

(19) 日本国特許庁(JP)

再公表特許(A1)

(11) 国際公開番号

W02016/194208

発行日 平成30年5月24日(2018.5.24)

(43) 国際公開日 平成28年12月8日(2016.12.8)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
H04R 19/00 (2006.01)	H04R 19/00 330	2G047
H04R 31/00 (2006.01)	H04R 31/00 330	4C601
A61B 8/14 (2006.01)	A61B 8/14	5D019
G01N 29/04 (2006.01)	G01N 29/04	
G01N 29/24 (2006.01)	G01N 29/24	

審査請求 有 予備審査請求 未請求 (全 26 頁)

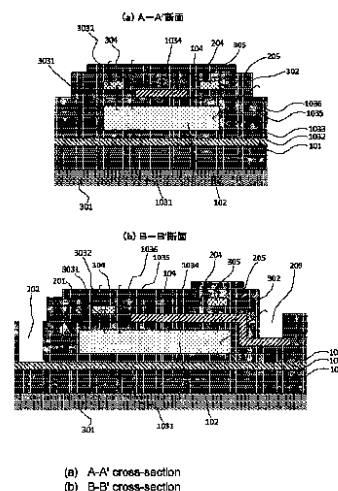
出願番号	特願2017-521459 (P2017-521459)	(71) 出願人	000005108
(21) 国際出願番号	PCT/JP2015/066236		株式会社日立製作所
(22) 国際出願日	平成27年6月4日(2015.6.4)		東京都千代田区丸の内一丁目6番6号
(81) 指定国	AP (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), EP (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, 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), OA (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG), 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	(74) 代理人	110001689 青陵特許業務法人
		(72) 発明者	長谷川 浩章 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内
		(72) 発明者	竹崎 泰一 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内
		(72) 発明者	町田 俊太郎 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 超音波トランスデューサ素子、その製造方法及び超音波撮像装置

(57) 【要約】

超音波トランスデューサ素子を、基板と、前記基板の第1主面上に形成された下部電極と、前記下部電極上に形成された第1絶縁膜と、前記第1絶縁膜上に形成された第1空洞層と、前記第1空洞層上に形成された第2絶縁膜と、前記第2絶縁膜上に形成され、上面からみて前記第1空洞層と重なる位置に配置された上部電極と、前記上部電極上に形成された第3絶縁膜と、前記第3絶縁膜上に形成された第2空洞層と、前記第2空洞層上に形成された第4絶縁膜と、前記基板の第1主面の上面からみて、前記第1空洞層外周を取り囲む前記第2～4絶縁膜より成る固定部と、前記第1空洞層上に形成された前記第2～4絶縁膜と前記上部電極より成るメンブレンにおいて、前記第2空洞層より内側の領域になる可動部と、前記可動部と前記固定部を接続する前記第2～4絶縁膜より成る接続部として、第1接続部と、該第1接続部と間隔を隔てて積層された第2接続部とを備えて構成した。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板と、
前記基板の第 1 主面上に形成された下部電極と、
前記下部電極上に形成された第 1 絶縁膜と、
前記第 1 絶縁膜上に形成された第 1 空洞層と、
前記第 1 空洞層上に形成された第 2 絶縁膜と、
前記第 2 絶縁膜上に形成され、上面からみて前記第 1 空洞層と重なる位置に配置された上部電極と、
前記上部電極上に形成された第 3 絶縁膜と、
前記第 3 絶縁膜上に形成された第 2 空洞層と、
前記第 2 空洞層上に形成された第 4 絶縁膜と、
前記基板の第 1 主面の上面からみて、
前記第 1 空洞層外周を取り囲む前記第 2 , 3 , 4 絶縁膜より成る固定部と、
前記第 1 空洞層上に形成された前記第 2 , 3 , 4 絶縁膜と前記上部電極より成るメンブレンにおいて、前記第 2 空洞層より内側の領域になる可動部と、
前記可動部と前記固定部を接続する前記第 2 , 3 , 4 絶縁膜より成る接続部として、第 1 接続部と、該第 1 接続部と間隔を隔てて積層して配置された第 2 接続部とを有することを特徴とする超音波トランスデューサ素子。

【請求項 2】

請求項 1 記載の超音波トランスデューサ素子において、
前記第 1 接続部と前記第 2 接続部の間に前記第 2 空洞層を有することを特徴とする超音波トランスデューサ素子。

【請求項 3】

請求項 1 記載の超音波トランスデューサ素子において、
前記第 2 空洞層に替えて、前記第 3 絶縁膜上に絶縁膜より弾性率の低い材料層が形成され、
前記可動部は、前記メンブレンにおいて、前記第 2 空洞層に替えて前記弾性率の低い材料層より内側の領域になり、
前記第 1 接続部と前記第 2 接続部の間に両接続部と比較して弾性率の低い前記材料層を有することを特徴とする超音波トランスデューサ素子。

【請求項 4】

前記第 2 の空洞層、または前記両接続部と比較して弾性率の低い材料層は、前記基板の第 1 主面の上面からみて前記第 1 空洞層の外周を縁取る連続した位置に、かつ前記第 1 空洞層と重なる位置に、配置されていることを特徴とする請求項 2、または請求項 3 に記載の超音波トランスデューサ素子。

【請求項 5】

前記第 2 の空洞層、または前記両接続部と比較して弾性率の低い材料層は、前記基板の第 1 主面の上面からみて前記第 1 空洞層の対向する 2 辺に沿って少なくとも 2 列の帯状に連続して外周を縁取る位置に、かつ前記第 1 空洞層と重なる位置に、配置されていることを特徴とする請求項 2、または請求項 3 に記載の超音波トランスデューサ素子。

【請求項 6】

前記第 2 の空洞層、または前記両接続部と比較して弾性率の低い材料層は、前記基板の第 1 主面の上面からみて前記第 1 空洞層と比較して、その内周部は前記第 1 空洞層と重なる位置に配置され、及びその外周部の一部、または全てが前記第 1 空洞層の外形の輪郭より外側の領域に配置されていることを特徴とする請求項 2、または請求項 3 に記載の超音波トランスデューサ素子。

【請求項 7】

請求項 1 記載の超音波トランスデューサ素子において、
前記基板の第 1 主面の上面からみて前記第 1 空洞層の外形形状が矩形、円形、または六

角形であることを特徴とする超音波トランスデューサ素子。

【請求項 8】

基板の第 1 主面に形成される超音波トランスデューサ素子の製造方法であって、

- (a) 前記基板の第 1 主面上に第 1 電極を形成する工程と、
 - (b) 前記電極上に第 1 絶縁膜を形成する工程と、
 - (c) 前記第 1 絶縁膜上に、前記第 1 電極と上面からみて重なる配置に第 1 犠牲層を形成する工程と、
 - (d) 前記第 1 犠牲層上に第 2 絶縁膜を形成する工程と、
 - (e) 前記第 2 絶縁膜上に形成され、上面からみて前記第 1 犠牲層と重なる配置に第 2 電極を形成する工程と、
 - (f) 前記第 2 電極上に第 3 絶縁膜を形成する工程と、
 - (g) 前記第 3 絶縁膜上に、前記第 1 犠牲層の外周に重なる配置に第 2 犠牲層を形成する工程と、
 - (h) 前記第 2 犠牲層と前記第 3 絶縁膜上に第 4 絶縁膜を形成する工程と、
 - (i) 前記第 4 絶縁膜、前記第 2 犠牲層、前記第 3 絶縁膜、及び前記第 2 絶縁膜を貫通し、前記第 1 犠牲層に到達する開口部を形成する工程と、
 - (j) 前記開口部を介して、前記第 1、第 2 犠牲層を除去して第 1、第 2 空洞層を形成して、第 1 空洞層と第 2 空洞層の間に第 1 接続部を、第 2 空洞層の上部に第 2 接続部を形成する工程と、
 - (k) 前記第 4 絶縁膜上に第 5 絶縁膜を形成し、前記開口部を封止する工程と、
- を有することを特徴とする超音波トランスデューサ素子の製造方法。

10

20

【請求項 9】

請求項 8 記載の超音波トランスデューサ素子の製造方法において、

前記 (g) の工程に替えて、前記第 3 絶縁膜上に、前記第 1 犠牲層の外周に重なる配置に前記絶縁膜と比較して弾性率の低い材料層を形成する工程と、

前記 (h) の工程に替えて、前記弾性率の低い材料層と前記第 3 絶縁膜上に第 4 絶縁膜を形成する工程と、

前記 (i) の工程に替えて、前記第 4 絶縁膜、前記第 3 絶縁膜、及び前記第 2 絶縁膜を貫通し、前記第 1 犠牲層に到達する開口部を形成する工程と、

前記 (j) の工程に替えて、前記開口部を介して、前記第 1 犠牲層を除去して第 1 空洞層を形成して、第 1 空洞層と前記弾性率の低い材料層の間に第 1 接続部を、前記弾性率の低い材料層の上部に第 2 接続部を形成する工程と、

を有することを特徴とする超音波トランスデューサ素子の製造方法。

30

【請求項 10】

請求項 1 乃至 7 のいずれかの請求項に記載の超音波トランスデューサ素子を 1 次元または 2 次元アレイ状に配置した超音波トランスデューサを備えた超音波探触子を有することを特徴とする超音波撮像装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

40

本発明は、超音波トランスデューサ素子の製造技術に関し、特に、MEMS (Micro Electro Mechanical System) 技術により製造した超音波トランスデューサ素子の構造と、その製造方法に適用して有効な技術に関する。

【背景技術】

【0002】

超音波トランスデューサは、超音波撮像装置の超音波探触子 (プローブ) 内に組み込まれ、超音波を送信、受信することにより、人体内の腫瘍の診断や建造物に発生した亀裂の検査など様々な用途に用いられている。

【0003】

これまでは、圧電体の振動を利用した超音波トランスデューサが用いられてきたが、近

50

年のMEMS技術の進歩により、振動部をシリコン基板上に作製した容量検出型超音波トランスデューサ(CMUT: Capacitive Micromachined Ultrasonic Transducer)が実用化を目指して盛んに開発されている。このCMUTは、従来の圧電体を用いた超音波トランスデューサと比較して、使用できる超音波の周波数帯域が広く、および高感度であるなどの利点がある。またLSI加工技術を用いて作製するので微細加工が可能であり、超音波探触子用の振動子の製造に適する。

【0004】

関連する先行技術として例えば、特許文献1～3には、単体のCMUT素子とアレイ状に配置したCMUTが開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2006-319712号公報

【特許文献2】特開2009-182838号公報

【特許文献3】特開2112-004926号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

図1のモデルを用いて、CMUT素子の基本的な構造および動作を説明する。図1は基本的なCMUT素子の断面構造を示している。

下部電極101の上層に絶縁膜106, 103, 107に囲まれた空洞層(空洞部)102が形成されている。絶縁膜106は、下部電極101と空洞層(空洞部)102を隔て、空洞層102の上層の絶縁膜107と上部電極104により、メンブレン105が構成される。

