に保持する。圧電素子（30）は、基板（21）の主面（201）に配置され、外形形状が基板（21）よりも小さい。基板（21）は、平面視において、基板（21）の中心（o21）および外周縁（e21）を含まず、圧電素子（30）に重なる領域に、凹部（210）および薄厚部（219）を備え、これらにより、中心（o21）の部分よりも弾性率が小さい低弾性率領域を形成する。

明 細 書

発明の名称：アクチュエータ、および、流体制御装置

技術分野

[0001] 本発明は、圧電素子30等の駆動体によって平板を振動させる構造を備えるアクチュエータに関する。

背景技術

[0002] 特許文献1には、アクチュエータを備えた圧電ポンプが開示されている。特許文献1のアクチュエータは、円形の振動板に圧電素子を貼り付けることによって構成される。

[0003] 振動板の外方には、外枠が配置される。振動板は、梁形状の連結部材によって、外枠に接続する。これにより、振動板は、外枠に対して振動可能に保持される。

[0004] アクチュエータを平面視にして（振幅が0の状態の振動板の主面に直交する方向に視て）、圧電素子の中心と振動板の中心とは一致している。

[0005] 圧電素子は、圧電体と、圧電体の主面に配置された駆動用導体とによって構成される。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特許第5177331号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] 圧電体は、脆性材料であるため、引張応力が圧縮応力よりも大きくなる時にクラックCRが発生し易い。そして、クラックが複数本発生し、互いに繋がると、これら複数のクラックCRによって囲まれる領域が、圧電素子として、他の部分から絶縁された領域となってしまう。

[0008] この絶縁された領域には、駆動電圧が印加されず、圧電素子として発生する歪みが小さくなる。これにより、アクチュエータの振動の振幅は小さくな

り、アクチュエータとしての特性が低下してしまう。

[0009] したがって、本発明の目的は、圧電素子にクラックが生じても振動の振幅の低下を抑制できるアクチュエータを提供することにある。

課題を解決するための手段

[0010] この発明のアクチュエータは、基板、枠体、連結部材、および、圧電素子を備える。基板は、第1主面と第2主面とを有し、第1主面および第2主面に直交する方向から視る平面視において、回転対称形状である。枠体は、基板の外周縁よりも外方に配置される。連結部材は、基板の外周縁と枠体に接続し、枠体に対して、基板を振動可能に保持する。圧電素子は、基板の第1主面に配置され、外形形状が基板よりも小さい。基板は、平面視において、基板の中心および外周縁を含まず、圧電素子に重なる領域に、中心の部分よりも弾性率が小さい低変形領域を有する。

[0011] この構成では、変形制御領域において、基板の振幅が大きくなり、引張応力が大きく働く。そして、変形制御領域が基板および圧電素子の中心から離間した位置に配置されることで、クラックが発生しても、複数のクラックによって囲まれる領域の発生は抑制される。これにより、圧電素子における駆動電圧が印加されない領域の発生は、抑制される。

発明の効果

[0012] この発明によれば、圧電素子にクラックが生じても、アクチュエータの振動の振幅の低下を抑制できる。

図面の簡単な説明

[0013] [図1]図1は、第1の実施形態に係るアクチュエータを含む流体制御装置の分解斜視図である。

[図2]図2(A)は、第1の実施形態に係るアクチュエータの平面図であり、図2(B)は、そのA-A断面図である。

[図3]図3は、引張応力の分布の一例を示すグラフである。

[図4]図4(A)は、第1の実施形態の構成におけるクラックCRの発生状況の一例を示す図であり、図4(B)は、従来構成におけるクラックCRの発

生状況の一例を示す図である。

[図5]図5は、薄厚部219の位置と規格化寿命との関係を示すグラフである。

[図6]図6(A)は、第2の実施形態に係るアクチュエータの平面図であり、図6(B)は、そのB-B断面図である。

[図7]図7は、第3の実施形態に係るアクチュエータの平面図である。

[図8]図8(A)は、第4の実施形態に係るアクチュエータの平面図であり、図8(B)は、そのC-C断面図である。

[図9]図9(A)は、第5の実施形態に係るアクチュエータの平面図であり、図9(B)は、そのD-D断面図である。

[図10]図10(A)は、第6の実施形態に係るアクチュエータの平面図であり、図10(B)は、そのE-E断面図である。

[図11]図11は、第7の実施形態に係るアクチュエータの側面断面図である。

[図12]図12(A)は、第8の実施形態に係るアクチュエータの平面図であり、図12(B)は、そのF-F断面図である。

[図13]図13は、第9の実施形態に係るアクチュエータの側面断面図である。

発明を実施するための形態

[0014] [第1の実施形態]

本発明の第1の実施形態に係るアクチュエータおよび流体制御装置について、図を参照して説明する。図1は、第1の実施形態に係るアクチュエータを含む流体制御装置の分解斜視図である。図2(A)は、第1の実施形態に係るアクチュエータの平面図であり、図2(B)は、そのA-A断面図である。本実施形態を含む、各実施形態において、各図では、アクチュエータおよび流体制御装置の構成を分かり易くするため、それぞれの構成要素の形状を部分的または全体として誇張して記載している。

[0015] (アクチュエータ11の構成)

図1、図2(A)、図2(B)に示すように、アクチュエータ11は、平板部材20、および、圧電素子30を備える。

[0016] (平板部材20の構成)

平板部材20は、金属板等からなり、主面201と主面202とを有する。平板部材20は、主板21、枠体22、および、複数の連結部材23を備える。主板21、枠体22、および、複数の連結部材23は、例えば、1枚の平板を用いて、一体に形成されている。

[0017] 主板21は、主面201および主面202を有する平板である。主面201が、本発明の「第1主面」に対応し、主面202が、本発明の「第2主面」に対応する。

[0018] 主板21を平面視した形状(主面201および主面202に直交する方向(厚み方向)に視た形状)は、円形である。主板21は、中心o21および外周縁e21を有する。なお、主板21は、円形に限らず、中心o21を基準点とする回転対称形状であれば、本願の構成を適用でき、本願の作用効果を奏することができる。

[0019] さらに、主板21には、薄厚部219が形成されている。薄厚部219の具体的な形状および形成位置は、後述する。

[0020] 枠体22は、平板であり、枠体22を平面視した外径形状は、正方形である。なお、枠体22を平面視した外形形状は、正方形に限る必要は無い。枠体22には、開口が形成されている。開口は、枠体22を構成する平板を厚み方向に貫通する。開口は、平面視して円形である。開口の形状は、主板21の外周縁e21よりも大きく、外周縁e21と相似形である。

[0021] 枠体22の開口の内部に、主板21が配置される。この際、開口の中心と、主板21の中心o21とは一致する。主板21の外周縁e21の形状が枠体22の開口の形状よりも小さいことにより、枠体22の開口の内部に主板21を配置しても、主板21の外周縁e21と枠体22とは離間して配置される。

[0022] 複数の連結部材23は、それぞれに梁形状である。複数の連結部材23は

、主板 2 1 と枠体 2 2 との間の開口に配置される。複数の連結部材 2 3 は、主板 2 1 の外周縁 e 2 1 に沿って、互いに間隔をあけて配置されている。

[0023] 連結部材 2 3 は、内側連結部、梁部、および、外側連結部を備える。梁部は、主板 2 1 の外周縁 e 2 1 に沿って、延びる形状である。内側連結部は、梁部の延びる方向の略中心と主板 2 1 の外周縁 e 2 1 とを接続する。外側連結部は、梁部の延びる方向の両端と枠体 2 2 とを接続する。

[0024] この構成によって、主板 2 1 は、複数の連結部材 2 3 によって、枠体 2 2 に対してベンディング振動可能な状態で支持される。

[0025] 圧電素子 3 0 は、平面視した形状が円形である。圧電素子 3 0 の外形形状は、主板 2 1 の外形形状（外周縁 e 2 1 の形状）よりも小さい。圧電素子 3 0 は、圧電体、および、駆動用導体を備える。駆動用導体は、圧電素子 3 0 の主面に形成される。

