

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公 開 特 許 公 報(A)

(11) 特許出願公開番号
特開2005-295553
(P2005-295553A)

(43) 公開日 平成17年10月20日(2005. 10. 20)

(51) Int.Cl. ⁷		F I		テーマコード (参考)	
H 0 4 R 17/00		H 0 4 R 17/00		2 G 0 4 7	
A 6 1 B 8/00		H 0 4 R 17/00		4 C 6 0 1	
G 0 1 N 29/24		H 0 4 R 17/00		5 D 0 1 9	
		A 6 1 B 8/00			
		G 0 1 N 29/24		5 0 2	
審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 14 頁)					
(21) 出願番号		特願2005-97702 (P2005-97702)		(71) 出願人 390041542	
(22) 出願日		平成17年3月30日 (2005. 3. 30)		ゼネラル・エレクトリック・カンパニイ	
(31) 優先権主張番号		10/814, 956		GENERAL ELECTRIC CO	
(32) 優先日		平成16年3月31日 (2004. 3. 31)		MPANY	
(33) 優先権主張国		米国 (US)		アメリカ合衆国、ニューヨーク州、スケネ	
				クタデイ、リバーロード、1 番	
				(74) 代理人 100093908	
				弁理士 松本 研一	
				(74) 代理人 100105588	
				弁理士 小倉 博	
				(74) 代理人 100106541	
				弁理士 伊藤 信和	
				(74) 代理人 100129779	
				弁理士 黒川 俊久	
最終頁に続く					

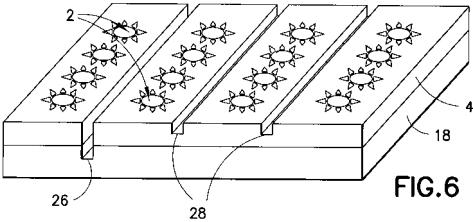
(54) 【発明の名称】 センサ・アレイの素子を絶縁する方法及び手段

(57) 【要約】

【課題】 超微細加工超音波トランスデューサ (MUT) を提供する。

【解決手段】 装置は、半導体の表面を有する基板 (4) 上又は基板中に構築されたセンサ・アレイ (2、39、40) と、各センサ素子をその隣接する素子と絶縁する手段 (26、28、30、32、34、36、38又は46) とを備える。センサが超音波トランスデューサ素子である場合、音響クロストークを低減するために隣接するトランスデューサ素子間のトレンチの形態で音響絶縁が形成される。トレンチは音響減衰材料で充填することができる。電気クロストークを低減するために、半導体接合形態の電氣的絶縁が隣接するトランスデューサ素子間で形成される。1つの実施例において、隣接するトランスデューサ素子間に配置された区域にイオン注入することによりバックツーマックpn接合ダイオードが形成される。これらの形式の絶縁は、単独又は共に用いることができる。

【選択図】 図6



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板の前面に配列され、各々が前記基板の材料に接触する複数のセンサ素子（２、３９、４０）と、

任意の前記センサ素子間のエネルギー形態での結合を低減するように前記基板の材料内に配列され、各々がそこに入射する前記エネルギー形態の伝播に対する障害をもたらす複数の障壁（２６、２８、３０、３２、３４、３６、３８又は４６）と、
を備えるセンサ装置。

【請求項 2】

前記センサ素子が隣接するセンサ素子間に間隔を置いて２次元アレイで配列され、前記障壁が複数の境界領域を定める相互接続ネットワークを形成し、それぞれのセンサ素子が各境界領域を占有する請求項 1 に記載の装置。 10

【請求項 3】

前記センサ素子の各々が、共に電氣的に接続された複数の超音波トランスデューサ・セル（２）をそれぞれ含む請求項 1 に記載の装置。

【請求項 4】

前記障壁の各々が、それぞれのトレンチ（２６、２８、３０、３２、３４、３６又は３８）を含む請求項 1 に記載の装置。

【請求項 5】

前記センサ素子の各々が、それぞれの超音波トランスデューサ素子を含み、前記トレンチが音響減衰材料で充填される請求項 4 に記載の装置。 20

【請求項 6】

前記トレンチ及び前記基板の隣接部分は、絶縁材料の薄層が被膜されている請求項 4 に記載の装置。

【請求項 7】

前記トレンチの各々の表面は、隣接するセンサ素子間で電氣的に絶縁するように接地された導電材料が被膜されている請求項 4 に記載の装置。

【請求項 8】

前記障壁の各々が、内部に注入されたドーパ剤を有する前記基板の材料のそれぞれのポリウム（４４、４６、４８）を含み、前記ドーパ材料は、内部を流れる電流の流れを実質的に妨げる性能を有する請求項 1 に記載の装置。 30

【請求項 9】

前記ポリウムの各々が、それぞれのバックツージャク p n 接合ダイオードのペアを含む請求項 8 に記載の装置。

【請求項 10】

基板（４）の前面に配列された複数の超音波トランスデューサ素子（２、３９、４０）であって、その各々が、電氣的に共に接続され且つ前記基板に音響的に結合された超音波トランスデューサ・セルのそれぞれのグループを含む前記トランスデューサ素子と、

前記トランスデューサ素子間の領域に配置され、そこを通る音波エネルギーの伝播を妨げる、前記基板の材料内の複数のトレンチ（２６、２８、３０、３２、３４、３６又は３８）と、
を備える超音波トランスデューサ装置。 40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、一般に、センサ・アレイ（例えば光、熱、圧力、超音波）に関する。具体的には、本発明は、超微細加工超音波トランスデューサ（MUT）に関する。MUTの1つの特定の応用は、医用診断超音波イメージング・システムにおいてである。別の特定の実施例は、キャストニング、鍛造、又はパイプラインなどの材料の非破壊評価（NDE）においてである。

