

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4609902号
(P4609902)

(45) 発行日 平成23年1月12日(2011.1.12)

(24) 登録日 平成22年10月22日(2010.10.22)

(51) Int.Cl.	F I
HO 4 R 31/00 (2006.01)	HO 4 R 31/00 3 3 O
HO 4 R 17/00 (2006.01)	HO 4 R 17/00 3 3 2 Y
HO 1 L 41/09 (2006.01)	HO 1 L 41/08 C
HO 1 L 41/22 (2006.01)	HO 1 L 41/22 Z
HO 1 L 41/187 (2006.01)	HO 1 L 41/08 J
請求項の数 10 (全 13 頁) 最終頁に続く	

(21) 出願番号	特願2007-554056 (P2007-554056)	(73) 特許権者	506153561
(86) (22) 出願日	平成17年2月3日(2005.2.3)		ジーイー・インスペクション・テクノロジーズ, エルピー
(65) 公表番号	特表2008-532349 (P2008-532349A)		アメリカ合衆国 17044 ペンシルベニア州 ルイスタウン インダストリアル・パーク・ロード 50番
(43) 公表日	平成20年8月14日(2008.8.14)	(74) 代理人	100137545
(86) 国際出願番号	PCT/US2005/003224		弁理士 荒川 聡志
(87) 国際公開番号	W02006/083245	(74) 代理人	100105588
(87) 国際公開日	平成18年8月10日(2006.8.10)		弁理士 小倉 博
審査請求日	平成20年2月1日(2008.2.1)	(74) 代理人	100129779
			弁理士 黒川 俊久
		最終頁に続く	

(54) 【発明の名称】 メッキを施した圧電複合体及び圧電複合体にメッキを施す方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

超音波トランスデューサ(10)に使用するためのセラミック素子(12)を製造する方法であって、

第1の側及び対向する第2の側を持つ所定の寸法のセラミック材料(20)であって、圧電弾性材料として特徴付けられるセラミック材料(20)を用意する工程と、

前記セラミック材料(20)を非導電性重合体(14)の中に埋設して、複合体を形成する工程と、

前記複合体の第1の側を処理して、前記セラミック材料(20)を露出させて、前記複合体において前記セラミック材料(20)の第1の面が前記重合体(14)の第1の面よりも下方に位置するようにする工程と、

前記複合体の第2の側を処理して、前記セラミック材料(20)を露出させて、前記複合体において前記セラミック材料(20)の第2の面が前記重合体(14)の第2の面よりも下方に位置するようにする工程と、

前記セラミック材料(20)を選択的に侵食するように選ばれた酸により、前記複合体の第1の側を酸エッチングする工程と、

前記セラミック(20)を選択的に侵食するように選ばれた酸により、前記複合体の第2の側を酸エッチングする工程と、

前記セラミック材料(20)が前記複合体の第1の側で前記重合体(14)よりも上方へ延出するように重合体(14)を除去するために十分な時間にわたって、前記複合体の

10

20

第 1 の側で前記重合体 (1 4) をプラズマ・エッチングする工程と、

前記セラミック材料 (2 0) が前記複合体の第 2 の側で前記重合体 (1 4) よりも上方へ延出するように重合体 (1 4) を除去するために充分な時間にわたって、前記複合体の第 2 の側で前記重合体 (1 4) をプラズマ・エッチングする工程と、

適用されるメッキが前記セラミック (2 0) と前記重合体 (1 4) との間の膨張の差により損傷されない程に充分低い第 1 の所定の温度で、前記複合体の第 1 の側に導電性材料をメッキする工程と、

適用されるメッキが前記セラミック (2 0) と前記重合体 (1 4) との間の膨張の差により損傷されない程に充分低い前記第 1 の所定の温度で、前記複合体の第 2 の側に導電性材料をメッキする工程と、

前記適用されたメッキが前記セラミック (2 0) と前記重合体 (1 4) との間の膨張の差により損傷されない程に充分低い前記第 2 の所定の温度で、前記セラミック (2 0) を非活性化して前記セラミック (2 0) をポーリングする工程と、

前記メッキされた複合体の一方の側に接点を取り付ける工程と、

前記複合体に音響層を適用して、前記トランスデューサ (1 0) を形成する工程と、
を有する方法

【請求項 2】

メッキする前記工程は、約 7 5 ° C より低い第 1 の所定の温度で前記複合体の第 1 の側にスパッタリングする工程を含んでいる、請求項 1 記載の方法。

【請求項 3】

非活性化してポーリングする前記工程は、約 6 0 ° を越えない温度で前記セラミック (2 0) をポーリングする工程を含んでいる、請求項 1 記載の方法。

【請求項 4】

セラミック材料 (2 0) を用意する前記工程は、P Z T、P Z N - P T 及び P M N - P T より成る群から選択されたセラミック材料 (2 0) を用意する工程を含んでいる、請求項 1 記載の方法。

【請求項 5】

セラミック (2 0) を非導電性重合体 (1 4) の中に埋設する前記工程は、前記セラミック (2 0) をエポキシの中に埋設する工程を含んでいる、請求項 1 記載の方法。

【請求項 6】

複合体の第 1 の側及び複合体の第 2 の側を処理する前記工程は、前記複合体の第 1 の側を粗研削し、また前記複合体の第 2 の側を研削する工程を含んでいる、請求項 1 記載の方法。