[0026] 圧電素子 3 0 は、主板 2 1 の主面 2 0 1 に配置される。この際、圧電素子 3 0 の中心と主板 2 1 の中心とは一致する。なお、ここでの一致とは、製造誤差の範囲内において、互いの中心位置がずれている範囲内も含む。

[0027] 圧電素子 3 0 の外形形状が主板 2 1 の外形形状よりも小さいことにより、主板 2 1 は、外周縁 e 2 1 およびその近傍にて、圧電素子 3 0 と当接しない領域を有する。

[0028] このような構成において、薄厚部 2 1 9 は、主板 2 1 に形成された凹部 2 1 0 によって実現される。図 1、図 2 (A)、図 2 (B) に示すように、凹部 2 1 0 は、主板 2 1 の一部が主面 2 0 2 側から凹む形状である。より具体的には、凹部 2 1 0 は、主板 2 1 の中心 o 2 1 を基準点（中心点（回転中心））とし、主板 2 1 の外周縁 e 2 1 に沿った円環状である。凹部 2 1 0 の深さは、主板 2 1 の厚みよりも小さい。凹部 2 1 0 は、平面視において、圧電素子 3 0 に重なる位置に形成される。凹部 2 1 0 の幅は、例えば、主板 2 1 の半径（中心 o 2 1 から外周縁 e 2 1 までの距離）の略 $1/4$ である。なお、幅は、半径よりも小さければよい。

[0029] これにより、主板 2 1 には、中心 o 2 1 および外周縁 e 2 1 を含まず、平

面視において圧電素子30に重なる位置に、円環状の薄厚部219が形成される。

[0030] ここで、基板21は、1つの材料から形成される。したがって、薄厚部219は、基板21における薄厚部219以外の部分よりも変形し易い。言い換えれば、薄厚部219は、基板21のその他の部分よりも弾性率が低い。すなわち、薄厚部219が、本発明の「低弾性率領域」に対応する。

[0031] このような構成では、基板21には次に示すように引張応力が発生する。図3は、引張応力の分布の一例を示すグラフである。図3の横軸は、中心o21からの規格化距離であり、図3の縦軸は、基板21をベンディング振動させたときの圧電素子30に加わる引張応力である。中心o21からの規格化距離とは、中心o21を原点とし、中心o21から外周縁e21までの距離を1としたときの中心o21からの距離である。また、図3は、規格化距離における約0.6から約0.8の位置に薄厚部219を形成した場合を示す。

[0032] 薄厚部219を、中心o21から離間した位置に形成することによって、基板21における振幅が最も大きくなる位置は、中心o21でなく、薄厚部219の形成された領域となる。したがって、図3に示すように、圧電素子30に加わる引張応力は、薄厚部219に対向する領域となる。すなわち、圧電素子30に加わる引張応力が最も大きくなる領域は、中心o21に対向する領域とは異なり、薄厚部219に対向する領域となる。

[0033] 一方、図示を省略しているが、薄厚部219を形成しない従来構成では、基板21の中心o21で振幅が最も大きくなる。このため、従来構成では、引張応力は、中心o21に対向する領域で最も大きくなる。

[0034] しかしながら、薄厚部219を設けることで、引張応力が最も大きくなる領域は、中心o21から薄厚部219にかわり、中心o21では、従来構成よりも引張応力は小さくなる。

[0035] このため、引張応力によって圧電素子30に発生するクラックCRの形状は、図4(A)、図4(B)に示すように変化する。図4(A)は、第1の

実施形態の構成におけるクラックCRの発生状況の一例を示す図であり、図4(B)は、従来構成におけるクラックCRの発生状況の一例を示す図である。

[0036] まず、図4(B)に示すように、従来構成では、中心○21で引張応力が最も大きくなるため、複数のクラックCRは、中心○21の周辺に集中する。したがって、複数のクラックCRは、繋がりがやすく、複数のクラックCRが繋がることによって、複数のクラックCRによって囲まれる絶縁領域は、発生し易い。絶縁領域が発生することによって、アクチュエータ11としての振動の振幅が低下し、特性が劣化してしまう。

[0037] 一方、図4(A)に示すように、本実施形態の構成では、外周縁e21に近い薄厚部219で引張応力が最も大きくなるため、複数のクラックCRは、薄厚部219に重なる位置に発生し、互いに距離をおいて発生する。したがって、複数のクラックCRは、ほとんど繋がらない。これにより、複数のクラックCRによって囲まれる絶縁領域は、発生し難い。絶縁領域の発生が抑制されることによって、アクチュエータ11の振動の振幅の低下は抑制され、特性の劣化は抑制される。

[0038] このように、本実施形態の構成を用いることで、圧電素子30に発生する複数のクラックCRを離散的にでき、複数のクラックCRに囲まれる絶縁領域の発生を抑制できる。これにより、アクチュエータ11は、振動の振幅の低下を抑制し、特性の劣化を抑制できる。

[0039] 基板21における中心○21から外周縁e21に向かう方向における薄厚部219の位置は、少なくとも中心○21を含まず、外周縁e21を含まず、圧電素子30に重なっていればよい。しかしながら、薄厚部219の位置を次に示す位置にすることによって、アクチュエータ11の信頼性をさらに向上できる。

[0040] 図5は、薄厚部219の位置と規格化寿命との関係を示すグラフである。図5の横軸は、中心○21からの規格化距離を示し、中心○21から薄厚部219の幅方向の中心までの距離を示す。薄厚部219の幅は、例えば、主

板 2 1 の半径の略 $1/4$ である。図 5 の縦軸は、アクチュエータ 1 1 を連続駆動して、所定の特性まで劣化するまでの時間を示し、薄厚部 2 1 9 が存在しない場合を基準値の「1」とした値である。

[0041] 図 5 に示すように、中心 \circ 2 1 から薄厚部 2 1 9 までの距離が、外周縁 e 2 1 までの距離の約 0.4 倍以上、約 0.9 倍以下であれば、アクチュエータ 1 1 の寿命を、従来構成の約 2 倍に延ばすことができる。さらに、中心 \circ 2 1 から薄厚部 2 1 9 までの距離が、外周縁 e 2 1 までの距離の約 0.55 倍以上、約 0.85 倍以下であれば、アクチュエータ 1 1 の寿命を、従来構成の約 3 倍に延ばすことができる。また、さらに、中心 \circ 2 1 から薄厚部 2 1 9 までの距離が、外周縁 e 2 1 までの距離の約 0.8 倍にすることで、アクチュエータ 1 1 の寿命を、従来構成の約 4 倍に延ばすことができる。

[0042] また、アクチュエータ 1 1 では、凹部 2 1 0 が、主板 2 1 における圧電素子 3 0 の配置面と反対側の面に形成される。これにより、圧電素子 3 0 は、主板 2 1 に全面が当接する。言い換えれば、圧電素子 3 0 は、主板 2 1 に当接していない箇所を有さない。したがって、引張応力による圧電素子 3 0 のクラック CR の発生は、さらに抑制される。

[0043] また、アクチュエータ 1 1 では、凹部 2 1 0 および薄厚部 2 1 9 が、主板 2 1 の周方向に亘って均一に配置される。これにより、アクチュエータ 1 1 は、中心 \circ 2 1 から外周縁 e 2 1 への全方位の振動のばらつきを抑制でき、アクチュエータ 1 1 としての振動特性は向上する。

[0044] なお、凹部 2 1 0 の幅は、全周で均一でなくてもよい。凹部 2 1 0 は、幅の広い部分と幅の狭い部分とを備え、一例として、幅の広い部分と幅の狭い部分とが繰り返される形状であってもよい。