【背景技術】

【0002】

通常の超音波イメージング・トランスデューサは、分極した圧電セラミック材料を用いて電気エネルギーを音響エネルギーに変換する、圧電効果により音響エネルギーを発生する。スキャンされる患者の方向である前方方向へ送信される音響エネルギーは、1つ又はそれ以上の音響マッチング層を通して患者に結合される。しかしながら、スキャンされる患者から離れる方向に送信される音響エネルギーは通常、トランスデューサ・アレイの背面に配置される音響バックキング材料で吸収及び／又は散乱される。これにより、音響エネルギーがトランスデューサの背面にある構造又はインターフェースから反射して圧電材料に戻ることに
10
より、患者内の反射から得られる音響画像の品質が低下することを防ぐ。音響バックキング材料の多くの組成は公知である。例えば、音響バックキング材料は、ゴム、エポキシ、又はプラスチックなどの減衰軟質材料の金属粒子（例えばタングステン）の複合材からなるもの
とすることができる。また、他の音響バックキングの組成も用いてもよい。

【0003】

医用診断イメージングに用いられる超音波トランスデューサは、広帯域幅を有し、低レベルの超音波信号に対して高感度であり、これらの特性により高画質の生成が可能である。この基準を満たし、超音波トランスデューサの製造に従来から用いられている圧電材料は、ジルコニウム酸チタン酸鉛（PZT）セラミック及びポリフッ化ビニリデン樹脂を含む。しかしながら、PZTトランスデューサは、半導体構成要素などの超音波システムの他の
20
部品を製造するのに用いられるプロセス技術と異なるセラミック製造プロセスを必要とする。超音波トランスデューサは、半導体構成要素を製造するのに用いられるものと同じプロセスを用いて製造するのが望ましい。

【0004】

最近、半導体プロセスを用いて、容量型（cMUT）又は圧電型（pMUT）など
とすることができる超微細加工超音波トランスデューサ（MUT）として公知の形式の超音波トランスデューサが製造されている。cMUTは、受信される超音波信号の音響振動を変調されたキャパシタンスに変換する電極を備えた、微小なダイヤフラム様装置である。送信
については、容量電荷を変調して装置のダイヤフラムを振動させることにより、音波を送信する。pMUTは、ダイヤフラムが圧電型材料とシリコン窒化物又はシリコンなどの不活性材料とからなり、バイモルフであること以外は同様である。
30

【0005】

MUTの1つの利点は、これらが「微細加工」として分類される超微細製造プロセスなどの半導体製造プロセスを用いて製造できることである。超微細加工は、米国特許第6,359,367号において以下のように説明されている。
「微細加工とは、（A）パターン形成ツール（一般に投影アライナー又はウェーハステッ
パーなどのリソグラフィ）と、（B）PVD（物理的蒸着）、CVD（化学気相蒸着）、LPCVD（低圧化学気相蒸着）、PECVD（プラズマ化学気相蒸着）などの蒸着ツ
ールと、（C）湿式化学エッチング、プラズマエッチング、イオンミリング、スパッターエ
ッチング、又はレーザーエッチングなどのエッチングツールとの組合せ又はこれらの一部
を使用した微細構造形成である。微細加工は通常、シリコン、ガラス、サファイア、又は
40
セラミックから作られた基板又はウェーハ上で行なわれる。このような基板又はウェーハは、一般に極めて平坦且つ滑らかであり、横方向で数インチの大きさを有する。これらは通常、プロセスツール毎に移動しながらカセット中のグループとして処理される。各基板は有利には、製品の多数のコピーを（必ずしもそうとは限らないが）組み込むことができる。微細加工には2つの一般的なタイプがあり、すなわち、1）ウェーハ又は基板が形作られる厚みの大きな部分を有するバルク微細加工と、2）造形が一般に表面、特に表面上に堆積された薄いフィルムに限定される表面微細加工である。ここで使用される微細加工の定義には、シリコン、サファイア、全てのタイプのガラス材料、ポリマー（ポリイミド等）、ポリシリコン、シリコン窒化物、シリコン酸化窒化物、アルミニウム合金及び銅合金及びタングステンなどの薄膜金属、スピ
ン・オン・ガラス（SOG）、埋め込み可能又
50

は拡散型の添加物、並びにシリコン酸化物及び窒化物などの成長フィルムを含む、従来型の又は既知の微細加工できる材料の使用が含まれる。」

本明細書でも超微細加工の同様の定義を採用する。かかる超微細加工プロセスによって得られるシステムは、通常「超微細加工電気機械システム」(MEMS)と呼ばれる。

【0006】

容量型超微細加工超音波トランスデューサ装置を用いて発生される音響エネルギーは、超音波エネルギーを発生するのに圧電材料に依存しない。むしろ、cMUTセルの基本構造は、小ギャップにより導電性電極の上方に懸架された導電性膜又はダイヤフラムのものである。電圧が膜と電極の間に印加されると、クーロン力が膜を電極に引き付ける。印加電圧が経時的に変化すると、膜の位置も同様に変化し、膜が位置を移動するにつれて装置の表面から放射する音響エネルギーが発生する。音響エネルギーは主として前方、すなわち患者方向に発生するが、音響エネルギーの一部はcMUT支持構造内に伝播される。この構造は一般的には、高濃度ドーパのシリコンウェーハ、すなわち半導体ウェーハである。

10

【0007】

cMUT装置は通常、トランスデューサ素子につき複数の膜で構築される。医用イメージング、非破壊評価、又は他のイメージング装置に用いられる完全なトランスデューサ・プローブは、アレイを形成するように1つ又は複数の横列に配列された複数のトランスデューサ素子を含み、各素子は共に電氣的に接続された電極を有する複数のcMUTセルから構成される。アレイの各素子は、隣接する素子とは独立して動作する必要がある。トランスデューサ素子のアレイは共通の基板上に構築されるので、隣接する素子間に電氣的及び機械的両方の障害(すなわちクロストーク)が存在することになるといった問題がある。

