

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6189033号
(P6189033)

(45) 発行日 平成29年8月30日(2017.8.30)

(24) 登録日 平成29年8月10日(2017.8.10)

(51) Int.Cl.		F I			
H04R	31/00	(2006.01)	H04R	31/00	330
H04R	19/00	(2006.01)	H04R	19/00	330
A61B	8/00	(2006.01)	A61B	8/00	

請求項の数 11 (全 28 頁)

(21) 出願番号	特願2012-273688 (P2012-273688)	(73) 特許権者	000005108
(22) 出願日	平成24年12月14日(2012.12.14)		株式会社日立製作所
(65) 公開番号	特開2014-120874 (P2014-120874A)		東京都千代田区丸の内一丁目6番6号
(43) 公開日	平成26年6月30日(2014.6.30)	(74) 代理人	110000350
審査請求日	平成27年7月13日(2015.7.13)		ポレール特許業務法人
		(72) 発明者	町田 俊太郎
			東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地
			株式会社日立製作所 中央研究所内
		(72) 発明者	佐光 暁史
			東京都三鷹市牟礼六丁目22番1号 日立
			アロカメディカル株式会社内
		(72) 発明者	竹崎 泰一
			東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地
			株式会社日立製作所 中央研究所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 超音波探触子の製造方法、超音波探触子、及び超音波診断装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

基板の第1主面に形成される静電容量型の超音波トランスデューサを用いた超音波探触子の製造方法であって、

前記基板の第1主面上に形成された前記超音波トランスデューサの表面に保護膜を形成する工程と、

前記保護膜を形成する工程の後に、前記基板の第1主面と対向する第2主面側を薄膜化する工程と、

前記薄膜化する工程の後に、前記基板から超音波トランスデューサチップを切り出す工程と、

前記切り出す工程の後に、前記超音波トランスデューサチップの前記超音波トランスデューサが形成された表面と対向する面に吸音材を設ける工程と、

前記吸音材を設ける工程の後に、前記超音波トランスデューサの表面に形成された前記保護膜を除去する第1除去工程と、を含む、

ことを特徴とする超音波探触子の製造方法。

【請求項2】

請求項1記載の超音波探触子の製造方法であって、

前記超音波トランスデューサは、第1電極と、前記第1電極上に形成された第1絶縁膜と、前記第1絶縁膜上に、上面から見て前記第1電極と重なるよう形成された空洞部と、前記空洞部を覆うように形成された第2絶縁膜と、前記第2絶縁膜上に、上面から見て前記

空洞部と重なるように形成された第2電極と、前記第2電極を覆うように形成された第3絶縁膜を備え、

前記第1除去工程において、前記超音波トランスデューサが形成された表面の前記保護膜のうち、上面から見て、前記空洞部と重なる前記保護膜を除去する、
ことを特徴とする超音波探触子の製造方法。

【請求項3】

請求項1記載の超音波探触子の製造方法であって、

前記超音波トランスデューサは、第1電極と、前記第1電極上に形成された第1絶縁膜と、前記第1絶縁膜上に、上面から見て前記第1電極と重なるよう形成された空洞部と、前記空洞部を覆うように形成された第2絶縁膜と、前記第2絶縁膜上に、上面から見て前記空洞部と重なるように形成された第2電極と、前記第2電極を覆うように形成された第3絶縁膜を備え、

前記薄膜化する工程の前に、

前記超音波トランスデューサが形成された表面の前記保護膜のうち、上面から見て、前記第1電極、及び前記第2電極の電極パッド上の前記保護膜を除去する第2除去工程を、更に備える、

ことを特徴とする超音波探触子の製造方法。

【請求項4】

請求項2記載の超音波探触子の製造方法であって、

前記超音波トランスデューサは、第1電極と、前記第1電極上に形成された第1絶縁膜と、前記第1絶縁膜上に、上面から見て前記第1電極と重なるよう形成された空洞部と、前記空洞部を覆うように形成された第2絶縁膜と、前記第2絶縁膜上に、上面から見て前記空洞部と重なるように形成された第2電極と、前記第2電極を覆うように形成された第3絶縁膜を備え、

前記薄膜化する工程の前に、

前記超音波トランスデューサが形成された表面の前記保護膜のうち、上面から見て、前記第1電極、及び前記第2電極の電極パッド上の前記保護膜を除去する第2除去工程を、更に備える、

ことを特徴とする超音波探触子の製造方法。

【請求項5】

請求項2記載の超音波探触子の製造方法であって、

前記吸音材を設ける工程の後に、電極パッドに配線を行う電極パッド配線工程を、更に備え、

前記第1除去工程を前記電極パッド配線工程の後で行う、

ことを特徴とする超音波探触子の製造方法。

【請求項6】

請求項1記載の超音波探触子の製造方法であって、

前記保護膜は有機高分子材料からなる膜である、

ことを特徴とする超音波探触子の製造方法。

【請求項7】

請求項6記載の超音波探触子の製造方法であって、

前記有機高分子材料は感光性を備える膜である、

ことを特徴とする超音波探触子の製造方法。

【請求項8】

請求項1記載の超音波探触子の製造方法で製造される超音波探触子であって、

前記超音波探触子の前記超音波トランスデューサは、

第1電極と、前記第1電極上に形成された第1絶縁膜と、前記第1絶縁膜上に、上面から見て前記第1電極と重なるよう形成された空洞部と、前記空洞部を覆うように形成された第2絶縁膜と、前記第2絶縁膜上に、上面から見て前記空洞部と重なるように形成された第2電極と、前記第2電極を覆うように形成された第3絶縁膜を備える、

10

20

30

40

50

ことを特徴とする超音波探触子。

【請求項 9】

請求項 4 記載の超音波探触子の製造方法で製造される超音波探触子であって、前記保護膜は有機高分子材料からなる膜である、ことを特徴とする超音波探触子。

【請求項 10】

請求項 8 記載の超音波探触子と、前記超音波探触子を制御する制御部を備える、ことを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 11】

請求項 9 記載の超音波探触子と、前記超音波探触子を制御する制御部を備える、ことを特徴とする超音波診断装置。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、超音波診断装置に用いる超音波探触子、特に、それに使用する超音波トランスデューサの最適な製造技術に関する。

【背景技術】

【0002】

超音波トランスデューサを用いた超音波探触子は超音波を送信、受信することにより、人体内の腫瘍などの診断に用いられている。

20

【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、近年の MEMS (Micro Electro Mechanical System) 技術による製造技術の進歩により、振動部をシリコンウェハ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い、あるいは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る。関連する先行技術として例えば、特許文献 1 や、本件発明者等が先に出願した、簡単な構造で超音波送受信の性能を向上させる超音波トランスデューサの構造に関する特許文献 2 がある。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特表 2001-502871 号公報

【特許文献 2】特開 2012-023735 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

上述した CMUT は、超音波素子をアレイ状に並べて、それぞれの素子を独立に制御を行う場合には必須となると考えられる。何故ならば、各素子への配線が必要になり、アレイ内の配線数は膨大な数になることが考えられるが、配線や、さらには超音波送受信部からの信号処理回路の 1 チップへの混載も、CMUT では可能だからである。

40

【0006】

CMUT の基本的な構造にあっては、下部電極の上層に絶縁膜に囲まれた空洞部が、空洞部上には絶縁膜を介して上部電極が配置される。上部電極と下部電極の間に直流電圧と交流電圧を重畳すると、空洞部上の絶縁膜と上部電極で構成されるメンブレンが、印加した交流電圧の周波数で振動することで超音波が発信される。受信の場合は、メンブレンの表面に到達した超音波の圧力により、メンブレンが振動し、上部電極と下部電極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が検出される。

50

【 0 0 0 7 】

一般的な半導体チップでは、デバイスが形成された半導体基板からチップを切り出すダイシング工程でのチップ表面の保護や、チップをパッケージングする際のパッケージング材料の応力によるチップの割れ等の抑制のための緩衝層として、ポリイミドなどの有機高分子膜をチップ表面に形成する。CMUTが形成されたチップでも同様である。

【 0 0 0 8 】

しかしながら、メンブレンの上層に保護膜を形成し、そのままCMUTが形成されたチップを超音波探触子として使用することは、保護膜によるメンブレンの剛性の増大や質量の増加によるメンブレン振動への影響や、メンブレンの繰り返し振動による保護膜自体の塑性変形などが生じて、CMUTを駆動中に、所望のCMUTの音響特性から変化してしまい、動作信頼性を確保することができなくなる。

10

【 0 0 0 9 】

本発明の目的は、CMUTが形成されたチップを超音波探触子に組み立てる際のメンブレンへのダメージを抑制し、CMUTを駆動中のデバイス動作信頼性を確保できる超音波探触子の製造方法、超音波探触子、及びそれを用いた超音波診断装置を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 0 】

上記の目的を達成するため、本発明においては、基板の第1主面に形成される静電容量型の超音波トランスデューサを用いた超音波探触子の製造方法であって、基板の第1主面上に形成された超音波トランスデューサの表面に保護膜を形成する工程と、保護膜を形成する工程の後に、基板の第1主面と対向する第2主面側を薄膜化する工程と、薄膜化の工程の後に、基板から超音波トランスデューサチップを切り出す工程と、切り出す工程の後に、超音波トランスデューサチップの前記超音波トランスデューサが形成された表面と対向する面に吸音材を設ける工程と、吸音材を設ける工程の後に、超音波トランスデューサの表面に形成された保護膜を除去する第1除去工程と、を含む超音波探触子の製造方法を提供する。

20

【 0 0 1 1 】

また、上記の目的を達成するため、この製造方法で製造される超音波探触子であって、超音波探触子の前記トランスデューサは、第1電極と、第1電極上に形成された第1絶縁膜と、第1絶縁膜上に、上面から見て第1電極と重なるよう形成された空洞部と、空洞部を覆うように形成された第2絶縁膜と、第2絶縁膜上に、上面から見て空洞部と重なるように形成された第2電極と、第2電極を覆うように形成された第3絶縁膜を備える構成の超音波探触子、更には、この超音波探触子と、当該超音波探触子を制御する制御部を備えた超音波診断装置を提供する。

30

【発明の効果】

【 0 0 1 2 】

本発明によれば、CMUTが形成されたチップを用いて超音波探触子を組み立てる際のCMUTへのダメージの抑制とCMUT駆動時の動作信頼性の確保を両立することができる。

40

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 3 】

【図1】本発明者が検討した超音波トランスデューサの断面図である。

【図2】本発明者が検討した超音波探触子の組み立てフローを示す図である。

【図3】実施例1における超音波探触子の組み立てフローの図である。

【図4A】実施例1における組み立てフローにより製造した超音波探触子を示した上面図である。

【図4B】実施例1における組み立てフローにより製造した超音波探触子を示した図4AのA-A'線で切断した断面図である。

【図5】実施例1における超音波トランスデューサが形成されたチップの上面図である。

50

【図 6 A】図 5 の超音波トランスデューサが形成されたチップの A - A' 線で切断した断面図である。

【図 6 B】図 5 の超音波トランスデューサが形成されたチップの B - B' 線で切断した断面図である。

【図 6 C】図 5 の超音波トランスデューサが形成されたチップの C - C' 線で切断した断面図である。

【図 6 D】図 5 の超音波トランスデューサが形成されたチップの D - D' 線で切断した断面図である。

【図 7】図 5 に示した超音波トランスデューサが形成されたチップが作製されたシリコンウェハの上面図である。

【図 8】図 7 のシリコンウェハの表面に保護膜を形成した上面図である。

【図 9 A】図 8 のシリコンウェハ上の超音波トランスデューサが形成されたチップにおける超音波トランスデューサの A - A' 線で切断した断面図である。

【図 9 B】図 8 のシリコンウェハ上の超音波トランスデューサが形成されたチップにおける超音波トランスデューサの B - B' 線で切断した断面図である。

【図 9 C】図 8 のシリコンウェハ上の超音波トランスデューサが形成されたチップにおける超音波トランスデューサの C - C' 線で切断した断面図である。

【図 9 D】図 8 のシリコンウェハ上の超音波トランスデューサが形成されたチップにおける超音波トランスデューサの D - D' 線で切断した断面図である。

【図 10 A】図 8 で示したシリコンウェハの裏面をグラインダーで研磨することで薄膜化を行う際の裏面の上面図である。

【図 10 B】図 8 の A - A' 線で切断した断面に対応する断面図である。

【図 11 A】図 10 で示した薄膜化工程時の超音波トランスデューサが形成されたシリコンウェハの表面側の A - A' 線で切断した拡大断面図である。(b) は図 5 の B - B' 線で切断した断面、(c) は図 5 の C - C' 線で切断した断面、(d) は図 5 の D - D' 線で切断した断面に対応する。