【0007】

メンブレン105を構成する絶縁膜107は、空洞層102の上部領域より広く形成されているが、図1において、空洞層102の両側面の垂直接線M, M'の間の絶縁膜107、及び上部電極104を、本願明細書ではメンブレン105と呼ぶ。

空洞層102の側面を囲む絶縁膜103は複数層の絶縁膜で構成され、垂直接線M, M'を境界としてメンブレン105を構成する絶縁膜107と区別されて、メンブレン105の振動を支持する固定部となる。

【0008】

上部電極104と下部電極101の間に直流電圧と交流電圧を重ねると、静電気力が上部電極104と下部電極101の間に働き、メンブレン105が印加した交流電圧の周波数で振動することで、超音波を発信する。逆に、受信の場合は、メンブレン105の表面に到達した超音波の圧力により、メンブレン105が振動する。すると、上部電極104と下部電極101との間の距離が変化するため、静電容量の変化として超音波を検出できる。

【0009】

上記動作原理から、送信する超音波の圧力はメンブレン105の振動振幅に依存する。メンブレン105の外周は固定部(絶縁膜)103により支持されており、メンブレンの弾性変形により生じる撓みによって振動振幅が発生する。このことから、メンブレン105の振動振幅は外周部でゼロ、中心で最大となる連続的な分布を持つ。したがって、メンブレンを上面から見た面積と最大振幅が等しいCMUTでも、この振動振幅の分布形状により発生する音圧は異なる。すなわち、理想的には、撓みを生じない平板がピストン状に平行移動する振動で音圧は最大となるため、振動振幅が最大振幅に近い部位の面積を拡大することが望ましいが、メンブレンの外周が固定支持されているため、固定支持された点の近傍のメンブレンは振動することができず音波の送信には寄与しないことになる。このような場合に、送信する超音波の圧力を増大させるためには、メンブレンの最大振幅を増大させれば良い。しかし、メンブレンを振動させるための駆動電圧を大きくする必要

10

20

30

40

50

があり、上下電極に挟まれる絶縁膜の絶縁破壊や、CMUTを使用中に、電極から絶縁膜に電荷が注入され絶縁膜がチャージアップするという問題が発生する可能性がある。絶縁膜がチャージアップすると、絶縁膜に帯電した電荷により、上下電極間の電界が遮蔽され、最適な駆動ができなくなるという問題が生じる。

【0010】

特許文献1, 2, 3には、以上の問題点を考慮して、駆動電圧の上昇を抑制しつつ、送信する超音波の音圧を増大させる構造として、メンブレン105の周辺部を変形しやすく、中心部を変形しにくくする構造が開示されている。特許文献1には、メンブレン端部に溝を設けた構造、特許文献2にはメンブレン中央部の厚みを増した構造、特許文献3にはメンブレン端部をコルゲート形状にした構造を設けることにより、それぞれメンブレン端部を変形しやすくする方法が開示されている。

10

しかしながら、これらの方法を用いたとしても、メンブレン面積のうち50%程度を有効利用できるに留まっている。

【0011】

そこで本発明の目的は、メンブレンの振動をよりピストン状の振動に近づけることで有効利用可能な面積を拡大することにより、CMUTでの駆動電圧の増大を抑制し、CMUTの超音波の送信音圧を増大することができる構造とその製造方法を提供することである。

本発明の前記ならびにその他の目的と新規な特徴は、本明細書の記述および添付図面から明らかになるであろう。

20

【課題を解決するための手段】

【0012】

上記課題を解決するために本発明では、超音波トランスデューサ素子を、基板と、前記基板の第1主面上に形成された下部電極と、前記下部電極上に形成された第1絶縁膜と、前記第1絶縁膜上に形成された第1空洞層と、前記第1空洞層上に形成された第2絶縁膜と、前記第2絶縁膜上に形成され、上面からみて前記第1空洞層と重なる位置に配置された上部電極と、前記上部電極上に形成された第3絶縁膜と、前記第3絶縁膜上に形成された第2空洞層と、前記第2空洞層上に形成された第4絶縁膜と、前記基板の第1主面の上面からみて、前記第1空洞層外周を取り囲む前記第2, 3, 4絶縁膜より成る固定部と、前記第1空洞層上に形成された前記第2, 3, 4絶縁膜と前記上部電極より成るメンブレンにおいて、前記第2空洞層より内側の領域になる可動部と、前記可動部と前記固定部を接続する前記第2, 3, 4絶縁膜より成る接続部として、第1接続部と、該第1接続部と間隔を隔てて積層して配置された第2接続部とを備えて構成した。

30

【0013】

また、上記課題を解決するために本発明では、前記超音波トランスデューサ素子において、前記第1接続部と前記第2接続部の間に前記第2空洞層を有するように構成した。

【0014】

また、上記課題を解決するために本発明では、前記超音波トランスデューサ素子において、前記第2空洞層に替えて、前記第3絶縁膜上に絶縁膜より弾性率の低い材料層が形成され、前記可動部は、前記メンブレンにおいて、前記第2空洞層に替えて前記弾性率の低い材料層より内側の領域になり、前記第1接続部と前記第2接続部の間に両接続部と比較して弾性率の低い前記材料層を有するように構成した。

40

【0015】

また、上記課題を解決するために本発明では、前記超音波トランスデューサ素子において、前記第2の空洞層、または前記両接続部と比較して弾性率の低い材料層は、前記基板の第1主面の上面からみて前記第1空洞層の外周を縁取る連続した位置に、かつ前記第1空洞層と重なる位置に、配置されるように構成した。

【0016】

また、上記課題を解決するために本発明では、超音波トランスデューサ素子の製造方法において、(a)前記基板の第1主面上に第1電極を形成する工程と、(b)前記電極上

50

に第 1 絶縁膜を形成する工程と、(c) 前記第 1 絶縁膜上に、前記第 1 電極と上面からみて重なる配置に第 1 犠牲層を形成する工程と、(d) 前記第 1 犠牲層上に第 2 絶縁膜を形成する工程と、(e) 前記第 2 絶縁膜上に形成され、上面からみて前記第 1 犠牲層と重なる配置に第 2 電極を形成する工程と、(f) 前記第 2 電極上に第 3 絶縁膜を形成する工程と、(g) 前記第 3 絶縁膜上に、前記第 1 犠牲層の外周に重なる配置に第 2 犠牲層を形成する工程と、(h) 前記第 2 犠牲層と前記第 3 絶縁膜上に第 4 絶縁膜を形成する工程と、(i) 前記第 4 絶縁膜、前記第 2 犠牲層、前記第 3 絶縁膜、及び前記第 2 絶縁膜を貫通し、前記第 1 犠牲層に到達する開口部を形成する工程と、(j) 前記開口部を介して、前記第 1、第 2 犠牲層を除去して第 1、第 2 空洞層を形成して、第 1 空洞層と第 2 空洞層の間に第 1 接続部を、第 2 空洞層の上部に第 2 接続部を形成する工程と、(k) 前記第 4 絶縁膜上に第 5 絶縁膜を形成し、前記開口部を封止する工程と、を有するようにした。

10

【発明の効果】

【0017】

本願において開示される発明のうち、代表的なものによって得られる効果を簡単に説明すれば以下のとおりである。

本発明によれば、CMUT素子のメンブレンの可動部の撓みを抑制し、かつメンブレンの振動面積を増加させることで、駆動電圧の増大の抑制と超音波の送信音圧の増大を両立することができる。

【図面の簡単な説明】

【0018】

20

【図 1】基本的な CMUT 素子の断面図である。

【図 2】(a) は本発明の実施例 1 における CMUT 素子を絶縁膜を取り除いて示した断面図であり、(b) は基板の上面から見た上面図である。

【図 3】(a) は図 2 (b) の A - A' 線で切断した断面図であり、(b) は図 2 (b) の B - B' 線で切断した断面図である。

【図 4】本発明の実施例 1 と従来の CMUT に電圧を印加した場合のメンブレンの変位形状の比較のグラフである。

【図 5】(a) は図 2 (b) の A - A' 線で切断した断面での CMUT 素子の製造工程を示した断面図であり、(b) は図 2 (b) の B - B' 線で切断した断面での CMUT 素子の製造工程を示した断面図である。

30

【図 6】図 5 に続く CMUT 素子の製造工程を示した断面図である。

【図 7】図 6 に続く CMUT 素子の製造工程を示した断面図である。

【図 8】図 7 に続く CMUT 素子の製造工程を示した断面図である。

【図 9】図 8 に続く CMUT 素子の製造工程を示した断面図である。

【図 10】図 9 に続く CMUT 素子の製造工程を示した断面図である。

【図 11】図 10 に続く CMUT 素子の製造工程を示した断面図である。

【図 12】図 11 に続く CMUT 素子の製造工程を示した断面図である。

【図 13】図 12 に続く CMUT 素子の製造工程を示した断面図である。

【図 14】図 13 に続く CMUT 素子の製造工程を示した断面図である。

【図 15】図 14 に続く CMUT 素子の製造工程を示した断面図である。

40

【図 16】(a) は本発明の実施例 2 における CMUT 素子を絶縁膜を取り除いて示した断面図であり、(b) は基板の上面から見た上面図である。

【図 17】(a) は図 16 (b) の C - C' 線で切断した断面図であり、(b) は図 16 (b) の D - D' 線で切断した断面図である。

【図 18】(a) は本発明の実施例 3 における CMUT 素子を絶縁膜を取り除いて示した断面図であり、(b) は基板の上面から見た上面図である。

【図 19】(a) は図 18 (b) の E - E' 線で切断した断面図であり、(b) は図 18 (b) の F - F' 線で切断した断面図である。

【図 20】本発明が適用される超音波撮像装置の全体構成を示す斜視図である。

【図 21】本発明が適用される超音波撮像装置の機能ブロック図である。

50

【発明を実施するための形態】

【0019】

下記の実施の形態の記載では、駆動電圧の増大を抑制し、超音波の送信音圧を増大することができるCMUTを作製するという目的を、メンブレンと、メンブレンの固定部との間を2層に分けた接続部で接続することで、超音波の送信時においてメンブレン中央部の平坦性を保ったまま、メンブレンの振動をピストン振動に近づけることで実現する。

【0020】

なお、以下の実施例を説明するための全図において、同一の部材には原則として同一の符号を付し、その繰り返しの説明は省略する。また、以下の実施例においては、便宜上、その必要があるときは、複数のセクションまたは実施例に分割して説明するが、特に明示した場合を除き、それらは互いに無関係なものではなく、一方は他方の一部または全部の変形例、詳細、補足説明等の関係にある。

【0021】

また、以下の実施例において、要素の数等（個数、数値、量、範囲等を含む）に言及する場合、特に明示した場合および原理的に明らかに特定の数に限定される場合等を除き、その特定の数に限定されるものではなく、特定の数以上でも以下でもよい。更に、以下の実施例において、その構成要素（要素ステップ等も含む）は、特に明示した場合および原理的に明らかに必須であると考えられる場合等を除き、必ずしも必須のものではないことは言うまでもない。