【請求項 7】

複合体の第 1 の側及び複合体の第 2 の側を処理する前記工程は、更に、前記粗研削の後で仕上げ研削する追加の工程を含んでいる、請求項 6 記載の方法。

【請求項 8】

仕上げ研削する前記追加の工程は、リニア研削、ラップ仕上げ及び粗研削より成る群から選択された処理を含んでいる、請求項 7 記載の方法。

【請求項 9】

前記セラミック材料 (2 0) は、仕上げ研削の後、前記重合体 (1 4) よりも約 1 5 0 0 0 ~ 3 0 0 0 0 オングストロームだけ凹んでいる、請求項 7 記載の方法。

【請求項 1 0】

前記酸は、前記セラミック材料 (2 0) の粒界を選択的にエッチングするように選ばれている、請求項 4 記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明は、メッキを施した圧電複合体と、接着力及び信頼性を改善するためにこのようなメッキを施すための方法とを対象とし、詳しく述べると、セラミック柱状体のアレイ (

10

20

30

40

50

配列)を持つセラミック圧電複合体超音波トランスデューサと、このようなトランスデューサを製造するための方法とを対象とする。

【背景技術】

【0002】

超音波トランスデューサは1つ又は複数の圧電振動子を含み、圧電振動子は超音波試験装置の形態のパルス発生・受信装置に電気接続される。この圧電トランスデューサはパルス発生装置からの電気パルスを変換し、電気信号を機械的振動に変換する。機械的振動はそれが結合される金属のような材料を介して伝送される。圧電材料は、それが結合された材料からの機械的振動を受け取って、機械的振動を電気パルスに変換する能力を持ち、この電気パルスは受信装置へ送られる。電気パルスの送信と電気信号の受信との間の時間差を追跡し且つ受信した波の振幅を測定することによって、材料の様々な特性を決定することが可能である。機械的パルスは一般に約0.5MHz~約25MHzの周波数範囲内にあり、このため、それは超音波と呼ばれ、それから装置の名前が由来する。従って、例えば、材料の厚さ、又は材料内の欠陥の存在及び大きさを決定するために、超音波試験を用いることができる。

10

【0003】

超音波トランスデューサは、送信専用装置及び受信専用装置の対において使用することができる。しかしながら、トランスデューサはパルスの送信及び受信の両方を行うトランシーバである場合が多い。トランスデューサは単一の素子とすることができ、或いは単一のトランスデューサを複数のセラミック素子で構成することできる。本発明は、広義には、1つ又は複数のセラミック素子で構成されたトランスデューサ又はプローブと、このようなトランスデューサを製造する改良方法とを対象とする。複合体セラミックを利用するこのようなトランスデューサには、単一素子トランスデューサ、二重素子トランスデューサ又はアレイ(位相調整アレイ)トランスデューサが含まれる。

20

【0004】

これらのトランスデューサを作成するには、現在、ジルコン酸チタン酸鉛(PZT)のような単一のセラミック材料片を用意する。このセラミックを処理して、この処理による影響を受けていない中実なセラミック片から突出する所定の側の複数の間隔を置いた柱状体又は平面を生成する。この影響を受けていない中実なセラミック片はセラミック・バックボーンと称される。本発明は、より狭義には、超音波プローブに使用されるセラミック素子の処理の改善を対象としており、プローブは、セラミックばかりでなく、整合層、裏当て、ケース及びコネクタを含む。

30

【0005】

(ダイスカット・セラミック(diced ceramic)とも称される)複数の間隔を置いた柱状体又は間隔を置いた平面が形成された後、これらの柱状体又は平面の相互の間の空間はエポキシ重合体(ポリマー)で充填される。セラミック・バックボーンとは反対側でダイスカット・セラミックを覆う連続したエポキシ層を形成するために十分なエポキシ重合体が適用される。

【0006】

次いで、セラミック・バックボーンが研削によって除去される。セラミック・バックボーンを確実に完全に除去するために、セラミック除去作業をバックボーンよりも下方に且つ僅かにダイスカット・セラミックの中まで拡張して、各々の柱状体又は平面の小部分を除去する。これは、表面平滑仕上げにより平坦な表面を維持することが重要であるので、あまり重大ではない。表面の平行度基準は研削の後で0.0002インチであり、表面仕上げは約35000オングストローム単位又はそれより平滑であり、典型的には、約15000~約35000オングストローム単位である。バックボーンを除去した後、工作物はひっくり返えられて、エポキシ重合体が研削によって除去される。この場合も、各々の柱状体の幾分かの小部分を除去してよいが、表面平滑仕上げにより平坦な表面を維持することが重要である。最初に除去するのをエポキシ重合体にするか又はセラミック・バックボーンにするかは重要ではないが、セラミック・バックボーンを最初に除去する場合、処

40

50

理が幾分容易になる。処理のこの時点で、工作物は、エポキシ重合体の中に埋設された複数のセラミック柱状体を有する。次いで、工作物の両面が仕上げ研削される。仕上げ研削の後、セラミック柱状体はエポキシ重合体よりも典型的には約 15000 ~ 約 35000 オングストロームだけ凹んでいる。柱状体の凹みは、随意選択による研磨工程によってエポキシの表面よりも 2000 オングストロームにまで小さくすることができる。図 1 に随意選択による研磨作業後の従来の多配列トランスデューサの断面を示しており、その表面の上にはメッキ層 32 が設けられており、またセラミック柱状体 12 がエポキシ 24 の表面よりも下方に位置していることを示している。