20

【特許文献1】米国特許第6,359,367号

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

MUT(cMUT及びpMUT)装置のトランスデューサ素子間に絶縁を形成する必要がある。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明は、基板上又は基板内に構築されたセンサのアレイを含む装置、及び各センサ素子とその隣接する素子と絶縁する手段に関する。半導体ウェーハの場合、半導体表面は通常、半導体ウェーハの1つの面であるが、これはまた、絶縁基板上的半導体の薄膜であってもよい。本発明はまた、かかる装置を製造する方法に関する。開示された幾つかの実施形態によると、音響クロストークを低減する音響絶縁が隣接するセンサ素子間に形成される。開示された別の実施形態によると、電氣的クロストークを低減する電氣的絶縁が隣接するセンサ素子間に形成される。これらの形式の絶縁は、センサ装置に単独又は共に用いることができる。センサは、光、熱、又は圧力センサ、或いは超音波トランスデューサとすることができる。

30

【0010】

本発明の1つの態様は、基板の前面に配列され、各々が基板の材料と接触する複数のセンサ素子と、任意のセンサ素子間のエネルギー形態での結合を低減するように基板の材料内に配列され、各々がそこに入射するエネルギー形態の伝播に対する障害をもたらす複数の障壁とを備えるセンサ装置である。

40

【0011】

本発明の別の態様は、センサ装置の製造方法であり、(a)基板内又は基板上にセンサ素子のアレイを超微細加工する段階と、(b)任意のセンサ素子間のエネルギー形態での結合を低減するように、各々がそこに衝突するエネルギー形態の伝播に対する障害をもたらす複数の障壁を基板の材料内に形成する段階とを含む。

【0012】

50

本発明の更に別の態様は、超音波トランスデューサ装置であり、基板の前面に配列され、その各々が電氣的に共に接続され且つ基板に音響的に結合された超音波トランスデューサ・セルのそれぞれのグループを含む複数の超音波トランスデューサ素子と、トランスデューサ素子間の領域に配置され、そこを通る音波エネルギーの伝播を妨げる、基板の材料内の複数のトレンチとを備える。

【0013】

本発明の更に別の態様は、基板の前面に配列され、各々が基板の材料に接触する複数のセンサ素子と、センサ素子間の領域に配置され、そこを通る電流の流れを妨げる、基板の材料にドーパント注入する複数の帯域とを含むセンサ装置である。

【0014】

本発明の更に別の態様は、センサ装置の製造方法であり、(a) 基板の一方の面にセンサ・アレイを超微細加工する段階と、(b) 基板の一方の面又は他方の面を第1の支持構造体に取り付ける段階と、(c) 支持構造体に取り付けられていない基板の面上の材料にセンサ素子間の領域に配置される複数のトレンチを形成する段階とを含む。

【0015】

本発明の他の態様は以下に開示され請求される。

【発明を実施するための最良の形態】

【0016】

ここで異なる図面の同じ要素に同じ参照番号が付与された図面を参照する。

【0017】

説明のために、容量型超微細加工超音波トランスデューサ(c M U T)の部類に属する本発明の様々な実施形態を説明する。しかしながら、本明細書で開示される本発明の各態様は、c M U Tの構造又は製造に限定されるものではなく、基板上の他のタイプのセンサ・アレイの構造又は製造にも適用されることは理解されたい。本発明は半導体材料で製造された基板にも限定されない。

【0018】

図1を参照すると、典型的なc M U Tトランスデューサ・セル2の断面が示されている。このようなc M U Tトランスデューサ・セルのアレイは、一般に、高濃度にドーパされたシリコン(従って半導体性)ウェーハなどの基板4上に作製される。各c M U Tトランスデューサ・セルでは、シリコン又はシリコン窒化物で作ることができる薄膜又はダイヤフラム8が基板4上に懸架される。膜8は、シリコン酸化物、シリコン窒化物、又は基板材料で製造することができる絶縁支持体6によってその周縁部で支持される。膜8と基板4との間のキャビティ16は、空気又は気体で充填してもよく、或いは完全に又は部分的に真空にすることができる。アルミニウム合金又は他の好適な導電性材料などの導電性材料のフィルム又は層は、膜8上に電極12を形成し、導電性材料で作られた別のフィルム又は層は、基板4上に電極10を形成する。或いはまた、底部電極は、基板の好適なドーピングで形成することができる。図1に示されるように、電極12は膜の最上部にあるが、膜の中に埋め込むか、又は膜の底面に置くこともできる。

【0019】

2つの電極10及び12は、キャビティ16によって離隔されて、キャパシタンスを形成する。入射する音響信号が膜8を振動させると、関連する電子回路構成(図1には図示せず)を用いてキャパシタンスの変化を検出することができ、これにより音響信号を電気信号に変換することができる。反対に電極の1つに印加されたA C信号は電極上の電荷を変調して、電極間の容量力に変調を生じさせ、これがダイヤフラムを移動させることにより音響信号を送出する。

【0020】

典型的なc M U Tはミクロンサイズの寸法であるので、多数のc M U Tセルが通常近接して製造されて、単一のトランスデューサ素子を形成する。個々のセルは、円形、矩形、六角形、又は他の周囲形状を有することができる。最密を達成する単純な形状のうち、六角形が最も円形に近く、従って最も単純な共鳴モードを有する。六角形であるc M U Tセ