【0022】

同様に、以下の実施例において、構成要素等の形状、位置関係等に言及するときは、特に明示した場合および原理的に明らかにそうではないと考えられる場合等を除き、実質的にその形状等に近似または類似するもの等を含むものとする。このことは、上記数値および範囲についても同様である。なお、平面図であっても理解を容易にするため、ハッチングを付す場合がある。

【実施例1】

【0023】

図2(b)は、実施例1における超音波トランスデューサ(CMUT)素子を、絶縁膜を取り除いて、空洞層の外形を輪郭線で表して、内部構成を示した上面図である。本発明の実施例1においては、上面からみたメンブレン直下の第1の空洞層102の外形形状が矩形状の場合を示している。更に、第2の空洞層を、第1の空洞層の上部のメンブレンの外周を縁取る様に、上面から見て矩形枠状に連続した矩形断面の筒状の領域に配置している。

図2(a)は、図2(b)におけるB-B'断面図を示している。基板301上の下部電極101、上部電極104、および第1、第2の空洞層102、305の位置関係の1例を示す。

【0024】

実施例1におけるCMUT素子は、基板301上に形成した下部電極101と、第1空洞層102、図2(b)中の破線で示した輪郭線204、205で囲まれた第2空洞層305、上部電極104からなる積層構造からなる。また、基板、それぞれの電極、それぞれの空洞層を覆うように絶縁膜は形成されているが、それぞれの絶縁膜の下層の構造を示すために図示していない。201は空洞層を形成するためのウェットエッチング孔であり、孔に接続するために、第1、第2の空洞層にそれぞれ突起部が設けられている。202、203は各電極へ電圧を印加するためのパッド開口部である。

【0025】

図3(a)は、図2(b)のA-A'線で切断した断面図である。図3(b)は図2(b)のB-B'線で切断した断面図である。図3(a)および図3(b)に絶縁膜も含めてCMUT素子を示すように、基板301に形成された絶縁膜1031上に下部電極101が形成されている。下部電極101の上層には絶縁膜1032を介して空洞層102が形成されている。空洞部102を囲むように絶縁膜1033が形成され、絶縁膜1033の上層に上部

電極 104 が形成されている。上部電極 104 の上層には絶縁膜 1034 を介して第 2 空洞層 305 が形成されており、第 2 空洞層 305 と絶縁膜 1034 を囲むように絶縁膜 1035 が形成され、絶縁膜 1035 の上層に絶縁膜 1036 が形成されている。

また、絶縁膜 1035、1034、1033 にはこれらの膜を貫通するウェットエッチング孔 201 が形成されている。このウェットエッチング孔 201 は、空洞層 102、305 を形成するために形成されたものであり、空洞層の形成後、絶縁膜 1036 によって埋め込まれている。202、203 はそれぞれ下部電極 101、上部電極 104 へ電圧を供給するためのパッド開口部である。

【0026】

図 2(a)、(b) および図 3(a)、(b) において、メンブレンは、第 1 空洞層 102 の上部の領域の絶縁膜 1033 ~ 1036 および上部電極 104 により構成される。このメンブレンが超音波送受信時に振動する際に、最大振幅に対して所定比率以上の振幅を有する領域と認められる可動部を定義する。本実施例 1 において可動部は、図 2(b) において、第 2 空洞層 305 の内側の輪郭線 204 が囲む矩形領域内とする。

【0027】

また、本実施例 1 では、第 2 空洞層 305 の外側の輪郭線 205 が、第 1 空洞層 102 の輪郭とほぼ一致している。そのため、前記メンブレンの可動部は、第 1 空洞層 102 の側面を囲む絶縁膜から成る固定部と、図 2(b) において、輪郭線 204 と輪郭線 205 が囲む第 2 空洞層の領域の上下にある絶縁膜が、可動部と固定部を接続する接続部となる。この接続部が弾性変形することにより、可動部に振動が生じて超音波を発信する。

【0028】

本実施例 1 の特徴は、図 2(a)、(b)、および図 3(a)、(b) に示すように、基板の上面からみて輪郭線 204 よりも内側のメンブレンの可動部 304 を、第 1 接続部 3031 と第 2 接続部 3032 により、輪郭線 205 よりも外側の固定部 302 へ接続した点にある。前記第 1 接続部 3031 と第 2 接続部 3032 は第 2 空洞層 305 を隔てて積層されている。

【0029】

接続部を積層したことによる効果は下記の通りである。図 4 は、図 2、図 3 の構造を備える超音波トランスデューサ素子に駆動電圧を印加し、振動させた時の絶縁膜 1033 の撓み曲線を図 2 の A - A' 断面に沿って示したグラフである。曲線 401 が本実施例 1、曲線 402 が第 2 接続部 3032 を持たない図 1 に示す従来の超音波トランスデューサ素子の撓み量を示している。グラフの両端 N、N' が、図 2(b)、図 3(a) に示した第 1 空洞層 102 の両側面端部に対応している。曲線 401、402 の比較から、最大撓み量が等しい両者の間で、実施例 1 の撓み形状は可動部 304 に相当する領域がより平坦であることが読み取れる。

【0030】

第 2 接続部 3032 の機能は下記のように機能する。静電気力による撓みが生じると、接続部 3032 の伸び変形によって、可動部 304 との結合部に引っ張り力が発生する。その結果、メンブレン 105 を曲げ戻す方向に曲げモーメントが発生し、可動部 304 を囲む輪郭線 204 に沿って屈曲 403 が生じる。その結果として、可動部 304 の中央部の撓みを抑制でき、メンブレンの最大振幅に対する所定比率以上の振幅比を有する振動面積を増加させることが可能となる。

【0031】

図 3(a) において、説明を更に加えると、第 2 空洞層を挟んで、第 1 接続部 3031、第 2 接続部 3032、可動部 304、および固定部 302 により平行リンク機構が構成されて、メンブレンの可動部を上下に変位させても可動部の中央部が放物線状に凹んでいき難くなるような引き上げる力を、2 つの接続部で分担するような構造とすることで、図 4 に示すような放物線状形状 402 から、バスタブ状形状 401 にできる。

【0032】

なお、図 2(a)、(b) において、第 2 空洞層 305 の外周の輪郭線 205 が第 1 空洞層

10

20

30

40

50

102の外形の輪郭とほぼ一致している例を示している。しかし、これは必ずしも一致させる必要はなく、第1空洞層102の外形の輪郭の近傍であれば、外側に位置しても、内側に位置してもよい。輪郭線205の位置により固定部302と接続部の境界の位置が変わることになる。

ただし、第2空洞層305の内周の輪郭線204は、第1空洞層102の上面から見て、第1空洞層102の外形の輪郭の内側に位置することが必要である。

【0033】

次に、図面を用いて本実施例1に記載されたCMUT素子の製造方法を説明する。図5(a)～図15(a)は、図2(b)中のA-A'断面を示しており、図5(b)～図15(b)は、図2(b)中のB-B'断面を示している。

10

【0034】

まず、図5(a),(b)に示すように、基板301上にシリコン酸化膜による絶縁膜1031を500nm形成し、その後、アルミニウム合金膜からなる下部電極101を100nm形成する。そして、この下部電極101上にプラズマCVD(Chemical Vapor Deposition)法によりシリコン酸化膜による絶縁膜1032を200nm堆積させる。

【0035】

次に、図6(a),(b)に示すように、シリコン酸化膜からなる絶縁膜1032の上面に多結晶シリコン膜からなる犠牲層501をプラズマCVD法により約300nm堆積する。そして、フォトリソグラフィ技術とドライエッチング技術により、多結晶シリコン膜からなる犠牲層501を形成する。この残された部分がその後の工程で第1空洞層102となる。

20

続いて、図7(a),(b)に示すように、犠牲層501、シリコン酸化膜からなる絶縁膜1032を覆うように、プラズマCVD法によりシリコン酸化膜からなる絶縁膜1033を200nm堆積する。

【0036】

次に、図8(a),(b)に示すように、上部電極104を形成するため、スパッタリング法によりアルミニウム合金膜を100nm堆積する。そして、フォトリソグラフィ技術とドライエッチング技術により、上部電極104を形成し、続いて、図9(a),(b)に示すように、上部電極104、シリコン酸化膜からなる絶縁膜1033を覆うように、プラズマCVD法によりシリコン酸化膜からなる絶縁膜1034を200nm堆積する。

30

【0037】

次に、図10(a),(b)に示すように、シリコン酸化膜からなる絶縁膜1034の上面に多結晶シリコン膜からなる犠牲層901をプラズマCVD法により200nm堆積する。そして、フォトリソグラフィ技術とドライエッチング技術により、多結晶シリコン膜からなる犠牲層901を形成する。図2に示す通り、犠牲層901は絶縁膜1034の上で上面から見て矩形状に連続した筒状に形成される。この残された部分がその後の工程で第2空洞層305となる。

引続き、図11(a),(b)に示すように、犠牲層901、シリコン酸化膜からなる絶縁膜1034を覆うように、プラズマCVD法によりシリコン酸化膜からなる絶縁膜1035を200nm堆積する。

40

【0038】

続いて、図12(a),(b)に示すように、シリコン酸化膜からなる絶縁膜1035、1034、1033と、それらの絶縁膜に挟まれた犠牲層901に、フォトリソグラフィ技術とドライエッチング技術を使用して犠牲層501まで到達するウェットエッチング穴201を形成する。

その後、図13(a),(b)に示すように、ウェットエッチング穴201を介して、犠牲層901、501を水酸化カリウムでウェットエッチングすることにより、空洞層305、102を形成する。

【0039】

50

次に、図 14(a), (b)に示すように、ウェットエッチング穴 201 を埋め込んで、空洞層 305, 102 を密封するために、プラズマ CVD 法によりシリコン窒化膜からなる絶縁膜 1036 を 100 nm 堆積する。

引き続き、図 15(a), (b)に示すように、フォトリソグラフィ技術とドライエッチング技術を使用して、シリコン酸化膜からなる絶縁膜 1036、1035、1034、1033、1032 を貫通する下部電極 101、上部電極 104 へのパッド開口部 202, 203 を形成する。以上のようにして、本実施例 1 における CMUT 素子を形成することができる。

【0040】

なお、図 2(b)において、CMUT 素子は基板の上面から見て矩形の第 1 空洞層を有しているが、形状はこれに限らず、例えば、円形でも多角形でもよい。

【0041】

本実施例 1 において示した CMUT 素子を構成する材料は、その組み合わせの一例を示したものであり、上部電極、下部電極の材料として、タングステンやその他の導電性を持つ材料にしてもよい。また、絶縁膜の材料については、必ずしも同一材料に限らない。例えば本実施例 1 では、接続部 3032 を構成する最上層の膜のみ、内部構造への水分の浸透を避けるためシリコン窒化膜としたが、他の絶縁膜でも良い。その場合、接続部 3031、3032 の剛性のアンバランスを回避するため、両者の膜厚を調節して、接続部 3031、3032 の剛性を調整すればよい。犠牲層の材料も、犠牲層の周りを囲む材料とのウェットエッチング選択性が確保することができればよい。したがって、多結晶シリコン膜の他に、SOG 膜 (Spin-on-Glass) あるいは金属膜などであってもよい。