【0007】

セラミックは、任意の損傷を受けたセラミックを除去するために超音波洗浄器内で洗浄される。洗浄器のパワー設定は、柱状体上のメッキが洗浄中に柱状体から除去されないレベルに調節される。洗浄後、セラミックは洗滌してから、プラズマ洗浄し、次いでセラミック工作物にスパッタリングによりメッキし、そして該メッキを接着力について試験する。次いで、セラミック工作物はダイス非活性化され、次いでセラミックを活性化するためにポーリングされる。

【0008】

このプロセスは有効なトランスデューサを生成することができるが、このようなトランスデューサに関連して複数の問題がある。これらの問題は、セラミックの柱状体又は平面がエポキシの表面よりも凹んでいることに関連している。スパッタリング・メッキ処理では、表面上に非常に薄いメッキが施される。全メッキ厚さは約 15000 オングストロームであり、これは視線処理によって施される。セラミック柱状体がエポキシ重合体よりも凹んでいるので、スパッタリング処理は表面に、特にエポキシ重合体及びセラミック材料の平行な平面の間に延在する垂直な表面に、一様な被覆を設けることができない可能性がある。更に、スパッタリング・メッキ作業が約 120 °C (約 250 °F) の温度で遂行されるので、エポキシはセラミック柱状体又は平面よりも上方に拘束されずに自由に膨張することができる。たとえこの膨張が小さい場合であっても、スパッタリング・メッキ処理によって堆積されたメッキの厚さのため、膨張は、セラミック柱状体とエポキシの水平な表面との間のエポキシ重合体に沿った垂直な方向に伸びる薄いメッキを損傷するのに十分な大きさであることがあり、これにより低いキャパシタンスのようにセラミックの性能を劣化させる。スパッタリングの後、セラミックはダイス非活性化され、次いでセラミックを活性化するようにポーリングされる。ポーリングのための温度は約 100 ~ 110 °C ほどの高さの範囲内にすることができる。ポーリングの後、メッキに接点ハンダ付けされる。

【0009】

この構成による別の問題は、凹んだセラミックにハンダ付けするのが困難なことである。結果として、ハンダ付け処理中にハンダの熱がエポキシによって支えられ、これが原因でエポキシが膨張して、薄いメッキを破損する可能性を更に増大させ、もって不良なハンダ接続部を生じさせる。

【特許文献 1】米国特許第 5030874 号

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

セラミックから形成された複数の素子を持ち、これらの素子が重合体よりも凹んでいないようにしたトランスデューサは、上述の従来のトランスデューサに関連した問題の多くを克服すると考えられるが、このようなトランスデューサ及びその製造方法はこれまで当該分野で知られていない。

【課題を解決するための手段】

【0011】

本発明は、セラミックを重合体よりも上方へ延出させたセラミック素子を持つトランスデューサを提供する。トランスデューサのこの好ましい構成は、トランスデューサ製造方

10

20

30

40

50

法の結果として生成される。トランスデューサは、単一素子トランスデューサに見られるように、エポキシ内に埋設されたセラミック素子を持つ圧電複合体素子を有することができる。トランスデューサは、エポキシ内に埋設された複数のセラミック素子を持ち且つこれらのセラミック素子が重合体によって互いから分離されている圧電複合体素子を有することができる。複数の圧電セラミック素子は、2つのセラミック素子が非導電性重合体によって分離されている二重素子トランスデューサと同様に簡単なものか、又はセラミック素子の四素子アレイであってよく、或いは各素子が同様に分離されているより多数の圧電セラミック素子を持つアレイであってよい。例えば、約2500の素子を持つ 50×50 のアレイであって、各素子が矩形であり且つ約0.002インチの一边を持つアレイは、容易に製造することができる。或るアレイでは、セラミック素子は柱状体の形態にすることができ、この場合、各柱状体は励起されたとき複数の音波点源として作用するエミッタとなり、或いは、セラミック素子は平面状界面を形成する条片の形態にすることができ、この場合、各条片は励起されたとき平面波のエミッタとなる。複数のセラミック素子は重合体よりも上方へ僅かに延出していると共に、重合体と互い違いの配列構成になっている。結果として、セラミック及びエポキシで構成されている複合体の面は、真に平面状の配列構成ではない。その面は、その上に適用された貴金属のような導電層を含む。エミッタを形成するセラミック素子の各々は、導電層にハンダ付けされた接点によって駆動信号とアースとに並列に個別に接続される。本発明ではセラミック素子(1つ又は複数)とメッキとの間の電気接続の信頼性を改善しているので、個々のセラミック部材を同時に励起することによって、音響性能が改善される。この構成では、本発明に従って製造されたセラミックを取り入れたトランスデューサはまた、特に粗い表面に対して、より低い音響インピーダンス及びより良好なパワー伝達を提供する。柱状体構成においては、本発明に従って製造されたセラミックを取り入れたトランスデューサはまた、改善された分解能を提供する。

【0012】

本発明のトランスデューサを形成するには、先ず、第1の側及び第2の側を持つ単一のセラミック材料片を用意する。次いで、このセラミックを第1の側から処理して、第2の側から突出する所定の寸法の複数の間隔を置いた柱状体又は平面を生成する。このとき、第2の側は、処理による影響を受けなかったバックボーンを形成する中実なセラミック片である。複数の柱状体又は平面の相互間の空間は、重合体のような非導電性材料を充填する。セラミック・バックボーンとは反対側でダイスカット・セラミックを覆う連続したエポキシ層を形成するために十分なエポキシ重合体が適用される。次いで、セラミック・バックボーンを研削によって除去し、次いで工作物をひっくり返えて、重合体を研削によって除去する。平滑な表面仕上げを持つ平坦な表面が得られる限り、各々の柱状体の小部分を除去してもよい。次いで、重合体に埋設された複数のセラミック柱状体を有する工作物は、仕上げ研削される。この時点で、セラミック柱状体は、重合体よりも典型的には約15000~約30000オングストロームだけ凹んでいる。これらの調製技術は従来技術と実質的に同じである。

