(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
2022年7月14日(14.07.2022)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2022/149486 A1

(51) 国際特許分類:
H04R 19/00 (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2021/048057

(22) 国際出願日： 2021年12月23日(23.12.2021)

(25) 国際出願の言語： 日本語

(26) 国際公開の言語： 日本語

(30) 優先権データ：
特願 2021-000922 2021年1月6日(06.01.2021) JP

(71) 出願人: 国立大学法人 東京大学 (**THE UNIVERSITY OF TOKYO**) [JP/JP]; 〒1138654 東京都文京区本郷七丁目３番１号 Tokyo (JP).

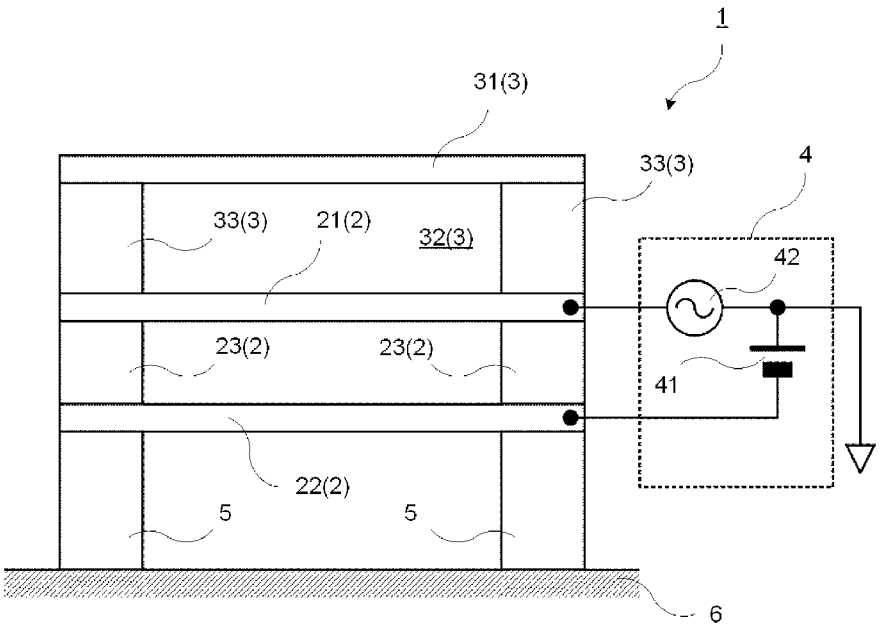
(72) 発明者: 篠田 裕之 (**SHINODA Hiroyuki**); 〒1138654 東京都文京区本郷七丁目３番１号 国立大学法人東京大学内 Tokyo (JP). 神垣 貴晶 (**KAMIGAKI Takaaki**); 〒1138654 東京都文京区本郷七丁目３番１号 国立大学法人東京大学内 Tokyo (JP). 二宮 悠基(**NINOMIYA Yuki**); 〒1138654 東京都文京区本郷七丁目３番１号 国立大学法人東京大学内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 特許業務法人ＩＰＸ (**IPX PATENT PARTNERS**); 〒1070052 東京都港区赤坂八丁目５番３４号 ＴＯＤＡ ＢＵＩＬＤＩＮＧ 青山５階 Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ,

(54) **Title:** ULTRASOUND DEVICE, IMPEDANCE MATCHING LAYER, AND ELECTROSTATIC DRIVE DEVICE

(54) 発明の名称： 超音波デバイス、インピーダンス整合層及び静電駆動デバイス



(57) **Abstract:** [Problem] To provide an ultrasound device, an impedance matching layer, and an electrostatic drive device for achieving a sheet-shaped airborne ultrasound device that is high-output and high-efficiency and can also be made to be transparent. [Solution] One aspect of the present invention provides an ultrasound device that transmits ultrasonic waves. This ultrasound device comprises an electrostatic drive device and an impedance matching layer. The electrostatic drive device comprises a first electrode and a second electrode. The first electrode is a drive film that is arranged opposite the

WO 2022/149486 A1

［続葉有］

BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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))

second electrode such that tension is applied thereto. The second electrode has a through hole. At least one of the first electrode and the second electrode is a laminate film that is formed by layering a plurality of materials that have different conductivities. The impedance matching layer comprises a matching film and a gas. The loss of the matching film during resonance is at or below the transmitted acoustic power. The matching film is arranged opposite the first electrode such that tension is applied thereto. The gas is sealed between the matching film and the first electrode. The distance between the surface of the matching film that is opposite the first electrode and the surface of the first electrode that is opposite the matching film corresponds to an amplitude gain rate that is the ratio between the amplitude of the drive film and the amplitude of the matching film.

(57) 要約:【課題】高出力かつ高効率で透明化が可能なシート状空中超音波デバイスを実現するための超音波デバイス、インピーダンス整合層及び静電駆動デバイスを提供すること。【解決手段】本発明の一態様によれば、超音波を送出する超音波デバイスが提供される。この超音波デバイスは、静電駆動デバイスと、インピーダンス整合層とを備える。静電駆動デバイスは、第１の電極と、第２の電極とを備える。第１の電極は、駆動膜であり、第２の電極と対向する位置に、張力が印加されて配設される。第２の電極は、貫通孔を備える。第１の電極と第２の電極との少なくとも一方は、導電率の異なる複数の材料が積層された積層膜である。インピーダンス整合層は、整合膜と、気体とを備える。整合膜は、共振時ロスが送出される音響パワー以下である。第１の電極と対向する位置に、張力が印加されて配設される。気体は、整合膜と第１の電極との間に封入される。第１の電極に対向する整合膜の面と、対向する第１の電極の面との距離が、駆動膜の振幅と整合膜の振幅の比である振幅増幅率に応じた値である。