【図 11 B】図 10 で示した薄膜化工程時の超音波トランスデューサが形成されたシリコンウェハの表面側の B - B' 線で切断した拡大断面図である。

【図 11 C】図 10 で示した薄膜化工程時の超音波トランスデューサが形成されたシリコンウェハの表面側の C - C' 線で切断した拡大断面図である。

【図 11 D】図 10 で示した薄膜化工程時の超音波トランスデューサが形成されたシリコンウェハの表面側の D - D' 線で切断した拡大断面図である。

【図 12 A】シリコンウェハの表面のバックグラインドテープを剥離している状態を、A - A' 線で切断した断面で示す図である。

【図 12 B】シリコンウェハの表面のバックグラインドテープを剥離している状態を、図 11 A の断面に対応する断面で示す図である。

【図 13 A】シリコンウェハから超音波トランスデューサが形成されたチップを切り出すダイシング工程を示した上面図である。

【図 13 B】図 13 A の A - A' 線で切断した断面に対応する図である。

【図 14】図 13 B の超音波トランスデューサが形成されたシリコンウェハの表面側の、図 5 の A - A' 線で切断した断面に対応する拡大断面図である。

【図 15 A】超音波トランスデューサが形成されたチップをバッキング材へ貼り付ける工程を示す、チップの表面側から見た上面図である。

【図 15 B】図 15 A の A - A' 線で切断した断面図である。

【図 16】図 15 B のチップの表面側の、図 5 の A - A' 線で切断した断面に対応する拡大断面図である。

【図 17 A】超音波トランスデューサが形成されたチップの表面側の、図 5 の A - A' 線で切断した拡大断面図である。

【図 17 B】超音波トランスデューサが形成されたチップの表面側の、図 5 の B - B' 線で切断した拡大断面図である。

10

20

30

40

50

【図17C】超音波トランスデューサが形成されたチップの表面側の、図5のC - C'線で切断した拡大断面図である。

【図17D】超音波トランスデューサが形成されたチップの表面側の、図5のD - D'線で切断した拡大断面図である。

【図18】保護膜の残渣が残った超音波トランスデューサが形成されたチップの表面側の、図5のA - A'線で切断した断面に対応する拡大断面図である。

【図19A】電極パッドへワイヤボンディングを行ったチップの表面側から見た上面図である。

【図19B】電極パッドへワイヤボンディングを行ったチップの、図19AのA - A'線で切断した断面に対応する断面図である。

10

【図20A】図19で示すチップのパッド開口部の、図5のC - C'線で切断した断面に対応する断面図である。

【図20B】図19で示すチップのパッド開口部、図5のD - D'線で切断した断面に対応する断面図である。

【図21A】超音波トランスデューサが形成されたチップの表面に音響レンズを装着した上面図である。

【図21B】図21AのA - A'線で切断した断面図である。

【図22】図21Bで示すチップの表面側の、図5のA - A'線で切断した断面に対応する拡大断面図である。

【図23】実施例2における超音波探触子の組み立てフローを示す図である。

20

【図24A】図23の(11)の工程での、図5のA - A'線で切断した断面に対応する図である。

【図24B】図23の(11)の工程での、図5のB - B'線で切断した断面に対応する図である。

【図24C】図23の(11)の工程での、図5のC - C'線で切断した断面に対応する図である。

【図24D】図23の(11)の工程での、図5のD - D'線で切断した断面に対応する図である。

【図25】実施例1、2の超音波探触子を用いる超音波診断装置の一構成を示す図である。

30

【発明を実施するための形態】

【0014】

以下、本発明の実施例を図面に基づいて詳細に説明するが、それに先立ち本発明者が検討した、超音波トランスデューサの断面図と、超音波探触子の組み立てフローを図1、図2を用いて説明する。

【0015】

図1に示すCMUTの基本的な構造においては、下部電極101の上層に絶縁膜103に囲まれた空洞部102が配置されている。空洞部102上には絶縁膜103を介して上部電極104が配置されている。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畳すると、静電気力が上部電極104と下部電極101の間に働き、空洞部102上の絶縁膜103と上部電極104で構成されるメンブレン105が印加した交流電圧の周波数で振動することで、超音波が発信される。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が検出される。この動作原理では、上部電極104と下部電極101の間に印加された静電気力と、メンブレンに到達した超音波の圧力によるメンブレン105の変形により超音波の送受信がなされる。

40

【0016】

図2に、本発明者が検討した、CMUTを形成する半導体基板としてシリコンウェハを用いた場合での超音波探触子を組み立てる工程のフローを示す。基板の厚さを薄くしたチ

50

ップを実現するためには、シリコンウェハの裏面側を研磨するバックグラインド工程（図2の（2））が必要であり、CMUTが形成されたシリコンウェハからチップを切り出す際のダイシング工程（図2の（3））、さらに、バックング材をCMUTが形成されたチップの裏面に配置する構成とするためには、チップへのバックング材の装着工程（図2の（4））が必須である。

【0017】

図2の（2）であるバックグラインド工程では、シリコンウェハの表面側にバックグラインドテープと呼ばれるテープを貼り付けて、そのテープをシリコンウェハ表面の保護膜あるいはバックグラインド工程での土台として、ウェハの裏面側をグラインダーによる研磨や、ガス、液体によるエッチングを行い、その後、ウェハ表面に貼り付けたバックグラインドテープを剥がす工程が必要である。

10

【0018】

その際に、CMUTが形成されたウェハの表面側に、バックグラインドテープの接着、剥離処理が必要となる。しかし、CMUTのような空洞構造の上部に薄膜のメンブレンを持つデバイスでは、バックグラインドテープの接着、剥離の際に、メンブレンに力が加わり、メンブレンの割れや剥がれ等のダメージが入ってしまう。

【0019】

図2の（3）であるダイシング工程でも、ダイシング中の切り屑を除去するために、高い水圧の水をウェハ表面側に吹き付けながら行われるため、ウェハ表面側のメンブレンへ圧力が加わることになり、メンブレンのダメージは避けられない。

20

【0020】

図2の（4）であるダイシングによって切り出したCMUTが形成されたチップとバックング材を接着する工程では、接着剤を介してバックング材へチップを貼り付ける処理を行うが、接着性を確保するためには、バックング材とチップを押し付ける必要があり、その際にチップの表面側に圧力が加わることで、チップ表面側のメンブレンへのダメージは避けられない。

【0021】

下記で説明する本発明の実施の形態では、超音波探触子を組み立てる際に生じるCMUTへのダメージの抑制と、CMUT駆動時の動作信頼性の確保を両立するという目的を、超音波探触子の組み立て工程において、CMUTへのダメージが発生する工程の前に、CMUTが形成されたチップ表面に保護膜を形成しておき、超音波探触子の組み立て工程の中で、CMUTへのダメージが発生する工程が終了した後に保護膜を除去することで実現する。

30

【0022】

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。

【0023】

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。

40

【0024】

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

50

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】

【0025】

第 1 の実施例の超音波探触子の製造方法、製造される超音波探触子、およびそれを利用する超音波診断装置は、CMUT が形成されたチップを超音波探触子に組み立てる際の CMUT へのダメージ抑制と、CMUT 駆動時の動作信頼性の確保を両立するため、超音波探触子を組み立てる工程の前に、CMUT が形成された基板に保護膜を形成し、超音波探触子を組み立てる工程の中で、CMUT のメンブレンにダメージが入る工程が終了後、保護膜を除去することで実現する実施例に関するものである。

10

【0026】

すなわち、第 1 の実施例は、基板の第 1 主面に形成される静電容量型の超音波トランスデューサを用いた超音波探触子の製造方法であって、基板の第 1 主面上に形成された超音波トランスデューサの表面に保護膜を形成する工程と、保護膜を形成する工程の後に、基板の第 1 主面と対向する第 2 主面側を薄膜化する工程と、薄膜化の工程の後に、基板から超音波トランスデューサチップを切り出す工程と、切り出す工程の後に、超音波トランスデューサチップの超音波トランスデューサが形成された表面と対向する面に吸音材を設ける工程と、吸音材を設ける工程の後に、超音波トランスデューサの表面に形成された保護膜を除去する第 1 除去工程と、を含む超音波探触子の製造方法の実施例である。

20

【0027】

また、上記の超音波探触子の製造方法で製造される超音波探触子であって、そのトランスデューサは、第 1 電極と、第 1 電極上に形成された第 1 絶縁膜と、第 1 絶縁膜上に、上面から見て第 1 電極と重なるよう形成された空洞部と、空洞部を覆うように形成された第 2 絶縁膜と、第 2 絶縁膜上に、上面から見て空洞部と重なるように形成された第 2 電極と、第 2 電極を覆うように形成された第 3 絶縁膜を備える構成の超音波探触子の実施例である。更に、その超音波探触子と、超音波探触子を制御する制御部を備える構成の超音波診断装置の実施例である。

【0028】

図 3 は、CMUT を形成する基板としてシリコンウェハを用いた場合の本実施例における超音波探触子の組み立てフローである。図 4 A は、図 3 の組み立てフローにより作製し、図 3 の (10) で完成した超音波探触子の上面図、図 4 B は、図 4 A の A - A' 線での切断面を示す断面図である。

30

【0029】

図 4 A、図 4 B において、401 は CMUT が形成された CMUT チップ、402 はバッキング材、403 は CMUT が形成されたチップとの電気接続のためのフレキシブル配線基板、405 はフレキシブル配線基板 403 と CMUT が形成されたチップ 401 を電気接続するためのワイヤ、407 は音響レンズ、408 は超音波探触子のケースである。404 は、CMUT が形成されたチップ 401、フレキシブル配線基板とバッキング材を接着する接着層、406 は CMUT が形成されたチップ 401 と音響レンズ 407 を接着する接着層である。

40

【0030】

図 3 の組み立てフローでは、空洞部を含む CMUT を形成したシリコンウェハの表面に保護膜を形成し (図 3 の (2))、その後、バックグラインド工程で、保護膜を形成したシリコンウェハ表面と対向する裏面を削ることで、シリコンウェハの薄膜化を行う (図 3 の (3))。薄膜化を行ったシリコンウェハから、ダイシング工程により CMUT が形成されたチップに切り出す (図 3 の (4))。切り出したチップとバッキング材を接着する工程 (図 3 の (5)) の後に、図 3 の (2) で形成した保護膜を除去する (図 3 の (6))。その後、電極パッドにワイヤボンディングを行い (図 3 の (7))、CMUT のチップ表面と音響レンズを接着し (図 3 の (8))、ケース 408 に封止する (図 3 の (9)) ことで図 4 に示す超音波探触子が完成する (図 3 の (10))。

50

【0031】

図5は、本実施例によって、CMUTが形成されたチップ401の上面図であり、図3の(1)のシリコンウェハ上に形成された段階を示している。2チャンネルの下部電極101と4チャンネルの上部電極104が直交し、それぞれの交点に、下部電極の配列方向が100 μ m、上部電極の配列方向が40 μ mの矩形の空洞部102が配置されたアレイ構成となっている。501は上部電極へ電気接続するためのパッド開口部であり、502は下部電極へ電気接続するためのパッド開口部である。これらのパッド開口部501、502にそれぞれ対応する上部電極104、下部電極101は、電極パッドとなる。下部電極101の上層や下層、上部電極104の上層、下層には絶縁膜が配置されているが、図5では示していない。

10

【0032】

図6A~図6Dは、図5に示したCMUTが形成されたチップ401に形成されたCMUTの断面構造を示しており、図6Aは図5のA-A'線での切断面、図6Bは図5のB-B'線での切断面、図6Cは図5のC-C'線での切断面、図6Dは図5のD-D'線での切断面に対応する。図6A~図6Dにおいて、601は半導体基板であり、本実施例では8インチのシリコンウェハを使用してチップを作製する場合を示している。8インチのシリコンウェハの厚さは725 μ mであるが、図6A~図6DではCMUTデバイスの近傍部のみを示している。