【0013】

ここで、工作物を先ず酸性溶液中でエッチングする。酸性溶液は、セラミックを選択的に侵食するように選ばれる。工作物を十分な時間にわたってエッチングした後、工作物を酸から取り出して、酸を中和するのに十分な時間にわたって脱イオン水溶液で洗浄する。次いで、工作物を非反応性ガスで乾燥させ、次いでその一部をプラズマ・エッチングする。プラズマ・エッチングにより重合体をエッチングして、重合体がセラミック素子の表面よりも凹んで、セラミック柱状体を露出させるようにする。プラズマ・エッチングの後、トランスデューサの表面を約75°Cより低い温度でスパッタリング・メッキする。次いで、セラミック素子をダイス非活性化し、次いで約60°Cより低い温度でポーリングする。ポーリングの後、金属化されたトランスデューサ素子に接点を通常の態様でハンダ付けする。

【0014】

本発明の有意義な利点は、本発明のトランスデューサを形成する複数のセラミック素子の各々が重合体マトリクスよりも約25000オングストロームだけ上方へ延出していることであり、これは従来技術のトランスデューサによって得られるものとは異なる表面をもたらす。セラミックが露出し過ぎると、亀裂が生じ易くなる。

【0015】

上記の利点は、従来技術のトランスデューサに関連した一連の問題を克服し、もって別の利点を生じる。セラミック素子が重合体マトリクスよりも上方へ延出しているので、セラミックは重合体の膨張を拘束する。しかしながら、スパッタリング・メッキが以前のスパッタリング・メッキ作業よりも遙かに低い温度で遂行されるので、膨張はさほど酷くはなく、この結果として膨張がより小さくなり、薄い脆弱なメッキに対して加わる応力がより小さくなる。

10

【0016】

同様に、ダイス非活性化及びポーリングが従来技術の温度よりもかなり低い温度で行われるので、これらの作業によるトランスデューサ材料の膨張がより小さくなり、その結果、この場合もまた、薄い脆弱なメッキに加わる応力がより小さくなる。

【0017】

セラミック素子が重合体マトリクスよりも上方へ延出することから生じる別の利点は、素子への接点のハンダ付けの際に熱が生じ、セラミック素子がハンダ付けの熱を受けることである。これは、セラミック材料が重合体マトリクスよりも熱により容易に反応するので、望ましい。セラミック材料は典型的には熱膨張係数が低く、従ってこの熱は脆弱なメッキに及ぼす影響が少なく、メッキは膨張が低いことにより応力が低くなる。

20

【0018】

本発明のプロセスの別の利点は、音響層が、重合体よりも上方へ突出するセラミック柱状体に一層容易に接着することである。音響層はセラミックの面を覆うように適用される。アレイ内のセラミック柱状体が重合体の表面よりも凹んでいるときは、トランスデューサの面に音響層を接着する材料が柱状体の頂部を濡らすことは困難である。柱状体の適切な濡れは、超音波を発生する非常に小さい柱状体と音響層（1つ又は複数）との間の効率のよい結合を得るために必要である。柱状体と音響層との間の良好な接触を達成し損なうと、利得の低いトランスデューサが生じる可能性がある。このような不具合は、典型的には、セラミックの面に音響層を接着するために使用される接着剤がセラミック柱状体の頂部に接触し損なったときに起こる。更に、重合体よりも僅かに上方へ突出するセラミック柱状体を持つセラミック面を設けることによって、ハンダ付けによるよりもむしろウェッジ・ボンディングによってセラミック柱状体に電気接続を行うことが可能である。ウェッジ・ボンディングは、重合体がセラミック柱状体よりも上方へ突出しているときは可能ではない。と云うのは、重合体が、典型的には、ウェッジ・ボンディングを適用し得るほどに十分に硬くも強くもないからである。

30

【0019】

本発明の別の利点は、研削作業後の超音波浴中でのセラミック材料の酸エッチングにより、セラミック柱状体の粒界が侵食されることである。酸はこれを達成するように処方され、超音波振動と組み合わせられて、セラミック柱状体から損傷した領域を除去し、もって、その後適用されるスパッタリング・メッキを付着させるためのより一層構造上完全な表面を用意する。

40

【0020】

本発明の他の特徴及び利点は、本発明の原理の例を示す添付の図面を参照した以下の好ましい実施形態のより詳細な説明から明らかになる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0021】

図2は、本発明の圧電複合体を取り入れた多配列トランスデューサ10を示す。トランスデューサは、複数の圧電複合体セラミック柱状体12で構成される。各々のセラミック柱状体12は、重合体のような非導電性材料14によって隣り合うセラミック柱状体12