明　細　書

発明の名称 ：

超音波デバイス、インピーダンス整合層及び静電駆動デバイス

技術分野

[0001]　本発明は、超音波デバイス、インピーダンス整合層及び静電駆動デバイスに関する。

背景技術

[0002]　強力な空中超音波を生成できる空中超音波フェーズドアレイ（Ａｉｒｂｏｒｎｅ Ｕｌｔｒａｓｏｕｎｄ Ｐｈａｓｅｄ Ａｒｒａｙ：ＡＵＰＡ）は、各種計測やパラメトリックスピーカなどで利用されている他、　近年では、空中ハプティクスや微小あるいは軽量物体の浮遊、気流の制御など多岐に渡る応用での利用が検討されている。このため、高効率な超音波デバイスが提案されている（例えば、特許文献１、２、非特許文献１～５を参照）。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開２０１９－０２９８６２号公報

特許文献2：特開２０１８－０３７８６３号公報

非特許文献

[0004] 非特許文献1：神垣　貴晶，　二宮　悠基，　篠田　裕之：　高効率・高出力な静電駆動型空中超音波振動子の開発，　計測自動制御学会論文集，　Ｖｏｌ．　５４，　Ｎｏ．３，　ｐｐ．　３４０－　３４５，　２０１８．

非特許文献2：Ｔａｋａａｋｉ Ｋａｍｉｇａｋｉ，　Ｙｕｋｉ Ｎｉｎｏｍｉｙａ，　ａｎｄ Ｈｉｒｏｙｕｋｉ Ｓｈｉｎｏｄａ，　”Ｅｌｅｃｔｒｏｓｔａｔｉｃａｌｌｙ Ｄｒｉｖｅｎ Ａｉｒｂｏｒｎｅ Ｕｌｔｒａｓｏｕｎｄ Ｔｒａｎｓｍｉｔｔｅｒ ｗｉｔｈ Ｆｉｎｅ Ｍｅｓｈ Ｅｌｅｃｔｒｏｄｅ，”　ｉｎ　Ｐｒｏｃ．　２０１８　Ｉｎｔｅｒｎａｔｉｏｎａｌ　Ｆｌｅｘｉｂｌｅ　Ｅｌｅｃｔｒｏｎｉｃｓ　Ｔｅｃｈｎｏｌｏｇｙ

Conference (IFETC), pp. 1－3, Aug. 7－9, 2018, Ottawa, Canada.

非特許文献3：Takaaki Kamigaki, and Hiroyuki Shinoda, "Driving Circuit Design for Electrostatic Ultrasonic Transmitter," in Proc. 2019 IEEE International Ultrasonics Symposium (IUS), MoPoS－31.3, Oct., 6－9, 2019, Glasgow, Scotland.

非特許文献4：Takaaki Kamigaki, Yuki Ninomiya, and Hiroyuki Shinoda, "Electrostatically Driven Airborne Ultrasound Transducer with Perforated Backplate for Nonlinear Acoustic Applications," 23rd International Congress on Acoustics (ICA2019), pp. 6363－6369, Sep. 9－13, Aachen, Germany.

非特許文献5：Y. Ninomiya, T. Kamigaki and H. Shinoda, "Airborne Ultrasonic Emission Based on Asymmetric Vibration," 2020 IEEE International Ultrasonics Symposium (IUS), Las Vegas, NV, USA, 2020, pp. 1－3, doi: 10.1109／IUS46767.2020.9251688.

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 超音波デバイスは、高効率なシート状の振動子が実現できれば、既存デバ

イスへの組み込みや、車内や室内などの限られたスペースへの敷設が容易になるため、日常生活での活用や様々なインフラへの組み込みが可能になると考えられる。

[0006] 本発明では上記事情を鑑み、高出力かつ高効率で透明化が可能なシート状空中超音波デバイスを実現するための超音波デバイス、インピーダンス整合層及び静電駆動デバイスを提供することとした。

課題を解決するための手段

[0007] 本発明の一態様によれば、超音波を送出する超音波デバイスが提供される。この超音波デバイスは、静電駆動デバイスと、インピーダンス整合層とを備える。静電駆動デバイスは、第１の電極と、第２の電極とを備える。第１の電極は、駆動膜であり、第２の電極と対向する位置に、張力が印加されて配設される。第２の電極は、貫通孔を備える。第１の電極と第２の電極との少なくとも一方は、導電率の異なる複数の材料が積層された積層膜である。インピーダンス整合層は、整合膜と、気体とを備える。整合膜は、共振時ロスが送出される音響パワー以下である。第１の電極と対向する位置に、張力が印加されて配設される。気体は、整合膜と第１の電極との間に封入される。第１の電極に対向する整合膜の面と、対向する第１の電極の面との距離が、駆動膜の振幅と整合膜の振幅の比である振幅増幅率に応じた値である。

[0008] 本発明の一態様によれば、超音波デバイスを高出力かつ高効率とすることが提供可能となる。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]本発明の実施形態に係る超音波デバイスの構成例を示した図である。

[図2]静電駆動デバイス２の構成例を示した図である。

[図3]静電駆動デバイス２の構成例を示した図である。

[図4]静電駆動デバイス２の構成例を示した図である。

発明を実施するための形態

[0010] 以下、図面を用いて本発明の実施形態について説明する。以下に示す実施形態中で示した各種特徴事項は、互いに組み合わせ可能である。

[0011] １．超音波デバイスの構成

図１は、本発明の実施形態に係る超音波デバイスの構成例を示した図である。同図に示すように、超音波デバイス１は、静電駆動デバイス２と、インピーダンス整合層３と、電源４とを備える。この超音波デバイス１は、超音波を空気中等に送出するデバイスである。

[0012] 静電駆動デバイス２は、第１の電極２１と、第２の電極２２とを備える。第１の電極２１は、駆動膜であり、第２の電極２２と対向する位置に、張力が印加されて配設される。また、第２の電極２２は、貫通孔を備える。第１の電極２１と第２の電極２２との少なくとも一方は、導電率の異なる複数の材料が積層された積層膜である。具体的には、第１の電極２１を導体で構成し、第２の電極２２を積層膜で構成する場合、第１の電極２１を積層膜で構成し、第２の電極２２を導体で構成する場合、第１の電極２１と第２の電極２２の両者を積層膜で構成する場合がある。第１の電極２１と第２の電極２２で異なる積層膜、例えば、一方が導体と絶縁体で構成される２層の積層膜、他方が導体と絶縁体と導体とで構成される３層の積層膜とすることも可能である。