[0045] また、凹部 2 1 0 の深さは、全周で均一でなくてもよい。凹部 2 1 0 は、深いと部分と浅い部分とを備え、一例として、深いと部分と浅い部分とが交互に繰り返される形状であってもよい。

[0046] また、凹部 2 1 0 の深さは、幅方向において均一でなくてもよい。例えば、凹部 2 1 0 は、幅方向の中央が幅方向の端部よりも深くなってもよい。

。

[0047] (流体制御装置 10 の構成)

上述の構成からなるアクチュエータ 11 を用いることで、図 1 に示すように、流体制御装置 10 を構成できる。流体制御装置 10 は、アクチュエータ 11、平板 40、および、側壁部材 50 を備える。

[0048] 平板 40 は、アクチュエータ 11 の主板 21、枠体 22、および、連結部材 23 における主面 202 側に配置される。平板 40 は、主板 21 の主面 202 に対向する。平板 40 が、本発明の「対向板」に対応する。平板 40 は、複数の貫通孔 400 を備える。複数の貫通孔 400 は、平面視において、主板 21 に重なる位置に配置される。

[0049] 側壁部材 50 は、中空 500 を有する環状であり、アクチュエータ 11 の平板部材 20 と、平板 40 との間に配置される。中空 500 は、枠体 22 の内周端によって形成される開口と略同じ形状である。側壁部材 50 は、枠体 22 と、平板 40 とに接続する。

[0050] これにより、アクチュエータ 11、側壁部材 50、および、平板 40 によって囲まれる空間（側壁部材 50 の中空 500）は、ポンプ室となる。ポンプ室は、複数の貫通孔 400 によって、流体制御装置 10 の平板 40 側の外部空間に連通する。また、ポンプ室は、複数の連結部材 23 の間に存在する複数の開口 241、242 によって、流体制御装置 10 のアクチュエータ 11 側の外部空間に連通する。

[0051] このような構成において、アクチュエータ 11 の主板 21 を振動させることによって、流体制御装置 10 は、複数の貫通孔 400 から流体を吸入し、開口 241、242 から流体を吐出する。または、流体制御装置 10 は、開口 241、242 から流体を吸入し、複数の貫通孔 400 から流体を吐出する。

[0052] そして、アクチュエータ 11 が上述の構成を備えることによって、流体制御装置 10 は、流体の搬送効率の低下を抑制できる。また、流体制御装置 10 は、信頼性を向上できる。

[0053] (第2の実施形態)

本発明の第2の実施形態に係るアクチュエータおよび流体制御装置について、図を参照して説明する。図6(A)は、第2の実施形態に係るアクチュエータの平面図であり、図6(B)は、そのB-B断面図である。

[0054] 図6(A)、図6(B)に示すように、第2の実施形態に係るアクチュエータ11Aは、第1の実施形態に係るアクチュエータ11に対して、平板部材20Aの構成において異なる。アクチュエータ11Aの他の構成は、アクチュエータ11と同様であり、同様の箇所の説明は省略する。

[0055] 平板部材20Aは、基板21に凹部211、凹部212、および、凹部213を備える。凹部211、凹部212、凹部213は、円環状であり、それぞれに半径が異なる。具体的には、凹部212の半径は、凹部211の半径よりも小さく、凹部213の半径は、凹部212の半径よりも小さい。

[0056] 凹部211、凹部212、凹部213は、中心o21から外周縁e21に向かう方向において、凹部211、凹部212、凹部213の順に形成される。

[0057] このような構成では、基板21における中心o21から外周縁e21に向かう方向の凹部211から凹部213までの領域の平均的な厚みは、基板21における他の部分の厚みよりも小さい。すなわち、基板21における中心o21から外周縁e21に向かう方向の凹部211から凹部213までの領域は、薄厚部219Aとなる。

[0058] このように、複数の凹部211、凹部212、凹部213を備える構成により、アクチュエータ11Aは、アクチュエータ11と同様に、圧電素子30にクラックCRが生じても、アクチュエータ11Aの振動の振幅の低下を抑制できる。

[0059] また、この構成では、複数の凹部211、凹部212、凹部213の一つ一つの幅を小さくしても、上述の凹部210と同様の作用効果を得られる薄厚部を形成できる。これにより、圧電素子30を基板21に設置する際に、より全体に略均一に押圧力を加えることができる。したがって、圧電素子3

0を主板21により確実に設置でき、アクチュエータ11Aは、さらに信頼性を向上できる。

[0060] (第3の実施形態)

本発明の第3の実施形態に係るアクチュエータおよび流体制御装置について、図を参照して説明する。図7は、第3の実施形態に係るアクチュエータの平面図である。

[0061] 図7に示すように、第3の実施形態に係るアクチュエータ11Bは、第1の実施形態に係るアクチュエータ11に対して、平板部材20Bの構成において異なる。アクチュエータ11Bの他の構成は、アクチュエータ11と同様であり、同様の箇所の説明は省略する。

[0062] 平板部材20Bは、平面視して正八角形の環状の凹部210Bを主板21に備える点で、平板部材20と異なる。言い換えれば、平板部材20Bは、平面視して正八角形の環状の薄厚部を主板21に備える点で、平板部材20と異なる。凹部210Bおよびこれにより薄厚部は、主板21の中心o21を基準点(中心点)とする正八角形の環状である。

[0063] このような構成によって、アクチュエータ11Bは、アクチュエータ11と同様に、圧電素子30にクラックCRが生じても、アクチュエータ11Bの振動の振幅の低下を抑制できる。すなわち、凹部および薄厚部は、円環状に限らず、正多角形の環状であっても、圧電素子30にクラックCRが生じた際に、アクチュエータ11Bの振動の振幅の低下を抑制できる。

[0064] (第4の実施形態)

本発明の第4の実施形態に係るアクチュエータおよび流体制御装置について、図を参照して説明する。図8(A)は、第4の実施形態に係るアクチュエータの平面図であり、図8(B)は、そのC-C断面図である。

[0065] 図8(A)、図8(B)に示すように、第4の実施形態に係るアクチュエータ11Cは、第1の実施形態に係るアクチュエータ11に対して、平板部材20Cの構成において異なる。アクチュエータ11Cの他の構成は、アクチュエータ11と同様であり、同様の箇所の説明は省略する。

- [0066] 平板部材20Cは、複数の凹部210Cを主板21に備える点で、平板部材20と異なる。複数の凹部210Cは、平面視して円形である。複数の凹部210Cは、主板21の中心o21を基準点（中心点）とする円上に、所定の間隔を置いて配置される。例えば、図8（A）、図8（B）の場合、アクチュエータ11Cの平板部材20Cは、主板21の中心o21を基準点（中心点）互いに90°の角度差を有する回転対称の位置に、4個の凹部210Cが配置される。
- [0067] このような構成では、複数の凹部210Cの形成部において、主板21は、薄厚部を備える。
- [0068] このような構成によって、アクチュエータ11Cは、アクチュエータ11と同様に、圧電素子30にクラックCRが生じても、アクチュエータ11Cの振動の振幅の低下を抑制できる。すなわち、凹部および薄厚部は、環状に連続する形状でなくても、圧電素子30にクラックCRが生じた際に、アクチュエータ11Cの振動の振幅の低下を抑制できる。
- [0069] なお、複数の凹部210Cの個数および配置は、この例に限るものではない。この際、複数の凹部210Cの配置間隔（角度間隔）は、複数の凹部210Cの個数に応じて、設定すればよい。より具体的には、複数の凹部210Cの配置間隔は、360°を複数の凹部210Cの個数で除算した値にすればよい。これにより、全周に亘って、複数の凹部210Cが均等に配置され、アクチュエータ11Cは、中心o21から外周縁e21への全方位の振動のばらつきを抑制でき、アクチュエータ11Cの振動特性は向上する。
- [0070] また、複数の凹部210Cを平面視した形状は、円形に限るものではない。例えば、複数の凹部210Cは、多角形や外周縁e21に沿った円弧状等であってもよい。
- [0071] （第5の実施形態）
- 本発明の第5の実施形態に係るアクチュエータおよび流体制御装置について、図を参照して説明する。図9（A）は、第5の実施形態に係るアクチュエータの平面図であり、図9（B）は、そのD-D断面図である。