50

から隔てられている。好ましい実施形態では、重合体はエポキシである。圧電セラミック複合体柱状体は、電氣的励起を受けたときに振動して、機械的な波又は音波（これらを以後「音響波」と称する）を発生し、且つ入射音響波によって励振されたときに電気パルスを発生する能力を持つことを特徴とする。好ましいセラミック材料はジルコン酸チタン酸鉛（PZT）であるが、他の等価な材料、例えば、多結晶リラクサ（relaxor）材料（PZN-P T材料）及び偏倚エレクトロレストリクタ（electrorestrictor）材料（PMN-P T材料）を当該技術分野で知られているように使用することができる。各々のセラミック柱状体12又は素子は、電源を含む機器と並列に素子を接続できるようにする電気接続部16含む。該機器は、典型的には、電源を含むことに加えて、受け取った信号を調整し且つ信号を表示できるようにする能力を含む超音波試験装置である。超音波試験装置は当該分野において周知であり、本発明と関連して使用されるが、本発明の一部を構成しない。トランスデューサ10は、典型的には、試験片に対する多配列トランスデューサの結合を容易にする表面仕上げ材18を含む。

10

【0022】

本発明の圧電複合体セラミック柱状体12は、最初は所定の寸法のセラミック材料のブロックとして用意される。所定の寸法は、トランスデューサの寸法に基づいて選ばれる。セラミックのブロックは、典型的には、2次元配列の柱状体を生成する複数の柱状体を形成するように機械的に切削される。このような切削を遂行する方法は周知であり、切削のための任意の許容可能な方法を使用することができる。好ましくは、セラミック・ブロックはダイスカット用鋸を使用して切削される。図3に、セラミック・バックボーン22から上向きに突出するセラミック柱状体を持つダイスカット・セラミック・ブロック20を示す。柱状体の相互間の空間は、ブロックがダイスカットされた後に残っている切り溝である。

20

【0023】

ダイスカット・セラミック・ブロック20の切り溝は、図4に示されているように、非導電性材料14で充填される。図4は、細く且つ脆弱なセラミック柱状体12についての構造的支持を特に剪断荷重の下で横断方向に与えるためにエポキシ24が充填されているブロック20の断面図である。図4に見ることができるように、エポキシ24は、セラミック柱状体12を覆って延在するエポキシ・バックボーン26を構成し、且つ柱状体の相互間の隙間領域28を満たす。

30

【0024】

セラミック・バックボーン22及びエポキシ・バックボーン26は両方とも除去しなければならない。セラミック・バックボーン22及びエポキシ・バックボーン26は、典型的には、最初は、その材料の大部分を除去するために粗研削される。セラミック柱状体を露出させることなくセラミック柱状体に出来る限り近づくようにセラミック・バックボーン22及びエポキシ・バックボーンの両方を粗研削することが望ましい。しかしながら、時には、研削はバックボーン22、26よりも僅かに下方まで延長させてもよい。次の機械的作業は、平滑で一樣な表面を生成するための仕上げ研削作業である。エポキシ充填セラミックの両側が研削作業を受ける。仕上げ研削作業は、平滑で一樣な表面を生成する任意の許容可能な方法によって行うことができる。リニア研削、ラップ仕上げ及びバック研削の全てが許容可能な仕上げ研削工程である。図5は、仕上げ研削を行った後の仕上げ研削済みトランスデューサ30の面を示す。図5は、エポキシ24によって囲まれたセラミック柱状体12を示しており、セラミック柱状体12はエポキシ24の表面よりも約15000~30000オングストローム単位だけ凹んでいる。

40

【0025】

セラミック柱状体12をエポキシ24と同じ平面に置くために、仕上げ研削済み工作物は酸性溶液の中に入れる。酸性溶液は、メッキ前工程として圧電セラミック複合体柱状体をエッチングするために選択される。選択される酸は、使用される特定のセラミック材料に左右されるが、PZTセラミックをエッチングする際には HBF_4 及び HNO_3 の溶液が有効であった。より詳しく述べると、約200ミリリットルの HNO_3 （50容

50

量%の濃酸)及び約4ミリリットルの HBF_4 (50容量%の濃酸)を持つ好適な2000ミリリットル溶液が、約1796ミリリットルの水に濃酸を加えることによって混合されて、約0.1容量%の HBF_4 及び約5容量%の HNO_3 の溶液が生成された。この溶液は、発明を実施するための最良の形態で利用される模範的な溶液である。酸がセラミック結晶粒の粒界をエッチングする限り、上記の酸及び他の酸を他の濃度で 사용할ことができることが理解されよう。工作物を超音波洗浄器内のこの酸性溶液の中に入れて、セラミック柱状体をエッチングするのに十分な時間にわたって振動させる。エッチングのための好ましい時間は約30秒であるが、エッチング時間は酸の濃度及び使用される酸に依存する。この時間は、研削作業中に損傷を受けた虞のあるセラミック材料の除去を容易にするために、柱状体の粒界をエッチングするのに充分でなければならない。本書で述べる全ての超音波洗浄器は80KHzで動作するが、必要とされる処理工程が首尾よく達成される限り、超音波洗浄器は異なる周波数で動作することができる。

10

【0026】

エッチングの後、工作物を洗浄器から取り出して、酸を中和する。酸を中和するための好ましい方法は、脱イオン水による多段階の洗浄である。まず、工作物を脱イオン水で約2分間、洗滌する。次いで、脱イオン水を含む第2の超音波洗浄器の中に所定の期間の間、例えば約3~4分間、工作物を置き、その後、窒素のような非反応性ガス(不活性ガスを使用することもできる)で噴射乾燥させる。好ましい実施形態では、乾燥濾過した空気を使用して、工作物を乾燥させる。