10

20

30

40

50

ルが図2に示されている。六角形は、トランスデューサ素子のcMUTセルの高密実装をもたらす。cMUTセルは、トランスデューサ素子が異なるセル・サイズの複合的特性を有し、トランスデューサに対してより広帯域特性を与えるように、異なる寸法を有することができる。セルを互いに電氣的に接続する図2に示される「スポーク」14は、図1のアイテム12で参照されるパターン化された電極の部品である。電極12は最適な音響性能のためにパターン化することができ、膜8の底部に配置することができる。

【0021】

cMUT装置は更に、本明細書で「音響バックキング」と呼ばれる音響減衰材料の層を含み、これは、基板の背面に音響的に結合される。音響バックキング層は、極めて薄い基板の構造的支持をもたらすのに十分な剛性を有する。かかる音響バックキング層は、例えばほぼ音響的に透明であるのに十分に薄いエポキシ層を用いて基板の背面に直接接合することができ、或いは介在層を用いて基板に積層することができる。或いはまた、音響バックキングは、十分な音響インピーダンスを有するキャスト又は成型可能な組成物とすることができる。1つの実施形態において、介在層は、シリコン基板の音響インピーダンスと音響減衰材料の音響インピーダンスとの間の音響インピーダンスを有する音響インピーダンス・マッチング材料で製造される。別の実施形態において、介在層は、基板内で導電性パイアに接続する導電性パッドを有する可撓性プリント回路基板（「フレックス回路」）である。音響バックキングは、基板内の横方向に伝播する波が、トランスデューサ素子間のクロストークが低減する程度まで吸収されるような減衰性能を有するのが好ましい。

【0022】

図3は、好適な電子回路構成（図示せず）に電氣的接続（例えばフレックス回路）22及び24を介して接続されたcMUT装置20の側面図を示す。（本明細書で用いられる用語「cMUT装置」は、基板と該基板により支持される複数のcMUTセルを含む構造を意味する。）図示された実施形態において、cMUT装置20は、音響バックキング材料18の本体に形成されるウェルに載置される。基板の最上部は、基板の占有面積を越えて延びる音響バックキングの部分の最上部とほぼ同じ高さに位置し、可撓性電氣的接続22及び24の遠位端は基板の各端部と重なり、可撓性電氣的接続22及び24の隣接部分は音響バックキング層のそれぞれの部分と重なり接合される。図3に見られるように、音響バックキング層18は、cMUT装置20並びに可撓性電氣的接続22及び24を支持する。音響バックキング18は、cMUT装置20に直接積層することができ、或いは前述のように、音響インピーダンス・マッチング介在層を積層スタックに含めることもできる。

【0023】

超微細加工された超音波トランスデューサ・アレイは、基板の表面上に構築することができ、又は基板から材料を除去することで蝕刻することができる。アレイは、1つ又は複数の行のトランスデューサ素子を含むことができ、又はトランスデューサ素子は、米国特許出願番号第10/383,990号に開示されるような、cMUTセル又は素子が基板上にモザイク模様にされた、いわゆる「モザイク・アレイ」などの横列を持たない2次元配列で編成することができる。

【0024】

典型的なcMUT装置の各トランスデューサ素子は、複数のcMUTセルで構築される。説明のために、図4は7つの六角形cMUTセル2から作られた「デイジー」トランスデューサ素子を示し、これは中央のセルが6つのセルのリングで囲まれ、リングの各セルが中央のセルのそれぞれの辺とリングの隣接するセルと接している。各セル2の上部電極12は、互いに電氣的に接続されている（この接続は切替可能に切断することができない）。六角形アレイの場合、6つの導体14（図2及び図4の両方に示す）は上部電極12から外側に放射状に広がり、それぞれが隣接し合うcMUTセルの上部電極に接続される（6つでなく、3つの他のセルに接続される周辺セルの場合を除く）。同様に、各セル2の底部電極10は互いに電氣的に接続され、7倍の大きな容量型トランスデューサ素子39を形成する。

【0025】

図4に見られるセルの配列は、1つの方向に延びて、全体的には矩形の長いトランスデューサ素子40を形成することができる。これらの矩形のトランスデューサ素子は、1つの横列に配列して、線形アレイを形成することができる。かかるcMUT装置20は、全体的に図5に示され、各矩形トランスデューサ素子40は、図面の簡略化のため単一の縦列のcMUTセルを有するように描かれているが、実際には各素子は、複数の縦列のcMUTセルを含むことを理解されたい。

【0026】

アレイの各トランスデューサ素子は、その隣接する素子から独立して動作する必要がある。図5に示すように、アレイは共通の基板4上に構築されるので、隣接する素子間で電氣的及び機械的な両方の障害（すなわちクロストーク）が存在する可能性があるという問題がある。本発明は素子間に必要とされる絶縁を形成する。 10

【0027】

本発明の第1の部類の実施形態によると、隣接するトランスデューサ素子間の基板材料の全て又は一部を除去することによって絶縁が形成される。これは、ウェーハ・ダイシングソー、レーザ、ウェットエッチング法、反応性イオンエッチング（RIE）、又は深いRIEを用いて達成することができる。

【0028】

絶縁トレンチを生成する1つの方法は、図3に見られるように、cMUTセル又は素子を支持する基板をバッキング材料に最初に取り付けることである。図6は、音響減衰材料から作られたバッキング層18に積層された基板4を示す。ウェーハ・ダイシングソー（図示せず）を用いて、基板4を切り通し、バッキング材料18を分けることにより、図6に見られる絶縁トレンチ26のような複数の離隔した、互いに平行な絶縁トレンチ又はチャンネルを形成する。cMUT装置の動作周波数に応じて、基板4を完全に切断する必要がない場合もある。その代わりに、同様に図6に示されるように、基板4の全厚みよりも浅い深さの絶縁トレンチ又はチャンネル28を形成することができる。簡潔にするために、深さの異なるトレンチが同じ図面内に示されていること、及び特定のcMUTウェーハの絶縁トレンチは通常同じ深さであることを理解されたい。 20