[0072] 図9(A)、図9(B)に示すように、第5の実施形態に係るアクチュエータ11Dは、第4の実施形態に係るアクチュエータ11Cに対して、平板部材20Dの構成において異なる。アクチュエータ11Dの他の構成は、アクチュエータ11Cと同様であり、同様の箇所の説明は省略する。

[0073] 平板部材20Dは、一つの凹部210Dを備える。このような構成では、一つの凹部210Dの形成部において、主板21は、薄厚部を備える。

[0074] このような構成によって、アクチュエータ11Dは、アクチュエータ11Cと同様に、圧電素子30にクラックCRが生じても、アクチュエータ11Dの振動の振幅の低下を抑制できる。すなわち、凹部および薄厚部は、中心 \circ 21から特定の方向にしか存在しなくても、圧電素子30にクラックCRが生じた際に、アクチュエータ11Dの振動の振幅の低下を抑制できる。

[0075] (第6の実施形態)

本発明の第6の実施形態に係るアクチュエータおよび流体制御装置について、図を参照して説明する。図10(A)は、第6の実施形態に係るアクチュエータの平面図であり、図10(B)は、そのE-E断面図である。

[0076] 図10(A)、図10(B)に示すように、第6の実施形態に係るアクチュエータ11Eは、第4の実施形態に係るアクチュエータ11Cに対して、平板部材20Eの構成において異なる。アクチュエータ11Eの他の構成は、アクチュエータ11Cと同様であり、同様の箇所の説明は省略する。

[0077] 平板部材20Eは、複数の貫通穴210Eを主板21に備える点で、平板部材20Cと異なる。貫通穴210Eは、平面視して円形である。複数の貫通穴210Eは、主板21の中心 \circ 21を基準点(中心点)とする円上に、所定の間隔を置いて配置される。例えば、図10(A)、図10(B)の場合、アクチュエータ11Eの平板部材20Eは、主板21の中心 \circ 21を基準点(中心点)互いに90°の角度差を有する回転対称の位置に、4個の貫通穴210Eが配置される。

[0078] このような構成では、中心 \circ 21から外周縁 e 21に向かう方向における複数の貫通穴210Eの形成部は、中心 \circ 21から外周縁 e 21に向かう方

向における他の部分よりも平均的に薄くなる。これにより、主板21は、中心o21から外周縁e21に向かう方向における複数の貫通穴210Eの形成部に、薄厚部を実現できる。

[0079] このような構成によって、アクチュエータ11Eは、アクチュエータ11Cと同様に、圧電素子30にクラックCRが生じても、アクチュエータの振動の振幅の低下を抑制できる。

[0080] なお、複数の貫通穴210Eの個数および配置は、この例に限るものではない。この際、複数の貫通穴210Eの配置間隔（角度間隔）は、複数の貫通穴210Eの個数に応じて、設定すればよい。より具体的には、複数の貫通穴210Eの配置間隔は、 360° を複数の貫通穴210Eの個数で除算した値にすればよい。これにより、全周に亘って、複数の貫通穴210Eが均等に配置され、アクチュエータ11Eは、中心o21から外周縁e21への全方位の振動のばらつきを抑制でき、アクチュエータ11Eの振動特性は向上する。

[0081] （第7の実施形態）

本発明の第7の実施形態に係るアクチュエータおよび流体制御装置について、図を参照して説明する。図11は、第7の実施形態に係るアクチュエータの側面断面図である。

[0082] 図11に示すように、第7の実施形態に係るアクチュエータ11Fは、第1の実施形態に係るアクチュエータ11に対して、平板部材20Fの構成において異なる。アクチュエータ11Fの他の構成は、アクチュエータ11と同様であり、同様の箇所の説明は省略する。

[0083] アクチュエータ11Fは、平板部材20Fを備える。平板部材20Fは、主板21F、枠体22F、連結部材23を備える。

[0084] 主板21Fは、中央部291と外周縁部292とを備える。中央部291は、外周縁部292よりも厚い。圧電素子30は、中央部291の主面201に配置される。凹部210は、中央部291の主面202に形成される。

[0085] このような構成によって、アクチュエータ11Fは、アクチュエータ11

と同様に、圧電素子30にクラックCRが生じても、アクチュエータ11Fの振動の振幅の低下を抑制できる。

[0086] また、アクチュエータ11Fは、基板21Fの外周縁部292が薄いことで、外周縁e21付近の振動の振幅を大きくできる。したがって、アクチュエータ11Fは、振動の振幅の低下をさらに抑制できる。

[0087] (第8の実施形態)

本発明の第8の実施形態に係るアクチュエータおよび流体制御装置について、図を参照して説明する。図12(A)は、第8の実施形態に係るアクチュエータの平面図であり、図12(B)は、そのF-F断面図である。

[0088] 図12(A)、図12(B)に示すように、第8の実施形態に係るアクチュエータ11Gは、第1の実施形態に係るアクチュエータ11に対して、平板部材20Gの構成において異なる。アクチュエータ11Gの他の構成は、アクチュエータ11と同様であり、同様の箇所の説明は省略する。

[0089] アクチュエータ11Gは、平板部材20Gを備える。平板部材20Gでは、凹部210Gは、基板21の主面201に形成される。すなわち、基板21の主面202側に薄厚部219Gが形成される。

[0090] このような構成によって、アクチュエータ11Gは、アクチュエータ11と同様に、圧電素子30にクラックCRが生じても、アクチュエータ11Gの振動の振幅の低下を抑制できる。

[0091] また、この構成を、上述の流体制御装置10の構成に適用すると、基板21のポンプ室側面を平坦にできる。これにより、ポンプ室内の流体に対する圧力損失を抑制できる。

[0092] (第9の実施形態)

本発明の第9の実施形態に係るアクチュエータおよび流体制御装置について、図を参照して説明する。図13は、第9の実施形態に係るアクチュエータの側面断面図である。

[0093] 図13に示すように、第9の実施形態に係るアクチュエータ11Hは、第1の実施形態に係るアクチュエータ11に対して、平板部材20Hの構成に

において異なる。アクチュエータ 11H の他の構成は、アクチュエータ 11 と同様であり、同様の箇所の説明は省略する。

[0094] アクチュエータ 11H は、平板部材 20H を備える。平板部材 20H では、凹部 210H1 は、基板 21 の主面 201 に形成され、凹部 210H2 は、基板 21 の主面 202 に形成される。すなわち、基板 21 の厚み方向の途中位置に薄厚部 219H が形成される。

[0095] このような構成によって、アクチュエータ 11H は、アクチュエータ 11 と同様に、圧電素子 30 にクラック CR が生じても、アクチュエータ 11H の振動の振幅の低下を抑制できる。

[0096] なお、上述の説明では、平面視において、凹部 210H1 と凹部 210H2 とが全体で重なる態様を示した。しかしながら、平面視において、凹部 210H1 と凹部 210H2 とは、部分的に重なっていてもよく、重なってなくてもよい。また、凹部 210H1 と凹部 210H2 の形状は同一であっても、同一でなくてもよい。さらには、凹部 210H1 と凹部 210H2 とは、環状の凹部と、円形等の凹部との組合せであってもよい。

[0097] このように、アクチュエータ 11H は、凹部 210H1 と凹部 210H2 を多様に設定できるので、薄厚部 219H の形状を多様に設定できる。

[0098] なお、上述の各実施形態の構成では、基板に凹部や貫通穴を形成することによって、薄厚部を形成する態様を示した。しかしながら、アクチュエータとして、中心 21 を含む領域よりも、中心 21 を含まない領域において弾性率を低くすれば、上述の作用効果を実現できる。したがって、弾性率を低くしたい領域を、それ以外の領域よりも弾性率の低い材料で形成してもよく、切れ目を形成してもよい。

