

(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 29 日(29.12.2016)



(10) 国際公開番号
WO 2016/208425 A1

- (51) 国際特許分類:
H01L 41/318 (2013.01) H01L 41/43 (2013.01)
H01L 41/047 (2006.01) H04R 17/00 (2006.01)
H01L 41/09 (2006.01) H04R 31/00 (2006.01)
H01L 41/29 (2013.01) A61B 8/14 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/067395
- (22) 国際出願日: 2016 年 6 月 10 日(10.06.2016)
- (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 2015-126268 2015 年 6 月 24 日(24.06.2015) JP
- (71) 出願人: 国立大学法人 熊本大学 (NATIONAL UNIVERSITY CORPORATION KUMAMOTO UNIVERSITY) [JP/JP]; 〒8608555 熊本県熊本市中央区黒髪二丁目 3 9 番 1 号 Kumamoto (JP). 国立大学法人京都大学 (KYOTO UNIVERSITY) [JP/JP]; 〒6068501 京都府京都市左京区吉田本町 3 6 番地 1 Kyoto (JP). 株式会社産学連携研究所 (ACA-

DEMIC INDUSTRY RESEARCH INC.) [JP/JP]; 〒6068507 京都府京都市左京区聖護院川原町五三番地 Kyoto (JP).

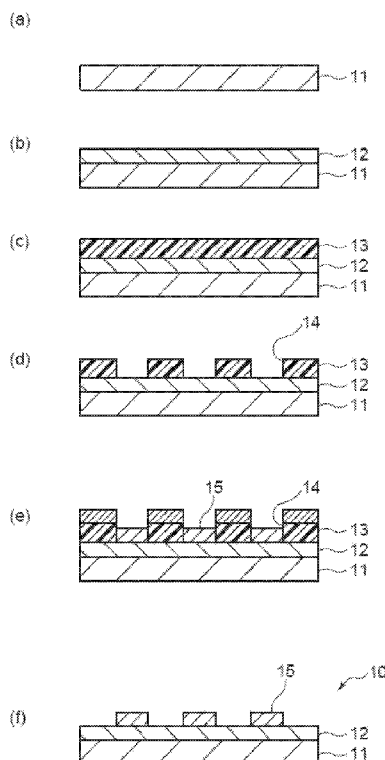
- (72) 発明者: 小林 牧子 (KOBAYASHI, Makiko); 〒8608555 熊本県熊本市中央区黒髪二丁目 3 9 番 1 号 国立大学法人熊本大学内 Kumamoto (JP). 田邊 将之 (TANABE, Masayuki); 〒8608555 熊本県熊本市中央区黒髪二丁目 3 9 番 1 号 国立大学法人熊本大学内 Kumamoto (JP). 椎名 毅 (SHIINA, Tsuyoshi); 〒6068501 京都府京都市左京区吉田本町 3 6 番地 1 国立大学法人京都大学内 Kyoto (JP). 隅田 剣生 (SUMITA, Kensei); 〒6068507 京都府京都市左京区聖護院川原町五三番地 株式会社産学連携研究所内 Kyoto (JP). 河口 範夫 (KAWAGUCHI, Norio); 〒6068507 京都府京都市左京区聖護院川原町五三番地 株式会社産学連携研究所内 Kyoto (JP).
- (74) 代理人: 井関 勝守, 外 (ISEKI, Katsumori et al.); 〒5310072 大阪府大阪市北区豊崎 3-19-3 ピアスタワー 1 4 階 Osaka (JP).

[続葉有]

(54) Title: HIGH-FREQUENCY ULTRASONIC PIEZOELECTRIC ELEMENT, METHOD FOR MANUFACTURING SAME, AND HIGH-FREQUENCY ULTRASONIC PROBE INCLUDING SAME

(54) 発明の名称: 高周波超音波圧電素子、その製造方法、及びそれを含む高周波超音波プローブ

[図1]



(57) Abstract: According to the present invention, a lower electrode is prepared, and a composite containing a sol-gel solution and a piezoelectric powder is applied by spraying onto the lower electrode. The applied complex is then sintered to form a piezoelectric film, and an upper electrode is formed on the piezoelectric film.

(57) 要約: 下部電極を準備し、該下部電極の上に、ゾルゲル溶液と圧電粉末とを含む複合体をスプレー法により塗布する。その後、塗布された複合体を焼結して圧電膜を形成し、該圧電膜の上に上部電極を形成する。



(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, 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))

明 細 書

発明の名称：

高周波超音波圧電素子、その製造方法、及びそれを含む高周波超音波プローブ

技術分野

[0001] 本発明は、高周波超音波圧電素子、その製造方法、及びそれを含む高周波超音波プローブに関し、特に、スプレー法を用いて形成された圧電膜を含む高周波超音波圧電素子、その製造方法、及びそれを含む高周波超音波プローブに関する。

背景技術

[0002] 従来から、超音波プローブ等を用いて、生体内部等に超音波を照射し、その生体内部からの反射波を得て、得られた反射波に信号処理を施して可視化し、生体の性状を診断することが行われている。超音波の送受信には、圧電素子が用いられ、圧電素子の材料としては、一般に、チタン酸ジルコン酸鉛（ $\text{Pb}(\text{Zr}, \text{Ti})\text{O}_3$: PZT）等のペロブスカイト結晶構造を有する酸化系圧電材料が用いられる。圧電素子は、一般に、PZT等からなる粉末を立方体等の所定の形状に成形し、その成形体を焼結してセラミック焼結体を得た後、その焼結体を圧電膜として切削や研磨等により所望の形状に加工し、該圧電膜に電極を取り付けることによって製造される（例えば特許文献1等を参照）。