[0013] 静電駆動デバイス２は、基板６の上に設けられたスペーサ５の上に設けられ、基板６側に第２の電極２２が設けられ、スペーサ２３を介して第１の電極２１が設けられる。基板６は、例えば、アクリル板や回路基板等で構成され、スペーサ５とスペーサ２３は、例えば、ポリイミドで構成される。なお、静電駆動デバイス２の詳細については後述する。

[0014] インピーダンス整合層３は、整合膜３１と、気体３２とを備える。整合膜３１は、共振時ロスが送出される音響パワー以下であり、第１の電極２１と対向する位置に、張力が印加されて配設される。気体３２は、整合膜３１と前記第１の電極２１との間に封入される。第１の電極２１に対向する整合膜３１の面と、対向する第１の電極の面との距離が、駆動膜の振幅と整合膜の振幅の比である振幅増幅率に応じた値である。

[0015] インピーダンス整合層３は、静電駆動デバイス２の上に設けられたスペー

サ３３を介して整合膜３１が設けられる構成となる。スペーサ３３は、例えば、ポリイミドで構成される。なお、インピーダンス整合層３の詳細については後述する。

[0016] 電源４は、直流電源４１と交流電源４２の組み合わせにより、交流電源４２の電圧が直流電源４１の電圧でバイアスされた電圧、つまり、同じ極性で振動する電圧が、第１の電極２１と第２の電極２２の間に印加される。

[0017] ２．静電駆動デバイスの構成

図２乃至図４は、静電駆動デバイス２の構成例を示した図である。図２に示すように、静電駆動デバイス２は、第１の電極２１と、第２の電極２２とを備える。第１の電極２１は、駆動膜として動作（振動）するもので、導電率の異なる複数の材料が積層されたものであり、第２の電極２２と対向する位置に、張力が印加されて配設されたものである。具体的には、第１の電極２１は、第１の層２１１と、第２の層２１２とが積層され、第２の層２１２が第２の電極２２と対向する位置に配設される。第２の層２１２の導電率は、第１の層２１１の導電率よりも低い。例えば、第１の層２１１を導体とし、第２の層２１２を絶縁体とすることで、第２の層２１２の導電率が第１の層２１１の導電率よりも低いといった条件を満たすことができる。また、第２の層２１２は、絶縁体である必要はなく、十分に抵抗値の高い導体であってもよい。

[0018] 張力の印加は、所望の共振周波数で共振させるとともに、プルイン現象を抑制するためである。プルイン現象は、静電アクチュエータにおける一般的な問題であり、駆動膜が下部電極に張り付いて動作できなくなる現象である。これは、駆動膜が変位した際の振動膜に掛かる力の均衡、すなわち、静電気力と膜剛性による復元力の均衡が崩れることに起因する。平行平板型構造を定電圧駆動した場合、初期ギャップの１／３を超えて変位するとこの現象が起こる。典型的な平行平板型構造では、この変位を超えないよう駆動膜を動作させている。

[0019] 第２の電極２２は、貫通孔２２１を備える。この貫通孔２２１は、第１の

電極２１と第２の電極２２との間に存在する気体によるリアクタンス成分を抑制するためのものである。つまり、貫通孔２２１は、駆動膜である第１の電極２１が振動した際に、第１の電極２１と第２の電極２２との間に存在する気体が貫通孔２２１を通じて、自由に出入りできるようにするためのものである。なお、第１の電極と第２の電極との少なくとも一方は、導電率の異なる複数の材料が積層された積層膜であるが、ここでは、第１の電極が積層膜である場合を説明する。なお、第１の電極２１と第２の電極２２との組み合わせとしては、第１の電極２１を導体で構成し、第２の電極２２を積層膜で構成する場合、第１の電極２１を積層膜で構成し、第２の電極２２を導体で構成する場合、第１の電極２１と第２の電極２２の両者を積層膜で構成する場合がある。第１の電極２１と第２の電極２２で異なる積層膜、例えば、一方が導体と絶縁体で構成される２層の積層膜、他方が導体と絶縁体と導体とで構成される３層の積層膜とすることも可能である。

[0020] また、図３に示すように、第１の電極２１を、第１の層２１３と、第２の層２１４と、第３の層２１５とが順に積層されるように較正することもできる。この場合、第３の層２１５が第２の電極２２と対向する位置に配設される。この場合も、第１の電極２１には、張力が印加されている。また、第１の層２１３と第３の層２１５とは、電気的に接続されている。これにより、静電駆動デバイス２を動作させた際に、第２の層２１４の表面への電荷の永続的付着を防止することができる。第２の層２１４は、例えば、絶縁体であり、この絶縁体に、電荷が付着した場合、直流電源４１によるバイアス電圧が実効的に減少する。

[0021] 第２の層２１４の導電率は、第１の層２１３の導電率よりも低く、第３の層２１５の導電率は、第１の層２１３の導電率以下であり、第２の層２１４の導電率よりも高い。具体的には、第１の層２１３は、第１の導体であり、第２の層２１４は、絶縁体であり、第３の層２１５は、第２の導体である。

[0022] また、第１の導体（第１の層２１３）と第２の導体（第３の層２１５）は、電気抵抗２１６を介して接続されている。この構成により、静電駆動デバ

イス２を動作させた際に、静電駆動デバイス２が圧迫されるなどの理由により、第１の電極２１と第２の電極２２とが接触した場合でも、理論上で無限大となる短絡電流が流れることがなく、電気抵抗２１６で制限された電流が流れるのみとなり、静電駆動デバイス２に大電流が流れることを防止することができる。もちろん、電気抵抗２１６が接続されている場合でも、第２の層２１４の表面への電荷の永続的付着を防止することができる。

[0023] また、第１の層２１３を第１の導体とし、第２の層２１４を絶縁体とし、第３の層２１５を第２の導体として、第２の導体の抵抗値を第１の導体の抵抗値よりも高くすることで、電気抵抗２１６を省略する、つまり、電気抵抗２１６を接続しないようにすることも可能である。もちろん、電気抵抗２１６を接続することは可能である。なお、第３の層２１５を省略し、第２の層２１４の絶縁体にわずかに導電性を与え、同じ効果を得ることもできる。