【0033】

602、603、604、605、606、608は絶縁膜であり、例えばシリコン酸化膜で形成される。それぞれの厚さは、例えば、602は500nm、603は800nm、604、605は200nm、606は500nm、608は800nmである。101は下部電極であり、例えば、窒化チタン膜とアルミニウム合金膜と窒化チタン膜をそれぞれ100nm、600nm、100nmで形成される。102は空洞部であり、厚さは例えば100nmである。104は上部電極であり、例えば、窒化チタン膜とアルミニウム合金膜と窒化チタン膜をそれぞれ100nm、300nm、100nmで形成される。

20

【0034】

なお、図5には示していないが、607は空洞部102を形成するための開口部であり、開口部607を介して、空洞部102の型となる材料を除去することで空洞部102を形成する。空洞部102を形成した後に、開口部607は、絶縁膜608で埋め込まれ、空洞部102が密封される。105は空洞部上のメンブレンであり、本実施例では厚さは、上部電極の厚さを含めると2 μ m程度となる。上記の膜厚や、空洞部の寸法、CMUTを構成する材料は一例であり、所望する送受信できる超音波の周波数等により決定される。したがって、空洞部102上のメンブレンも上記の例よりも薄膜になる場合もあることは言うまでもない。

30

【0035】

図7は、図5に示した本実施例のCMUTが形成されたチップ401が2列 \times 8列の合計16個が配列、作製されたシリコンウェハ701を示しており、図3の(1)の工程後の状態に対応する。以下では、図3に示した超音波探触子の組み立てフロー(2)~(10)について図面を用いて説明する。

40

【0036】

図8、図9は図3の(2)のシリコンウェハへの保護膜の形成工程を示している。図8は、図7のチップが形成されたシリコンウェハの表面に保護膜801を形成した図であり、保護膜としては塗布型のポリイミドを使用した例を示している。ポリイミドからなる保護膜801をシリコンウェハの表面に塗布した後に、350 $^{\circ}$ C、1時間の熱処理を行うことで、ポリイミドからなる保護膜801を硬化させる。保護膜801の材料としては、有機高分子材料が好ましく、ポリイミドの他に、ポリベンゾオキサゾールや半導体プロセスのホトリソグラフィで使用されるフォトレジスト等でもよい。すなわち、本実施例の超音波探触子の製造方法においては、好適には保護膜は有機高分子材料からなる膜を用いる

50

。有機高分子材料は弾性率が低いいため外力に対して緩衝効果が高く、またCMUTを構成する材料が無機材料であるため、保護膜を除去する際に選択的に除去できることから保護膜として好適である。塗布型の膜の他に、気相化学成長法で形成できるパリレン等でもよい。

【0037】

図9A～図9Dは、図8のシリコンウェハ701上のCMUTが形成されたチップ401に形成したCMUTの断面図であり、図9Aは図5のA-A'線での切断面、図9Bは図5のB-B'線での切断面、図9Cは図5のC-C'線での切断面、図9Dは図5のD-D'線での切断面に対応する。図9A、図9BではCMUT最表面の絶縁膜608の上層にポリイミドからなる保護膜801が5μmの厚さで形成されている。図9C、図9Dでは、ポリイミドからなる保護膜が絶縁膜608の上層とパッド開口部501、502も塗布型の保護膜であるために埋め込まれている。

10

【0038】

このように、図3の(1)と(3)の間で(2)の保護膜を形成する工程を行うことで、(3)のシリコンウェハの薄膜化のためのバックグラインド工程、および(4)の基板からCMUTが形成されたチップを切り出すためのダイシング工程、(5)のバッキング材へのCMUTが形成されたチップの接着、貼り付け工程でのメンブレンへのダメージを抑制できることになる。また、シリコンウェハの状態で保護膜を形成することは、通常の半導体製造装置を使用できることも利点となる。

【0039】

図3の(2)の保護膜形成工程に引き続き、図3の(3)のシリコンウェハの薄膜化工程を行う。図10A、図10Bは、シリコンウェハ701の表面、すなわち、CMUTが形成されている面にバックグラインドテープ1002を貼り付けて、シリコンウェハの裏面1001、すなわち、CMUTが形成されている面と対向する面をグラインダー1003で研磨することで薄膜化を行う図である。図10Aは、シリコンウェハの裏面1001を上面から見た図である。研磨のためのグラインダー1003は、シリコンウェハ701を示すため図示していない。図10Bは図10AのA-A'線での切断面であり、725μmのシリコンウェハが、グラインダー1003により、図中の点線で示した厚さである200μmまで薄膜化される。

20

【0040】

図11A～図11Dは、図10A、図10Bで示した薄膜化工程時のCMUTが形成されたシリコンウェハ701の表面側の拡大断面図であり、図11Aは図5のA-A'線での切断面、図11Bは図5のB-B'線での切断面、図11Cは図5のC-C'線での切断面、図11Dは図5のD-D'線での切断面に対応し、ポリイミドからなる保護膜801とバックグラインドテープ1002が密着している。

30

【0041】

図12A、図12Bはシリコンウェハ701の研磨による薄膜化が終了し、シリコンウェハ701の表面(CMUTが形成されている面)のバックグラインドテープ1002の剥離処理を行っている図であり、図12Aは図10Bの断面に対応し、図12Bは図11Aの断面に対応する。バックグラインドテープの剥離は、そのまま基板から剥離する場合や、紫外線をバックグラインドテープに照射してバックグラインドテープの接着力を低下させてから剥離するなどの方法が一般的である。

40

【0042】

図10Bからわかるように、シリコンウェハ701の研磨の最中は、グラインダーをシリコンウェハ701の裏面に接触させて、グラインダーを回転や横移動をさせることで研磨を行う。つまり、シリコンウェハ701には、基板の厚さ方向への圧力や、基板と水平方向の摩擦力が印加され、同様に図11A～図11Dに示したCMUTが形成されたシリコンウェハ701の表面とバックグラインドテープ1002の間にも同等の力が印加されることになる。メンブレンを持たない通常の半導体デバイスでは問題が生じない力であっても、CMUTは薄膜のメンブレンを有しており、シリコンウェハ701の表面に印加され

50

る力によって、メンブレンの割れや剥がれが生じる可能性がある。特に、バックグラインドテープ1002とシリコンウェハ701の間に異物が挟まった場合、異物によるデバイス表面のえぐれや傷が発生し、メンブレンでは割れや剥がれに繋がる恐れがある。

【0043】

また、図12A、図12Bに示したバックグラインドテープ1002を剥がす処理でも同様であり、バックグラインドテープ1002を剥がす際の力がCMUTのメンブレンに印加される。紫外線照射によりバックグラインドテープの接着力を低下させることにより、メンブレンを持たない通常の半導体デバイスでは問題が生じなくても、CMUTの場合は薄膜のメンブレン105を有しているため、バックグラインドテープ1002の剥離の際に、メンブレン105の剥離や割れが生じる可能性がある。

10

【0044】

生成された剥離や割れが微小であっても、完成したCMUTが形成されたチップを超音波探触子に組み立てて、実際にCMUTを駆動する際に、メンブレンが振動することによるメンブレンの歪みにより、割れや剥がれが拡大する。したがって、微小な剥離や割れであっても、CMUTにとって致命的な欠陥となり、超音波探触子の信頼性を低下させることになる。

【0045】

しかし、本実施例では、保護膜801が図3の(2)の段階でシリコンウェハ701のCMUTが形成されている表面に形成されているので、保護膜801はCMUT表面に印加される力に対する緩衝層となり、例えば異物に対しても、保護膜に傷がつくことはあっても、CMUTデバイスへは異物による傷が到達しない。後述するように、保護膜801は超音波探触子の組み立て工程の途中で除去するので、保護膜801に傷が生じてもCMUTを用いた超音波探触子の信頼性には影響を与えることがなく、CMUT駆動時の動作信頼性を確保することができる。

20

【0046】

次に、図3の(3)の工程に引き続き、図3の(4)のシリコンウェハからCMUTが形成されたチップを切り出す工程を行う。

図13A、図13Bは、図3の(3)のシリコンウェハ701の薄膜化の工程が終了し、シリコンウェハ701の裏面、すなわち、CMUTが形成されている面と対向する面にダイシングテープ1301を貼り付けて、シリコンウェハ701からCMUTが形成されたチップ401を切り出すダイシング工程を示した図である。

30

【0047】

図13Aは、シリコンウェハの表面、すなわち、CMUTが形成されている面を上面から見た図である。ダイシングのためのダイシングブレードや切り屑除去のための水の照射ノズル等は図示していない。図13Bは図13AのA-A'線での切断面であり、ダイシングブレード1302により、CMUTが形成されたチップ401の外形に沿ってシリコンウェハ701の切断を行っている。1303は高圧水の噴射ノズルを示しており、ダイシングの最中にシリコンウェハ701の表面へ水1304を噴射することにより、ダイシングにより発生した切り屑を除去する。

【0048】

40

図14は、図13Bで示したダイシング工程時のCMUTが形成されたシリコンウェハ701の表面側の拡大断面図であり、図5のA-A'線での切断面に対応し、ノズルからの高圧水がシリコンウェハ表面へ吹き付けられている。吹きつけられる水の圧力が、メンブレンを持たない通常の半導体デバイスでは問題が生じない水圧であっても、CMUTは薄膜のメンブレンを有しており、シリコンウェハ701の表面に吹き付けられる水の圧力により、メンブレンの歪みが生じて、メンブレンの割れや剥がれが生じる可能性がある。その抑制のために吹き付ける水圧を低下させることは、ダイシング最中の切り屑の除去ができないことになる。CMUTの表面に残存した切り屑は、後述する図3の(5)のバックキング材へのCMUTが形成されたチップを接着する工程の際に、CMUTが形成されたチップへ傷や割れを発生させることになり、完成したCMUTを使用して組み立てた超音

50

波探触子の信頼性を低下させる。

【 0 0 4 9 】

生成された剥離や割れが微小であっても、完成したCMUTが形成されたチップを超音波探触子に組み立てて、実際にCMUTを駆動する際に、メンブレンが振動することによるメンブレンの歪みにより、割れや剥がれが拡大する。したがって、微小な剥離や割れであっても、CMUTにとって致命的な欠陥となり、超音波探触子の信頼性を低下させることになる。また、CMUTが形成されたチップ表面の切り屑は、CMUTが形成されたチップの表面に形成する音響レンズとの密着性を低下させて、CMUTからの超音波の送信、受信へも影響を与えることとなる。

【 0 0 5 0 】

しかし、本実施例では、保護膜801が図3の(2)の段階でシリコンウェハ701のCMUTが形成されている表面に形成されており、保護膜801がCMUT表面に印加される力に対する緩衝層となるため、メンブレンへ水圧がそのまま伝わらず、通常の半導体デバイスへ適用されている圧力の水を噴射して切り屑を除去することができ、かつメンブレンの割れや剥がれの発生も抑制でき、CMUTを用いた超音波探触子の信頼性の低下を抑制できる。

【 0 0 5 1 】

次に、図3の(4)のダイシングによるCMUTが形成されたチップの切り出し工程に引き続き、図3の(5)である切り出したCMUTが形成されたチップとバックング材を接着する工程を行う。

図15A、図15Bは、切り出したCMUTが形成されたチップ401をバックング材402へ貼り付ける工程を示す図である。

【 0 0 5 2 】

図15Aは、CMUTが形成されたチップの表面側を上面から見た図であり、図15Bは図15AのA-A'線での切断面である。CMUTが形成されたチップの裏面、すなわち、CMUT形成されている面と対向する面にバックング材を接着層404により接着させている。接着剤としては、エポキシ樹脂やシリコン接着剤、あるいは、ダイアタッチフィルム等によい。1501はCMUTが形成されたチップとバックング材の接着させるためにチップ表面に印加する圧力を示している。例えば、接着層としてダイアタッチフィルムを使用する場合は、1kg/cm²程度の圧力を印加しながら150~180の熱を加えることで接着することができる。この圧力により、バックング材へCMUTが形成されたチップを密着させる。密着性が低い場合は、CMUTが形成されたチップとバックング材の間に隙間ができることになる。この隙間は、CMUTからの超音波を送信する際に、チップの裏面へ放出される成分や、超音波の受信時にチップの裏面に透過する成分が、その部分でバックング材へ透過せずに再反射され、音響特性を著しく劣化させる。

【 0 0 5 3 】

図16は、図15A、図15Bで示したCMUTが形成されたチップをバックング材へ貼り付ける工程でのCMUTが形成されたチップ401の表面側の拡大断面図であり、図5のA-A'線での切断面に対応し、CMUTのメンブレン105上のポリイミドからなる保護膜801の表面に、接着のための圧力1501が印加されている。