[0003] 近年、より高精細な超音波画像を取得できるようにすることが求められており、高精細な超音波画像を得るためには、より高い周波数で超音波を送受可能な圧電素子が必要となる。圧電素子の材料として同一の材料を用いた場合、圧電膜の厚みを薄くするに従って高い周波数で超音波を送受可能となる。具体的に、圧電素子の駆動周波数と圧電素子の厚さとは反比例関係にあり、 $100\mu\text{m}$ の圧電膜を有する圧電素子が、例えば 20MHz で駆動する場合、これと同一材料からなる圧電素子における圧電膜を5分の1の厚さであ

る $20\mu\text{m}$ とすれば、通常、その駆動周波数は 5 倍である 100MHz となる。このような 100MHz の高周波で駆動する圧電素子を用いると、得られる超音波画像の照射方向空間分解能は、駆動周波数が 20MHz の場合と比較して 5 倍となる。従って、より高精細な超音波画像の取得を可能とする圧電素子を得るためには、より膜厚が小さい圧電膜を形成する必要がある。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開平 7 - 4 5 1 2 4 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] しかしながら、上述のように P Z T からなる焼結体を切削や研磨等の機械的加工により薄膜化することは効率的でなく、また、得られる薄膜の薄さにも限界がある。さらに、数十 μm ～数百 μm の薄さの P Z T からなる焼結体に機械的加工を施すと割れ等が生じるおそれもある。

[0006] 本発明は、前記の問題に鑑みてなされたものであり、その目的は、より薄い圧電膜を簡便な方法によって形成できるようにし、得られた圧電膜を用いて高精細な超音波画像の送受が可能な高周波超音波圧電素子を得ることにある。

課題を解決するための手段

[0007] 前記の目的を達成するために、本発明では、ゾルゲル溶液と圧電粉末との複合体をスプレー法により電極に塗布することによって圧電膜を形成して、高周波超音波圧電素子を製造した。

[0008] 具体的に、本発明に係る高周波超音波圧電素子の製造方法は、下部電極を準備するステップと、下部電極の上に、ゾルゲル溶液と圧電粉末とを含む複合体をスプレー法により塗布し、塗布された複合体を焼結して圧電膜を形成するステップと、圧電膜の上に上部電極を形成するステップとを備えていることを特徴とする。

- [0009] 本発明に係る高周波超音波圧電素子の製造方法によると、下部電極の上に、ゾルゲル溶液と圧電粉末とを含む複合体をスプレー法により塗布するため、スプレーからの当該複合体の吐出量や吐出時間等を適宜調節することで、所望の膜厚の圧電膜を所望の領域に簡便に形成することができ、数 μm の極めて薄い圧電膜を形成することも可能となる。
- [0010] 本発明に係る高周波超音波圧電素子の製造方法では、上部電極を形成するステップにおいて、圧電膜の上に、アレイ状に配置され且つ圧電膜を露出する複数の開口部を有するマスクを配設し、圧電膜及びマスクを覆うように上部電極を形成した後に、マスクを除去してもよい。
- [0011] このようにすると、圧電膜の上に上部電極がアレイ状に形成されるため、得られた圧電素子を、複数の上部電極の直下に位置する圧電膜の各領域が互いに特定の時間差で超音波を発信するように制御されて、電子的な走査により生体内部の断面画像を取得可能な所謂フェーズドアレイ型の超音波プローブに適用することができる。
- [0012] この場合、下部電極を準備するステップにおいて、板状であり且つその表面に長さ方向に延びる凹部を有する下部電極を準備し、圧電膜を形成するステップにおいて、凹部の底面に圧電膜を形成し、上部電極を形成するステップにおいて、圧電膜の上に、凹部が延びる方向に沿って整列するように配置された複数の上部電極を形成してもよい。
- [0013] このようにすると、複数の上部電極が、下部電極の凹部内に、該凹部が延びる方向（下部電極の長さ方向）に沿って整列するため、それらの上部電極の直下に位置する圧電膜の各領域から発信される超音波が、凹部が延びる方向と垂直な方向（下部電極の幅方向）に広がることを抑制して収束することができる。このため、この圧電素子を超音波プローブに適用する場合、音響レンズを設ける必要がなく、部品点数及び製造コストを低減することができる。
- [0014] 本発明に係る高周波超音波圧電素子の製造方法では、圧電膜を形成するステップにおいて、下部電極の上に、アレイ状に配置され且つ下部電極を露出

する複数の開口部を有するマスクを配設した後に、スプレー法により下部電極の上に複合体を塗布し、複合体を焼結してアレイ状に配置された複数の圧電膜を形成してもよい。

[0015] このようにすると、下部電極の上にアレイ状に配置された複数の薄い圧電膜を簡便に形成することができる。また、複数の薄い圧電膜をアレイ状に形成できるため、得られた圧電素子を、複数の圧電膜が互いに特定の時間差で超音波を発信するように制御されて電子的な走査により生体内部の断面画像を取得可能な所謂フェーズドアレイ型の超音波プローブに適用することができる。

[0016] この場合、下部電極を準備するステップにおいて、板状であり且つその表面に長さ方向に延びる凹部を有する下部電極を準備し、圧電膜を形成するステップにおいて、下部電極の凹部の底面に、該凹部が延びる方向に沿って整列するように配置された複数の圧電膜を形成してもよい。

[0017] このようにすると、複数の圧電膜が、下部電極の凹部の底面に、該凹部が延びる方向（下部電極の長さ方向）に沿って整列するため、圧電膜から発信される超音波を凹部が延びる方向と垂直な方向（下部電極の幅方向）に広がることを抑制して収束することができる。このため、この圧電素子を超音波プローブに適用する場合、音響レンズを設ける必要がなく、部品点数及び製造コストを低減することができる。