[0024] また、図４に示すように、第２の電極２２を、第１の導体２２２と、絶縁体２２３と、第２の導体２２４とが順に積層される構成とし、第１の導体２２２と第２の導体２２４とを電気的に接続し、同様の効果をえるようにすることも可能である。

[0025] また、図２乃至図４に示すように、第２の電極２２は、貫通孔２２１を備える。この貫通孔２２１は、第１の電極２１と第２の電極２２との間に存在する気体によるリアクタンス成分を抑制するためのものである。つまり、貫通孔２２１は、駆動膜である第１の電極２１が振動した際に、第１の電極２１と第２の電極２２との間に存在する気体が貫通孔２２１を通じて、自由に出入りできるようにするためのものである。

[0026] 第１の電極２１と第２の電極２２との距離は、第１の電極２１と第２の電極２２との間で放電が生じる放電電圧を２乗した値を距離で除した値が、最大となる値である。具体的には、第１の電極２１と第２の電極２２との距離をD_dとすると、放電電圧Ｖは、D_dの関数として、$V=(D_d)$と表すことができる。このときの単位面積あたりの静電気力ｐは、$p=\varepsilon\alpha V^2/(2D_d^2)$となる。ただし、εは、第１の電極２１と第２の電極２２との間の気体の

誘電率、αは、貫通孔２２１を有する第２の電極２２の導体占有率である。そして、振動膜である第１の電極２１の最大変位ｓをｓ＝ｒD_d（ｒは１より小さい定数）とすれば、静電駆動デバイス２の電力上限値Wは、Ｗ＝ｐｓｆ＝εαｒｆV^2／（２D_d）となる。ｆは、周波数である。εαｒｆ／２は定数であるから、静電駆動デバイス２の電力上限値Wを最大化する場合、V^2／D_dを最大化するD_dを決定すればよい。

[0027] なお、第１の電極２１と第２の電極２２との間に、空気よりも放電が生じにくい性質を有する気体、例えば、六フッ化硫黄（SF_6）を充満させておくことで、第１の電極２１と第２の電極２２との間に放電を、より抑制することも可能である。これにより、放電電圧Ｖを高めることができ、その結果、電力上限値Wを増加させることができる。

[0028] また、第１の電極２１をユニットに区切り、各ユニットの大きさを第１の電極２１の共振周波数が、駆動周波数に応じた値となる大きさとすることが望ましい。具体的には、各ユニットの大きさは、第１の電極２１の共振周波数が、駆動周波数に近い値になるように決定されることが望ましい。

[0029] ３．インピーダンス整合層の構成

図１に示すように、インピーダンス整合層３は、整合膜３１と、気体３２とを備える。インピーダンス整合層３は、静電駆動デバイス２の上に設けられたスペーサ３３を介して整合膜３１が設けられる。なお、インピーダンス整合層３は、静電駆動デバイス２以外の駆動デバイスと組み合わせて用いることも可能である。

[0030] 整合膜３１は、振動デバイスの振動面、例えば、静電駆動デバイス２の振動膜である第１の電極２１の第１の層２１１側の面に対向する位置に、張力が印加されて配設される。この整合膜３１には、開口が存在せず、振動面にも開口は存在しない。

[0031] また、整合膜３１は、共振時ロスが送出される音響パワーと同程度、又は、それ以下である。整合膜３１単体での共振時ロスを表す、整合膜３１単体での機械インピーダンスの実部は、整合膜３１の質量インピーダンスを整合

膜３１単体のＱ値で割った値である。整合膜３１単体での機械インピーダンスとは、整合膜３１が単独で存在するときの膜の振動速度に対する印加圧力の比であり、振動速度、印加圧力としては膜内平均値を用いたものである。具体的には、整合膜３１の面密度をσ［ｋｇ／ｍ^2］、角周波数をω［ｒａｄ／ｓ］、整合膜３１単体のＱ値をＱとした場合に、σω／Ｑが超音波の送出先となる空気の固有音響インピーダンスρｃと同程度、又は、それ以下である。なお、電気音響変換効率を考慮すると、σω／Ｑがρｃよりも十分に小さい値であることが望ましい。

[0032] 気体３２は、整合膜３１と振動面、例えば、静電駆動デバイス２の振動膜である第１の電極２１の第１の層２１１側の面との間に封入される。この気体３２は、例えば、空気である。振動面に対向する整合膜３１の面と、該振動面との距離つまり、整合膜３１と振動面の距離Ｄ$_m$は、振動面の振幅と整合膜の振幅の比である振幅増幅率に応じて決定される。具体的には、ｋが数１で表される場合、数２に示すｋＬが、５以下であることがＤ$_m$の条件であり、望ましくは、ｋＬが、５よりも十分に小さいことがＤ$_m$の条件である。なお、式中では、気体粘性をη［Ｐａ　ｓ］、気体体積弾性率をκ［Ｐａ］、角周波数をω［ｒａｄ／ｓ］、整合膜３１の大きさをＬ［ｍ］としている。つまり、距離Ｄ$_m$は、数３に示す第１の値以上である。なお、ここで説明した距離Ｄ$_m$の条件は、気体３２の粘性ロスに基づくものであり、粘性ロスが問題とならない条件を示したものでもある。したがって、実際には、振幅増幅率に応じて距離Ｄ$_m$が決まるものの、距離Ｄ$_m$で決まる粘性および熱伝導によるロスが過大にならないように振幅増幅率を決める必要がある。

[数1]

$$k = \frac{1}{D_m}\sqrt{\frac{12\eta}{\kappa}\omega}$$

[数2]

$$kL = \frac{L}{D_m}\sqrt{\frac{12\eta}{\kappa}\omega}$$

[数3]

$$\frac{L}{5}\sqrt{\frac{12\eta}{\kappa}\omega}$$

[0033] 第１の値は、第２の値に、整合膜３１の長さＬを乗じた値を５で除した値であり、第２の値は、第３の値の平方根である。第３の値は、気体の気体粘性ηを気体の気体体積弾性率κで除した値に１２を乗じ、さらに、整合膜３１を振動させる際の角周波数ωを乗じた値である。