[0099] また、上述の各実施形態の構成は、適宜組合せ可能であり、それぞれの組合せに応じた作用効果を奏することができる。

符号の説明

[0100] 10 : 流体制御装置

11、11A、11B、11C、11D、11E、11F、11G、11H

: アクチュエータ

20、20A、20B、20C、20D、20E、20F、20G、20H

: 平板部材

21、21F : 主板

22、22F : 枠体

23 : 連結部材

30 : 圧電素子

40 : 平板

50 : 側壁部材

201 : 主面

202 : 主面

210、210B、210C、210D : 凹部

210E : 貫通穴

210G、210H1、210H2、211、212、213 : 凹部

219、219A、219G、219H : 薄厚部

241 : 開口

291 : 中央部

292 : 外周縁部

400 : 貫通孔

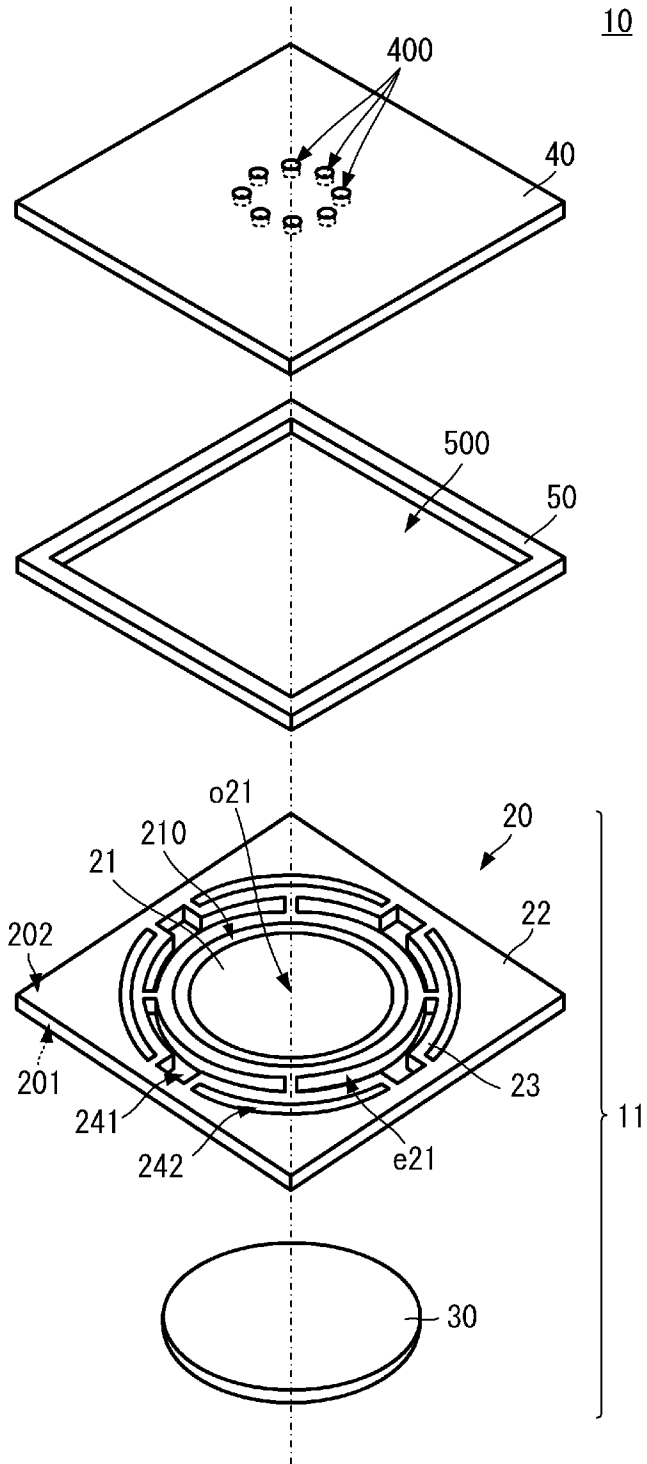
500 : 中空

請求の範囲

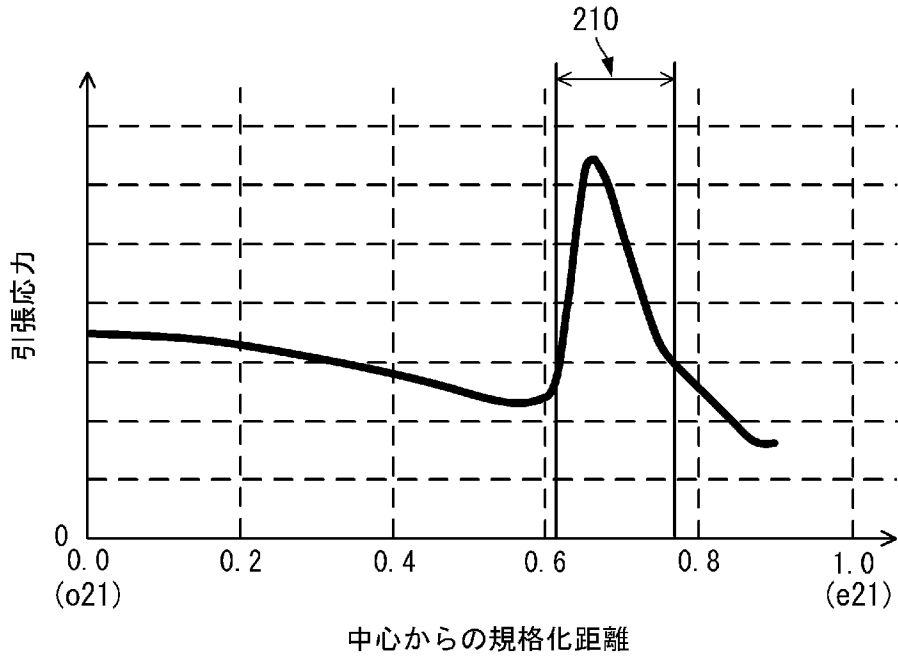
- [請求項1] 第1主面と第2主面とを有し、前記第1主面および前記第2主面に直交する方向から視る平面視において、回転対称形状の主板と、
前記主板の外周縁よりも外方に配置された枠体と、
前記主板の外周縁と前記枠体に接続し、前記枠体に対して、前記主板を振動可能に保持する連結部材と、
前記主板の前記第1主面に配置され、外形形状が、前記平面視において、前記主板よりも小さい圧電素子と、
を備え、
前記主板は、
前記平面視において、前記主板の回転中心および前記外周縁を含まず、前記圧電素子に重なる領域に、前記中心の部分よりも弾性率が小さい低弾性率領域を有する、
アクチュエータ。
- [請求項2] 前記低弾性率領域は、
前記主板における前記中心の領域よりも厚みの小さい薄厚部によって形成される、
請求項1に記載のアクチュエータ。
- [請求項3] 前記薄厚部は、
前記第1主面および前記第2主面の少なくとも一方から凹む凹部によって形成される、
請求項2に記載のアクチュエータ。
- [請求項4] 前記凹部は、
前記回転中心を基準点とする回転対称の位置に複数配置される、
請求項3に記載のアクチュエータ。
- [請求項5] 前記凹部は、
前記回転中心を基準点とする環状である、
請求項3に記載のアクチュエータ。