【0029】

絶縁トレンチが基板4の全体の厚みを貫通してバッキング層18の中へ通る場合において、バッキング材料は各トランスデューサ素子に機械的支持をもたらすことになる。バッキング材料は、音響エネルギーを減衰させるので、バッキング層18を通るクロストークは基板4を通るクロストークよりもかなり少なくなる。 30

【0030】

絶縁トレンチの深さに関係なく、該絶縁トレンチは、隣接するトランスデューサ素子間に空間を置いて配置される。図6は、1つの横列のトランスデューサ素子を示し、各トランスデューサ素子は複数のcMUTセル2を含む。1つの横列の素子を有する線形アレイの場合には、互いに平行な絶縁トレンチは、隣接する素子間で空間を置いて配置される。アレイが2つ又はそれ以上の横列を含む場合には、絶縁トレンチはまた、横列間で空間を置いて配置され、各横列内でトレンチを交差させて、絶縁トレンチの相互接続ネットワークを形成する。この場合、横列間の絶縁トレンチは、互いに平行で、各横列内にある絶縁トレンチに対しては垂直である。各横列の内の素子が整列して縦列を形成する場合には、交差する絶縁トレンチは格子又はグリッドを形成することになる。 40

【0031】

トランスデューサ素子が音響的に絶縁されると、トランスデューサ素子間の絶縁トレンチは、シリコーンゴムなどの吸音材料で充填することができる。レンズがcMUT装置の表面に接着される場合には、音波の集束及び／又は装置の表面の保護のいずれかのために、レンズ接着剤を用いた絶縁トレンチの充填によりcMUT装置へのレンズの接着が改善される。素子間のトレンチの充填はまた、素子への機械的支持を付加する。

【0032】

トレンチの構造が最適形状を有するべきであることも決定することができる。図7を参 50

照すると、絶縁トレンチは、直角の底部のプロファイル（トレンチ 30 参照）を有する必要はなく、代わりに、プロファイルは「V」（トレンチ 32 参照）又は「U」（図示せず）形の形状とすることができる。図 6 のトレンチ 34 及び 36 は、他のプロファイルを示している。トレンチ 34 のプロファイルは、平行な側壁とほぼ放物線形の底部プロファイルを有し、トレンチ 36 は平行な側壁と V 型の底部プロファイルを有する。基板 4 に形成される絶縁トレンチの全ては通常、同じ形状のプロファイルを有しており、図 6 に示される異なる形状は、必要な図面数を最小限にするために 1 つの基板内に集められていることを理解されたい。

【0033】

ダイシングソーの使用は、結果として得られる切り口つまりトレンチが直線的な幾何形状である限り、トランスデューサ素子間に配置される基板材料を除去する効果的な方法である。材料が、直線でない線に沿って除去される必要がある場合には、レーザカット、ウェットエッチング法、又は R I E などの他の方法がより適切である。この実施例は、円形（例えば環状アレイ）に構築された装置であろう。この円形トランスデューサ・アレイは、同心環状リングを形成し、従って円形の絶縁パターンを必要とする素子を有する。この幾何形状は、音響エネルギーの点集束を可能にする。

【0034】

基板の片側上で上述の音響絶縁法のいずれかを実行することは、本発明の範囲内である。図 8 に示される c M U T セルの反対側である装置の背面から材料が除去されると、絶縁トレンチ 38 が基板 4 の全厚みを通して延びていない限り、より大きな活性領域を得ることができる。この場合、トレンチは、c M U T セル又は素子の真下の領域を占有するように形成することができる。

【0035】

c M U T 装置は、背面絶縁を形成するために前面（すなわち c M U T セル側）で支持される必要がある。しかしながら、c M U T 装置は簡単に損傷する可能性があるため、ダイシング・テープは用いることができない。懸架された膜に貼り付けられたテープは引き剥がすことができる。本発明の 1 つの実施形態によれば、背面に音響絶縁を形成する間は、c M U T 装置は、脆弱な c M U T 膜と接触した状態で装置の前面に塗布された低温取付ワックスによって支持される。絶縁加工が完了し、ダイシング作業により発生した破片を c M U T 装置から取り除くと、c M U T は、取付ワックスを除去する前に支持体が必要となる。この支持体は、前述の音響減衰バックング材料とすることができる。c M U T 装置が支持体に取り付けられると、取付ワックスを加熱して融解される。取付ワックスに対して好適な溶剤を用いて、c M U T 装置からワックスを取り除くことになる。別の支持方法は、c M U T を活性領域の外側で支持して、直接膜に接着することを避けることだけである。

【0036】

c M U T 素子の絶縁を形成する上述の方法のいずれかでは、微小亀裂などの損傷の可能性があり、これは活性 c M U T セル中に広がる可能性がある。これにより、わずかに導電性液体が浸透して信号及び接地電極を短絡させることがある。本発明の別の態様は、スパッタ又は蒸着シリカ、シリコン窒化物、アルミナ、又は他の絶縁無機物などのコンフォーマルコーティングを施すことによる予防措置を提供し、このような欠陥を覆ってシールする。蒸着被膜加工は、卓越した整合性と厚さの均一性があるピンホールの無い被膜を形成することが可能であり、真空下で実行される。