[0018] 本発明に係る高周波超音波圧電素子の製造方法では、下部電極を準備するステップにおいて、ロッド状であってその端面に凹部を有する下部電極を準備し、圧電膜を形成するステップにおいて、下部電極の凹部の底面に圧電膜を形成してもよい。

[0019] このようにすると、圧電膜を、ロッド状の下部電極の端面における凹部の底面に形成するため、圧電膜から発信される超音波が、ロッド状の下部電極の軸方向から外側に広がることを抑制して収束することができる。このため、上記の場合と同様に、この圧電素子を超音波プローブに適用する場合、音響レンズを設ける必要がなく、部品点数及び製造コストを低減することがで

きる。また、ロッド状の下部電極の端面に例えば単一の圧電膜を設けることで、上記フェーズドアレイ型ではなく、機械的な走査により生体内部の断面画像を取得可能な、所謂、単振動子型の超音波プローブに適用することができる。

[0020] 本発明に係る高周波超音波圧電素子の製造方法において、圧電粉末としては、PZTからなる圧電粉末を用いることができる。

[0021] 本発明に係る高周波超音波圧電素子は、上述の製造方法により得られ、下部電極と、下部電極の上にゾルゲル溶液と圧電粉末とを含む複合体がスプレー法により塗布された後に焼結されて形成された圧電膜と、圧電膜の上に形成された上部電極とを備えていることを特徴とする。

[0022] 本発明に係る高周波超音波圧電素子によると、ゾルゲル溶液と圧電粉末とを含む複合体をスプレー法による塗布によって形成された圧電膜を含むため、圧電膜の膜厚を簡便に調整することができ、薄い膜厚の圧電膜を得ることも容易である。このため、薄い膜厚の圧電膜を有することで、より高い周波数の超音波の送受を可能とする高周波超音波圧電素子を容易に得ることができる。

[0023] 本発明に係る高周波超音波圧電素子において、上部電極は、圧電膜の上にアレイ状に複数形成されていてもよい。

[0024] このようにすると、圧電膜の上に上部電極がアレイ状に並んでいるため、得られた圧電素子を、複数の上部電極の直下に位置する圧電膜の各領域が互いに特定の時間差で超音波を発信するように制御されて電子的な走査により生体内部の断面画像を取得可能な所謂フェーズドアレイ型の超音波プローブに適用することができる。

[0025] この場合、下部電極は、板状であり且つその表面に長さ方向に延びる凹部を有しており、圧電膜は、凹部の底面上に形成され、複数の上部電極は、圧電膜の上に、凹部が延びる方向に沿って整列するように配置されていてもよい。

[0026] このようにすると、複数の上部電極が、下部電極の凹部内に、該凹部が延

びる方向（下部電極の長さ方向）に沿って整列するため、それらの上部電極の直下に位置する圧電膜の各領域から発信される超音波が、凹部が延びる方向と垂直な方向（下部電極の幅方向）に広がることを抑制して収束することができる。このため、この圧電素子を超音波プローブに適用する場合、音響レンズを設ける必要がなく、部品点数及び製造コストを低減することができる。

[0027] 本発明に係る高周波超音波圧電素子において、圧電膜は、下部電極の上にアレイ状に複数形成されていてもよい。

[0028] このようにすると、圧電膜がアレイ状に複数形成されているため、複数の圧電膜が互いに特定の時間差で超音波を発信するように制御されて電子的な走査により生体内部の断面画像を取得可能な所謂フェーズドアレイ型の超音波プローブに適用可能となる。

[0029] この場合、下部電極は、板状であり且つその表面に長さ方向に延びる凹部を有しており、複数の圧電膜は、下部電極の凹部の底面に、該凹部が延びる方向に沿って整列するように配置されていてもよい。

[0030] このようにすると、複数の圧電膜が、下部電極の凹部の底面に、該凹部が延びる方向（下部電極の長さ方向）に沿って整列するため、圧電膜から発信される超音波が、凹部が延びる方向と垂直な方向（下部電極の幅方向）に広がることを抑制して収束することができる。このため、この圧電素子を超音波プローブに適用する場合、音響レンズを設ける必要がなく、部品点数及び製造コストを低減することができる。

[0031] 本発明に係る高周波超音波圧電素子において、下部電極は、ロッド状であり且つその端面に凹部を有し、圧電膜は、凹部の底面に形成されていてもよい。

[0032] このようにすると、圧電膜が、ロッド状の下部電極の端面における凹部の底面に形成されているため、圧電膜から発信される超音波が、ロッド状の下部電極の軸方向から外側に広がることを抑制して収束することができる。このため、上記の場合と同様に、この圧電素子を超音波プローブに適用する場

合、音響レンズを設ける必要がなく、部品点数及び製造コストを低減することができる。また、ロッド状の下部電極の端面に例えば単一の圧電膜を設けることで、上記フェーズドアレイ型ではなく、機械的な走査により生体内部の断面画像を取得可能な、所謂、単振動子型の超音波プローブに適用することができる。

[0033] 本発明に係る高周波超音波圧電素子において、圧電粉末は、P Z Tからなる圧電粉末とすることができる。

[0034] 本発明に係る高周波超音波プローブは、上記の高周波超音波圧電素子を含むことを特徴とする。

[0035] 本発明に係る高周波超音波プローブによると、上記の作用・効果を有する高周波超音波圧電素子を含むため、より薄い圧電膜を有して高い周波数の超音波を送受可能とすることを容易にでき、その結果、より高精細な画像を取得することができる。