- [請求項6] 前記凹部は、
前記第2主面に形成される、
請求項3乃至請求項5のいずれかに記載のアクチュエータ。
- [請求項7] 前記凹部は、
前記回転中心から前記外周縁に向かう複数の位置に形成される、
請求項3乃至請求項6のいずれかに記載のアクチュエータ。
- [請求項8] 前記低弾性率領域は、
前記外周縁に沿う環状の領域に、前記主板の前記第1主面と前記第2主面との間を貫通する貫通穴を備えることによって形成される、
請求項1に記載のアクチュエータ。
- [請求項9] 前記貫通穴は、前記環状に沿って間隔を空けて複数個配置される、
請求項8に記載のアクチュエータ。
- [請求項10] 請求項1乃至請求項9のいずれかに記載のアクチュエータと、
前記主板の前記第2主面、前記連結部材、および、前記枠体に対向し、前記主板に重なる部分に貫通孔を有する対向板と、
前記対向板と前記枠体とに接続し、前記主板、前記連結部材、前記枠体、および、前記対向板とともに、ポンプ室を形成する側壁部材と、
を備える、流体制御装置。

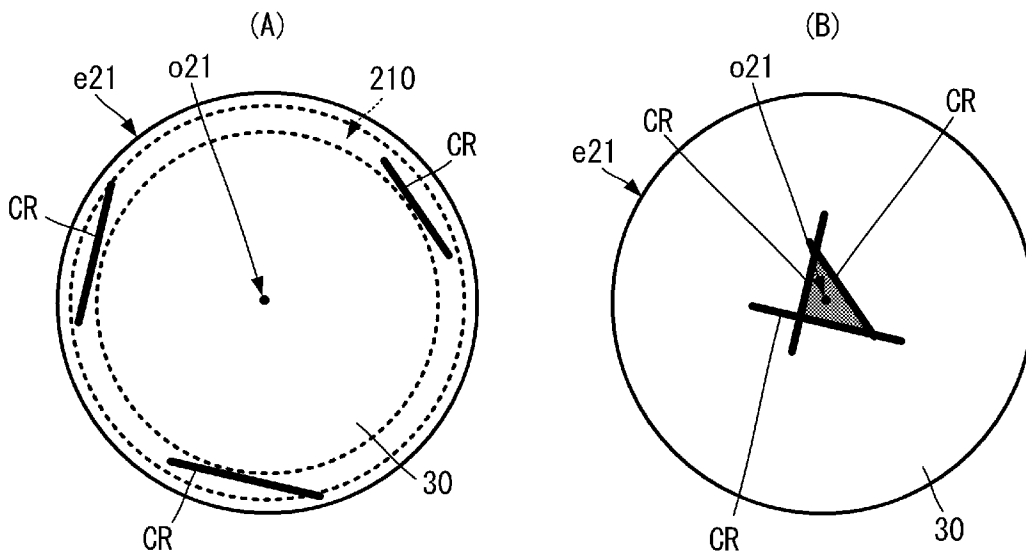
[図1]



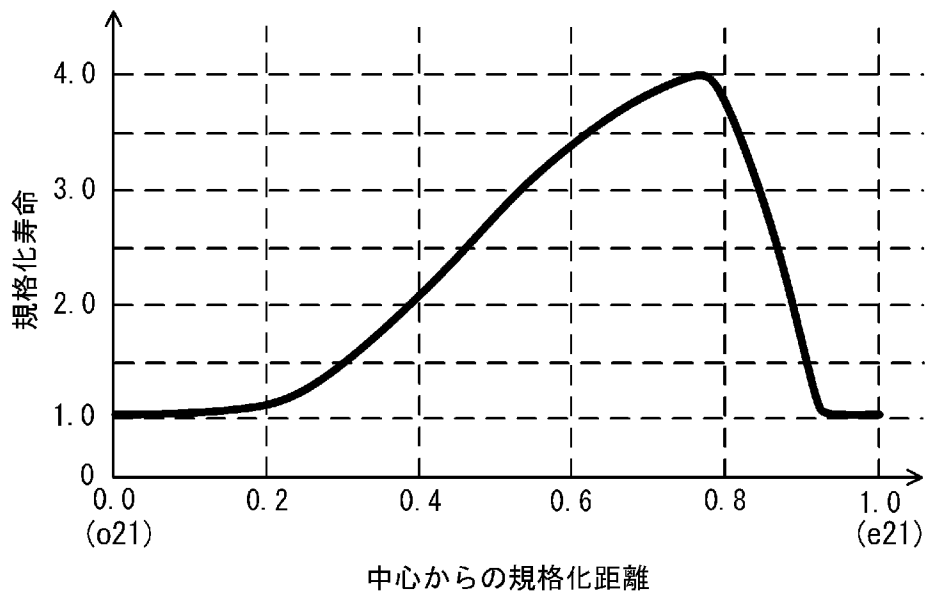
[図3]



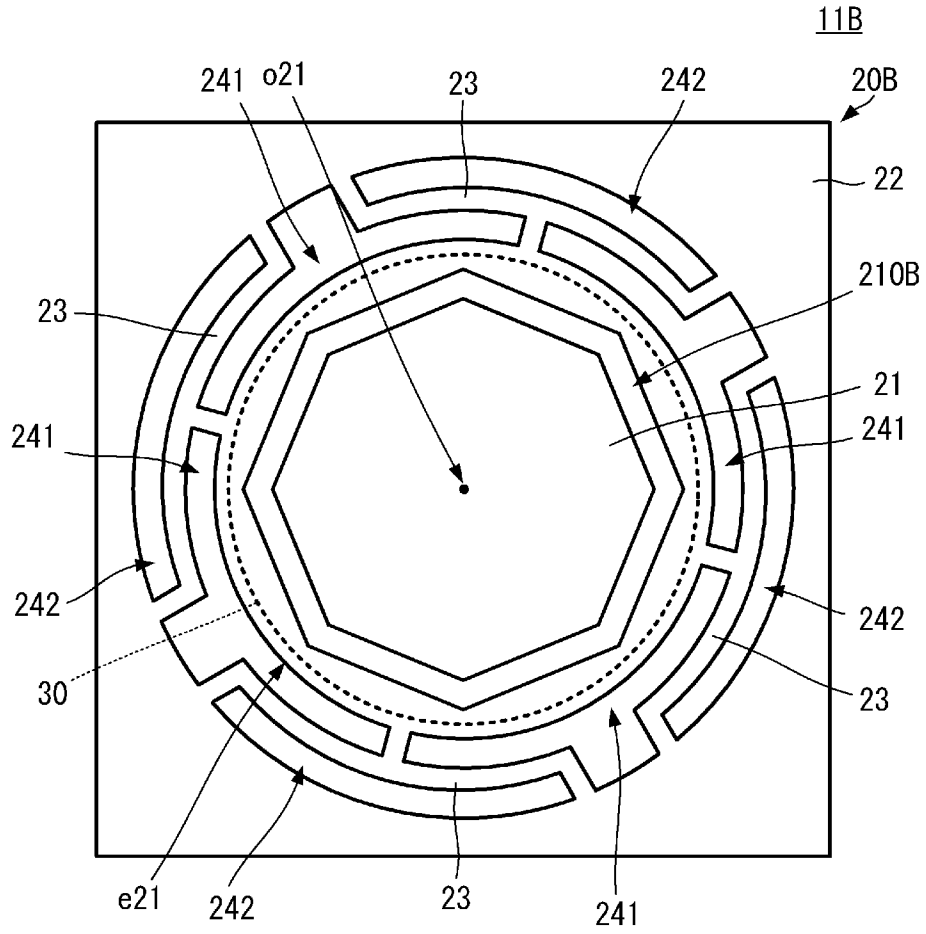
[図4]