【0037】

被膜プロセスは以下のようにして実行される。c M U T 素子間から材料を除去して絶縁トレンチを形成した後、c M U T セルを清浄化して、そこに残されたどのような残留物も除去する。次に c M U T 装置を真空中で高温で乾燥させる。c M U T 装置は、乾燥後、スパッタ又は蒸気被膜機械中に置かれ、数ミクロンの選択された材料が被膜される。かかる被膜が極めてコンフォーマルであるとしても、十分に小さい場合には微小亀裂はシールされ、c M U T セルは真空になる。多くの絶縁無機物材料は、高い絶縁耐力を有し、これは

c M U Tセルを外部環境から絶縁するのに役立つ。

【0038】

本発明の更に別の態様は、トランスデューサ素子が互いに電氣的に絶縁される c M U T 装置の製造である。本発明の1つの実施形態によると、電氣的絶縁は、選択的イオン注入により達成することができる。電氣的結合は電磁エネルギーの流れ、主に電子の流れによって支配されるので、該結合は基板の導電性を変更することで最小化することができる。より正確には、トランスデューサ素子間にある基板の特定の領域は、基板の半導体特性を変化させるイオンをドーピングすることができる。素子間の領域に選択的にドーパントを注入することで、バックツープバック p n 接合ダイオードなどの接合、すなわち電氣的クロストークを抑制する絶縁に近い領域を形成することができる。この手法により、材料は除去されないが、電気特性が選択された領域において変更される。このプロセスは、c M U Tセルの形成の前、途中、又は後で実行することができる。イオン注入条件が、c M U Tセルの超微細加工中に支配的となる温度よりも高温を指示する場合には、超微細加工の前にイオン注入の実行を選択することができる。

【0039】

或いはまた、c M U T製造向けに主として非導電性基板を用いることができ、ここでは底部電極は、c M U Tの下で堆積された金属又は選択的にドーピングされた領域のいずれかである。この場合、これらの領域を選択的にドーピングしてこれらを電氣的に接地することにより、各素子間の領域を接地することが望ましい場合がある。(前述のように)絶縁トレンチにより離隔された素子間の領域を接地する別の方法は、トレンチの表面(例えば壁)をアルミニウム又はアルミニウム・シリコン合金などの導電性材料で被膜し、次いでこの金属を接地して隣接する素子間を電氣的に絶縁することである。いずれかの方法により、浮遊電荷を隣接する素子ではなく接地に伝導することが可能となる。

【0040】

p n 接合ダイオードは、面に沿って隣接するドーピング半導体材料の2つのボリュームを含み、その面が接合を構成する。1つの区域の材料は、n型半導体材料であり、他方の区域の材料はp型材料である。すなわち半導体材料は、接合の片側で異なるようにドーピングされる。p n 接合ダイオードは、一方向で導通し、他の方向では導通しない。2つの p n 接合ダイオードをバックツープバックで配置することで、装置はどちらの方向にも導通しないように形成することができる。かかる1対のバックツープバック p n 接合ダイオードの長さを延ばすことにより、電流の流れに対する長い障壁を形成することができる。図9及び図10は、かかる電氣的絶縁デバイスの2つの実施例を示し、ここで基板4がドーピングされて、n p n型のバックツープバックダイオードを形成する。いずれの場合においても、バックツープバックダイオードは、基板材料の要求された深さまでドーピング剤を注入することにより作製される。

【0041】

図9に示される実施形態において、トランスデューサ素子(各素子が複数のc M U Tセル2を含む)は、n型半導体材料で製造された各領域44及び48上に構築され、pドーパントはトランスデューサ素子間の領域46にイオン注入される。n型半導体材料で製造された各領域は、その上に構築されるトランスデューサ素子の底部電極として機能する。各p型領域は、それぞれのn型領域が両側面に位置してそれぞれのn p 接合50及び52を形成する。或いはまた、トランスデューサ素子は、p型材料上に構築することができ、該p型領域はトランスデューサ素子間のイオン注入n型領域にインターリーブされる。

【0042】

図10に示される実施形態において、トランスデューサ素子は、p型でもn型でもない半導体すなわち非導電性(非ドーピングのポリシリコンなど)の材料で製造されたそれぞれ領域上に構築されると共に、隣接するトランスデューサ素子間に配置される各領域において、nドーパントは領域44及び48にイオン注入され、pドーパントは領域44と48との間の領域46にイオン注入される。この場合も、各p型領域は、それぞれのn型領域が両側面に位置してそれぞれのn p 接合50及び52を形成する。或いはまた、n p n接合

の代わりに、p n p接合をトランスデューサ素子間の領域に注入することができる。

【0043】

従って、隣接するトランスデューサ素子は、隣接するトランスデューサ素子間の非占有空間に図9又は図10で示されたタイプの障壁を配置することにより、互いに電氣的に絶縁することができる。

【0044】

図11は、本発明の別の実施形態によるp型材料で製造された共通壁46を共有する2つのトランスデューサ素子の断面図を示す。簡潔にするために、追加のトランスデューサ素子は示されていないが、隣接するトランスデューサ素子の各ペアは、p型材料で製造された共通壁を共有することを理解されたい。それぞれの素子の底部電極は、n型材料のそれぞれの領域44及び46から成る。n型材料の隣接する領域間の領域はp型材料が占有し、このp型材料が上方に突出して共通壁を形成する。p型材料の壁は膜8を支持し、この膜はトランスデューサ素子を形成する個別のc M U Tセルのそれぞれのキャビティ10の上に懸架される。特定のトランスデューサ素子のc M U Tセルは、n型材料で製造された共通の底部電極を共有するのが好ましい。

10

【0045】

音響バッキング層が基板の背面に配置される実施形態において、音響バッキング材料は、c M U T基板に音響的に適合した組成を有するべきであり、音響エネルギーの反射が装置に戻るのを防ぐ。基板4がシリコン製である場合、好適なバッキング材料の1つの実施例は、名称が「Back ing Material for Micromachined Ultrasonic Transducer Devices」の米国特許出願番号第10/248,022号で開示されているように、(質量で)96.3%のタングステン(その85%は10ミクロンで15%は1ミクロンの粒径)と、3.67%のポリ塩化ビニル(PVC)粉体との混合物から構成される。タングステン-ビニル複合体はまた、Lees、Gilmore及びKranzによる研究論文「Acoustic Properties of Tungsten-Vinyl Composites」、IEEE Transactions on Sonics and Ultrasonics、SU-20巻、1号、pp. 1-2、1月、1972年で検討されている。音響バッキング材料の組成は、上記で与えられた実施例から変更することができることは当業者には理解されるであろう。