発明の効果

[0036] 本発明に係る高周波超音波圧電素子、その製造方法、及びそれを含む高周波超音波プローブによると、下部電極の上に、ゾルゲル溶液と圧電粉末とを含む複合体をスプレー法により塗布するため、極めて薄い圧電膜が簡便に得られ、その結果、より高い周波数の超音波を送受可能であり、より高精細な画像を取得することができる高周波超音波プローブを得ることができる。

図面の簡単な説明

[0037] [図1] (a) ~ (f) は、本発明の第1の実施形態に係る高周波超音波圧電素子の製造工程を順次示す断面図である。

[図2] 本発明の第1の実施形態に係る高周波超音波圧電素子を示す平面図である。

[図3] 本発明の第1の実施形態の一変形例に係る高周波超音波圧電素子を示す断面図である。

[図4] (a) は本発明の第2の実施形態に係る高周波超音波圧電素子を示す断面図であり、(b) は本発明の第2の実施形態に係る高周波超音波圧電素子

を示す平面図である。

発明を実施するための形態

[0038] 以下、本発明を実施するための形態を図面に基づいて説明する。以下の好ましい実施形態の説明は、本質的に例示に過ぎず、本発明、その適用方法或いはその用途を制限することを意図するものではない。

[0039] (第1の実施形態)

以下、本発明の第1の実施形態に係る高周波超音波圧電素子10の製造方法及びその構成について図1(a)～(f)及び図2を参照しながら説明する。

[0040] まず、図1(a)に示すように、板状の平坦な下部電極11を準備する。下部電極11の材料としては、導電性であり、通常、電極として用いられる金属からなるものであれば特に限定されない。また、下部電極11の厚さも、特に限定はされず、圧電素子の小型化及び強度の観点から適宜選択すればよく、例えば $10\mu\text{m}$ ～ $150\mu\text{m}$ である。

[0041] 次に、図1(b)に示すように、下部電極11の上に圧電膜12を形成する。圧電膜12は、ゾルゲル溶液と圧電粉末とを含む複合体を、スプレー装置を用いて塗布するスプレー法によって下部電極11の上に塗布し、塗布された複合体を焼結することにより得られる。例えば、ゾルゲル溶液は、金属アルコキシドをエタノールやメタノール等の溶剤に溶解することで得られ、特に鉛アルコキシド、ジルコニウムアルコキシド及びチタンアルコキシドを含むPZTゾルゲル溶液を用いることが好ましい。また、圧電粉末の材料としてはPZTを用いることができる。ゾルゲル溶液と圧電粉末との組成比(重量比)は、例えばゾルゲル溶液：圧電粉末＝1：1～2：1とすることができる。また、圧電粉末の粒径としては $50\sim 1000\text{nm}$ とすることが好ましい。スプレー法による複合体の吐出量、吐出時間、及びスプレーから下部電極までの距離等は、形成する圧電膜の膜厚等に従って適宜変更することができる。より高い周波数の超音波を送受できる圧電素子を得るためには、圧電膜を薄膜化することが好ましく、スプレー法を用いると上記複合体の吐

出量あるいは吐出時間等を制御することにより、容易に薄膜化することができ、例えば、吐出時間200msの条件では、約10 μ mの膜厚の複合体層を形成することができる。このスプレー法による塗布後、複合体層を約150℃で5分乾燥し、約450℃で5分仮焼結し、約650℃で5分焼成し、その後、例えばコロナ放電によって分極処理を行うことにより圧電膜12が得られる。

[0042] 次に、図1(c)に示すように、圧電膜12の上にマスク層13を配設する。マスク層13の材料としては、例えば樹脂、ガラス、木材又は紙等の材料を用いることができるが、これらに限定されない。

[0043] 次に、図1(d)に示すように、マスク層13に圧電膜12を露出する複数の開口部14を形成する。開口部14は、後に上部電極15を形成する所望の位置に設け、本実施形態では、下部電極の長さ方向に沿って等間隔に配置される。開口部14の形成は、マスク層13の材料に従って、エッチング法等の化学的処理を用いてもよいし、切削等の機械的処理を用いてもよい。なお、本実施形態では、マスク層13を圧電膜12の上に設けた後に、開口部14を形成したが、圧電膜12の上に設ける前に、マスク層13に予め開口部14を形成し、開口部14が形成されたマスク層13を圧電膜12の上に配置してもよい。

[0044] 次に、図1(e)に示すように、圧電膜12及びマスク層13の上に上部電極15を形成する。上部電極15の材料としては、導電性材料であり、通常、電極に用いられ得るものであれば特に限定されず、例えば金や銀等の金属が用いられる。また、上部電極15の形成には、蒸着法やスパッタ法等の常法が用いられ得る。上部電極15の厚さも、特に限定はされず、圧電素子の小型化及び強度の観点から適宜選択すればよく、例えば10 μ m～150 μ mである。

[0045] 次に、図1(f)に示すように、マスク層13を除去することにより、開口部14内の圧電膜12の上にのみ上部電極15が残存する。図示はしないが、その後、電源と接続したリード線を下部電極11及び複数の上部電極1