【実施例 2】

【0042】

図 16(b)は、実施例 2 における超音波トランスデューサ (CMUT) 素子を、絶縁膜を取り除いて、空洞層、柔軟部材層の外形を輪郭線で表して、内部構成を示した上面図である。本実施例 2 では、実施例 1 における輪郭線 204, 205 で囲まれる第 2 空洞層の領域内に代わりに柔軟部材 1501 を備えている。図 17(a)は、前記 CMUT 素子を、図 16(b)の C-C' 線で切断した断面図である。図 17(b)は図 16(b)の D-D' 線で切断した断面図である。

【0043】

図 17(a)および図 17(b)に示すように、実施例 1 では第 2 空洞層 305 となっていた領域に、柔軟部材 1501 が充填された構造である。実施例 1 で示したような第 2 の空洞層を設ける構成と同様の効果があり、柔軟部材層によって分離された第 1, 第 2 接続部 3031、3032 が平行リンク機構のごとく変形し、可動部 304 の撓みを抑制することが可能となり、メンブレンの所定の振幅比以上の振動面積を増加させることに対しては望ましい。

【0044】

実施例 1 の CMUT 素子の製造プロセス中では、第 2 空洞層 305 の上層の絶縁膜 1035, 1036 に割れや剥がれが生じ、CMUT デバイス完成時の歩留まりを低下させる可能性がある。一方、本実施例 2 のように、実施例 1 では第 2 空洞層 305 となっていた領域に、柔軟部材 1501 を充填することにより、柔軟部材 1501 の上層の絶縁膜 1035、1036 が割れたり、剥がれたりすることを抑制できる。この場合、柔軟部材 1501 の剛性 (ヤング率) は、空洞になるべく近い方がよく、接続部 3031、3032、可動部 304、および固定部 302 を構成する絶縁膜のヤング率よりも小さいヤング率を持つ材料であると良い。具体的には絶縁膜のヤング率の 1/10 程度のヤング率を持つポリイミド等の有機材料が好ましい。

【0045】

また、本実施例 2 の柔軟部材層 1501 の製造方法は、犠牲層を使用してウェットエッチングは行わないので、ウェットエッチング穴 201 とは接続しない。

【実施例 3】

【 0 0 4 6 】

図 1 8 は、実施例 3 における超音波トランスデューサ (C M U T) 素子を、絶縁膜を取り除いて、空洞層の外形を輪郭線で表して、内部構成を示した上面図である。本実施例 3 は、実施例 1 と同様に輪郭線 2 0 4 と 2 0 5 で囲まれる領域内に第 2 空洞層 3 0 5 を備えた構造を有している。図 1 9 (a) は、図 1 8 (b) の E - E ' 線で切断した断面図である。図 1 9 (b) は図 1 8 (b) の F - F ' 線で切断した断面図である。

【 0 0 4 7 】

実施例 3 の C M U T 素子の特徴は、上面から見て矩形状の第 1 空洞層 1 0 2 の長手方向にのみ、上部電極 1 0 4 を挟んで 2 列の第 2 空洞層 3 0 5 を備え、この平行して配置された第 2 空洞層 3 0 5 により分離して形成された第 1 接続部 3 0 3 1 と第 2 接続部 3 0 3 2 によって、メンブレンの可動部 3 0 4 が支持されている。

10

第 1 空洞層 1 0 2 が矩形状の場合、可動部 3 0 4 の振動を規定する固定部は第 1 空洞層 1 0 2 の長手方向の両側面の固定部であるため、その部分のみに第 2 空洞層を設ければ、接続部 3 0 3 1、3 0 3 2 が変形し、可動部 3 0 4 の撓みを抑制することが可能となり、メンブレンの所定の振幅比以上の振動面積を増加させることができる。

【 0 0 4 8 】

また、図 3 で示したように、実施例 1 のような第 1 空洞層 1 0 2 の外周を第 2 空洞層 3 0 5 で囲む場合、上部電極 1 0 4 の引き出し線部の上部にも第 2 空洞層を設けることになる。そのような構成では、引き出し線部の上部の第 2 空洞層の上下の領域の接続部 3 0 3 1、3 0 3 2 の膜厚は上部電極 1 0 4 の分だけアンバランスとなり、メンブレンの振動時に、不要な振動が発生する可能性がある。一方、本実施例 3 に示した構成にすることにより、図 1 9 (a)、(b) で示すように、上部電極 1 0 4 の引き出し線部の上部に第 2 空洞層 3 0 5 を設けることなく、メンブレンの振動時に不要な振動が発生することを抑制できる。ただし、第 1 空洞層が円形や正六角形のような回転対称となる形状の場合は、実施例 1 で示した構成がよいことはいうまでもない。実施例 3 では、第 1 空洞層 1 0 2 の長手方向に 2 列の第 2 空洞層 3 0 5 を設けているが、ウェットエッチング穴 2 0 1 と接続するために、前記 2 列の第 2 空洞層 3 0 5 を接続する第 2 空洞層 3 0 6 を有している。

20

【 0 0 4 9 】

また、本実施例 3 と上述した実施例 2 を組み合わせて、第 2 空洞層に柔軟材料を充填した構成でもよいことは明らかである。

30

なお、実施例 2、3 においても、柔軟部材層 1 5 0 1、または第 2 空洞層 3 0 5 の外周の輪郭線 2 0 5 が第 1 空洞層 1 0 2 の外形の輪郭とほぼ一致している例を示している。しかし、これは必ずしも一致させる必要はなく、第 1 空洞層 1 0 2 の外形の輪郭の近傍であれば、外側に位置しても、内側に位置してもよい。

ただし、柔軟部材層 1 5 0 1、または第 2 空洞層 3 0 5 の内周の輪郭線 2 0 4 は、第 1 空洞層 1 0 2 の上面から見て、第 1 空洞層 1 0 2 の外形の輪郭の内側に位置することが必要である。

【 0 0 5 0 】

最後に、図 2 0 及び図 2 1 を参照しながら、超音波撮像装置における上述した各実施例の C M U T 素子を備えた超音波撮像装置の一構成例とその役割について説明する。

40

まず図 2 0 及び図 2 1 を参照して、本実施形態の超音波撮像装置の構成を説明する。図 2 0 は、超音波撮像装置の全体構成を示す斜視図、図 2 1 は、超音波撮像装置の機能を示すブロック図である。

【 0 0 5 1 】

図 2 0 に示すように、超音波撮像装置 2 0 0 1 は、超音波の送受信を行う超音波送受信回路や、超音波送受信回路が受信したエコー信号を処理し、検査対象の超音波画像を生成する信号処理回路などを収納する本体 2 0 0 5 と、本体 2 0 0 5 に接続され、超音波画像や操作者とのインターフェイスを行うための G U I を表示する表示器 2 0 0 3 と、操作者が操作する操作部 2 0 0 4 と、本体 2 0 0 5 に固定された接続部 2 0 0 6 を介して超音波送受信回路に接続される超音波探触子 2 0 0 2 と、を備えている。

50

超音波探触子 2002 は、被検体に接触させて被検体との間で超音波を送受波する装置であり、多数のトランスデューサ素子を 1 次元または 2 次元アレイ状に配置した構造を有する超音波トランスデューサ 2007 と、音響レンズやバックング材などを備えている。本実施形態の超音波撮像装置では、超音波トランスデューサ 2007 は、例えば CMUT 素子を数百個～1 万個程度の範囲で 1 次元または 2 次元アレイ状に配置して構成されている。

なお図 20 では、一例として、本体 2005 の底部に車輪を備えた可動式の超音波撮像装置を示しているが、本実施形態は、検査室に固定された超音波撮像装置、ノート型やボックス型などの携帯型超音波撮像装置、その他、公知の超音波撮像装置に適用することができる。

10

【0052】

本体 2005 には、図 21 に示すように、上述した超音波送受信回路 2111 及び信号処理回路 2112、制御部 2113、メモリ部 2114、電源装置 2115、及び補助装置 2116 が備えられている。

超音波送受信回路 2111 は、超音波探触子 2002 から超音波を送波するための駆動電圧を発生させたり、超音波探触子 2002 からエコー信号を受信するもので、遅延回路、フィルタ、ゲイン調整回路などを備えている。

信号処理回路 2112 は、受信したエコー信号に対し、LOG 圧縮、深度補正等の補正や画像作成等に必要な処理を行うもので、DSC (デジタルスキャンコンバータ)、カラードライバ回路、FFT 解析部などを含んでいてもよい。信号処理回路 2112 による信号処理は、アナログ信号処理及びデジタル信号処理のいずれも可能であり、一部はソフトウェアで実現でき、また ASIC (application specific integrated circuit) や FPGA (field-programmable gate array) で実現することも可能である。

20

【0053】

制御部 2113 は、本体 2005 の各回路や本体 2005 に接続された機器の制御を行う。メモリ部 2114 には、信号処理や制御に必要な情報やパラメータ及び処理結果が記憶される。電源装置 2115 は、超音波撮像装置の各部に、必要な電力を供給する。補助装置 2116 は、上述した各部のほかに、超音波撮像装置に付随する機能、例えば音声発生などを実現するためのもので、必要に応じて適宜追加される。

【0054】

30

なお、本発明は上記した実施例に限定されるものではなく、様々な変形例が含まれる。例えば、上記した実施例は本発明のより良い理解のために詳細に説明したのであり、必ずしも説明の全ての構成を備えるものに限定されるものではない。また、ある実施例の構成の一部を他の実施例の構成に置き換えることが可能であり、また、ある実施例の構成に他の実施例の構成を加えることが可能である。また、各実施例の構成の一部について、他の構成の追加・削除・置換をすることが可能である。

【符号の説明】

【0055】

- 101 下部電極
- 102、305 空洞層
- 103 固定部(絶縁膜)
- 104 上部電極
- 105 メンブレン
- 106、107 絶縁膜
- 201 ウェットエッチング孔
- 202 下部電極への開口部
- 203 上部電極への開口部
- 204 可動部を囲む境界となる第 2 空洞層の輪郭線
- 205 接続部を囲む境界となる第 2 空洞層の輪郭線
- 301 基板