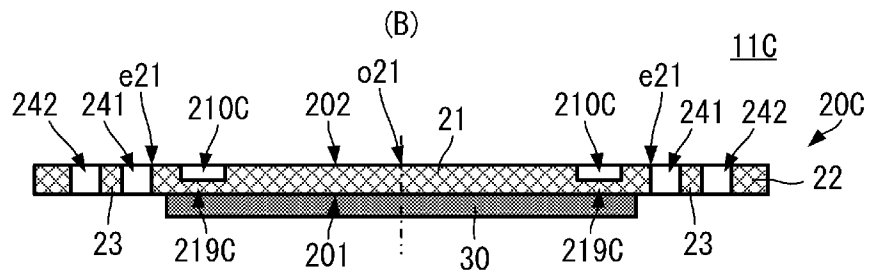
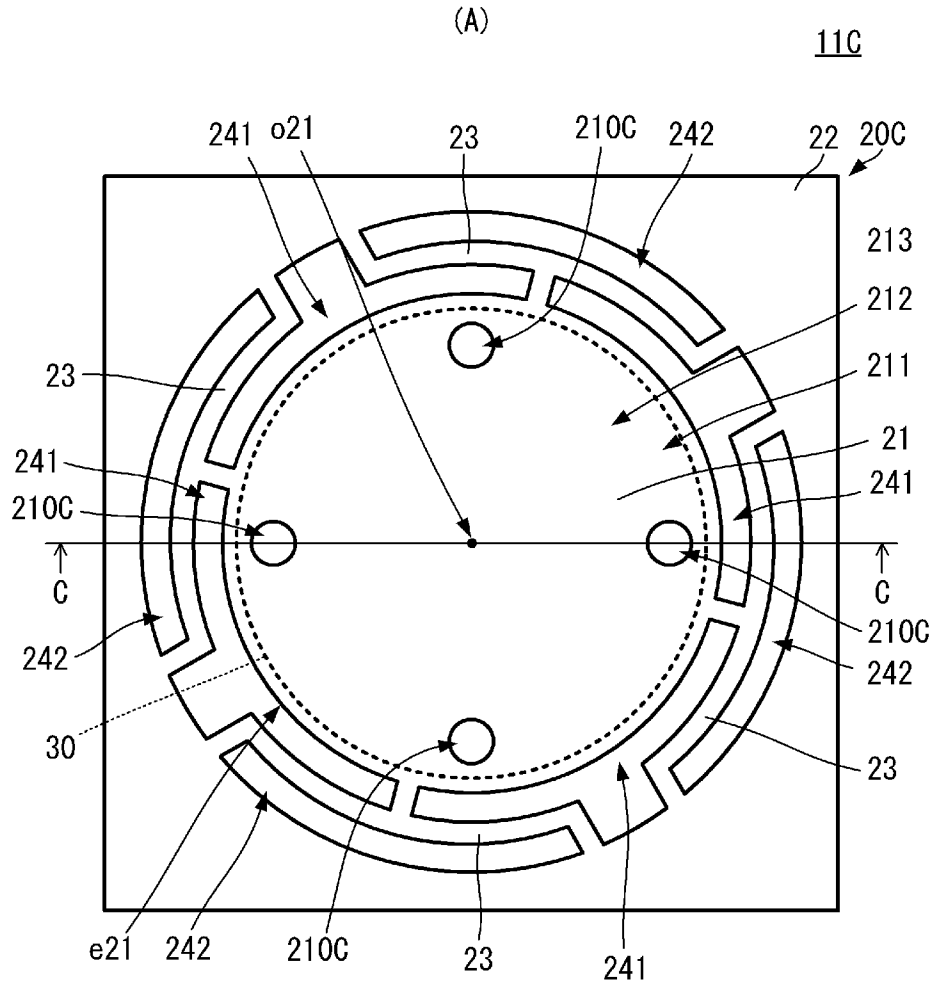
[図5]



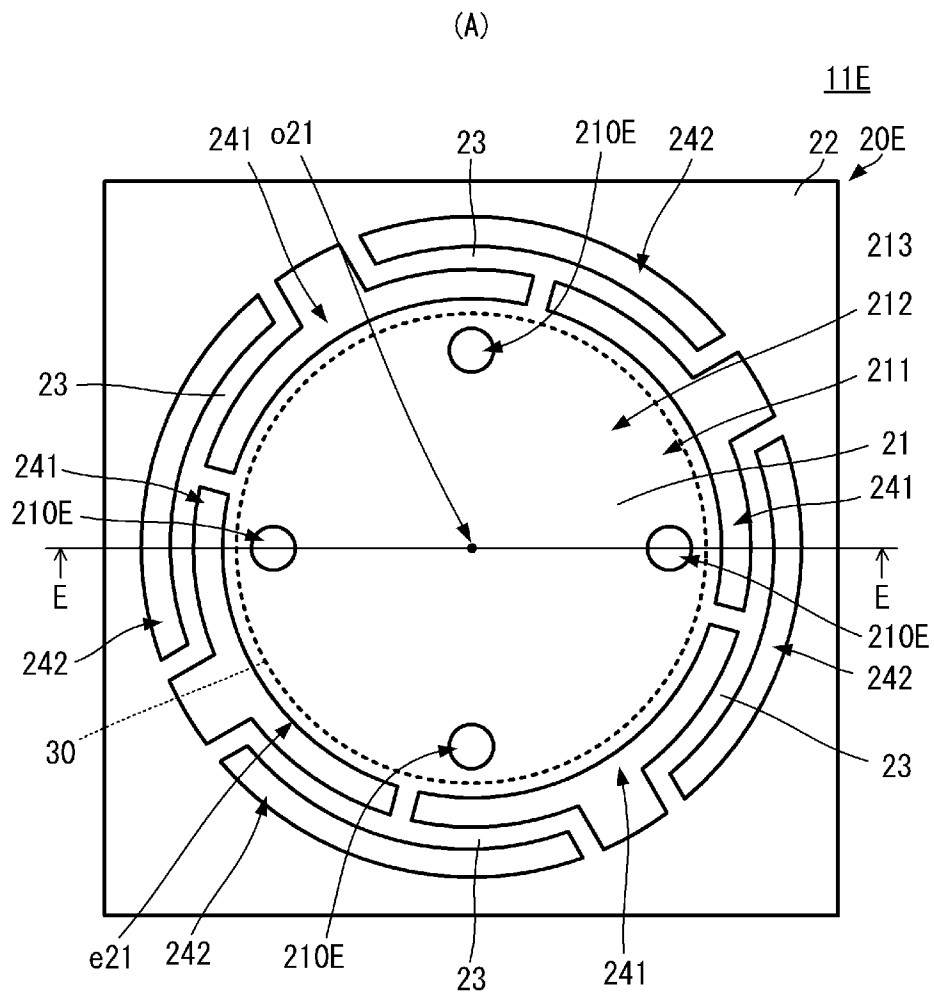
[図7]



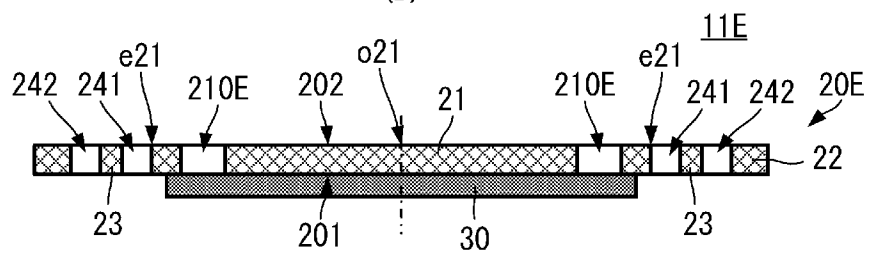
[図8]



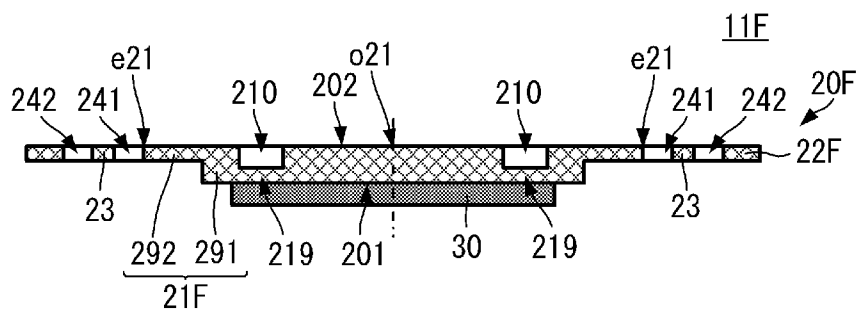
[図10]