【0027】

20

次に、セラミック柱状体12がエポキシ24よりも下方に凹んだ状態に留まらないように、エポキシ24を選択的に除去する。エポキシ12はプラズマ・エッチングによって工作物の表面から選択的に除去する。エポキシ24のプラズマ・エッチングは、工作物の表面からエポキシ24を除去するが、セラミック柱状体12に悪影響を及ぼさない高エネルギーのガス流により達成される。酸素が好ましいプラズマ・エッチング・ガスである。プラズマ・エッチング作業中、プラズマ流は約250°F~290°Fの範囲内の温度に達することがある。プラズマ・エッチングは約1500オングストローム/分の速度で行われて、エポキシよりも上方に所要の延出部を持つセラミック柱状体12を生成するために十分な長さの時間にわたって継続した。プラズマ・エッチングのために必要とされる時間の長さは、仕上げ研削又は研磨のいずれかの後に工作物上にあるエポキシの量に依存して変わり、エポキシの量が多くなると、必要とされる時間が長くなる。厚さが少数の原子層であるエポキシ24及びセラミック柱状体12の両方を含む平面を得るように表面をエッチングすることは達成するのが非常に困難であるので、好ましい実施形態では、セラミック柱状体12が隣接のエポキシ24よりも僅かに上方へ延出するが、エポキシよりも上方に約25000オングストロームを越えないように、充分にエポキシ24をエッチングする。セラミック柱状体をエポキシよりも上方へ突出させたこの好ましい構成は図6に示している。工作物の両方の面がこのようにしてプラズマ・エッチングされる。

30

【0028】

プラズマ・エッチング処理が完了した直ぐ後に、工作物をスパッタリング室の中に入れて、エッチング後の工作物の対向する両面を約75°C(167°F)の最大温度で、より好ましくは約62°C(144°F)の最大温度で、スパッタリング・メッキする。選択される温度は重合体の膨張に関係する。温度が高すぎる場合、重合体の膨張が過大になり、スパッタリング・メッキが悪影響を受ける。エポキシの場合、温度はエポキシの t_g

40

(ガラス転移温度)よりも約10°C~約15°C高い温度である。明らかなように、重合体の膨張/収縮がメッキに影響を及ぼす決定的因子であるので、最大スパッタリング温度は重合体の組成毎に変化する。原子のスパッタリング温度を低めにしたこと、セラミック柱状体をエッチングすること、及びセラミック柱状体12をエポキシよりも上方へ延出させるか又はほぼ同じ高さにすることの組合せにより、工作物の表面へのメッキの付着が改善される。セラミック柱状体とエポキシとメッキを構成する金属材料との間に熱膨張の差があるので、従来技術の高い処理温度を避け且つメッキ処理を75°C以下に保つこ

50

とにより、工作物が冷却するにつれて非常に薄いメッキ内に熱的に誘起される応力が低減され、この結果、メッキの破損に起因する故障の確率が低減するので、より高い信頼性を持つ工作物が提供される。メッキはチタン、パラジウム及び銀の三層として適用することが好ましい。チタンは、第1層として、約1.5ミリトル(mTorr)の真空の下で約300~約600オングストローム単位の厚さに適用される。パラジウム層は、チタンの上に、約4ミリトルの真空の下で約2000~3000オングストロームの厚さに適用される。銀層は、パラジウム層の上に、約4ミリトルの真空の下で約9000~12000オングストロームの厚さに適用される。温度を60℃以下に保つために、注意深く制御した約500ミリアンペアの電流でスパッタリングすることが必要である。初期電圧は408ボルトであったが、電位は注意深く制御されず、ターゲット材料に依存して変化する。しかしながら、最大温度を越えないようにするために、銀は複数の段階に分けてスパッタリングする必要がある。上記のアンペア数及び電圧で、冷却期間を間に挟んで10分の4つの別々のメッキ段階が必要とされる。

10

【0029】

スパッタリング・メッキの後、工作物のメッキされた面は、約60℃(140°F)までの温度で圧電セラミック材料を活性化するようにポーリングされる。好ましくは、メッキ温度は60℃より低い温度に維持される。ポーリングは、セラミックにわたって高電圧電界を誘起することを含む。セラミックは、アークの発生を防止するために誘電性流体の中に漬けられる。本発明ではポーリングを60℃より低い温度で達成し、これは、PZTの製造者によって推奨されている従来技術の110℃のポーリング温度よりも低い温度である。本発明はまた、ポーリングを単位厚さ当り一層高い電圧で、すなわち、0.001インチ当り約170ボルト(V)までの電圧で達成し、これはまた、PZTの製造者によって推奨されている0.001インチ当り約150ボルトまでの電圧よりも高い。ポーリングは、個々のセラミック柱状体の各々に電位を供給する。ポーリング温度を低くする利点は、メッキに悪影響を及ぼさないようにエポキシの膨張を小さくすることである。用いることのできるポーリング温度は、重合体の熱膨張とポーリングを達成するために必要とされる温度とに依存して、重合体毎に変化する。柱状体は並列に電気接続されており、このため電源装置からの短い電気パルスにより各々の柱状体が同時に振動して、音響パルスを生成する。反射されたパルスはセラミック柱状体を振動させて、電気信号を発生させる。異なるセラミック柱状体からの反射パルス及び対応する電気信号の受信時刻及び振幅の僅かな差を、トランスデューサが取り付けられている超音波装置によって解明して調整することにより、熟練した技術者に意味のある情報を提供することができる。