40

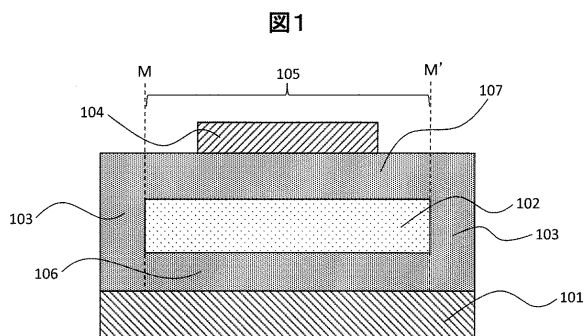
50

- 3 0 2 固定部
- 3 0 3 1、3 0 3 2 接続部
- 3 0 4 可動部
- 3 0 5 第 2 空洞層
- 3 0 6 実施例 3 における 2 列の第 2 空洞層を接続する第 2 空洞層
- 4 0 1 電圧印加時における実施例 1 の変位形状
- 4 0 2 電圧印加時における従来の C M U T の変位形状
- 4 0 3 実施例 1 の変位形状に生じた屈曲
- 5 0 1 犠牲層
- 1 0 3 1 , 1 0 3 2 , 1 0 3 3 , 1 0 3 4、1 0 3 5、1 0 3 6 絶縁膜
- 1 5 0 1 柔軟部材
- 2 0 0 1 超音波撮像装置
- 2 0 0 2 超音波探触子
- 2 0 0 3 表示部
- 2 0 0 4 操作部
- 2 0 0 5 本体部
- 2 0 0 6 プローブ接続部
- 2 0 0 7 超音波トランスデューサ
- 2 1 1 1 超音波送受信部
- 2 1 1 2 信号処理部
- 2 1 1 3 制御部
- 2 1 1 4 メモリ部
- 2 1 1 5 電源装置
- 2 1 1 6 補助装置