[0034] 例えば、Ｌ＝２ｍｍ、$\omega=2\pi\times80$ｋＨｚであれば、D_mは、１０μｍよりも十分に大きい値となる。

[0035] ４．ユニット

整合膜３１の大きさＬは、整合膜３１の単体の最低次共振周波数が、整合膜３１を振動させる際の周波数より小さくなる大きさである必要がある。これは、整合膜３１単体での駆動時リアクタンスが質量性（誘導性、リアクタンスが正の値）となるためである。このため、整合膜３１、第１の電極２１、第２の電極２２を所定の大きさとし、これらの辺縁部で固定されたものをユニットとし、このユニットを平面方向に集積してアレイとすることができる。ユニットは、例えば、整合膜３１等が、直径２ｍｍの円形のものである。

[0036] ５．実験結果

表１に示すパラメータにより実験を行った。その結果、８０ｋＨｚにおける目標振幅に、４６．２ｋＨｚで到達し、インピーダンス整合層３によって所定の振幅増幅効果が得られることが確認できた。

[表1]

各パラメータ	値
第1の層211	30nm(白金)
第2の層212	12.5μm(ポリイミド)
第1の電極21と第2の電極22との距離(推定)	12.89μm
第2の電極22の有効面積比	0.59
第1の電極21単体の共振周波数	48kHz
第1の電極21のQ値	16
整合膜31	5μm(ポリイミド)
整合膜31と第1の電極21との距離(推定)	359.09μm
整合膜31の共振周波数	31.6kHz
整合膜31のQ値	15
振幅増幅率	4.925

[0037] なお、表１中の第１の電極２１のＱ値と整合膜３１のＱ値は、いずれも、空気中において測定した値である。また、表１中の振幅増幅率は、駆動膜（第１の電極２１）の振幅に対する整合膜３１の振幅の比である。

[0038] ７．その他

本発明は、次に記載の各態様で提供されてもよい。

インピーダンス整合層であって、整合膜と、気体とを備え、前記整合膜は、共振時ロスが送出される音響パワー以下であり、振動デバイスの振動面に対向する位置に、張力が印加されて配設され、前記気体は、前記整合膜と前記振動面との間に封入され、前記振動面に対向する前記整合膜の面と、該振動面との距離が、前記振動面の振幅と前記整合膜の振幅の比である振幅増幅率に応じた値であるインピーダンス整合層。

前記インピーダンス整合層において、前記距離は、第１の値以上であり、

前記第１の値は、第２の値に、前記整合膜の長さを乗じた値を５で除した値であり、前記第２の値は、第３の値の平方根であり、前記第３の値は、前記気体の気体粘性を前記気体の気体体積弾性率で除した値に１２を乗じ、さらに、前記整合膜を振動させる際の角周波数を乗じた値であるインピーダンス整合層。

前記インピーダンス整合層において、前記整合膜は、該整合膜の単体の最低次共振周波数が、該整合膜を振動させる際の周波数より小さくなる大きさであるインピーダンス整合層。

静電駆動デバイスであって、第１の電極と、第２の電極とを備え、前記第１の電極は、駆動膜であり、前記第２の電極と対向する位置に、張力が印加されて配設され、前記第２の電極は、貫通孔を備え、前記第１の電極と前記第２の電極との少なくとも一方は、導電率の異なる複数の材料が積層された積層膜である静電駆動デバイス。

前記静電駆動デバイスにおいて、前記積層膜は、第１の層と、第２の層とが積層され、前記第２の層が他の電極と対向する位置に配設され、前記第２の層の導電率は、前記第１の層の導電率よりも低い静電駆動デバイス。

前記静電駆動デバイスにおいて、前記積層膜は、第１の層と、第２の層と、第３の層とが順に積層され、前記第３の層が他の電極と対向する位置に配設され、前記第２の層の導電率は、前記第１の層の導電率よりも低く、前記第３の層の導電率は、前記第１の層の導電率以下であり、前記第２の層の導電率よりも高く、前記第１の層と前記第３の層とが電気的に接続されている静電駆動デバイス。

前記静電駆動デバイスにおいて、前記第１の層は、第１の導体であり、前記第２の層は、絶縁体であり、前記第３の層は、第２の導体であり、前記第２の導体の抵抗値は、前記第１の導体の抵抗値よりも高い静電駆動デバイス。

前記静電駆動デバイスにおいて、前記第１の層は、第１の導体であり、前記第２の層は、絶縁体であり、前記第３の層は、第２の導体であり、前記第

１の導体と前記第２の導体とが、電気抵抗を介して接続されている静電駆動デバイス。

前記静電駆動デバイスにおいて、前記第１の電極は、ユニットに区切られ、前記ユニットの大きさは、前記第１の電極の共振周波数が、駆動周波数に応じた値となる大きさである静電駆動デバイス。

前記静電駆動デバイスにおいて、前記第１の電極と前記第２の電極との距離は、前記第１の電極と前記第２の電極との間で放電が生じる放電電圧を２乗した値を前記距離で除した値が、最大となる値である静電駆動デバイス。

前記静電駆動デバイスにおいて、前記第１の電極と前記第２の電極との間に、空気よりも放電が生じにくい性質を有する気体が充満されている静電駆動デバイス。

もちろん、この限りではない。

符号の説明

[0039] １　：超音波デバイス
２　：静電駆動デバイス
３　：インピーダンス整合層
４　：電源
５　：スペーサ
６　：基板
２１　：第１の電極
２２　：第２の電極
２３　：スペーサ
３１　：整合膜
３２　：気体
３３　：スペーサ
４１　：直流電源
４２　：交流電源
２１１　：第１の層