5のそれぞれに接続することにより、本実施形態に係る高周波超音波圧電素子10を得ることができる。

[0046] 図1では、便宜上、マスク層13に開口部14を3つ形成し、上部電極15を3つ形成するように示したが、当然にこれに限られず、図2に示すように上部電極15が5つ形成されてもよいし、それ以上の所望の数の上部電極15を形成することができる。本実施形態では、複数の上部電極15が圧電膜12の上にアレイ状に形成され、具体的に、図1(f)及び図2に示すように、上部電極15は、下部電極11の長さ方向に沿って整列するように配置される。そのように上部電極15が配置された形態の高周波超音波圧電素子10を、生体内部の断面を画像化するための超音波プローブに適用することで、複数の上部電極の直下に位置する圧電膜のそれぞれの領域が互いに特定の時間差で超音波を発信するように、上部電極に電圧が印加されるタイミングを制御することによる電子的な走査によって生体内部の断面画像を取得可能な、所謂フェーズドアレイ型の超音波プローブを得ることができる。本実施形態に係る高周波超音波圧電素子を含む高周波超音波プローブは、従来の超音波プローブと同様にプローブ本体において、基端側から先端側に向かってバックング材、本実施形態に係る圧電素子、音響整合層及び音響レンズの順に配設して構成される。但し、本実施形態に係る高周波超音波プローブにおいて、バックング材及び音響整合層を必須の構成としない。

[0047] なお、本実施形態では、上述のとおり、下部電極の上を覆うように形成された圧電膜の上に開口部を有するマスクを用いて複数の上部電極を形成したが、下部電極の上にアレイ状に形成された開口部を有するマスクを用いて、アレイ状に配置する複数の圧電膜を形成し、それら複数の圧電膜の上にそれぞれ上部電極を形成してもよい。このようにすると、圧電膜材料のスプレー塗布時点で複数の圧電膜が互いに分離することとなるため、圧電素子内におけるクロストークを防止するために、圧電膜をダイシングするといった切断処理をする必要がない。特に、薄い圧電膜を切断することは割れ等が生じやすく困難であるため、この点で有利である。

[0048] 本実施形態では、板状の平坦な下部電極 11 を用いて高周波超音波圧電素子 10 を作製したが、板状であり且つその表面に長さ方向に延びる凹部を有する下部電極を用いて、その凹部内に圧電膜及び上部電極を形成して高周波超音波圧電素子を形成してもよい。そのような形態の高周波超音波圧電素子を第 1 の実施形態の一変形例として図 3 を参照しながら説明する。なお、本実施形態では、第 1 の実施形態と同一の点については説明を省略し、異なる点についてのみ詳細に説明する。また、図 3 は、下部電極に凹部を有することを除いて図 2 に示す高周波超音波圧電素子と同等の超音波圧電素子を示すものであり、特に、その一上部電極上における上部電極の長さ方向に沿った断面を示すものである。すなわち、本変形例に係る高周波超音波圧電素子においては、図 3 の紙面に垂直な方向に沿って上部電極が複数配列されている。

[0049] 図 3 に示すように、本変形例に係る高周波超音波圧電素子 20 は、表面に凹部 26 が形成された下部電極 21 を備えている。凹部 26 は、下部電極 21 の長さ方向に沿って延びるように形成されている。また、凹部 26 の開口の周縁部（下部電極 21 の表面と凹部 26 との境界部）は丸みを帯びている。下部電極 21 の凹部 26 の底面上には、圧電膜 22 が形成されている。圧電膜 22 は凹部 26 の底面形状に沿って形成されている。圧電膜 22 の上には上部電極 25 が形成されている。上部電極 25 は、上述の第 1 の実施形態と同様に、下部電極 21 の長さ方向に沿って、すなわち凹部が延びる方向に沿って複数配設されている。なお、本変形例に係る高周波超音波圧電素子 20 は、凹部 26 を有する下部電極 21 を用いることを除いて、圧電膜 22 及び上部電極 25 の形成等は上述の第 1 の実施形態に係る高周波超音波圧電素子 10 と同様の方法を用いて行うことができる。

[0050] なお、本変形例においても、下部電極の上に凹部が延びる方向に沿って整列する複数の圧電膜が形成され、それらの複数の圧電膜の上にそれぞれ上部電極が形成された形態としてもよい。そうすることにより、上述のとおり、圧電膜材料のスプレー塗布時点で複数の圧電膜が互いに分離することとなる

ため、圧電素子内におけるクロストークを防止するために、圧電膜を切断する等の処理をする必要がなくなる。

[0051] 本変形例に係る高周波超音波圧電素子 20 では、下部電極 21 の表面に、圧電膜 22 の配列方向と並行して延びる凹部 26 が形成されているため、凹部 26 内に配設された圧電膜 22 から発信される超音波が、凹部 26 が延びる方向と垂直な方向（下部電極 21 の幅方向）に広がることを抑制して収束することができる。その結果、この高周波超音波圧電素子 20 を超音波プローブに適用する場合、音響レンズを設ける必要がない。

[0052] （第 2 の実施形態）

次に、本発明の第 2 の実施形態に係る高周波超音波圧電素子 30 について図 4 を参照しながら説明する。なお、本実施形態では、上記第 1 の実施形態及びその一変形例と同一の点については説明を省略し、異なる点についてのみ詳細に説明する。本実施形態に係る高周波超音波圧電素子 30 は、第 1 の実施形態に係る高周波超音波圧電素子 10 と比較して、特に下部電極としてロッド状の下部電極 31 を用いること、及び単一の圧電膜 32 及び上部電極 35 を形成することが異なる。

[0053] 図 4（a）及び（b）に示すように、本実施形態に係る高周波超音波圧電素子 30 において、下部電極 31 は、上述のとおりロッド状であり、特に円柱形状である。また、この下部電極 31 の一端面には、円形状の開口を有する球欠形状の凹部 36 が形成されている。凹部 36 の開口の周縁部（下部電極 31 の表面と凹部 36 との境界部）は丸みを帯びている。例えば、下部電極 31 の横断面の径は 10 mm であり、凹部 36 の開口径は 6 mm であり、凹部 36 の深さは 2 mm である。当然に、これらのサイズは一例であり、これらに限定されることはなく、適宜、これらのサイズを選択することができる。