20

30

【0046】

更に、図3に示される実施形態は、c M U Tアレイの上部に可撓性相互接続回路を配置することを含む。アレイを相互接続する別の可能な手段は、バッキング材料に埋め込まれるワイヤ又はトレースを介してバッキング材料を通る接続を形成することである。これらの接続は次に、ウェーハ貫通バイア又はラップアラウンド接続によってc M U T装置の表面上に形成することができる。別の変化形態により、フレックス回路を基板の下に配置することができ、次にウェーハ貫通バイア又はラップアラウンド接続を用いて、c M U T装置の上部に信号を送ることができる。別の変化形態により、c M U T基板を、インピーダンス・マッチング、多重化、スイッチング、及びビーム形成の送受信などの超音波変換から分離又は関連付けられた電氣的機能を提供する第2の基板に接続することができる。音響バッキング層はこれらの基板の間に配置することができる。この実施形態において、c M U Tセル電極から第2の基板の電子回路構成への電氣的接続は、基板及び音響バッキング層で形成されるバイアを通過することができる。

40

【0047】

本発明を好ましい実施形態を参照して説明してきたが、本発明の範囲から逸脱することなく様々な変更を行うことができ、均等物をその要素と置き換えることができることは当業者には理解されるであろう。更に、本発明の本質的範囲から逸脱することなく特定の状況を本発明の教示に対して適合させるように多くの修正を行うことができる。従って本発明は、本発明を実行するにあたって考えられる最良のモードとして開示された特定の実施形態に限定されず、本発明は添付の請求項の範囲内に包含される全ての実施形態を含むこ

50

とが意図される。

【0048】

請求項で用いられる用語「超音波トランスデューサ」は、容量型及び圧電型の超音波トランスデューサを含む。請求項で用いられる語句「基板を超微細加工する」は、表面及び／又はバルク双方の超微細加工を含むように解釈すべきである。また、図面の符号に対応する特許請求の範囲中の符号は、単に本願発明の理解をより容易にするために用いられているものであり、本願発明の範囲を狭める意図で用いられたものではない。そして、本願の特許請求の範囲に記載した事項は、明細書に組み込まれ、明細書の記載事項の一部となる。

【図面の簡単な説明】

10

【0049】

【図1】典型的なcMUTセルの断面図。

【図2】図1に示されたcMUTセルの等角図。

【図3】cMUT装置及び音響バッキング材料の層により支持された関連する電氣的接続部の側面図。

【図4】基板及び音響バッキング材料の上に電氣的に共に接続されたcMUTセルのグループの等角図。

【図5】各素子が複数の電氣的に接続されたcMUTセルを含む、超微細加工され間隔を置いた1つの横列のトランスデューサ素子を形成する基板の等角図。

【図6】本発明のそれぞれの実施形態による、図1の超微細加工された基板において形成することができる音響絶縁トレンチの2つの異なる型を示す図。 20

【図7】本発明の各実施形態による図1の超微細加工された基板内に形成することができる音響絶縁トレンチの4つの異なる型を示す図。

【図8】本発明の更に別の実施形態による超微細加工された基板の背面上の音響絶縁トレンチの形成を示す図。

【図9】本発明の別の実施形態による、トランスデューサ素子間に電氣的絶縁をもたらすようドーパされた半導体基板上に構築されるcMUT素子をそれぞれ示す図。

【図10】本発明の別の実施形態による、トランスデューサ素子間に電氣的絶縁をもたらすようドーパされた半導体基板上に構築されるcMUT素子をそれぞれ示す図。

【図11】本発明の別の実施形態による、膜を支持する壁は電氣的絶縁をもたらすp型半導体材料で製造される、n型半導体基板上に構築されたcMUTセルのペアを示す図。 30