２１２　：第２の層

２１３　：第１の層

２１４　：第２の層

２１５　：第３の層

２１６　：電気抵抗

２２１　：貫通孔

２２２　：第１の導体

２２３　：絶縁体

２２４　：第２の導体

請求の範囲

[請求項1] 超音波を送出する超音波デバイスであって、

静電駆動デバイスと、インピーダンス整合層とを備え、

前記静電駆動デバイスは、第１の電極と、第２の電極とを備え、

前記第１の電極は、駆動膜であり、前記第２の電極と対向する位置に、張力が印加されて配設され、

前記第２の電極は、貫通孔を備え、

前記第１の電極と前記第２の電極との少なくとも一方は、導電率の異なる複数の材料が積層された積層膜であり、

前記インピーダンス整合層は、整合膜と、気体とを備え、

前記整合膜は、

共振時ロスが送出される音響パワー以下であり、

前記第１の電極と対向する位置に、張力が印加されて配設され、

前記気体は、前記整合膜と前記第１の電極との間に封入され、

前記第１の電極に対向する前記整合膜の面と、対向する前記第１の電極の面との距離が、前記駆動膜の振幅と前記整合膜の振幅の比である振幅増幅率に応じた値である

超音波デバイス。

[請求項2] インピーダンス整合層であって、

整合膜と、気体とを備え、

前記整合膜は、

共振時ロスが送出される音響パワー以下であり、

振動デバイスの振動面に対向する位置に、張力が印加されて配設され、

前記気体は、前記整合膜と前記振動面との間に封入され、

前記振動面に対向する前記整合膜の面と、該振動面との距離が、前記振動面の振幅と前記整合膜の振幅の比である振幅増幅率に応じた値

である

インピーダンス整合層。

[請求項3] 請求項２に記載のインピーダンス整合層において、

前記距離は、第１の値以上であり、

前記第１の値は、第２の値に、前記整合膜の長さを乗じた値を５で除した値であり、

前記第２の値は、第３の値の平方根であり、

前記第３の値は、前記気体の気体粘性を前記気体の気体体積弾性率で除した値に１２を乗じ、さらに、前記整合膜を振動させる際の角周波数を乗じた値である

インピーダンス整合層。

[請求項4] 請求項２又は請求項３に記載のインピーダンス整合層において、

前記整合膜は、該整合膜の単体の最低次共振周波数が、該整合膜を振動させる際の周波数より小さくなる大きさである

インピーダンス整合層。

[請求項5] 静電駆動デバイスであって、

第１の電極と、第２の電極とを備え、

前記第１の電極は、駆動膜であり、前記第２の電極と対向する位置に、張力が印加されて配設され、

前記第２の電極は、貫通孔を備え、