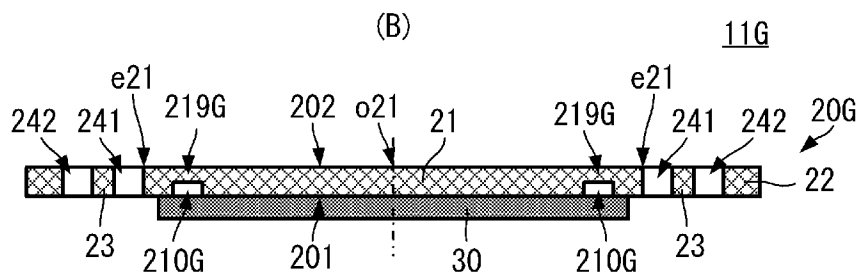
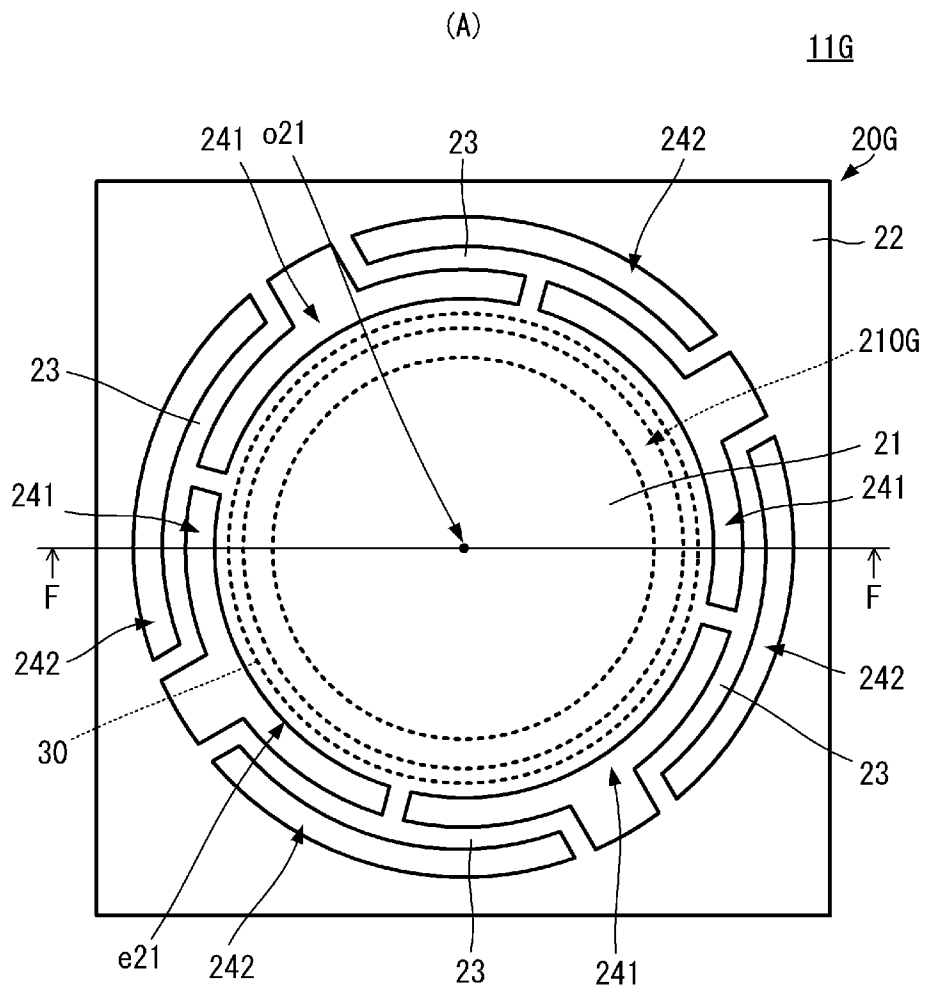
(B)



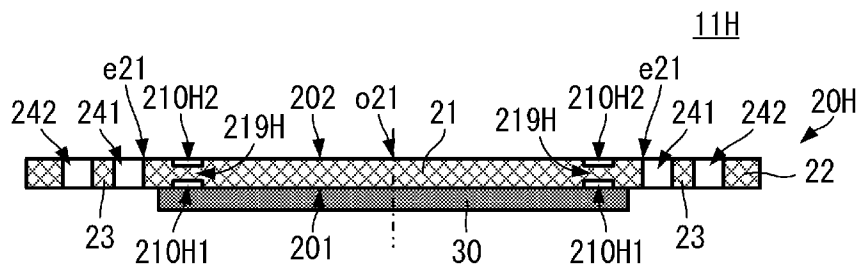
[図11]



[図12]



[図13]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2022/017807

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
<i>B06B 1/06</i> (2006.01)i; <i>F04B 43/04</i> (2006.01)i FI: B06B1/06 Z; F04B43/04 B		
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) B06B1/06; F04B43/04		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Published examined utility model applications of Japan 1922-1996 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2022 Registered utility model specifications of Japan 1996-2022 Published registered utility model applications of Japan 1994-2022		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 2016/063136 A1 (HANDA, Hisayuki) 28 April 2016 (2016-04-28) paragraphs [0027]-[0041], fig. 1-4	1-10
Y	JP 2009-293507 A (ALPS ELECTRIC CO LTD) 17 December 2009 (2009-12-17) paragraphs [0027]-[0041], fig. 2-15	1-10
Y	JP 64-31480 A (NEC CORP) 01 February 1989 (1989-02-01) p. 3, upper right column, line 20 to lower left column, line 13, fig. 1	1-10
A	JP 2003-326226 A (SERATEKKU KK) 18 November 2003 (2003-11-18) entire text, all drawings	1-10
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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 May 2022		Date of mailing of the international search report 14 June 2022
Name and mailing address of the ISA/JP Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2022/017807

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
WO	2016/063136	A1	28 April 2016	(Family: none)	
JP	2009-293507	A	17 December 2009	(Family: none)	
JP	64-31480	A	01 February 1989	(Family: none)	
JP	2003-326226	A	18 November 2003	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） B06B 1/06(2006.01)i; F04B 43/04(2006.01)i FI: B06B1/06 Z; F04B43/04 B		
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（IPC）） B06B1/06; F04B43/04 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 1971-2022年 日本国実用新案登録公報 1996-2022年 日本国登録実用新案公報 1994-2022年		
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	WO 2016/063136 A1 (HANDA, HISAYUKI) 28.04.2016 (2016-04-28) 段落0027-0041, 図1-4	1-10
Y	JP 2009-293507 A (アルプス電気株式会社) 17.12.2009 (2009-12-17) 段落0027-0041, 図2-15	1-10
Y	JP 64-31480 A (日本電気株式会社) 01.02.1989 (1989-02-01) 第3ページ右上欄第20行-同ページ左下欄第13行, 第1図	1-10
A	JP 2003-326226 A (株式会社セラテック) 18.11.2003 (2003-11-18) 全文, 全図	1-10
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> 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	“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抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な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 “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	31.05.2022	国際調査報告の発送日 14.06.2022
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官） 津久井 道夫 3V 5781 電話番号 03-3581-1101 内線 3357	

国際調査報告
特許ファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2022/017807

引用文献	公表日	特許ファミリー文献	公表日
WO 2016/063136 A1	28.04.2016	(ファミリーなし)	
JP 2009-293507 A	17.12.2009	(ファミリーなし)	
JP 64-31480 A	01.02.1989	(ファミリーなし)	
JP 2003-326226 A	18.11.2003	(ファミリーなし)	