【 0 0 5 4 】

保護膜801が形成されていない場合は、印加される圧力により、薄膜のメンブレンに歪みが生じて、メンブレンの割れや剥がれが生じる可能性がある。特に、CMUTのメンブレン表面に異物が存在する場合、CMUTのメンブレンに異物を直接的に押し付けることになり、メンブレンの割れや剥がれに繋がる。生成された剥離や割れが微小であっても、完成したCMUTが形成されたチップを超音波探触子に組み立てて、実際にCMUTを駆動する際に、メンブレンが振動することによるメンブレンの歪みにより、割れや剥がれが拡大する。したがって、微小な剥離や割れであっても、CMUTにとって致命的な欠陥となり、超音波探触子の信頼性を低下させることになる。

【 0 0 5 5 】

しかし、本実施例では、保護膜 801 が図 3 の (2) の段階で CMUT が形成されたチップの表面に形成されているので、CMUT 表面に印加される力に対して、保護膜 801 が緩衝層となり、例えば異物に対しては、保護膜に傷がつくことはあっても、CMUT デバイスへは異物による傷が到達しない。後述するように、保護膜 801 は超音波探触子の組み立て工程の途中で除去するので、保護膜 801 に傷が生じても CMUT を用いた超音波探触子の信頼性には影響を与えることがなく、CMUT 駆動時の動作信頼性を確保することができる。

【0056】

次に、本実施例においては、図 3 の (5) である CMUT が形成されたチップをバッキング材へ貼り付ける工程に引き続き、図 3 の (6) である空洞部を含む CMUT が形成されたチップの表面の保護膜の除去を行う第 1 除去工程を行う。この第 1 除去工程において、CMUT が形成された表面の保護膜のうち、上面から見て、空洞部と重なる保護膜を除去することが必要である。

図 17A ~ 図 17C は、CMUT が形成されたチップの裏面にバッキング材を接着した後、ポリイミドからなる保護膜を除去した CMUT が形成されたチップ 401 の表面側の拡大断面図であり、図 17A は図 5 の A - A' 線での切断面、図 17B は図 5 の B - B' 線での切断面、図 17C は図 5 の C - C' 線での切断面、図 17D は図 5 の D - D' 線での切断面に対応する。構成としては、保護膜が除去されているので図 6 と同じであるが、CMUT が形成されたチップの裏面には、接着剤を介してバッキング材が装着されている。

【0057】

本実施例では、図 3 で示した CMUT を用いた超音波探触子の組み立てフローの中で、(5) の工程以降は、CMUT が形成されたチップの表面に直接的な力が加わり、CMUT のメンブレンにダメージを与える工程はないため、この段階で保護膜を除去する。この工程により、メンブレンの剛性増大、質量増加によるメンブレン振動への影響や、メンブレンの繰り返し振動による保護膜自体の塑性変形などによる CMUT 駆動中の特性変化が抑制され、CMUT を駆動中のデバイス動作信頼性を確保できる。

【0058】

また、図 17C、図 7D に示すように上部電極への電気接続するためのパッド開口部 501、下部電極へ電気接続するためのパッド開口部 502 上の保護膜も除去され、図 3 の (7) の電極パッドへのワイヤボンディングが可能となる。保護膜の除去は、保護膜としてポリイミドや他の有機高分子材料を用いた場合は、酸素プラズマによるドライエッチング処理を行うことにより可能である。CMUT を構成する材料が無機材料であり、酸素プラズマによるエッチングでは CMUT のメンブレンやその他の部分が削れることがなく、保護膜を選択的に除去できるので、CMUT の特性へ影響を及ぼすことはない。

【0059】

他の保護膜の除去の方法としては、ポリイミドや他の有機高分子材料を用いた場合は、ヒドラジンなどの除去液によるウェットエッチングを施すことにより保護膜を除去できる。また、通常の半導体チップの保護膜として使用されるポリイミド系樹脂にはシランカップリング剤が混合されていることがあるため、図 18 に示すように、酸素プラズマによる処理では、保護膜の残渣 1801 が残ってしまうこともあるが、保護膜が分断されて、絶縁膜 608 の表面まで保護膜の除去が到達していれば、メンブレンの剛性増大や質量増加によるメンブレン振動への影響や、メンブレンの繰り返し振動による保護膜自体の塑性変形などへも影響が小さく、同様の効果が得られる。

【0060】

次に、図 3 の (6) である CMUT が形成されたチップの表面保護膜の除去の第 1 除去工程に引き続き、図 3 の (7) である電極パッドへのワイヤボンディング工程を行う。

図 19A、図 19B は、CMUT が形成されたチップの電極パッドへワイヤボンディングを行った図である。図 19A は CMUT が形成されたチップ 401 の表面側から見た上面図であり、図 19B は図 19A の A - A' 線での切断面を示している。CMUT が形成

されたチップをバッキング材へ貼り付けるのと同様方法で、フレキシブル配線基板 403 をバッキング材 402 へ接着剤を介して貼り付けて、CMUT の電極パッドとなるパッド開口部 501、502 と、フレキシブル配線基板 403 の電極パッド 1901 をワイヤで接続する。

【0061】

図 20A、図 20B は CMUT が形成されたチップの電極パッドのパッド開口部の断面図であり、図 20A は図 5 の C - C' 線で切断した断面、図 20B は図 5 の D - D' 線で切断した断面に対応する断面図である。保護膜の除去をワイヤボンディング工程の前に実施しているので、パッド開口部 501、502 上の保護膜が除去されており、ワイヤボンディングが可能となる。

10

【0062】

引き続き、図 3 の (8) の音響レンズをチップへ貼り付ける工程を行う。

図 21A は CMUT が形成されたチップ 401 の表面に音響レンズを装着した上面図であり、図 21B は図 21A の A - A' 線での断面図である。接着層 406 を介して CMUT が形成されたチップ 401 へ音響レンズ 407 を接着している。図 22 は、CMUT が形成されたチップ 401 の表面側の拡大断面図であり、図 5 の A - A' 線で切断した断面に対応する。接着層の材料としては、音響レンズと類似の材料が望ましく、例えば、音響レンズとしてシリコンゴムを用いた場合、接着層もシリコン接着剤が望ましい。

最後に、図 4B にその断面図を示したケース 408 を装着して超音波探触子が完成する。

20

【0063】

このように本実施例によれば、CMUT が形成されたチップの表面に直接的な力を印加する工程は、図 3 の (5) までであるため、ワイヤボンディング前に保護膜を除去することができる。また、チップの電極パッド上の保護膜も一緒に除去するため、工程の簡略化が図れる。さらに、保護膜除去のプロセスである酸素プラズマ処理やウェットエッチング等により、チップの電極パッドとワイヤボンディングで接続されるフレキシブル基板等が受けるダメージ、すなわち、フレキシブル基板が削れる、基板上的配線が溶ける等を排除することができる。

【0064】

以上説明したように、本実施例の超音波探触子の製造方法では、CMUT が形成されたシリコンウェハの薄膜化処理を行う前に保護膜を形成することで、引き続き、シリコンウェハの薄膜化、シリコンウェハからの CMUT が形成されたチップの切り出し、CMUT が形成されたチップのバッキング材への貼り付け工程で生じる CMUT のメンブレンへのダメージ、特に、CMUT のメンブレンの割れ、剥がれを抑制することができ、また、CMUT が形成されたチップへのワイヤボンディング工程の前に保護膜を除去することにより、ワイヤボンディングが容易に行え、組み立てた超音波探触子において、CMUT のメンブレンの剛性増大や質量増加によるメンブレン振動への影響や、メンブレンの繰り返し振動による保護膜自体の塑性変形の影響も抑制でき、CMUT へのダメージ抑制と CMUT 駆動時の動作信頼性の確保を両立することができる。

30

【0065】

なお、図 5 において、CMUT セルの平面形状は矩形の形状をしているが、形状はこれに限らず、例えば、特許文献 2 に開示されたような、多角形状でも円形形状をしていてもよい。また、本実施例として示した CMUT や超音波探触子を構成する材料や、各部材の厚さは、その組み合わせの一つを示したものである。例えば、下部電極に関しても、半導体基板でも、図 5 に示したように、半導体基板上に形成した絶縁膜上の導電膜や、信号処理回路を形成した半導体基板上の導電膜であっても良い。さらに、図 5 では、下部電極が 2 チャンネル、上部電極が 4 チャンネルのアレイ構成を示したが、アレイ構成でなくても、あるいは、さらに多数のチャンネルのアレイ構成でもよいことは言うまでもない。

40

【実施例 2】

【0066】

50

続いて第2の実施例の超音波探触子の製造方法を、図23、図24A～図24Dを用いて説明する。上述した実施例1では、図3の(1)のシリコンウェハ上にCMUTを形成する工程と、(3)のシリコンウェハを薄膜化する工程の間に、(2)の保護膜を形成する工程を行い、(5)のパッキング材とCMUTが形成されたチップを接着する工程と、(7)の電極パッドへのワイヤボンディング工程の間に、(6)の保護膜を除去する第1除去工程を行ったが、実施例2は、図23に示すように(2)での保護膜の形成と(3)のシリコンウェハの薄膜化の間に、(11)としてCMUTの電極パッド上の保護膜を除去する第2除去工程を行うこと特徴とする超音波探触子の製造方法である。

【0067】

すなわち、第2の実施例は、基板の第1主面に形成される静電容量型の超音波トランスデューサを用いた超音波探触子の製造方法であって、基板の第1主面上に形成された超音波トランスデューサの表面に保護膜を形成する工程と、保護膜を形成する工程の後に、基板の第1主面と対向する第2主面側を薄膜化する工程と、薄膜化の工程の後に、基板から超音波トランスデューサチップを切り出す工程と、切り出す工程の後に、超音波トランスデューサチップの超音波トランスデューサが形成された表面と対向する面に吸音材を設ける工程と、吸音材を設ける工程の後に、超音波トランスデューサの表面に形成された保護膜を除去する第1除去工程とを含み、更に上記の超音波トランスデューサは、第1電極と、第1電極上に形成された第1絶縁膜と、第1絶縁膜上に、上面から見て第1電極と重なるよう形成された空洞部と、空洞部を覆うように形成された第2絶縁膜と、第2絶縁膜上に、上面から見て空洞部と重なるように形成された第2電極と、第2電極を覆うように形成された第3絶縁膜を備え、薄膜化工程の前に、超音波トランスデューサが形成された表面の保護膜のうち、上面から見て、第1電極、及び第2電極の電極パッド上の保護膜を除去する第2除去工程を、更に備える超音波探触子の製造方法に関するものである。これにより、図3の(6)のチップ表面の保護膜除去の第1除去工程を、(7)の電極パッドへのワイヤボンディング工程の後に実施することができ、(8)の音響レンズの貼り付けによるCMUTが形成されたチップ表面の被覆する工程の直前まで、CMUTが形成されたチップ表面を保護できる効果がある。

【0068】

図24A～図24Dは図23の(11)の工程での断面図を示しており、図24Aは図5のA-A'線での切断面、図24Bは図5のB-B'線での切断面、図24Cは図5のC-C'線での切断面、図24Dは図5のD-D'線での切断面に対応する。図24C、図24Dでわかるように、CMUTのパッド開口部501、502上に保護膜801の開口部2401、2402が形成されている。保護膜の開口は、例えば、感光性の有機高分子材料を保護膜として用いる場合は、シリコンウェハへの通常のホトリソグラフィにより、パッド開口部501、502上に保護膜の開口部2501、2502を形成できる。すなわち、本実施例の超音波探触子の製造方法においては、好適な一態様として保護膜である有機高分子材料は感光性を備える膜である。この場合は、図18で示したシランカップリング剤が混合されているポリイミドであっても、図18に示すような残渣がパッド開口部には残ることがなく、ワイヤボンディングの信頼性も向上できる。

【0069】

また、保護膜が感光性ではない場合でも、保護膜上に、保護膜の開口部2501、2502を加工するためにマスク材料を形成し、そのマスク材料をマスクとして、保護膜を加工することができる。例えば、ポリイミドを保護膜として用いる場合は、ポリイミド上に、シリコン酸化膜を形成して、シリコン酸化膜にリソグラフィとエッチングによって、保護膜の開口部2501、2502のパターンを転写する。次に、ポリイミド上のシリコン酸化膜をマスクとして、ポリイミドを酸素エッチングすることにより、パッド開口部501、502上のポリイミドだけを除去することができる。次に、ポリイミド上のシリコン酸化膜の除去は、バッファードフッ酸を用いることで、ポリイミドやCMUTの電極材料へ影響を与えることなく除去できる。また、パッド開口部にポリイミドの除去の際の残渣が残る場合でも、上記のバッファードフッ酸での処理により残渣を除去できる。