前記第１の電極と前記第２の電極との少なくとも一方は、導電率の異なる複数の材料が積層された積層膜である

静電駆動デバイス。

[請求項6] 請求項５に記載の静電駆動デバイスにおいて、

前記積層膜は、第１の層と、第２の層とが積層され、前記第２の層が他の電極と対向する位置に配設され、

前記第２の層の導電率は、前記第１の層の導電率よりも低い

静電駆動デバイス。

[請求項7] 請求項５に記載の静電駆動デバイスにおいて、

前記積層膜は、第１の層と、第２の層と、第３の層とが順に積層され、前記第３の層が他の電極と対向する位置に配設され、

前記第２の層の導電率は、前記第１の層の導電率よりも低く、

前記第３の層の導電率は、前記第１の層の導電率以下であり、前記第２の層の導電率よりも高く、

前記第１の層と前記第３の層とが電気的に接続されている

静電駆動デバイス。

[請求項8] 請求項７に記載の静電駆動デバイスにおいて、

前記第１の層は、第１の導体であり、

前記第２の層は、絶縁体であり、

前記第３の層は、第２の導体であり、

前記第２の導体の抵抗値は、前記第１の導体の抵抗値よりも高い

静電駆動デバイス。

[請求項9] 請求項７に記載の静電駆動デバイスにおいて、

前記第１の層は、第１の導体であり、

前記第２の層は、絶縁体であり、

前記第３の層は、第２の導体であり、

前記第１の導体と前記第２の導体とが、電気抵抗を介して接続されている

静電駆動デバイス。

[請求項10] 請求項５乃至請求項９のいずれか１項に記載の静電駆動デバイスにおいて、

前記第１の電極は、ユニットに区切られ、

前記ユニットの大きさは、前記第１の電極の共振周波数が、駆動周波数に応じた値となる大きさである

静電駆動デバイス。

[請求項11] 請求項５乃至請求項１０のいずれか１項に記載の静電駆動デバイス

において、

前記第１の電極と前記第２の電極との距離は、前記第１の電極と前記第２の電極との間で放電が生じる放電電圧を２乗した値を前記距離で除した値が、最大となる値である

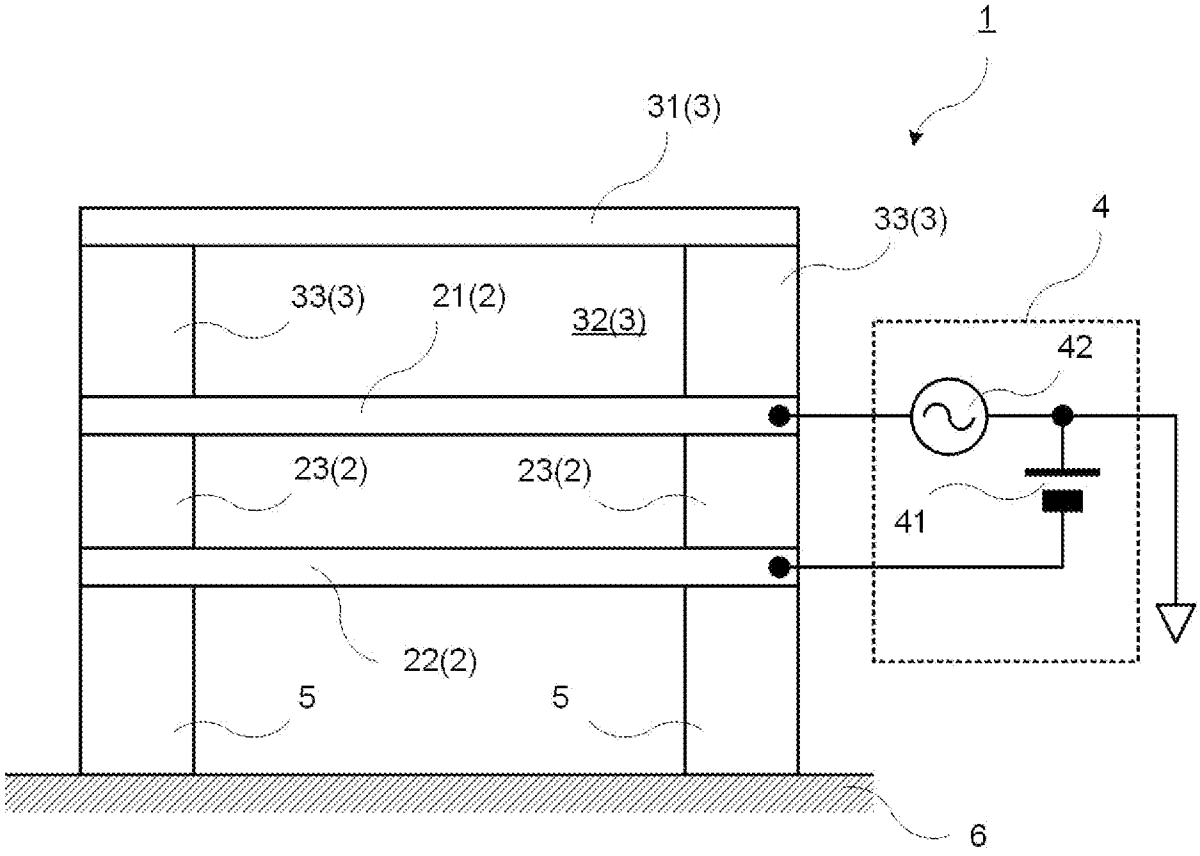
静電駆動デバイス。

[請求項12] 請求項５乃至請求項１１のいずれか１項に記載の静電駆動デバイスにおいて、

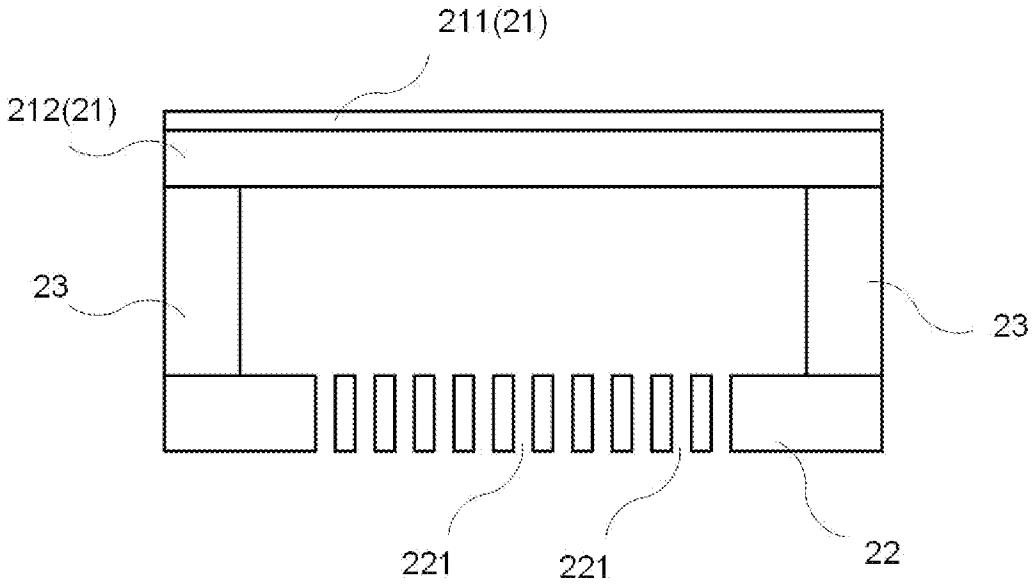
前記第１の電極と前記第２の電極との間に、空気よりも放電が生じにくい性質を有する気体が充満されている

静電駆動デバイス。

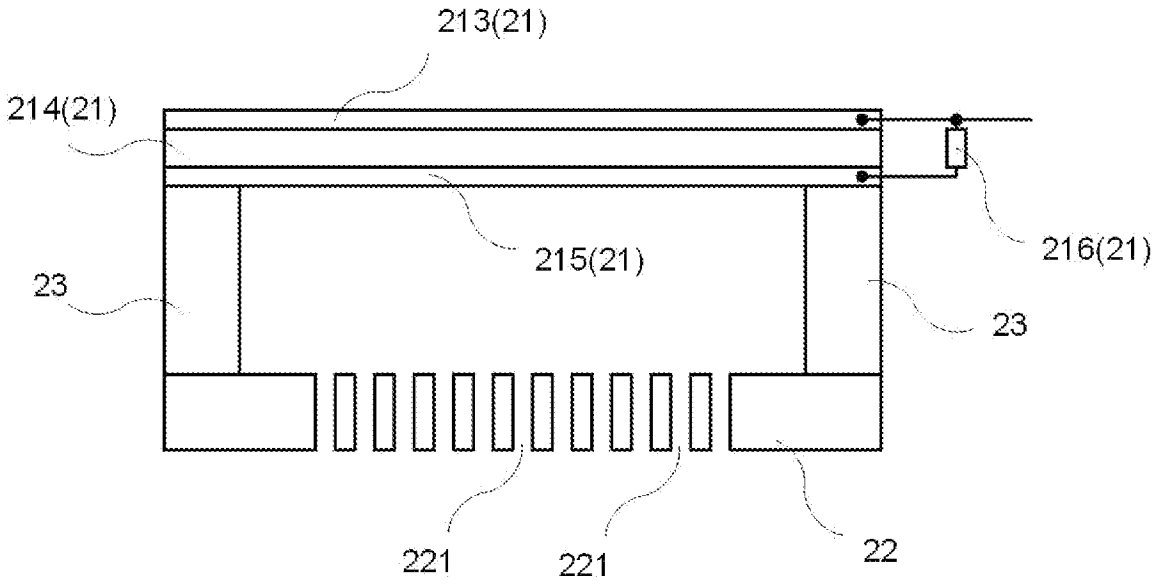
[図1]