[0054] 下部電極 31 の凹部 36 の底面上には、圧電膜 32 が形成されている。圧電膜 32 は凹部 36 の底面形状に沿って形成されている。本実施形態では、第 1 の実施形態と同様に、圧電膜 32 をスプレー法による複合体の塗布及び

焼結により形成することができる。圧電膜 3 2 の上には上部電極 3 5 が形成されている。上部電極 3 5 も凹部 3 6 の底面形状に沿って形成されている。本実施形態に係る高周波超音波圧電素子 3 0 において、上部電極 3 5 の形成前に、特に複数の開口部を有するマスク層を形成する必要はなく、圧電膜 3 2 の上に蒸着法等の方法を用いて単一の膜からなる上部電極 3 5 が形成される。なお、図示はしないが、第 1 の実施形態と同様に、下部電極 3 1 及び上部電極 3 5 には、それぞれ電源に接続されたリード線が接続されている。

[0055] 本実施形態に係る高周波超音波圧電素子 3 0 では、ロッド状の下部電極 3 1 の端面に圧電膜 3 2 及び上部電極 3 5 が形成されているため、これを機械的な走査で用いられる単振動子型の超音波プローブに適用することができる。なお、本実施形態に係る高周波超音波圧電素子 3 0 を含む高周波超音波プローブは、上記第 1 の実施形態と同様の構成とすることができる。また、本実施形態に係る高周波超音波圧電素子 3 0 では、ロッド状の下部電極 3 1 の端面に形成された凹部 3 6 内に圧電膜 3 2 及び上部電極 3 5 が形成されているため、圧電膜 3 2 から発信される超音波が下部電極 3 1 の軸方向から外側に広がらずに収束される。その結果、この高周波超音波圧電素子 3 0 を超音波プローブに適用する場合、音響レンズを設ける必要がない。

[0056] 以上のとおり、本発明に係る高周波超音波圧電素子、その製造方法、及びそれを含む高周波超音波プローブによると、下部電極の上に、ゾルゲル溶液と圧電粉末とを含む複合体をスプレー法により塗布するため、極めて薄い圧電膜が簡便に得られ、その結果、より高い周波数の超音波を送受可能であり、より高精細な画像を取得することができる高周波超音波プローブを得ることができる。

符号の説明

[0057] 1 0、2 0、3 0 高周波超音波圧電素子
1 1、2 1、3 1 下部電極
1 2、2 2、3 2 圧電膜
1 3 マスク層

1 4 開口部

1 5、2 5、3 5 上部電極

2 6、3 6 凹部

請求の範囲

- [請求項1] 下部電極を準備するステップと、
 前記下部電極の上に、ゾルゲル溶液と圧電粉末とを含む複合体をスプレー法により塗布し、前記塗布された複合体を焼結して圧電膜を形成するステップと、
 前記圧電膜の上に上部電極を形成するステップとを備えていることを特徴とする高周波超音波圧電素子の製造方法。
- [請求項2] 前記上部電極を形成するステップにおいて、前記圧電膜の上に、アレイ状に配置され且つ前記圧電膜を露出する複数の開口部を有するマスクを配設し、前記圧電膜及びマスクを覆うように上部電極を形成した後に、前記マスクを除去することを特徴とする請求項1に記載の高周波超音波圧電素子の製造方法。
- [請求項3] 前記下部電極を準備するステップにおいて、板状であり且つその表面に長さ方向に延びる凹部を有する下部電極を準備し、
 前記圧電膜を形成するステップにおいて、前記凹部の底面に前記圧電膜を形成し、
 前記上部電極を形成するステップにおいて、前記圧電膜の上に、前記凹部が延びる方向に沿って整列するように配置された複数の上部電極を形成することを特徴とする請求項2に記載の高周波超音波圧電素子の製造方法。
- [請求項4] 前記圧電膜を形成するステップにおいて、前記下部電極の上に、アレイ状に配置され且つ前記下部電極を露出する複数の開口部を有するマスクを配設した後に、スプレー法により前記下部電極の上に前記複合体を塗布し、前記複合体を焼結してアレイ状に配置された複数の圧電膜を形成することを特徴とする請求項1に記載の高周波超音波圧電素子の製造方法。
- [請求項5] 前記下部電極を準備するステップにおいて、板状であり且つその表面に長さ方向に延びる凹部を有する下部電極を準備し、

前記圧電膜を形成するステップにおいて、前記下部電極の前記凹部の底面に、該凹部が延びる方向に沿って整列するように配置された複数の圧電膜を形成することを特徴とする請求項 4 に記載の高周波超音波圧電素子の製造方法。

[請求項6] 前記下部電極を準備するステップにおいて、ロッド状であってその端面に凹部を有する下部電極を準備し、

前記圧電膜を形成するステップにおいて、前記下部電極の前記凹部の底面に圧電膜を形成することを特徴とする請求項 1 に記載の高周波超音波圧電素子の製造方法。

[請求項7] 前記圧電粉末として P Z T からなる圧電粉末を用いることを特徴とする請求項 1 ～ 6 のいずれか 1 項に記載の高周波超音波圧電素子の製造方法。