10

20

30

40

50

【 0 0 7 0 】

なお、図 2 3 の他の工程に関しては、実施例 1 で示した製造方法と同じである。本実施例によれば、ワイヤボンディング前に C M U T が形成されたチップの電極パッド上の保護膜を除去し、電極パッドへのワイヤボンディング後にその余の保護膜除去することにより、音響レンズにより C M U T が形成されたチップ表面を被覆する工程の直前に保護膜を除去することになり、ワイヤボンディング前に除去する場合と比較して、チップ表面へダメージが入る可能性を低くできる。これは、ワイヤボンディング工程では、チップ表面に直接的な力を印加することはないが、チップボンディング中の異物付などが発生する可能性があるためである。

【 0 0 7 1 】

以上説明したように、実施例 2 の特徴は、シリコンウェハの表面に保護膜を形成する工程と、シリコンウェハの薄膜化の工程の間に、C M U T の電極パッド上の保護膜のみ除去する工程を挿入したところにある。それによって、C M U T が形成されたチップへワイヤボンディングを行う工程の前に保護膜の除去の工程を行う必要がなく、音響レンズによって C M U T が形成されたチップの表面を被覆する工程の直前まで、保護膜により C M U T が形成されたチップを保護できるので、一層の C M U T へのダメージ抑制と C M U T 駆動時の動作信頼性の確保を両立することができる。

【 0 0 7 2 】

また、図 2 3 の (7) の工程において、図 1 9 A、図 1 9 B に示したように、フレキブル配線基板をバック材へ接着する必要がある。そのため、吸音材を設ける工程の後に、電極パッドに配線を行う電極パッド配線工程を更に備え、第 1 除去工程を電極パッド配線工程の後で行うようにしている。しかしながら、(6) の保護膜の除去のために酸素プラズマ処理を行うと、フレキシブル配線基板も酸素プラズマによりエッチングされてしまう可能性もある。その場合は図 2 3 の工程の (7) と (6) の処理の順番を入れ替えても良い。シランカップリング剤が混合されているポリイミドであっても、図 1 8 に示すような残渣がパッド開口部には残ることがなく、ワイヤボンディングの信頼性も向上できる点が特徴となる。

【 0 0 7 3 】

最後に、図 2 5 を参照しながら、超音波診断装置における上述した各実施例の超音波トランスデューサからなる超音波探触子を備えた超音波診断装置の一構成例とその役割について説明する。

図 2 5 において、超音波診断装置は、超音波診断装置本体 2 5 0 1 と、超音波探触子 2 5 0 2 で構成され、超音波診断装置本体 2 5 0 1 は、送受分離部 2 5 0 3、送信部 2 5 0 4、バイアス部 2 5 0 5、受信部 2 5 0 6、整相加算部 2 5 0 7、画像処理部 2 5 0 8、表示部 2 5 0 9、制御部 2 5 1 0、操作部 2 5 1 1 から構成される。

【 0 0 7 4 】

超音波探触子 2 5 0 2 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、上述した各実施例の製法で製造された超音波トランスデューサを用いて作成される。超音波探触子 2 5 0 2 から超音波が被検体に送波され、被検体からの反射エコー信号が超音波探触子 2 5 0 2 により受波される。実施例 1、2 のいずれかの超音波探触子は、後述する送受分離部 2 5 0 3 と電気的に接続される。送信部 2 5 0 4 及びバイアス部 2 5 0 5 は、超音波探触子 2 5 0 2 に駆動信号を供給する装置である。受信部 2 5 0 6 は、超音波探触子 2 5 0 2 から出力される反射エコー信号を受信する装置である。受信部 2 5 0 6 は、さらに、受信した反射エコー信号に対してアナログデジタル変換等の処理を行う。送受分離部 2 5 0 3 は、送信時には送信部 2 5 0 4 から超音波探触子 2 5 0 2 へ駆動信号を渡し、受信時には超音波探触子 2 5 0 2 から受信部 2 5 0 6 へ受信信号を渡すよう送信と受信とを切換、分離するものである。整相加算部 2 5 0 7 は、受信された反射エコー信号を整相加算する装置である。画像処理部 2 5 0 8 は、整相加算された反射エコー信号に基づいて診断画像(例えば、断層像や血流像)を構成する装置である。表示部 2 5 0 9 は、画像処理された診断画像を表示する表示装置である。制御部 2 5 1 0 は、上述した各構成

10

20

30

40

50

要素を制御する装置であり、制御部 2 5 1 0 は、超音波探触子 2 5 0 2 の超音波の送受信を制御する。操作部 2 5 1 1 は、制御部 2 5 1 0 に指示を与える装置である。操作部 2 5 1 1 は、例えば、トラックボールやキーボードやマウス等の入力機器である。

【 0 0 7 5 】

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。

10

【符号の説明】

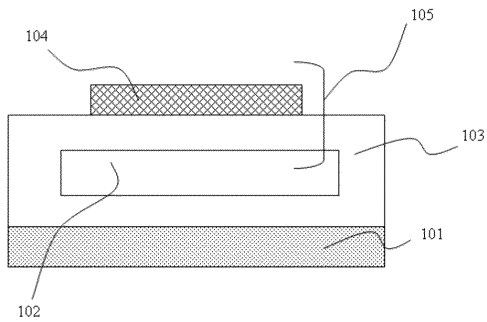
【 0 0 7 6 】

1 0 1	下部電極	
1 0 2	空洞部	
1 0 3、6 0 2、6 0 3、6 0 4、6 0 5、6 0 6、6 0 8	絶縁膜	
1 0 4	上部電極	
1 0 5	メンブレン	
4 0 1	C M U T が形成されたチップ	
4 0 2	バッキング材	
4 0 3	フレキシブル配線基板	20
4 0 4、4 0 6	接着層	
4 0 5	ワイヤ	
4 0 7	音響レンズ	
4 0 8	ケース	
5 0 1、5 0 2	パッド開口部	
6 0 1	半導体基板	
6 0 7	開口部	
7 0 1	シリコンウェハ	
8 0 1	保護膜	
1 0 0 1	シリコンウェハの裏面	30
1 0 0 2	バックグラインドテープ	
1 0 0 3	グラインダー	
1 3 0 1	ダイシングテープ	
1 3 0 2	ダイシングブレード	
1 3 0 3	高圧水噴射ノズル	
1 3 0 4	高圧水	
1 5 0 1	C M U T が形成されたチップ表面に印加する圧力	
1 8 0 1	残渣	
1 9 0 1	フレキシブル配線基板の電極パッド	
2 4 0 1、2 4 0 2	保護膜の開口部	40
2 5 0 1	超音波診断装置本体	
2 5 0 2	超音波探触子	
2 5 0 3	送受分離部	
2 5 0 4	送信部	
2 5 0 5	バイアス部	
2 5 0 6	受信部	
2 5 0 7	整相加算部	
2 5 0 8	画像処理部	
2 5 0 9	表示部	
2 5 1 0	制御部	50

2 5 1 1 操作部

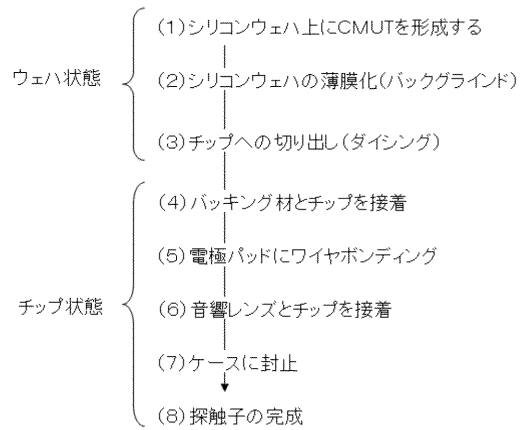
【図1】

図1



【図2】

図2



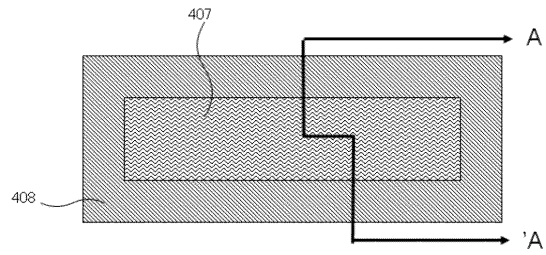
【 図 3 】

図3

- ウェハ状態
 - (1) シリコンウェハ上にCMUTを形成する
 - (2) シリコンウェハの表面に保護膜形成
 - (3) シリコンウェハの薄膜化(バックグラインド)
- チップ状態
 - (4) チップへの切り出し(ダイシング)
 - (5) パッキング材とチップを接着
 - (6) チップ表面の保護膜除去
 - (7) 電極パッドにワイヤボンディング
 - (8) 音響レンズとチップを接着
 - (9) ケースに封止
 - (10) 探触子の完成