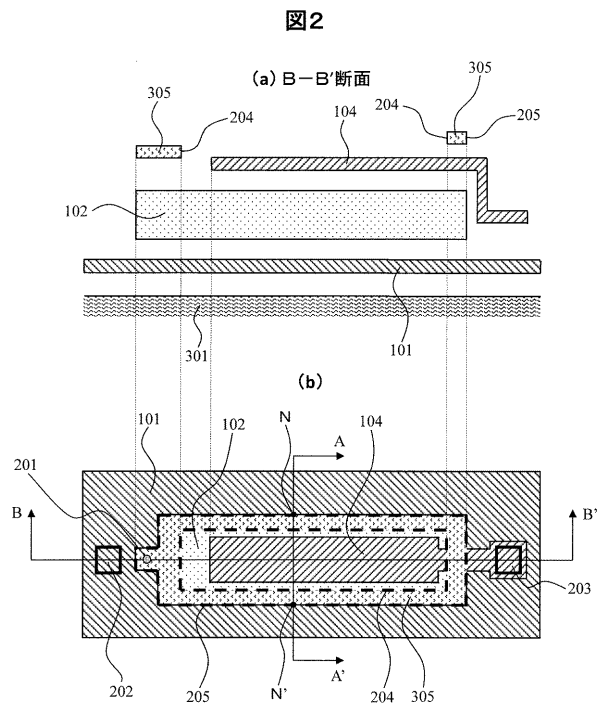
10

20

【 図 1 】

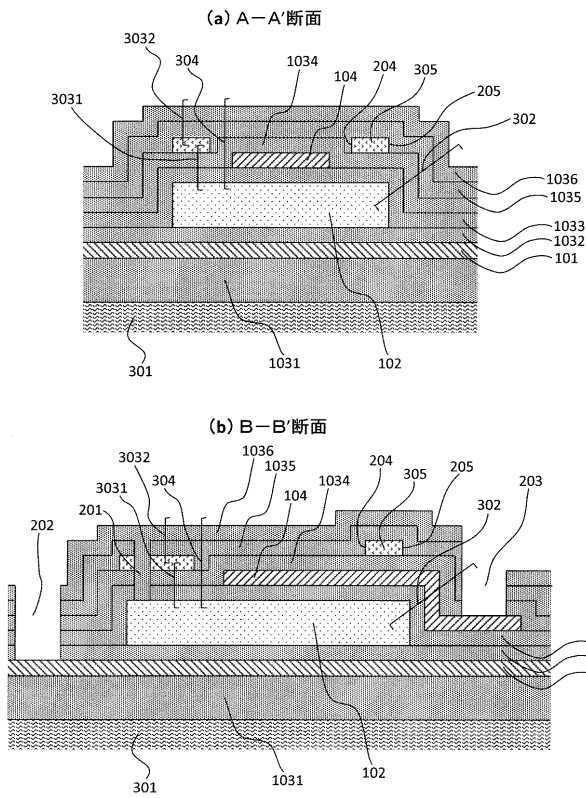


【 図 2 】



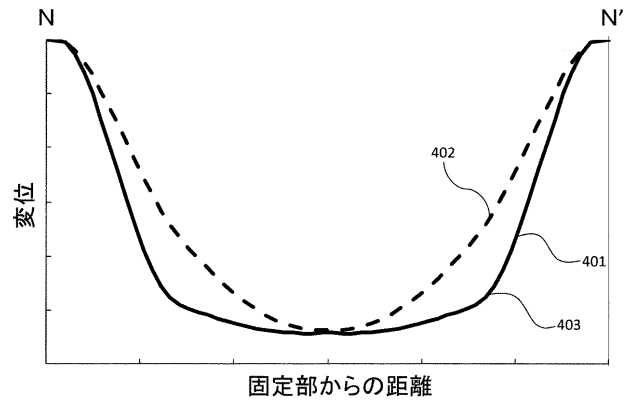
【 図 3 】

図3



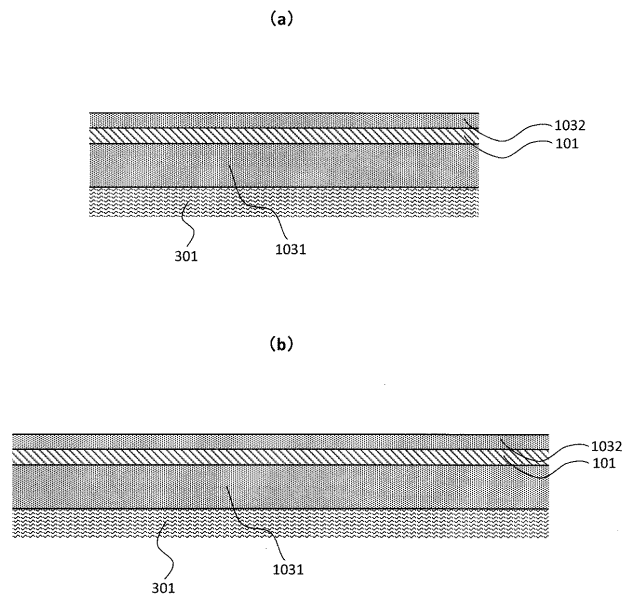
【 図 4 】

図4



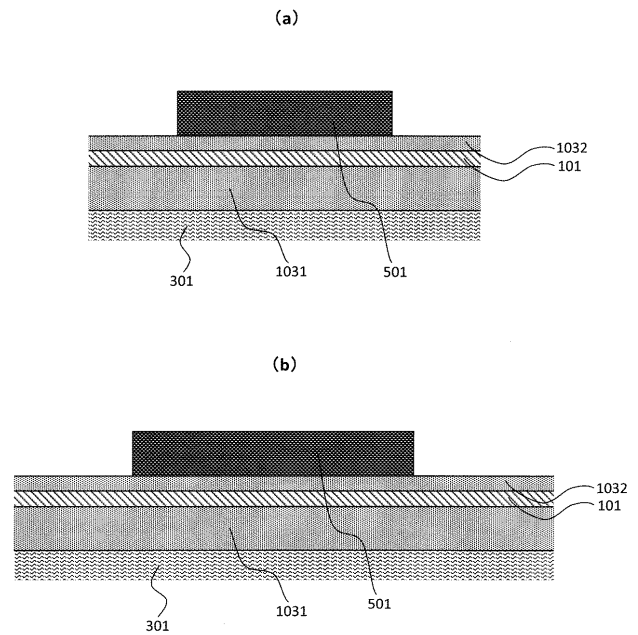
【 図 5 】

図5

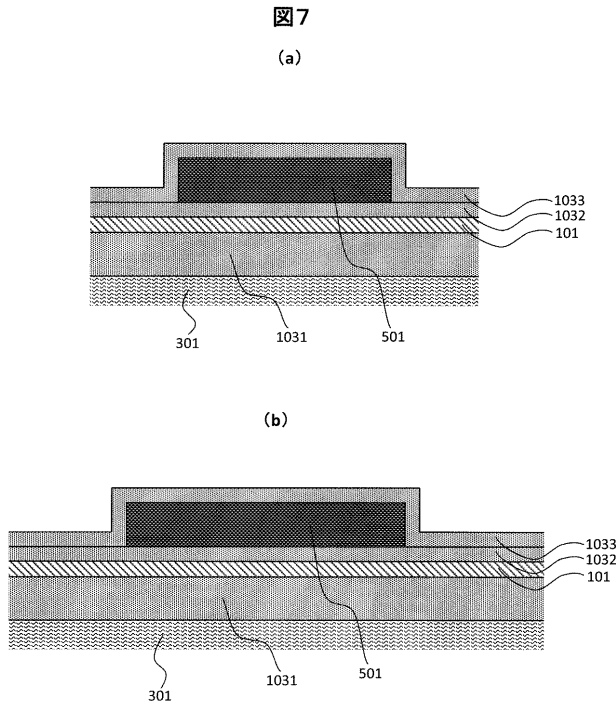


【 図 6 】

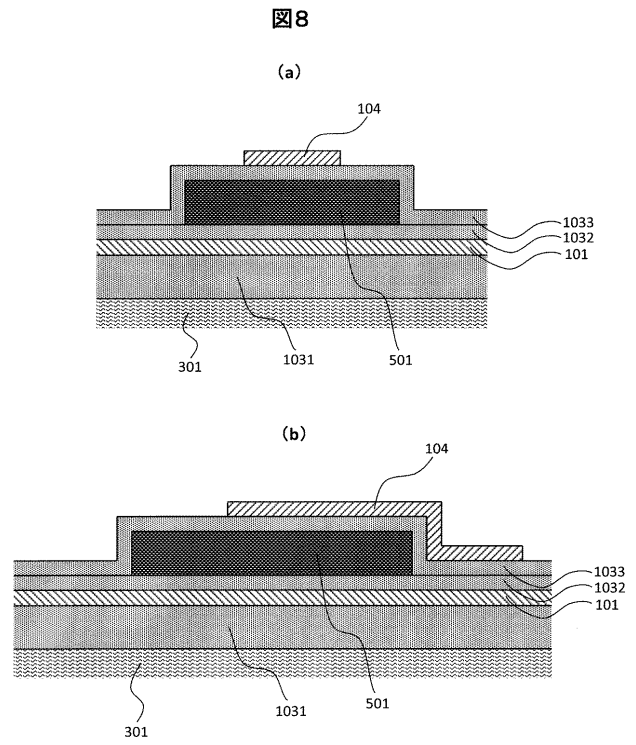
図6



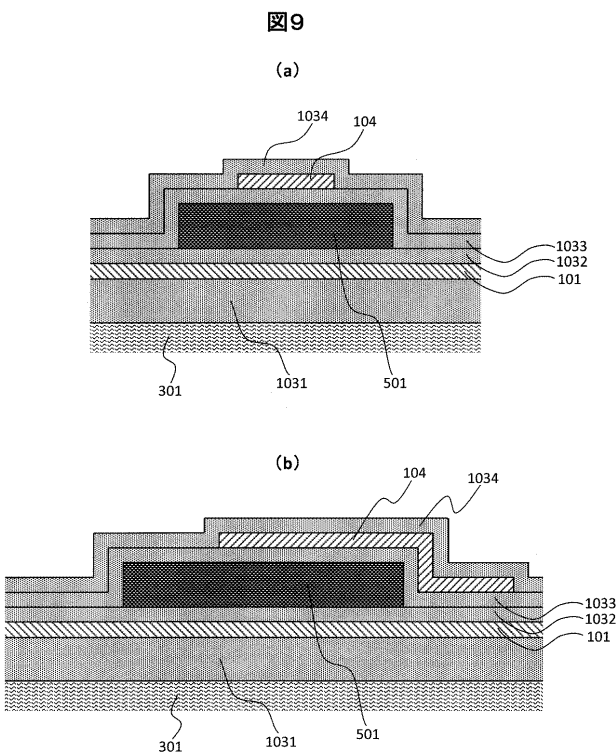
【 図 7 】



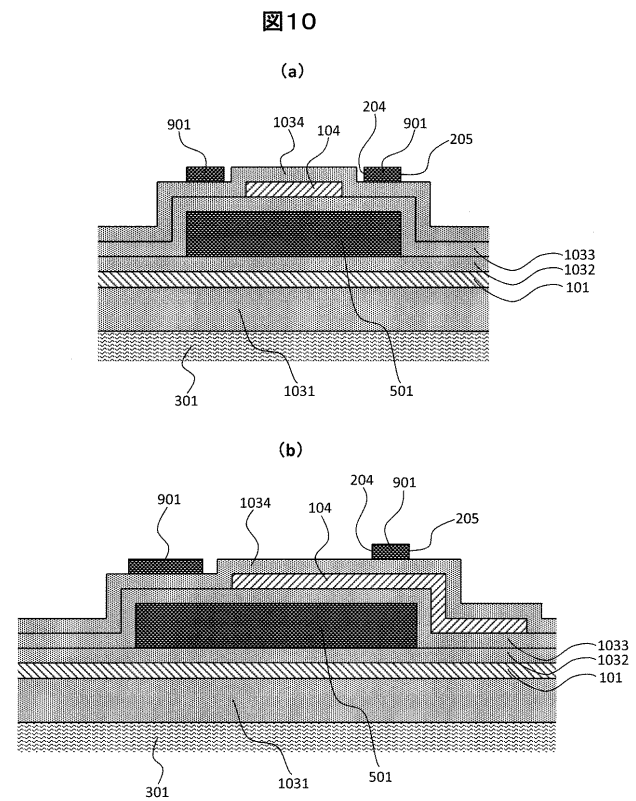
【 図 8 】



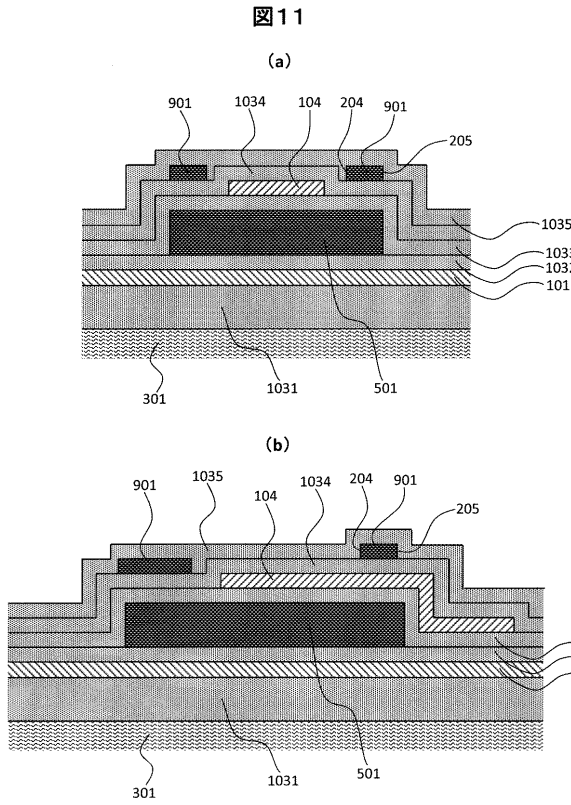
【 図 9 】



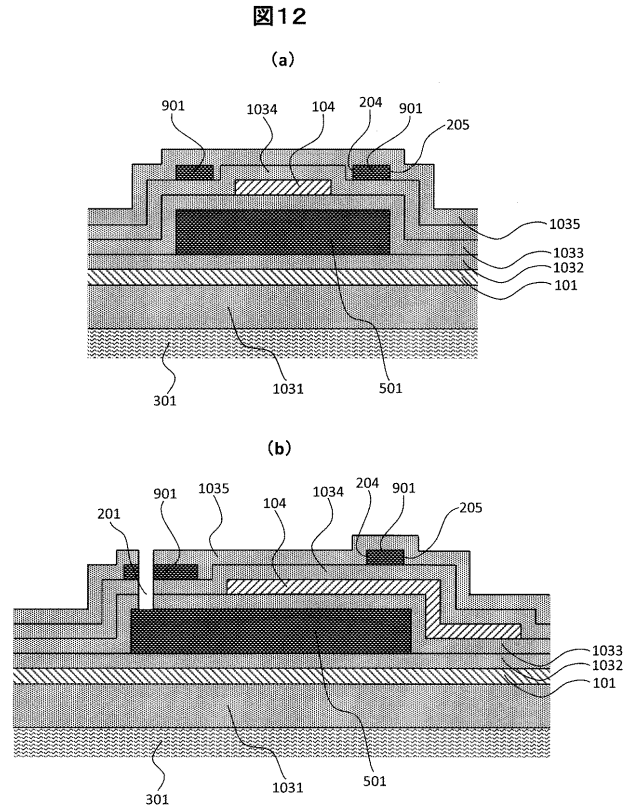
【 図 10 】



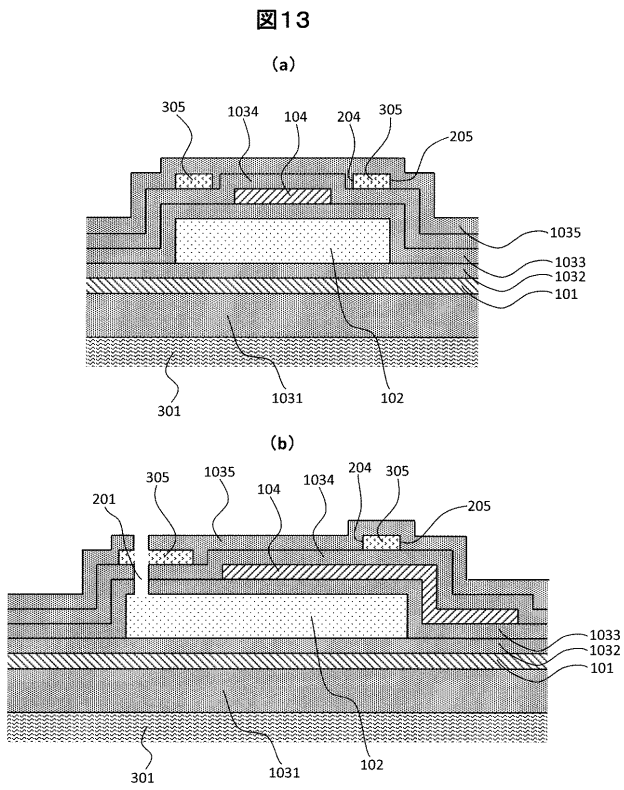
【図 1 1】



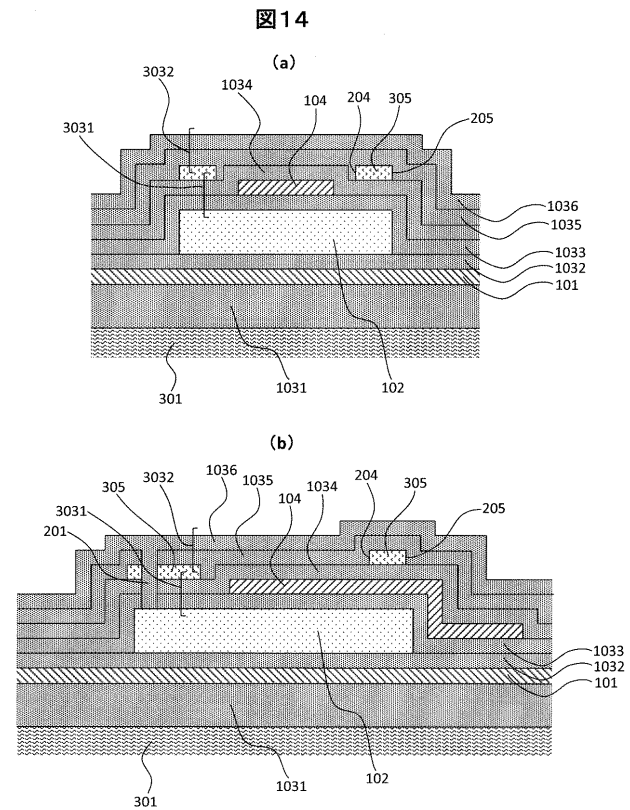
【図 1 2】



【図 1 3】

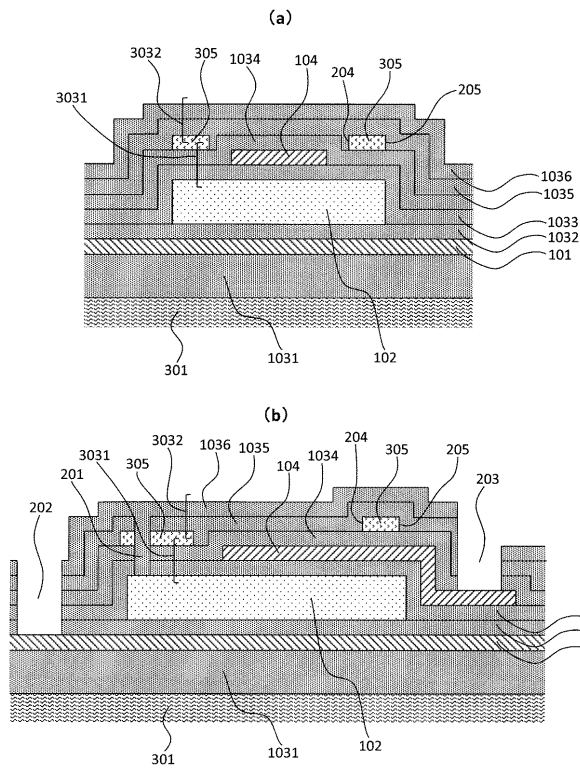


【図 1 4】



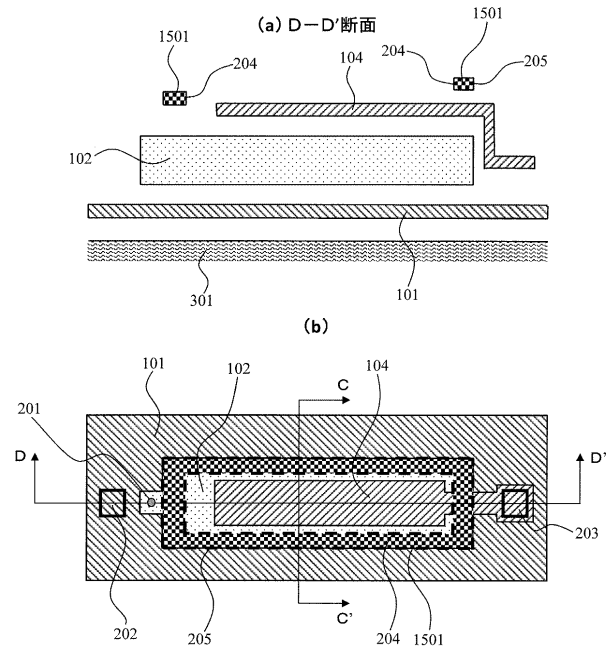
【図 15】

図15



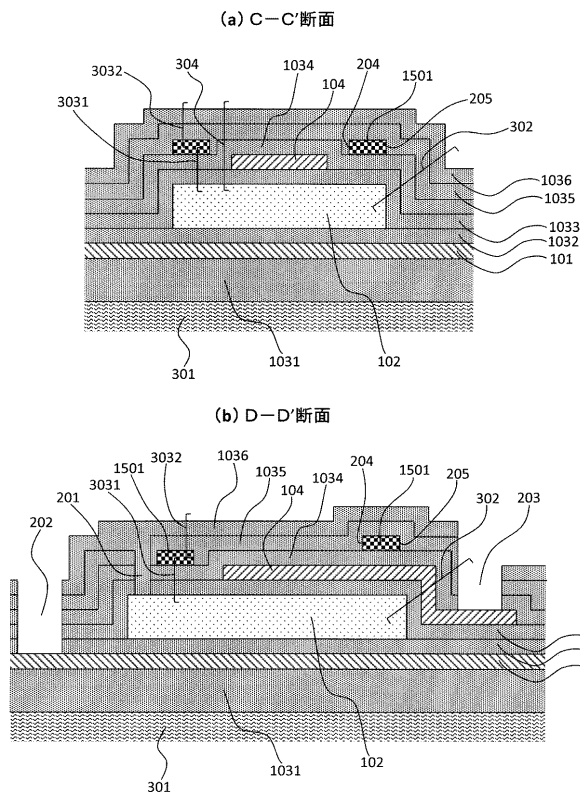
【図 16】

図16



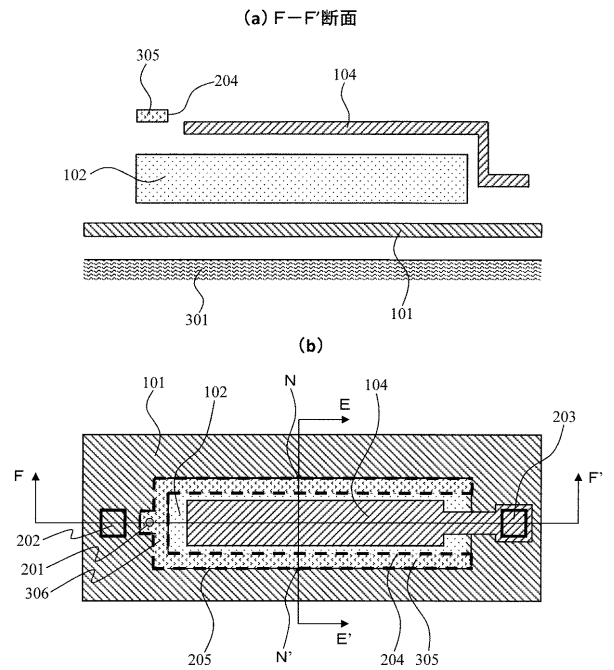
【図 17】

図17



【図 18】

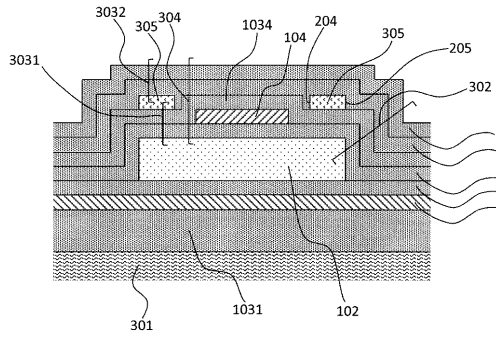
図18



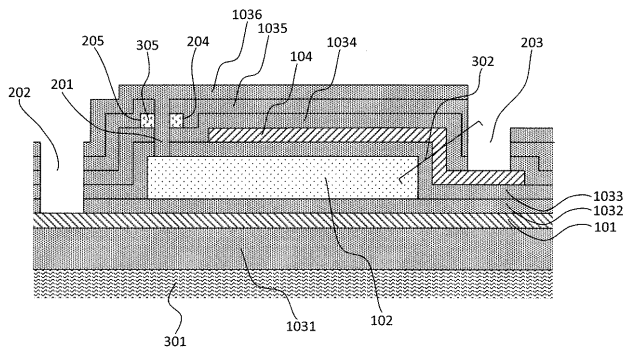
【図 19】

図19

(a) E-E'断面

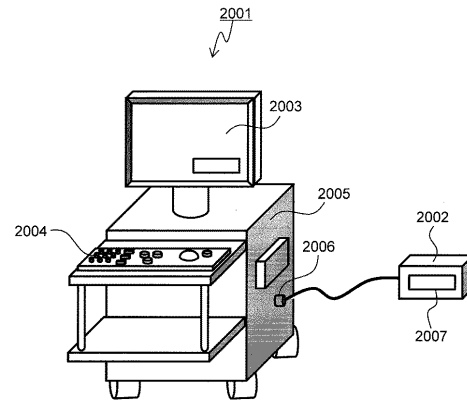


(b) F-F'断面



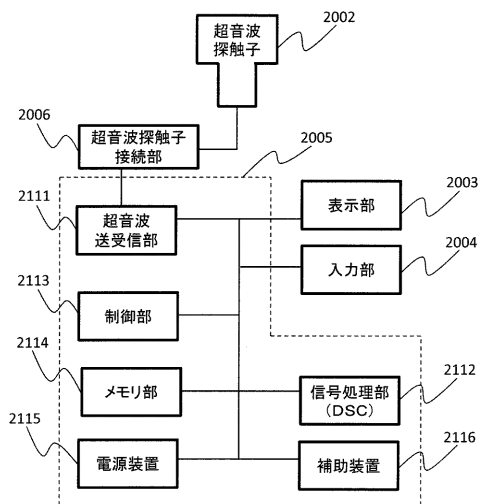
【図 20】

図20



【図 21】

図21



【手続補正書】

【提出日】平成29年11月29日(2017.11.29)

【手続補正 1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板と、
前記基板の第 1 主面上に形成された下部電極と、
前記下部電極上に形成された第 1 絶縁膜と、