[請求項8] 請求項 1 に記載の高周波超音波圧電素子の製造方法によって製造された超音波圧電素子であって、

下部電極と、

前記下部電極の上にゾルゲル溶液と圧電粉末とを含む複合体がスプレー法により塗布された後に焼結されて形成された圧電膜と、

前記圧電膜の上に形成された上部電極とを備えていることを特徴とする高周波超音波圧電素子。

[請求項9] 前記上部電極は、前記圧電膜の上にアレイ状に複数形成されていることを特徴とする請求項 8 に記載の高周波超音波圧電素子。

[請求項10] 前記下部電極は、板状であり且つその表面に長さ方向に延びる凹部を有しており、

前記圧電膜は、前記凹部の底面上に形成され、

複数の前記上部電極は、前記圧電膜の上に、該凹部が延びる方向に沿って整列するように配置されていることを特徴とする請求項 9 に記載の高周波超音波圧電素子。

[請求項11] 前記圧電膜は、前記下部電極の上にアレイ状に複数形成されている

ことを特徴とする請求項 8 に記載の高周波超音波圧電素子。

[請求項12] 前記下部電極は、板状であり且つその表面に長さ方向に延びる凹部を有しており、

複数の前記圧電膜は、前記下部電極の前記凹部の底面に、該凹部が延びる方向に沿って整列するように配置されていることを特徴とする請求項 11 に記載の高周波超音波圧電素子。

[請求項13] 前記下部電極は、ロッド状であり且つその端面に凹部を有し、

前記圧電膜は、前記凹部の底面に形成されていることを特徴とする請求項 8 に記載の高周波超音波圧電素子。

[請求項14] 前記圧電粉末は、P Z T からなることを特徴とする請求項 8 ～ 13 のいずれか 1 項に記載の高周波超音波圧電素子。

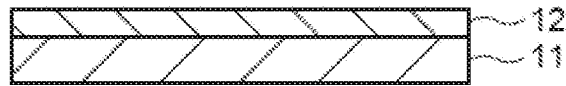
[請求項15] 請求項 8 ～ 14 のいずれか 1 項に記載の高周波超音波圧電素子を備えていることを特徴とする高周波超音波プローブ。

[図1]

(a)



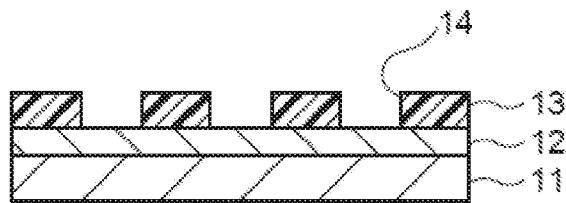
(b)



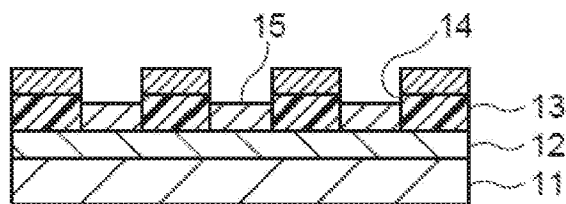
(c)



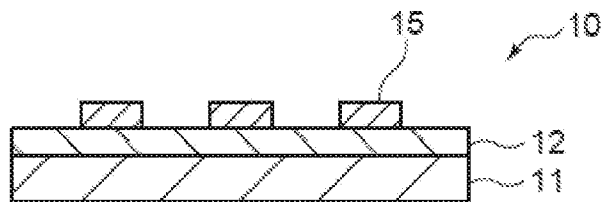
(d)



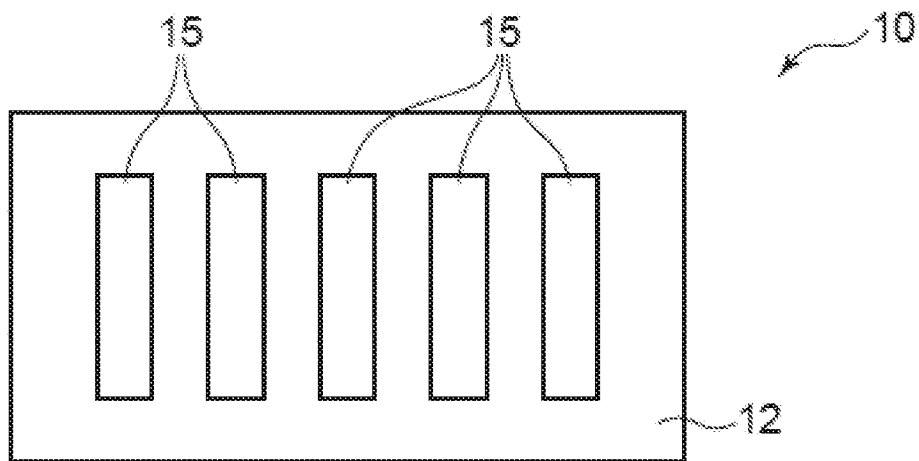
(e)



(f)



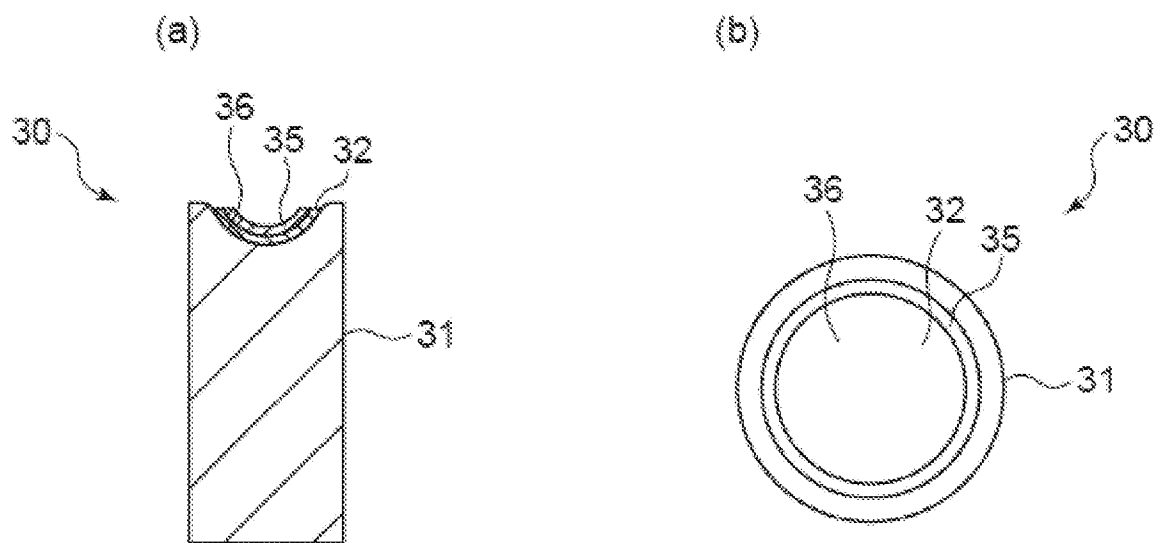
[図2]