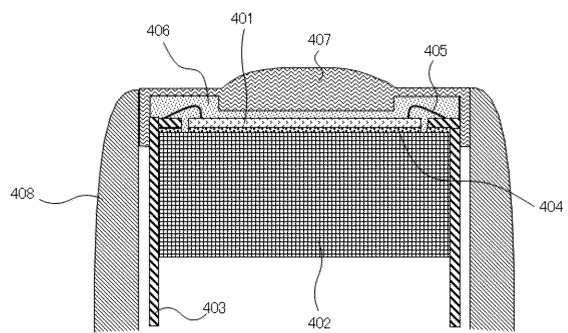
【 図 4 A 】

図4A



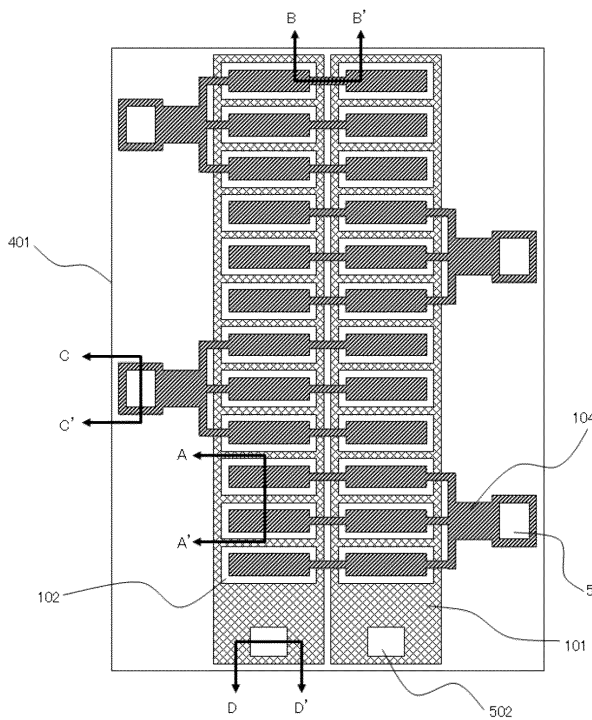
【 図 4 B 】

図4B



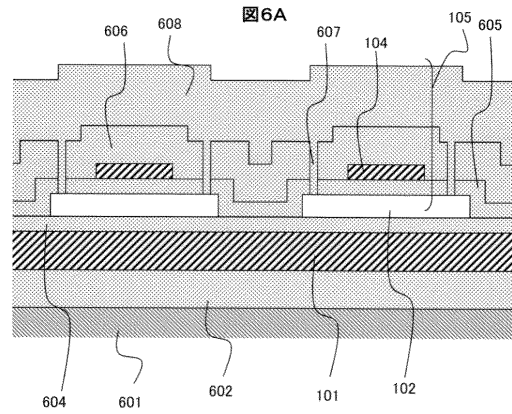
【 図 5 】

図5



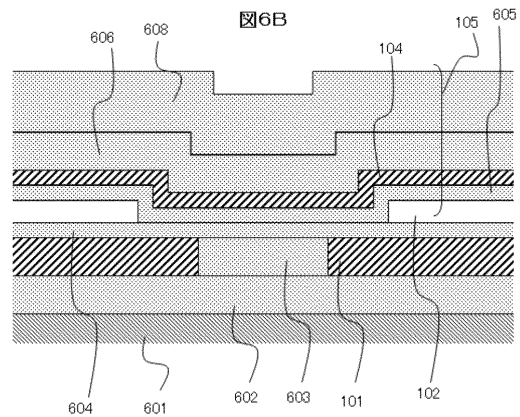
【 図 6 A 】

図6A

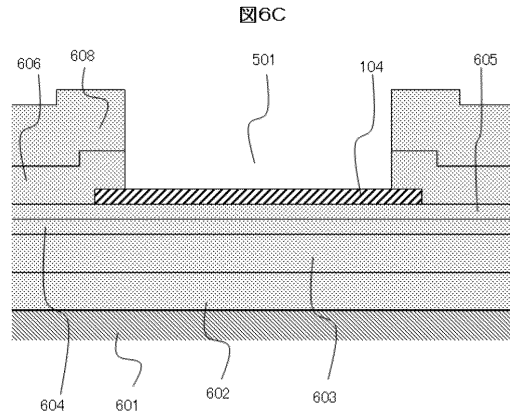


【 図 6 B 】

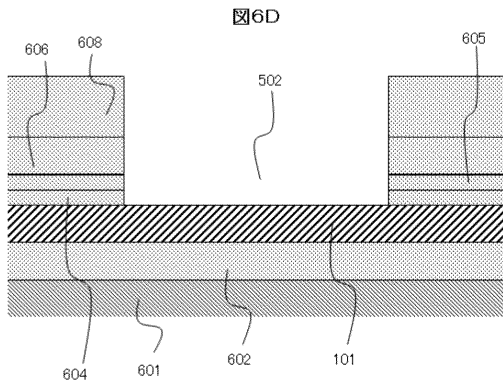
図6B



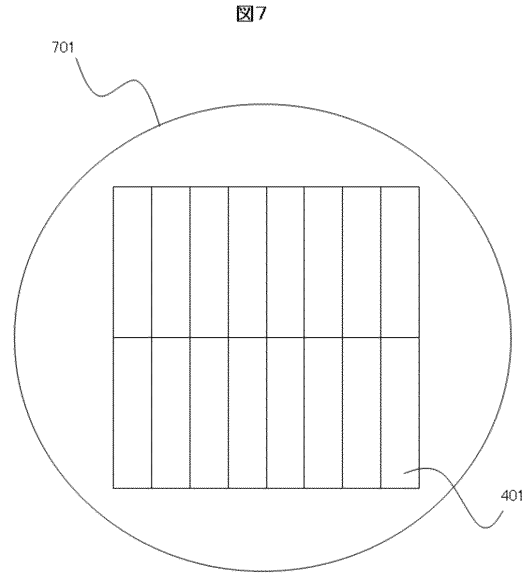
【図6C】



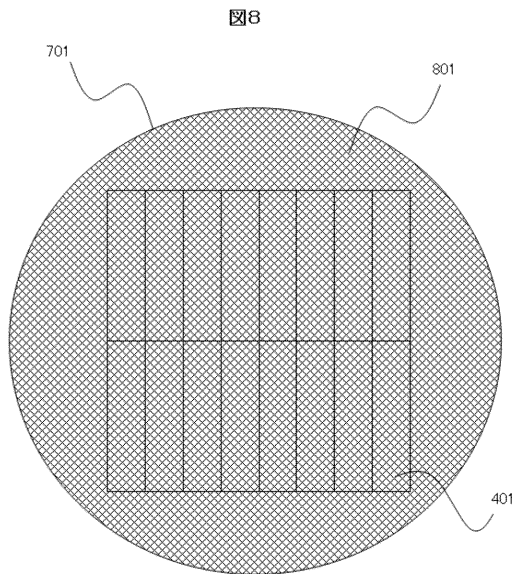
【図6D】



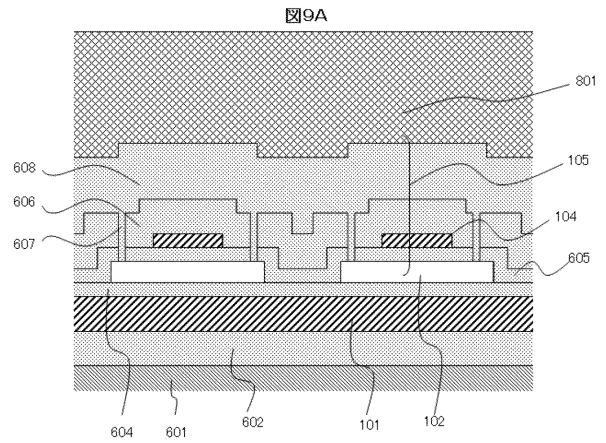
【図7】



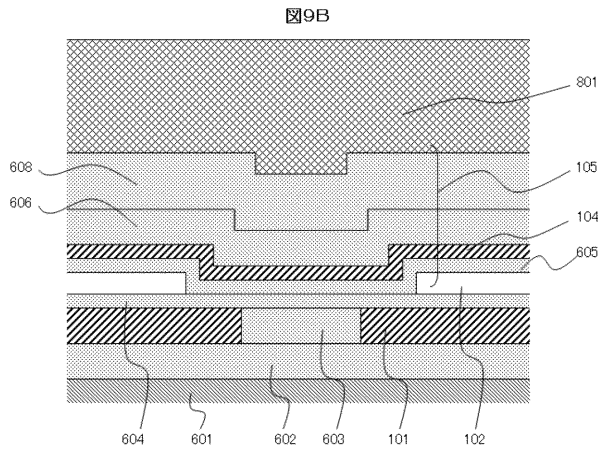
【図8】



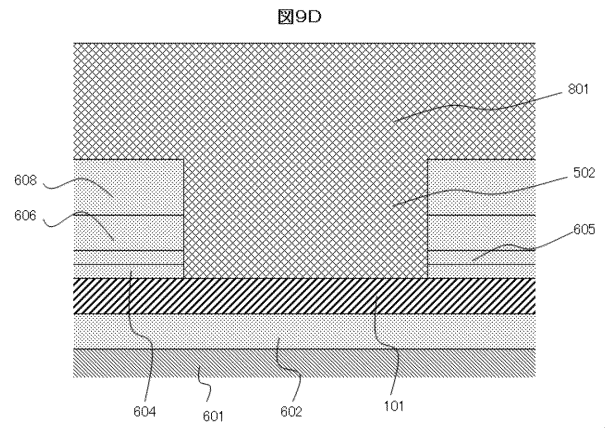
【図9A】



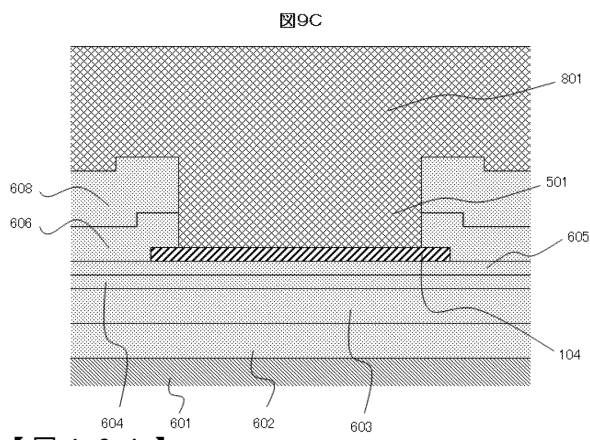
【図9B】



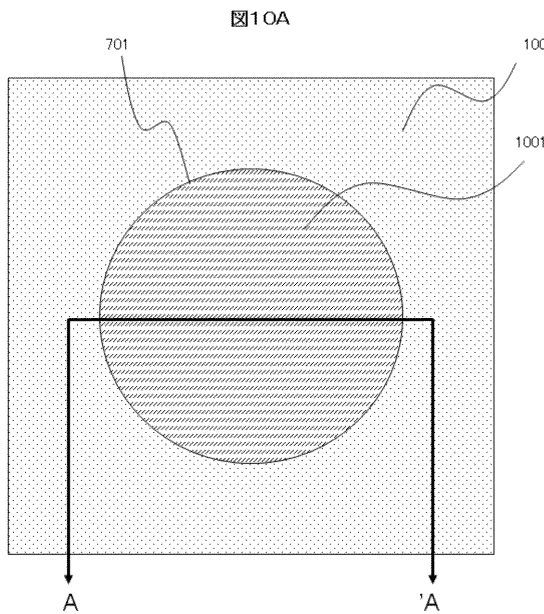
【図9D】



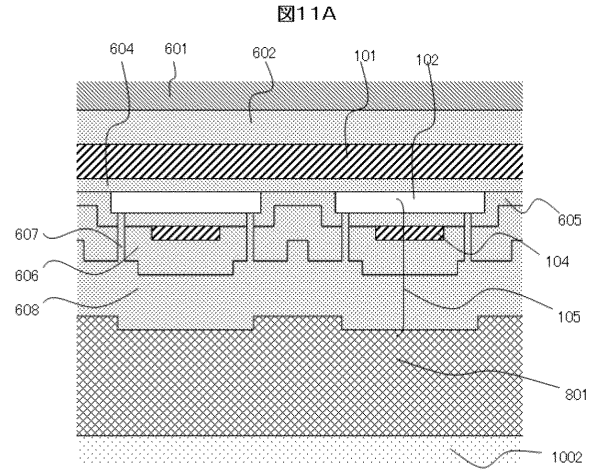
【図9C】



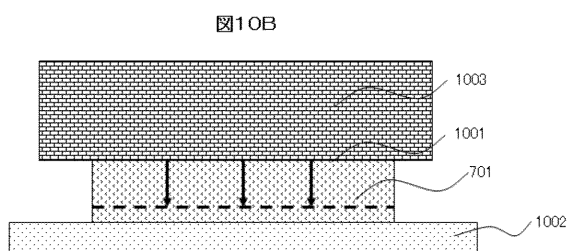
【図10A】



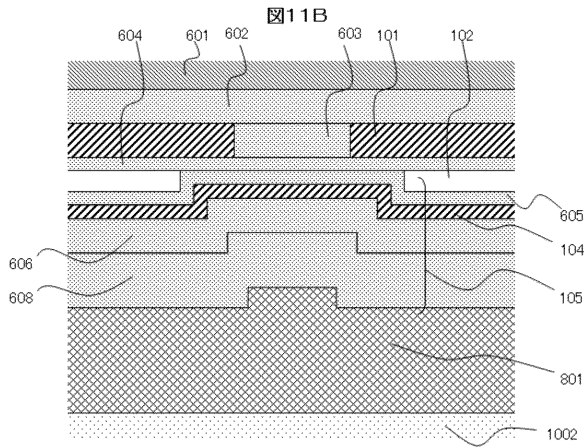
【図11A】



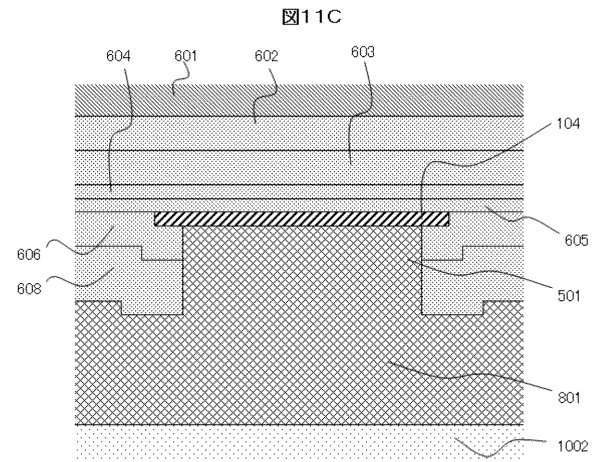
【図10B】



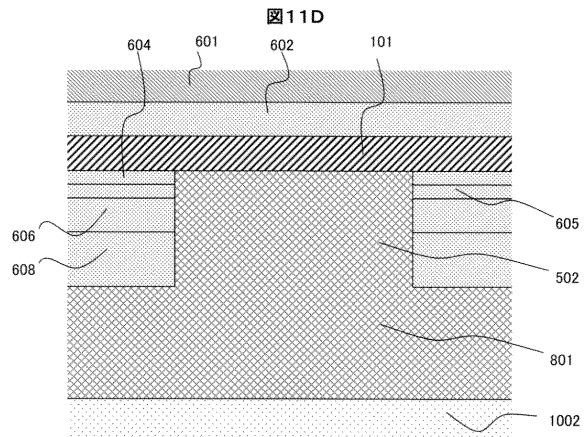
【図11B】



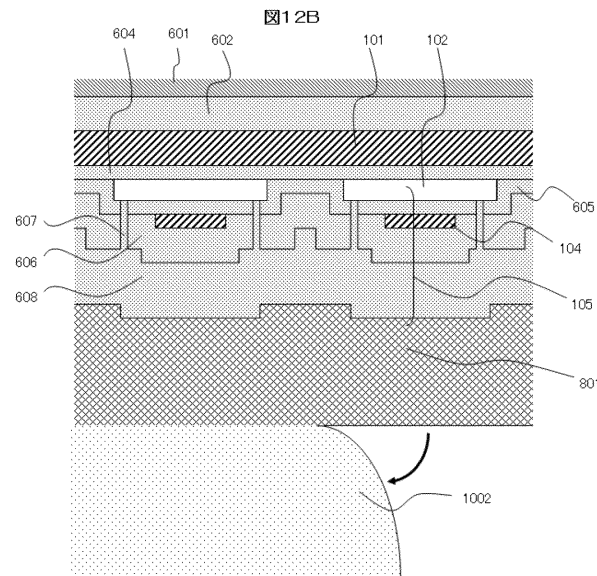
【図11C】



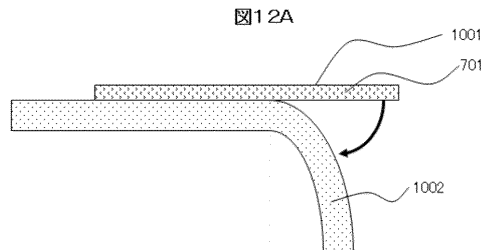
【図11D】



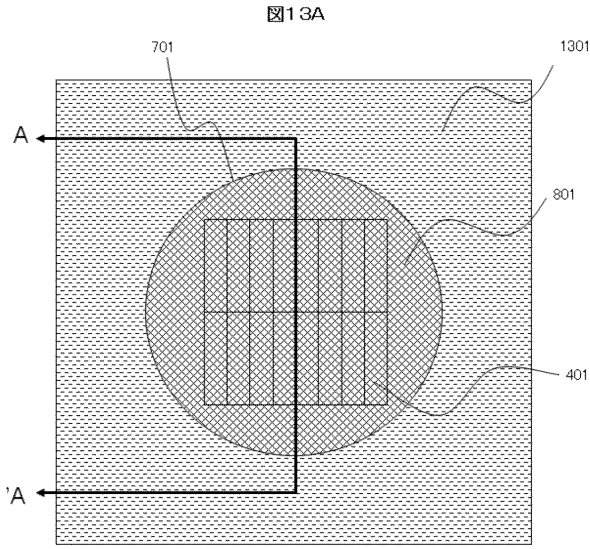
【図12B】



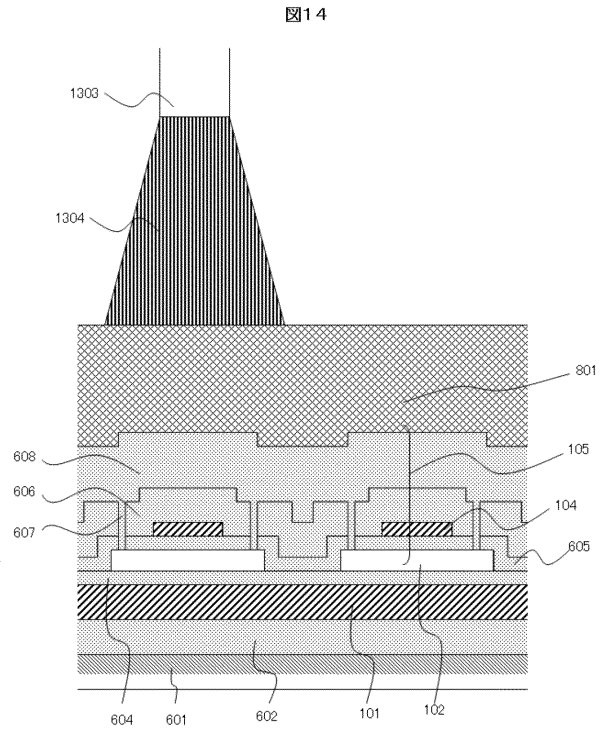
【図12A】



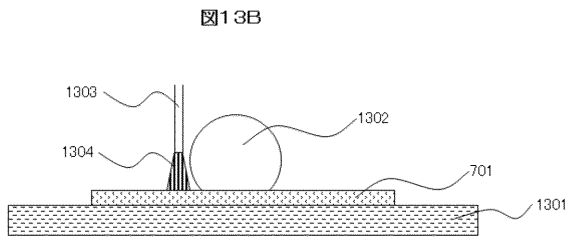
【 図 1 3 A 】



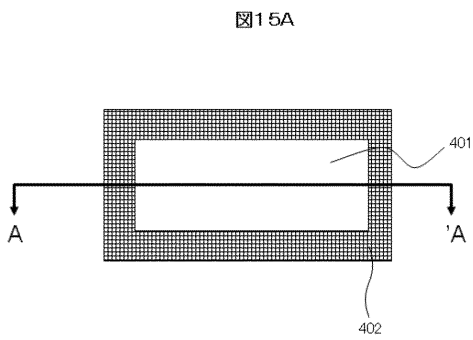
【 図 1 4 】



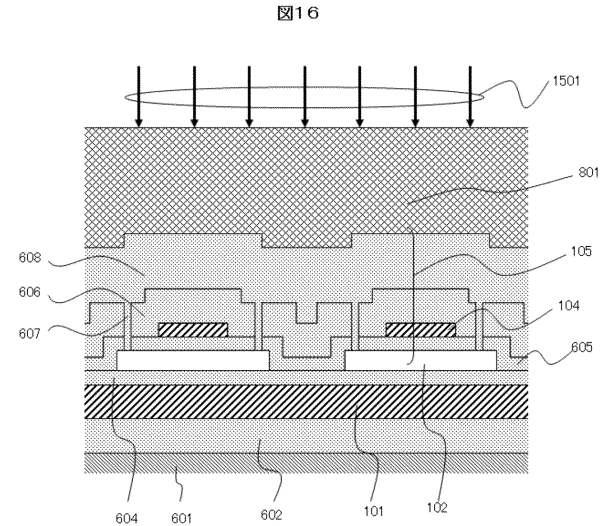
【 図 1 3 B 】



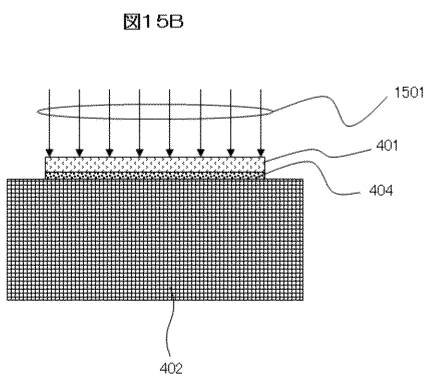
【 図 1 5 A 】



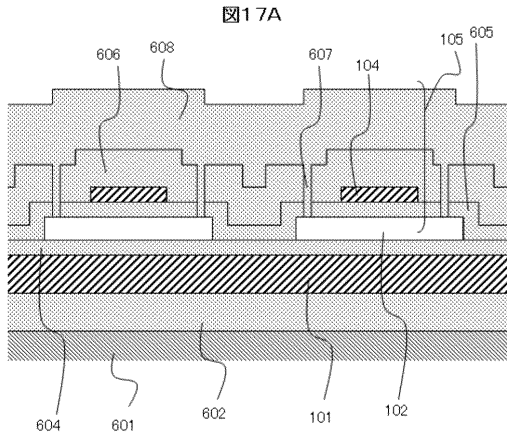
【 図 1 6 】



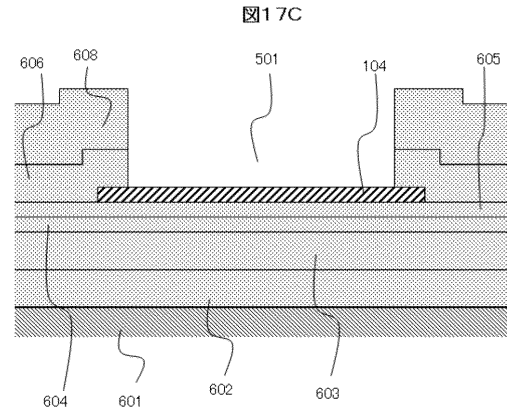
【 図 1 5 B 】



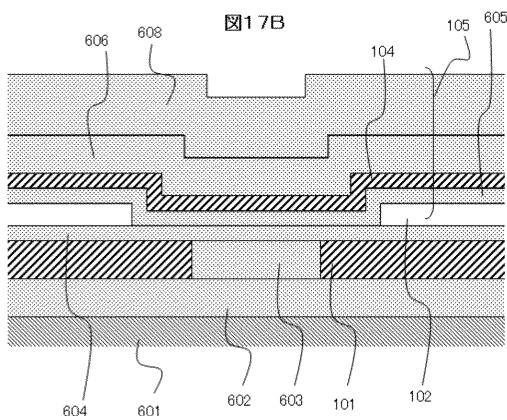
【図17A】



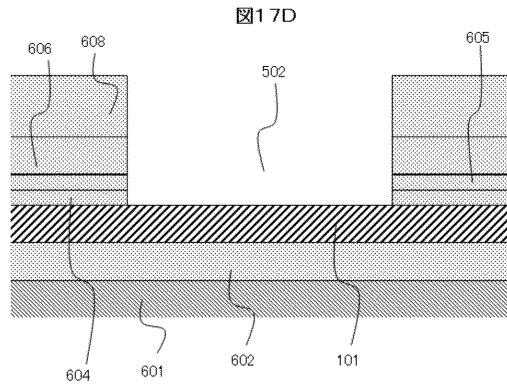
【図17C】



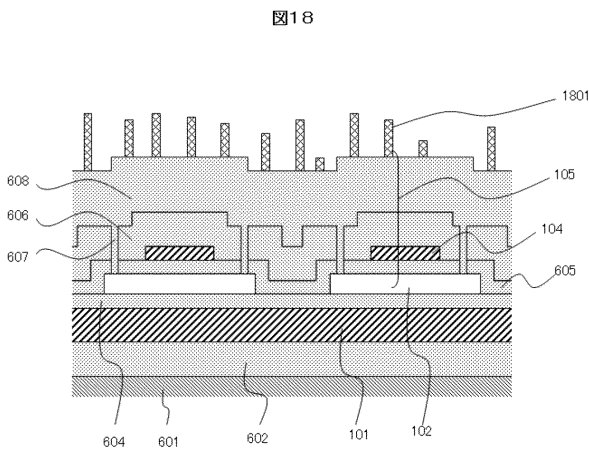