1
31(3)
33(3)
4
33(3)
21(2)
32(3)
42
23(2)
23(2)
41
22(2)
5
5
6

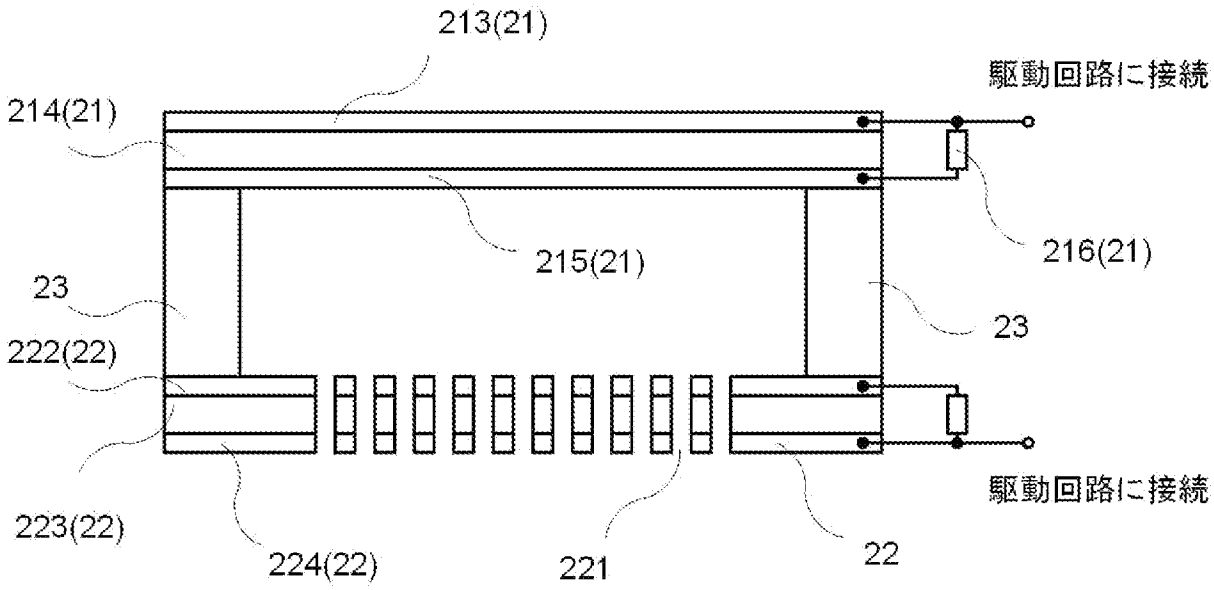
[図2]


211(21)
212(21)
23
23
221
221
22

[図3]


213(21)
214(21)
215(21)
216(21)
23
23
221
221
22

[図4]


213(21)
駆動回路に接続
214(21)
215(21)
216(21)
23
23
222(22)
223(22)
224(22)
221
22
駆動回路に接続

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2021/048057

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H04R 19/00(2006.01)i
FI: H04R19/00 330

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)

H04R19/00

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.
X	KAMIGAKI, Takaaki et al. Electrostatically Driven Airborne Ultrasound Transducer with Perforated Backplate for Nonlinear Acoustic Applications. PROCEEDINGS of the 23rd International Congress on Acoustics. 13 September 2019, pages 6363-6369 particularly, "3. Proposed Transducer"	5-6, 10-11
Y		12
A		1-4, 7-9
Y	JP 54-073618 A (SONY CORP.) 13 June 1979 (1979-06-13) page 2, lower left column, lines 7-10	12
A	JP 2014-033301 A (FOSTER ELECTRIC CO., LTD.) 20 February 2014 (2014-02-20) entire text, all drawings	1-4
A	CD-ROM of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 072315/1991 (Laid-open No. 023698/1993) (HOSIDEN CORP.) 26 March 1993 (1993-03-26), paragraph [0010]	7-9

☐ 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	Date of mailing of the international search report
04 February 2022	**15 February 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/JP2021/048057

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 54-073618 A	13 June 1979	(Family: none)	
JP 2014-033301 A	20 February 2014	(Family: none)	
JP 5-023698 U1	26 March 1993	US 5272758 A column 4, lines 27-39 EP 531613 A2 KR 10-1993-0007303 A CN 1070532 A	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2021/048057

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））
H04R 19/00(2006.01)i
FI: H04R19/00 330

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））
H04R19/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの
日本国実用新案公報　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
X	KAMIGAKI, Takaaki et al., Electrostatically Driven Airborne Ultrasound Transducer with Perforated Backplate for Nonlinear Acoustic Applications, PROCEEDINGS of the 23rd International Congress on Acoustics, 2019.09.13, pp.6363-6369 特に「3. Proposed Transducer」	5-6,10-11
Y		12
A		1-4,7-9
Y	JP 54-073618 A（ソニー株式会社）13.06.1979 (1979-06-13) 第2頁左下欄第7-10行目	12
A	JP 2014-033301 A（フォスター電機株式会社）20.02.2014 (2014-02-20) 全文，全図	1-4
A	日本国実用新案登録出願3-072315号(日本国実用新案登録出願公開5-023698号)の願書に添付した明細書及び図面の内容を記録したCD-ROM（ホシデン株式会社）26.03.1993 (1993-03-26) 段落[0010]	7-9

☐ 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
“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	国際調査報告の発送日
04.02.2022	15.02.2022

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）
西村　純 5Z 5586
電話番号 03-3581-1101 内線 3591

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号
PCT/JP2021/048057

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 54-073618 A	13.06.1979	（ファミリーなし）	
JP 2014-033301 A	20.02.2014	（ファミリーなし）	
JP 5-023698 U1	26.03.1993	US 5272758 A 第4欄第27-39行目 EP 531613 A2 KR 10-1993-0007303 A CN 1070532 A	