前記第 1 絶縁膜上に形成された第 1 空洞層と、
前記第 1 空洞層上に形成された第 2 絶縁膜と、
前記第 2 絶縁膜上に形成され、上面からみて前記第 1 空洞層と重なる位置に配置された上部電極と、
前記上部電極上に形成された第 3 絶縁膜と、
前記第 3 絶縁膜上に形成された第 2 空洞層と、
前記第 2 空洞層上に形成された第 4 絶縁膜と、
前記基板の第 1 主面の上面からみて、
前記第 1 空洞層外周を取り囲む前記第 2、3、4 絶縁膜より成る固定部と、
前記第 1 空洞層上に形成された前記第 2、3、4 絶縁膜と前記上部電極より成るメンブレンにおいて、前記第 2 空洞層より内側の領域になる可動部と、
前記可動部と前記固定部を接続する前記第 2、3、4 絶縁膜より成る接続部として、第 1 接続部と、該第 1 接続部と間隔を隔てて積層して配置された第 2 接続部とを有することを特徴とする超音波トランスデューサ素子。

【請求項 2】

請求項 1 記載の超音波トランスデューサ素子において、
前記第 1 接続部と前記第 2 接続部の間に前記第 2 空洞層を有することを特徴とする超音波トランスデューサ素子。

【請求項 3】

請求項 1 記載の超音波トランスデューサ素子において、
前記第 2 空洞層に替えて、前記第 3 絶縁膜上に絶縁膜より弾性率の低い材料層が形成され、
前記可動部は、前記メンブレンにおいて、前記第 2 空洞層に替えて前記弾性率の低い材料層より内側の領域になり、
前記第 1 接続部と前記第 2 接続部の間に両接続部と比較して弾性率の低い前記材料層を有することを特徴とする超音波トランスデューサ素子。

【請求項 4】

前記第 2 空洞層、または前記第 1 接続部と前記第 2 接続部の両接続部と比較して弾性率の低い材料層は、前記基板の第 1 主面の上面からみて前記第 1 空洞層の外周を縁取る連続した位置に、かつ前記第 1 空洞層と重なる位置に、配置されていることを特徴とする請求項 2、または請求項 3 に記載の超音波トランスデューサ素子。

【請求項 5】

前記第 2 空洞層、または前記第 1 接続部と前記第 2 接続部の両接続部と比較して弾性率の低い材料層は、前記基板の第 1 主面の上面からみて前記第 1 空洞層の対向する 2 辺に沿って少なくとも 2 列の帯状に連続して外周を縁取る位置に、かつ前記第 1 空洞層と重なる位置に、配置されていることを特徴とする請求項 2、または請求項 3 に記載の超音波トランスデューサ素子。

【請求項 6】

前記第 2 空洞層、または前記第 1 接続部と前記第 2 接続部の両接続部と比較して弾性率の低い材料層は、前記基板の第 1 主面の上面からみて前記第 1 空洞層と比較して、その内周部は前記第 1 空洞層と重なる位置に配置され、及びその外周部の一部、または全てが前記第 1 空洞層の外形の輪郭より外側の領域に配置されていることを特徴とする請求項 2、または請求項 3 に記載の超音波トランスデューサ素子。