【図17B】



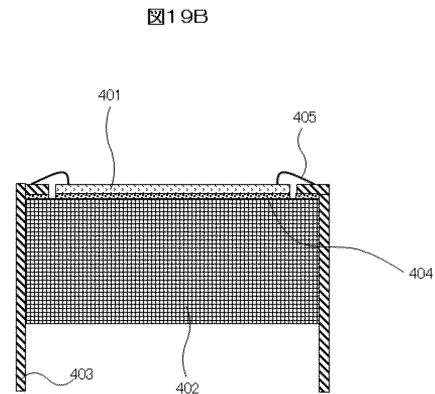
【図17D】



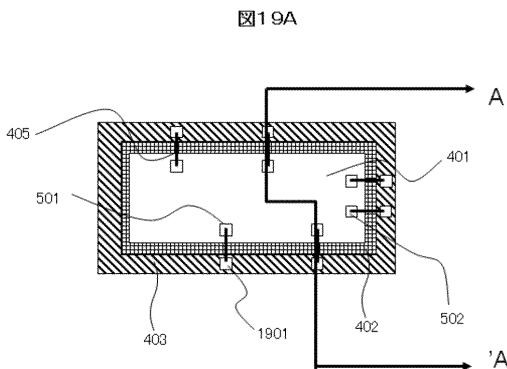
【図18】



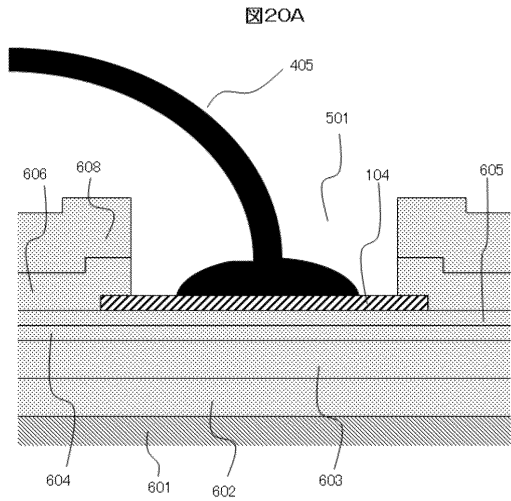
【図19B】



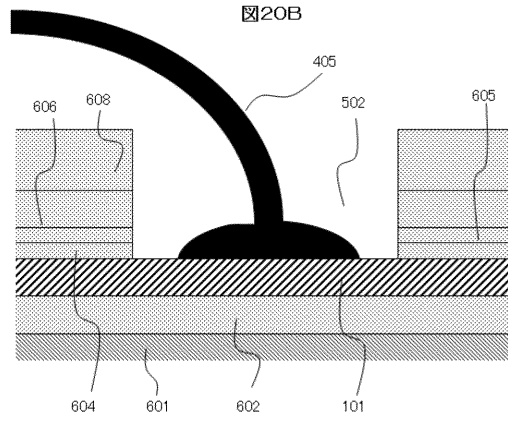
【図19A】



【図20A】

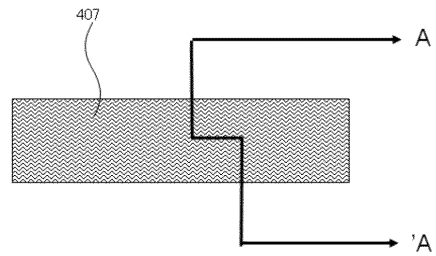


【図20B】



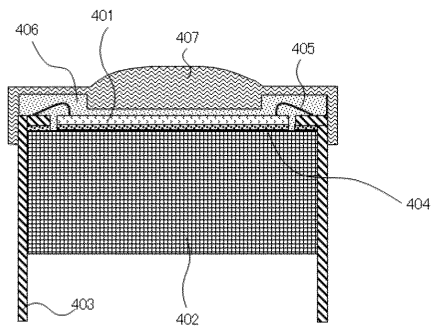
【図21A】

図21A



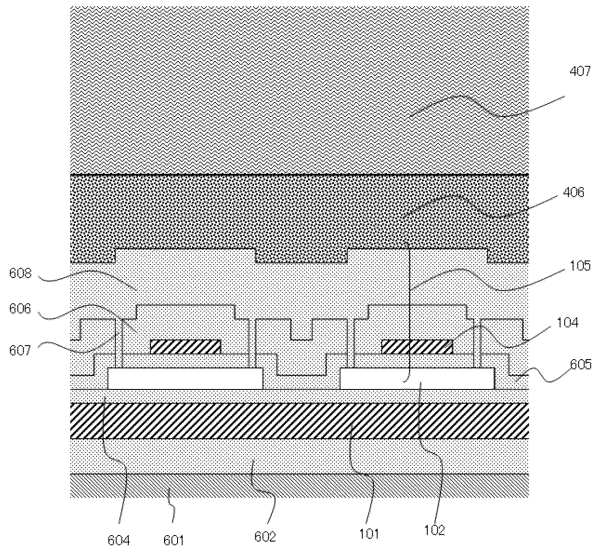
【図21B】

図21B



【図22】

図22



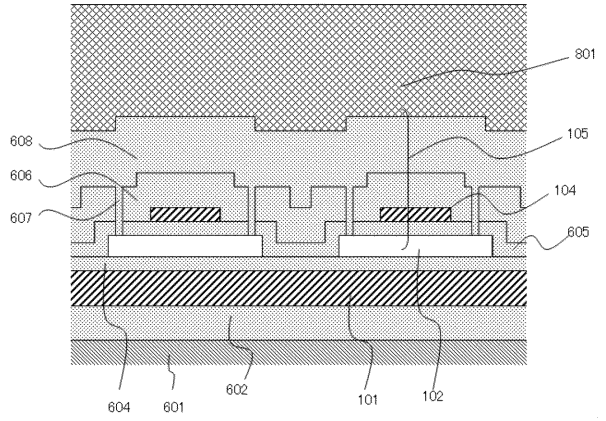
【図23】

図23

- ウェハ状態
 - (1) シリコンウェハ上にCMUTを形成する
 - (2) シリコンウェハの表面に保護膜形成
 - (11) CMUTの電極パッド上の保護膜の除去
 - (3) シリコンウェハの薄膜化(バックグラインド)
- チップ状態
 - (4) チップへの切り出し(ダイシング)
 - (5) バッキング材とチップの接着
 - (7) 電極パッドにワイヤボンディング
 - (6) チップ表面の保護膜除去
 - (8) 音響レンズとチップの接着
 - (9) ケースに封止
 - (10) 探触子の完成

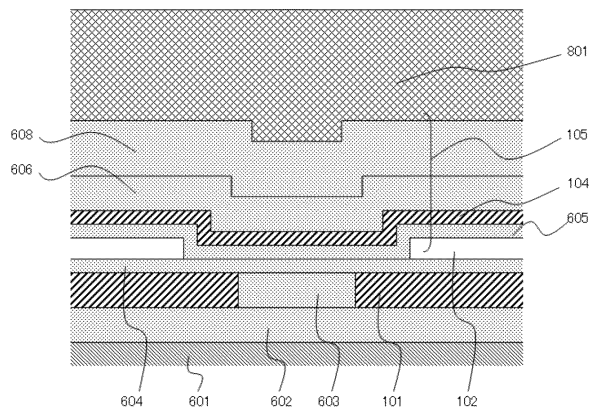
【図24A】

図24A



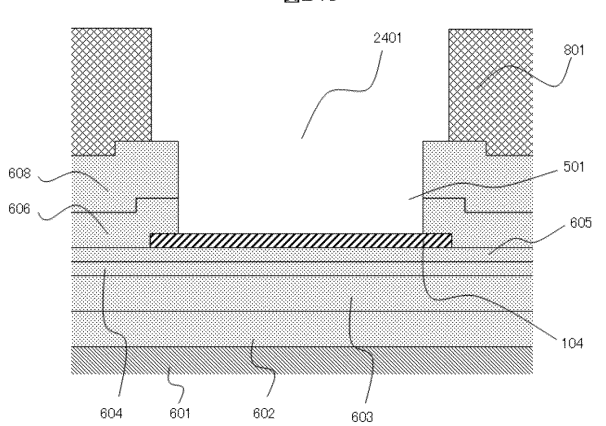
【図24B】

図24B



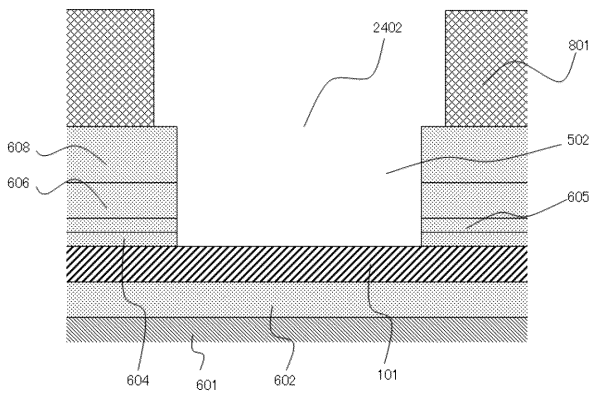
【図24C】

図24C

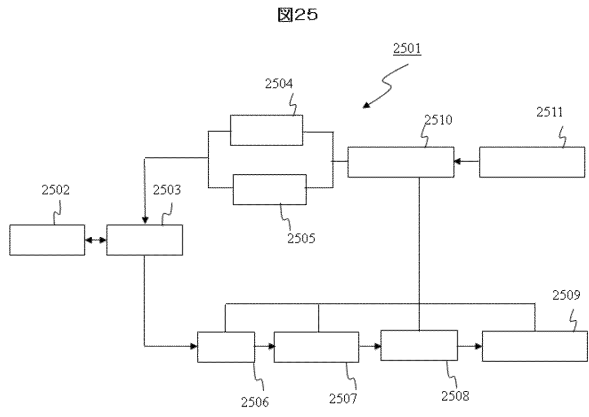


【図24D】

図24D



【 図 25 】



フロントページの続き

- (72)発明者 吉村 保廣
茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株式会社日立製作所 日立研究所内
- (72)発明者 永田 達也
東京都三鷹市牟礼六丁目2番1号 日立アロカメディカル株式会社内
- (72)発明者 山下 尚昭
東京都三鷹市牟礼六丁目2番1号 日立アロカメディカル株式会社内
- (72)発明者 田中 宏樹
東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地 株式会社日立製作所 中央研究所内

審査官 岩田 淳

- (56)参考文献 特開2008-008729(JP,A)
特開2010-035156(JP,A)
特開2010-139313(JP,A)
特開2012-010158(JP,A)
国際公開第2009/139400(WO,A1)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- | | |
|------|-------|
| H04R | 31/00 |
| H04R | 19/00 |
| A61B | 8/00 |

专利名称(译)	制造超声波探头的方法，超声波探头和超声波诊断装置		
公开(公告)号	JP6189033B2	公开(公告)日	2017-08-30
申请号	JP2012273688	申请日	2012-12-14