[図3]



[図4]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/067395

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L41/318(2013.01)i, H01L41/047(2006.01)i, H01L41/09(2006.01)i,
H01L41/29(2013.01)i, H01L41/43(2013.01)i, H04R17/00(2006.01)i, H04R31/00
(2006.01)i, A61B8/14(2006.01)n

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)

H01L41/318, H01L41/047, H01L41/09, H01L41/29, H01L41/43, H04R17/00,
H04R31/00, A61B8/14

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	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

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	JP 2013-168573 A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.),	1, 2, 4, 7-9,
Y	29 August 2013 (29.08.2013), paragraphs [0054] to [0072]; fig. 1 to 8 (Family: none)	11, 14, 15 3, 5, 6, 10, 12, 13
X	JP 2008-535643 A (Research Triangle Institute), 04 September 2008 (04.09.2008), paragraphs [0026], [0028], [0032]; fig. 1 to 15 & US 2006/0238067 A1 paragraphs [0026], [0028], [0032]; fig. 1 to 15 & WO 2006/093913 A2	1, 8, 15

☒ 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
16 August 2016 (16.08.16)

Date of mailing of the international search report
30 August 2016 (30.08.16)

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/JP2016/067395

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2002-8939 A (Fujitsu Ltd.), 11 January 2002 (11.01.2002), paragraphs [0025] to [0039], [0047]; fig. 1 to 4 (Family: none)	1, 2, 4, 8, 9, 11
Y	JP 2012-11024 A (Konica Minolta Medical & Graphic, Inc.), 19 January 2012 (19.01.2012), paragraphs [0044], [0087]; fig. 1 to 5 (Family: none)	3, 5, 10, 12
Y	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 60600/1988 (Laid-open No. 171200/1989) (Toray Industries, Inc.), 04 December 1989 (04.12.1989), page 9, line 8 to page 10, line 8; fig. 1, 2 (Family: none)	6, 13
A	JP 2014-212872 A (The University of Electro-Communications), 17 November 2014 (17.11.2014), paragraphs [0034] to [0043]; fig. 1 to 14 (Family: none)	1-15
A	Makiko KOBAYASHI, "Sol-gel composite ultrasonic transducers", Journal of the Acoustical Society of Japan, 01 May 2015 (01.05.2015), vol.71, no.5, pages 253 to 259	1-15

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. H01L41/318(2013.01)i, H01L41/047(2006.01)i, H01L41/09(2006.01)i, H01L41/29(2013.01)i,
H01L41/43(2013.01)i, H04R17/00(2006.01)i, H04R31/00(2006.01)i, A61B8/14(2006.01)n

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))

Int.Cl. H01L41/318, H01L41/047, H01L41/09, H01L41/29, H01L41/43, H04R17/00, H04R31/00, A61B8/14

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	1971-2016年
日本国実用新案登録公報	1996-2016年
日本国登録実用新案公報	1994-2016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	JP 2013-168573 A (三菱重工業株式会社) 2013.08.29, 段落 0054-0072, 図 1-8	1, 2, 4, 7-9, 11 , 14, 15
Y	(ファミリーなし)	3, 5, 6, 10, 12, 13
X	JP 2008-535643 A (リサーチ・トライアングル・インスティテュー ト) 2008.09.04, 段落 0026, 0028, 0032, 図 1-15 & US 2006/0238067 A1, 段落 0026, 0028, 0032, 図 1-15 & WO 2006/093913 A2	1, 8, 15

☑ 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	「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
「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	「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
「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)	「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
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」 同一パテントファミリー文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日

16.08.2016

国際調査報告の発送日

30.08.2016

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/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)

小山 満

5 F

9458

電話番号 03-3581-1101 内線 3516

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
X	JP 2002-8939 A (富士通株式会社) 2002.01.11, 段落 0025-0039, 0047, 図 1-4 (ファミリーなし)	1, 2, 4, 8, 9, 11
Y	JP 2012-11024 A (コニカミノルタエムジー株式会社) 2012.01.19, 段落 0044, 0087, 図 1-5 (ファミリーなし)	3, 5, 10, 12
Y	日本国実用新案登録出願 63-60600 号(日本国実用新案登録出願公開 1-171200 号)の願書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマ イクロフィルム (東レ株式会社) 1989.12.04, 9 頁 8 行目-10 頁 8 行目, 図 1, 2 (ファミリーなし)	6, 13
A	JP 2014-212872 A (国立大学法人電気通信大学) 2014.11.17, 段落 0034-0043, 図 1-14 (ファミリーなし)	1-15
A	小林牧子, ゴルゲル複合体超音波トランスデューサ, 日本音響学会 誌, 2015.05.01, 71 巻 5 号, p. 253-259	1-15