【符号の説明】

【0050】

2 cMUTトランスデューサ・セル

4 基板

18 バック層

26、28 絶縁トレンチ

【図 1】

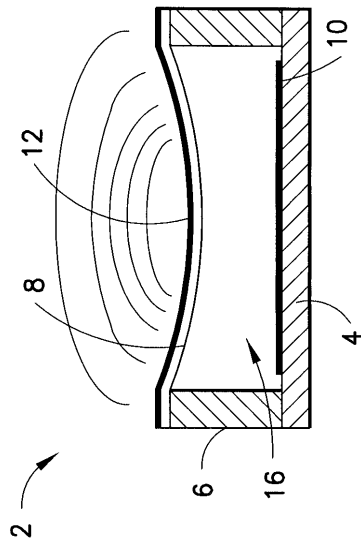


FIG.1

【図 2】

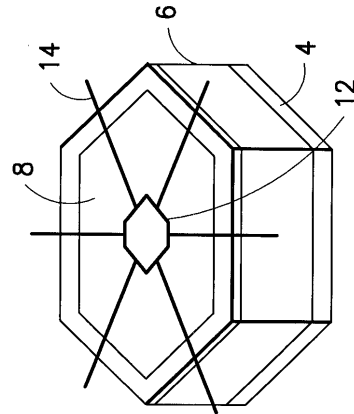


FIG.2

【図 3】

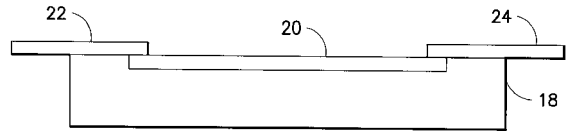


FIG.3

【図 4】

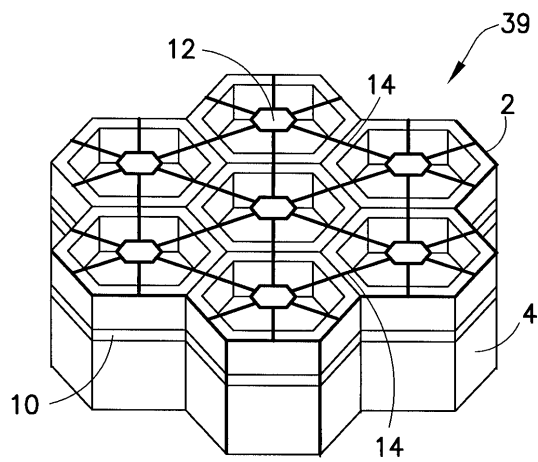


FIG.4

【図 5】

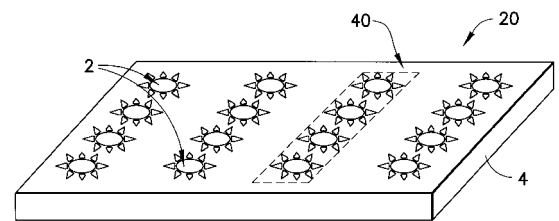


FIG.5

【図 6】

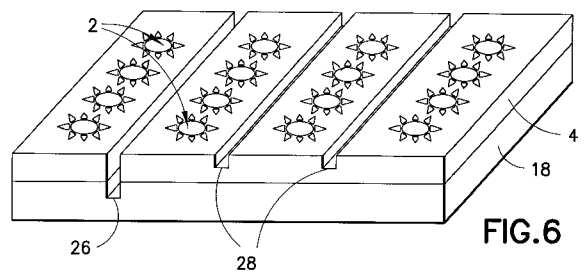


FIG.6

【図 7】

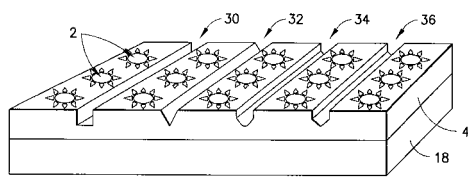


FIG.7

【図 9】

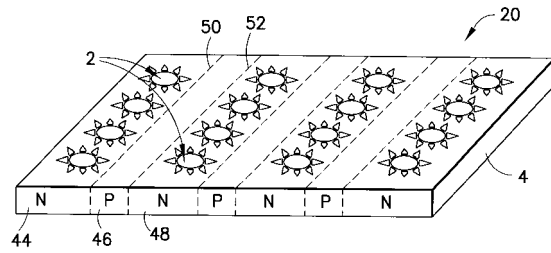


FIG.9

【図 8】

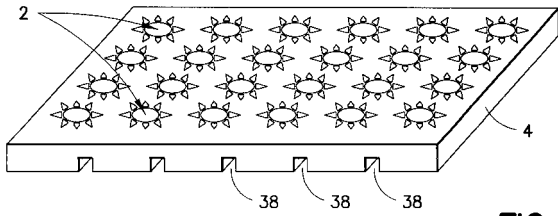


FIG.8

【図 10】

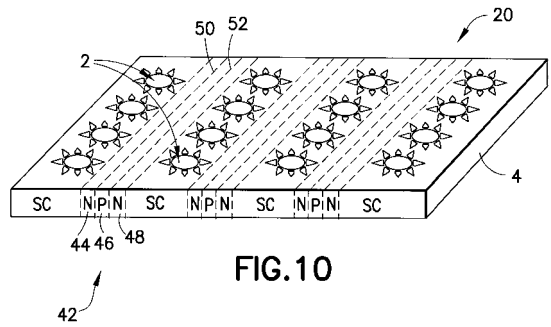


FIG.10

【図 11】

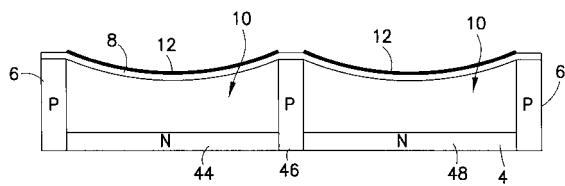


FIG.11

フロントページの続き

- (72)発明者 ロバート・スティーブン・ルバンドウスキー
アメリカ合衆国、ニューヨーク州、アムステルダム、カウンティ・ハイウェイ・126、978番
- (72)発明者 ローウェル・スコット・スミス
アメリカ合衆国、ニューヨーク州、スケネクタディ、チェシャー・プレイス、24番
- (72)発明者 チャールズ・エドワード・バウムガートナー
アメリカ合衆国、ニューヨーク州、スケネクタディ、モヒガン・ロード、945番
- (72)発明者 デビッド・マーティン・ミルズ
アメリカ合衆国、ニューヨーク州、ニスカユナ、ヘリテージ・ロード、1915番
- (72)発明者 ダグラス・グレン・ワイルズ
アメリカ合衆国、ニューヨーク州、ボールストン・レイク、グレーテル・テラス、52番
- (72)発明者 レイエット・アン・フィッシャー
アメリカ合衆国、ニューヨーク州、ニスカユナ、パークリー・アベニュー、2305番
- (72)発明者 ジョージ・チャールズ・ソゴイアン
アメリカ合衆国、ニューヨーク州、グレンビル、クロッソン・ロード、317番
- Fターム(参考) 2G047 AA06 BC07 CA01 EA10 GB02 GB17 GB21 GB23 GB32 GB33
4C601 EE09 GB06 GB19 GB30 GB41 GB48
5D019 AA22 BB18 FF04 GG05