[标]申请(专利权)人(译)	日立阿洛卡医疗株式会社		
申请(专利权)人(译)	日立アロカメディカル株式会社		
当前申请(专利权)人(译)	株式会社日立制作所		
[标]发明人	町田俊太郎 佐光暁史 竹崎泰一 吉村保廣 永田達也 山下尚昭 田中宏樹		
发明人	町田 俊太郎 佐光 暁史 竹崎 泰一 吉村 保廣 永田 達也 山下 尚昭 田中 宏樹		
IPC分类号	H04R31/00 H04R19/00 A61B8/00		
CPC分类号	G01S7/52079 A61B8/4444 A61B8/4494 A61B8/54 B06B1/0292 B81C1/00301 G01S15/8915		
FI分类号	H04R31/00.330 H04R19/00.330 A61B8/00		
F-TERM分类号	4C601/BB06 4C601/EE10 4C601/GB02 4C601/GB03 4C601/GB41 4C601/GB46 5D019/AA26 5D019/DD01 5D019/FF04 5D019/HH01		
审查员(译)	岩田 淳		
其他公开文献	JP2014120874A		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

在这种超声波探头的制造方法中，当使用其上形成有电容式超声波换能器的芯片组装超声波探头时，保持损伤控制和操作可靠性。在其第一主表面上形成有电容式超声换能器（CMUT）的半导体衬底中，在形成于半导体衬底的第一主表面上的超声换能器的表面上形成保护膜，该半导体衬底被制成通过抛光与半导体衬底的第一主表面相对的第二主表面的薄膜，从半导体衬底切出超声换能器芯片，在与其上的表面相对的表面上设置吸声材料。形成超声换能器，并去除形成在超声换能器表面上的保护层。

(45) 発行日 平成29年8月30日(2017.8.30)

(24) 登録日 平成29年8月10日(2017.8.10)

(51) Int. Cl.	F I			
H O 4 R	31/00	(2006.01)	H O 4 R	31/00 3 3 O
H O 4 R	19/00	(2006.01)	H O 4 R	19/00 3 3 O
A 6 1 B	8/00	(2006.01)	A 6 1 B	8/00

請求項の数 11 (全 28 頁)

(21) 出願番号	特願2012-273688 (P2012-273688)	(73) 特許権者	000005108
(22) 出願日	平成24年12月14日 (2012.12.14)		株式会社日立製作所
(65) 公開番号	特開2014-120874 (P2014-120874A)		東京都千代田区丸の内一丁目6番6号
(43) 公開日	平成26年6月30日 (2014.6.30)	(74) 代理人	110000350
審査請求日	平成27年7月13日 (2015.7.13)		ボレール特許業務法人
		(72) 発明者	町田 俊太郎
			東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地
			株式会社日立製作所 中央研究所内
		(72) 発明者	佐光 颯史
			東京都三鷹市牟礼六丁目22番1号 日立
			アロカメディカル株式会社内
		(72) 発明者	竹崎 泰一
			東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地
			株式会社日立製作所 中央研究所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 超音波探触子の製造方法、超音波探触子、及び超音波診断装置