20

30

【0030】

トランスデューサを完成するために、トランスデューサの面に音響層を設けることのようなその後の仕上げ作業を工作物について遂行することができる。しかしながら、これらの処理は当該分野において周知であり、本発明はこれらの周知の実務に対して更に寄与することはない。

【0031】

本発明を模範的な実施形態に関して説明したが、当業者には、本発明の範囲から逸脱することなく、様々な変更を為すことができ、且つ構成要素を等価物と置換することができることが理解されよう。更に、本発明の範囲から逸脱することなく、特定の状況又は材料を本発明の教示に適合させるように多数の修正を行うことができる。従って、本発明は、発明を実施するための最良の形態として開示した特定の実施形態に制限されず、本発明は特許請求の範囲内に入る全ての実施形態を含むものである。

40

【図面の簡単な説明】

【0032】

【図1】表面にメッキを施した従来技術の多配列トランスデューサの断面図であり、セラミック柱状体がエポキシの表面よりも下方に位置することを示す。

【図2】多配列トランスデューサの断面図である。

【図3】ダイスカット後のセラミック柱状体の斜視図である。

50

【図4】非導電性重合体を充填したセラミック・ブロックの断面図である。

【図5】仕上げ研削作業を完了した後のトランスデューサの正面図である。

【図6】プラズマ・エッチング後の本発明の工作物の断面図であり、セラミック柱状体がエポキシの表面よりも上方に位置していることを示す。

【符号の説明】

【0033】

- 10 多配列トランスデューサ
- 12 圧電複合体セラミック柱状体
- 14 非導電性材料
- 16 電気接続部
- 18 表面仕上げ材
- 20 ダイスカット・セラミック・ブロック
- 22 セラミック・バックボーン
- 24 エポキシ
- 26 エポキシ・バックボーン
- 28 隙間領域
- 30 仕上げ研削済みトランスデューサ
- 32 メッキ層

10

【図1】

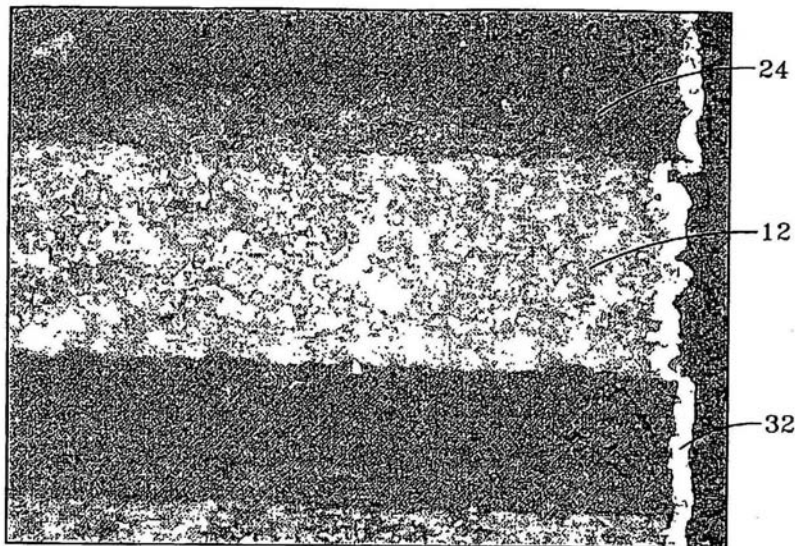


FIG-1
(従来技術)