【請求項 7】

請求項 1 記載の超音波トランスデューサ素子において、

前記基板の第 1 主面の上面からみて前記第 1 空洞層の外形形状が矩形、円形、または六角形であることを特徴とする超音波トランスデューサ素子。

【請求項 8】

基板の第 1 主面に形成される超音波トランスデューサ素子の製造方法であって、

- (a) 前記基板の第 1 主面上に第 1 電極を形成する工程と、
 - (b) 前記電極上に第 1 絶縁膜を形成する工程と、
 - (c) 前記第 1 絶縁膜上に、前記第 1 電極と上面からみて重なる配置に第 1 犠牲層を形成する工程と、
 - (d) 前記第 1 犠牲層上に第 2 絶縁膜を形成する工程と、
 - (e) 前記第 2 絶縁膜上に形成され、上面からみて前記第 1 犠牲層と重なる配置に第 2 電極を形成する工程と、
 - (f) 前記第 2 電極上に第 3 絶縁膜を形成する工程と、
 - (g) 前記第 3 絶縁膜上に、前記第 1 犠牲層の外周に重なる配置に第 2 犠牲層を形成する工程と、
 - (h) 前記第 2 犠牲層と前記第 3 絶縁膜上に第 4 絶縁膜を形成する工程と、
 - (i) 前記第 4 絶縁膜、前記第 2 犠牲層、前記第 3 絶縁膜、及び前記第 2 絶縁膜を貫通し、前記第 1 犠牲層に到達する開口部を形成する工程と、
 - (j) 前記開口部を介して、前記第 1、第 2 犠牲層を除去して第 1、第 2 空洞層を形成して、第 1 空洞層と第 2 空洞層の間に第 1 接続部を、第 2 空洞層の上部に第 2 接続部を形成する工程と、
 - (k) 前記第 4 絶縁膜上に第 5 絶縁膜を形成し、前記開口部を封止する工程と、
- を有することを特徴とする超音波トランスデューサ素子の製造方法。

【請求項 9】

請求項 8 記載の超音波トランスデューサ素子の製造方法において、

前記 (g) の工程に代えて、前記第 3 絶縁膜上に、前記第 1 犠牲層の外周に重なる配置に前記第 3 絶縁膜と比較して弾性率の低い材料層を形成する工程と、

前記 (h) の工程に代えて、前記弾性率の低い材料層と前記第 3 絶縁膜上に第 4 絶縁膜を形成する工程と、

前記 (i) の工程に代えて、前記第 4 絶縁膜、前記第 3 絶縁膜、及び前記第 2 絶縁膜を貫通し、前記第 1 犠牲層に到達する開口部を形成する工程と、

前記 (j) の工程に代えて、前記開口部を介して、前記第 1 犠牲層を除去して第 1 空洞層を形成して、第 1 空洞層と前記弾性率の低い材料層の間に第 1 接続部を、前記弾性率の低い材料層の上部に第 2 接続部を形成する工程と、

を有することを特徴とする超音波トランスデューサ素子の製造方法。

【請求項 10】

請求項 1 乃至 7 のいずれかの請求項に記載の超音波トランスデューサ素子を 1 次元または 2 次元アレイ状に配置した超音波トランスデューサを備えた超音波探触子を有することを特徴とする超音波撮像装置。

【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0005

【補正方法】変更

【補正の内容】

【 0 0 0 5 】

特許文献1：特開 2 0 0 6 - 3 1 9 7 1 2 号公報

特許文献2：特開 2 0 0 9 - 1 8 2 8 3 8 号公報

特許文献3：特開 2 0 1 2 - 0 0 4 9 2 6 号公報

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/JP2015/066236												
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER H04R19/00(2006.01)i, H03H9/24(2006.01)i, H04R31/00(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) H04R19/00, H03H9/24, H04R31/00 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 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Category*</th> <th>Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages</th> <th>Relevant to claim No.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X A</td> <td>WO 2007/046180 A1 (Hitachi, Ltd.), 26 April 2007 (26.04.2007), paragraph [0119]; fig. 31 & JP 2008-118168 A & US 2009/0301200 A1 & EP 1950997 A1 & CN 101238754 A & CN 104646260 A</td> <td>1-5, 7-10 6</td> </tr> <tr> <td>X A</td> <td>JP 2009-182838 A (Kyoto University), 13 August 2009 (13.08.2009), paragraphs [0062] to [0066]; fig. 7 & WO 2009/096576 A2</td> <td>1, 2, 7, 8, 10 3-6, 9</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>WO 2014/103334 A1 (Konica Minolta, Inc.), 03 July 2014 (03.07.2014), entire text; all drawings (Family: none)</td> <td>1-10</td> </tr> </tbody> </table>			Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.	X A	WO 2007/046180 A1 (Hitachi, Ltd.), 26 April 2007 (26.04.2007), paragraph [0119]; fig. 31 & JP 2008-118168 A & US 2009/0301200 A1 & EP 1950997 A1 & CN 101238754 A & CN 104646260 A	1-5, 7-10 6	X A	JP 2009-182838 A (Kyoto University), 13 August 2009 (13.08.2009), paragraphs [0062] to [0066]; fig. 7 & WO 2009/096576 A2	1, 2, 7, 8, 10 3-6, 9	A	WO 2014/103334 A1 (Konica Minolta, Inc.), 03 July 2014 (03.07.2014), entire text; all drawings (Family: none)	1-10
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.												
X A	WO 2007/046180 A1 (Hitachi, Ltd.), 26 April 2007 (26.04.2007), paragraph [0119]; fig. 31 & JP 2008-118168 A & US 2009/0301200 A1 & EP 1950997 A1 & CN 101238754 A & CN 104646260 A	1-5, 7-10 6												
X A	JP 2009-182838 A (Kyoto University), 13 August 2009 (13.08.2009), paragraphs [0062] to [0066]; fig. 7 & WO 2009/096576 A2	1, 2, 7, 8, 10 3-6, 9												
A	WO 2014/103334 A1 (Konica Minolta, Inc.), 03 July 2014 (03.07.2014), entire text; all drawings (Family: none)	1-10												
☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.														
<table border="0"> <tr> <td> * 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 </td> <td> "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 </td> </tr> </table>			* 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										
* 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 06 August 2015 (06.08.15)		Date of mailing of the international search report 18 August 2015 (18.08.15)												
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/JP2015/066236

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2011-507561 A (Kolo Technologies, Inc.), 10 March 2011 (10.03.2011), entire text; all drawings & US 2009/0140609 A1 & WO 2009/073748 A1 & EP 2214560 A & CN 101861127 A	1-10

国際調査報告		国際出願番号 PCT/J P 2 0 1 5 / 0 6 6 2 3 6										
A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C）） Int.Cl. H04R19/00(2006.01)i, H03H9/24(2006.01)i, H04R31/00(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. H04R19/00, H03H9/24, H04R31/00												
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 <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922-1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971-2015年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2015年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2015年</td> </tr> </table>				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	
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 <table border="1"> <tr> <th>引用文献の カテゴリー*</th> <th>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</th> <th>関連する 請求項の番号</th> </tr> <tr> <td>X A</td> <td>WO 2007/046180 A1 (株式会社日立製作所) 2007.04.26, 【0119】、 図31 & JP 2008-118168 A & US 2009/0301200 A1 & EP 1950997 A1 & CN 101238754 A & CN 104646260 A</td> <td>1-5, 7-10 6</td> </tr> <tr> <td>X A</td> <td>JP 2009-182838 A (国立大学法人京都大学) 2009.08.13, 【0062】- 【0066】、図7 & WO 2009/096576 A2</td> <td>1, 2, 7, 8, 10 3-6, 9</td> </tr> </table>				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 A	WO 2007/046180 A1 (株式会社日立製作所) 2007.04.26, 【0119】、 図31 & JP 2008-118168 A & US 2009/0301200 A1 & EP 1950997 A1 & CN 101238754 A & CN 104646260 A	1-5, 7-10 6	X A	JP 2009-182838 A (国立大学法人京都大学) 2009.08.13, 【0062】- 【0066】、図7 & WO 2009/096576 A2	1, 2, 7, 8, 10 3-6, 9
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 A	WO 2007/046180 A1 (株式会社日立製作所) 2007.04.26, 【0119】、 図31 & JP 2008-118168 A & US 2009/0301200 A1 & EP 1950997 A1 & CN 101238754 A & CN 104646260 A	1-5, 7-10 6										
X A	JP 2009-182838 A (国立大学法人京都大学) 2009.08.13, 【0062】- 【0066】、図7 & WO 2009/096576 A2	1, 2, 7, 8, 10 3-6, 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 06.08.2015		国際調査報告の発送日 18.08.2015										
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） 富澤 直樹 電話番号 03-3581-1101 内線 3591										

国際調査報告

国際出願番号 PCT/J P 2 0 1 5 / 0 6 6 2 3 6

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	WO 2014/103334 A1 (コニカミノルタ株式会社) 2014. 07. 03, 全文、 全図 (ファミリーなし)	1-10
A	JP 2011-507561 A (コロ テクノロジーズ インコーポレイテッド) 2011. 03. 10, 全文、全図 & US 2009/0140609 A1 & WO 2009/073748 A1 & EP 2214560 A & CN 101861127 A	1-10

フロントページの続き

(72)発明者 龍崎 大介

東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内

Fターム(参考) 2G047 EA05 GB02 GB32

4C601 EE03 GB04 GB06 GB41

5D019 DD01 FF04 HH03

(注)この公表は、国際事務局(WIPO)により国際公開された公報を基に作成したものである。なおこの公表に係る日本語特許出願(日本語実用新案登録出願)の国際公開の効果は、特許法第184条の10第1項(実用新案法第48条の13第2項)により生ずるものであり、本掲載とは関係ありません。

专利名称(译)	超声换能器元件，其制造方法和超声成像设备		
公开(公告)号	JPWO2016194208A1	公开(公告)日	2018-05-24
申请号	JP2017521459	申请日	2015-06-04
[标]申请(专利权)人(译)	株式会社日立制作所		
申请(专利权)人(译)	株式会社日立制作所		
[标]发明人	長谷川浩章 竹崎泰一 町田俊太郎 龍崎大介		
发明人	長谷川 浩章 竹崎 泰一 町田 俊太郎 龍崎 大介		
IPC分类号	H04R19/00 H04R31/00 A61B8/14 G01N29/04 G01N29/24		
CPC分类号	B81B3/0037 B81B2201/0271 B81B2203/0315 B81B2207/053 H03H9/174 H03H9/24 H04R19/00 H04R31/00 A61B8/4483 B06B1/0292 G01N29/2406		
FI分类号	H04R19/00.330 H04R31/00.330 A61B8/14 G01N29/04 G01N29/24		
F-TERM分类号	2G047/EA05 2G047/GB02 2G047/GB32 4C601/EE03 4C601/GB04 4C601/GB06 4C601/GB41 5D019/DD01 5D019/FF04 5D019/HH03		
其他公开文献	JP6636516B2		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

超声换能器元件是基板，形成在基板的第一主表面上的下部电极，形成在下部电极上的第一绝缘膜以及形成在第一绝缘膜上的第一绝缘膜。第1空腔层，在第1空腔层上形成有第2绝缘膜，在第2绝缘膜上形成有上电极，从上表面观察时，上电极配置在与第1空腔层重叠的位置，形成在上电极上的第三绝缘膜，形成在第三绝缘膜上的第二空腔层，形成在第二空腔层上的第四绝缘膜以及衬底的第二衬底。（1）当从主表面的顶面观察时，固定部分由围绕第一腔层的外周的第二至第四绝缘膜，形成在第一腔层上的第二至第四绝缘膜以及上电极组成 中膜包括 作为连接部由薄膜制成，第一连接部分，以及构成它们在一个和间隔层叠的第二连接部分，所述第一连接部分。