【図2】

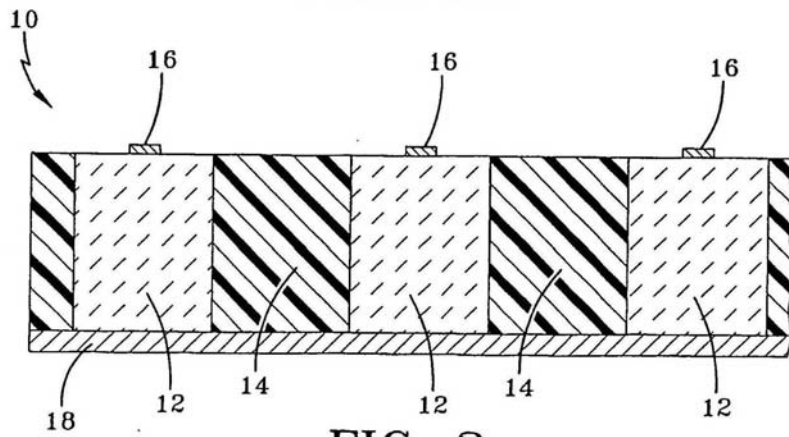


FIG-2

【図3】

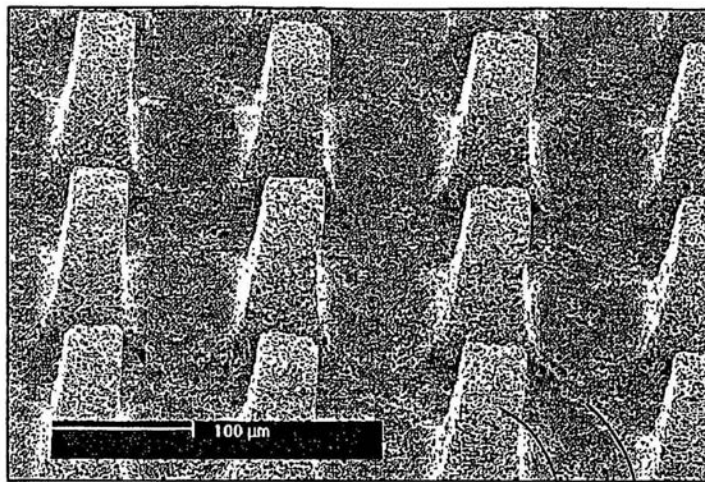


FIG-3

【図4】

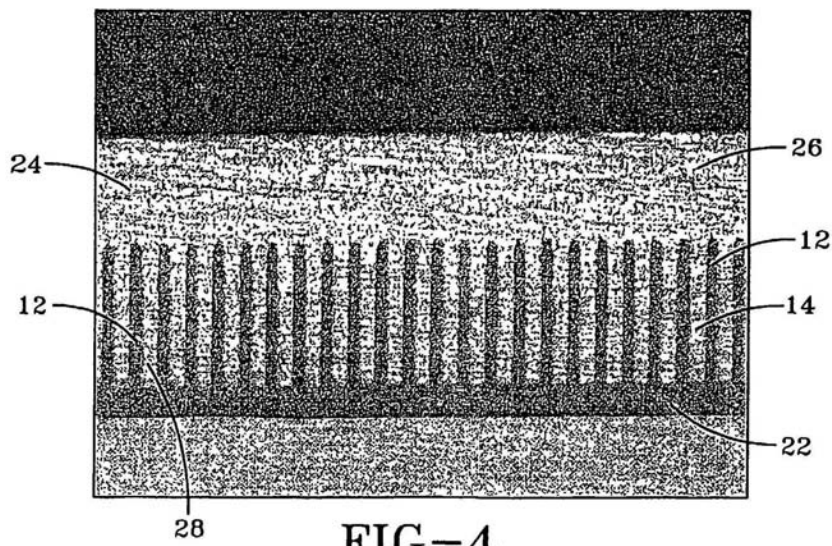


FIG-4

【 図 5 】

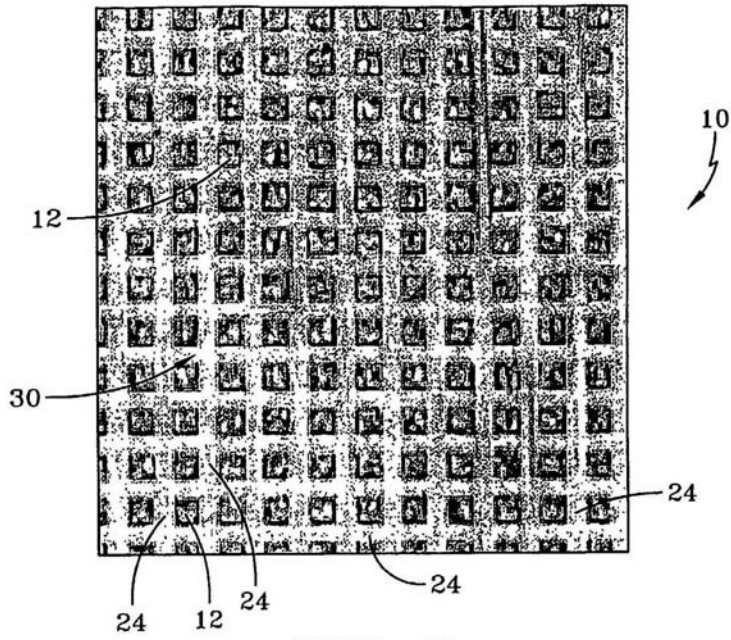


FIG-5

【 図 6 】

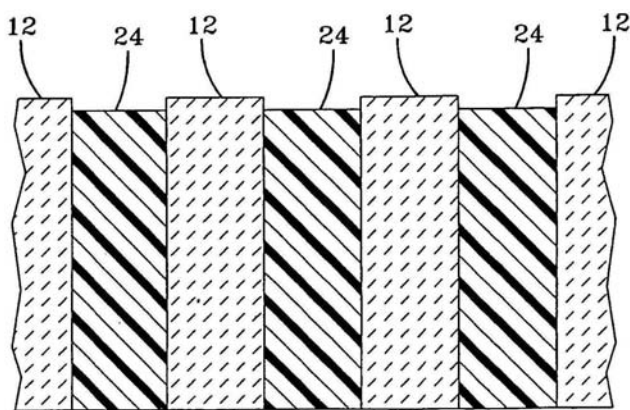


FIG-6

 フロントページの続き

(51)Int.Cl.		F I
H 0 1 L 41/18 (2006.01)	H 0 1 L 41/18	1 0 1 D
	H 0 1 L 41/18	1 0 1 Z
	H 0 1 L 41/08	L
	H 0 1 L 41/22	B

(72)発明者 イェッター、ケリー・イー
 アメリカ合衆国、１７０４４、ペンシルベニア州、ルイスタウン、フェアウェイ・プレイス、２
 ６１番

(72)発明者 ナイ、レズリー・ビー
 アメリカ合衆国、１７０１８、ペンシルベニア州、ダウフィン、マウンテン・ロード、１１３０番

審査官 大野 弘

(56)参考文献 特開２０００－３０７１６２（ＪＰ，Ａ）
 特開２００３－０７００９６（ＪＰ，Ａ）
 特開２００２－２１７４６１（ＪＰ，Ａ）
 特開２００１－３２６９９９（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)

H04R 31/00
 A61B 8/00
 H01L 41/09
 H01L 41/18
 H01L 41/187
 H01L 41/22
 H04R 17/00