

(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2006-93449

(P2006-93449A)

(43) 公開日 平成18年4月6日(2006.4.6)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
<i>H O 1 L 41/083 (2006.01)</i>	H O 1 L 41/08 Q	5 D O 1 9
<i>H O 4 R 17/00 (2006.01)</i>	H O 4 R 17/00 3 3 2 B	
<i>H O 4 R 31/00 (2006.01)</i>	H O 4 R 31/00 3 3 O	
<i>H O 1 L 41/187 (2006.01)</i>	H O 1 L 41/08 N	
<i>H O 1 L 41/18 (2006.01)</i>	H O 1 L 41/18 1 O 1 D	
審査請求 未請求 請求項の数 19 O L (全 23 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号 特願2004-278003 (P2004-278003)

(22) 出願日 平成16年9月24日 (2004.9.24)

(71) 出願人 000005201

富士写真フイルム株式会社

神奈川県南足柄市中沼2 1 0 番地

(74) 代理人 100100413

弁理士 渡部 温

(74) 代理人 100110777

弁理士 宇都宮 正明

(72) 発明者 国安 利明

神奈川県足柄上郡開成町宮台7 9 8 番地

富士写真フイルム株式会社内

Fターム(参考) 5D019 BB03 BB17 HH01

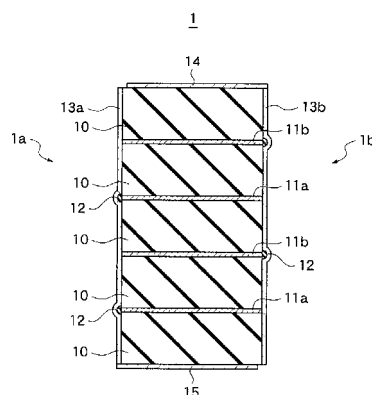
(54) 【発明の名称】 積層構造体及び積層構造体アレイ、並びに、それらの製造方法

(57) 【要約】

【課題】 内部電極層を側面電極から絶縁するための被膜を薄くすることにより、積層構造体アレイを狭ピッチ化すると共に、生産性を向上させる。

【解決手段】 第1の内部電極層11aと、第1の内部電極層上に形成された圧電体層10と、該圧電体層上に形成された第2の内部電極層11bと、積層構造体の第1の側面領域において前記第1の内部電極層の端面に形成された被膜であって、少なくとも一部に金属酸化物、金属窒化物、金属フッ化物、又は、金属硫化物の内のいずれか1つを含む第1の被膜12と、積層構造体の第1の側面領域とは異なる第2の側面領域において第2の内部電極層の端面に形成された被膜であって、少なくとも一部に金属酸化物、金属窒化物、金属フッ化物、又は、金属硫化物の内のいずれか1つを含む第2の被膜12とを含む。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

積層構造体であって、
第 1 の内部電極層と、
前記第 1 の内部電極層上に形成された誘電体層と、
前記誘電体層上に形成された第 2 の内部電極層と、
前記積層構造体の第 1 の側面領域において前記第 1 の内部電極層の端面に形成された被膜であって、少なくとも一部に金属酸化物、金属窒化物、金属フッ化物、又は、金属硫化物の内のいずれか 1 つを含む第 1 の被膜と、

前記積層構造体の前記第 1 の側面領域とは異なる第 2 の側面領域において前記第 2 の内部電極層の端面に形成された被膜であって、少なくとも一部に金属酸化物、金属窒化物、金属フッ化物、又は、金属硫化物の内のいずれか 1 つを含む第 2 の被膜と、
を具備する前記積層構造体。

【請求項 2】

前記第 1 の内部電極層が、前記第 1 の側面領域に延在し、所定の温度で磁性を有する第 1 の導電材料と、前記第 2 の側面領域に延在し、所定の温度で磁性を有さない第 2 の導電材料とを含み、

前記第 2 の内部電極層が、前記積層構造体の第 1 の側面領域に延在する第 2 の導電材料と、前記積層構造体の第 2 の側面領域に延在する第 1 の導電材料とを含む、
請求項 1 記載の積層構造体。

【請求項 3】

前記積層構造体の第 1 の側面領域に形成され、前記第 2 の内部電極層に接続されると共に、前記第 1 の絶縁膜によって前記第 1 の内部電極層から絶縁された第 1 の側面電極と、
前記積層構造体の第 2 の側面領域に形成され、前記第 1 の内部電極層に接続されると共に、前記第 2 の絶縁膜によって前記第 2 の内部電極層から絶縁された第 2 の側面電極と、
をさらに具備する請求項 1 又は 2 記載の積層構造体。

【請求項 4】

前記誘電体層が、強誘電性を有する、請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項記載の積層構造体。

【請求項 5】

前記誘電体層が、圧電性を有する、請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項記載の積層構造体。

【請求項 6】

請求項 1 ~ 5 のいずれか 1 項記載の積層構造体を複数具備し、複数の前記積層構造体が 1 次元状に配置されている、積層構造体アレイ。

【請求項 7】

請求項 1 ~ 5 のいずれか 1 項記載の積層構造体を複数具備し、複数の前記積層構造体が 2 次元状に配置されている、積層構造体アレイ。

【請求項 8】

積層構造体の製造方法であって、
第 1 の誘電体層を形成するステップ (a) と、
前記第 1 の誘電体層上に導電材料を配置することにより、第 1 の内部電極層を形成するステップ (b) と、
前記第 1 の内部電極層上に第 2 の誘電体層を形成するステップ (c) と、
前記第 2 の誘電体層上に導電材料を配置することにより、第 2 の内部電極層を形成するステップ (d) と、
ステップ (a) ~ (d) において形成された前記第 1 の誘電体層と前記第 1 の内部電極層と前記第 2 の誘電体層と前記第 2 の内部電極層とを含むワークピースに溝を形成して、部分的に互いに繋がっている複数の構造体を生成することにより、前記第 1 及び第 2 の内部電極層の端面を、各々の構造体における第 1 の側面領域、及び、前記第 1 の側面領域とは異なる第 2 の側面領域にそれぞれ露出させながら、前記第 1 及び第 2 の内部電極層の端面に導電材料膜を選択的に形成するステップ (e) と、

ステップ (e) において形成された前記第 1 及び第 2 の導電材料膜の少なくとも一部を絶縁化するステップ (f) と、
を具備する製造方法。

【請求項 9】

ステップ (a) 及び (c) の各々が、原料の粉体を下層に吹き付けて堆積させるエアロゾルデポジション法を用いて前記第 1 又は第 2 の誘電体層を形成することを含む、請求項 8 記載の製造方法。

【請求項 10】

ステップ (f) が、前記第 1 及び第 2 の導電材料膜の少なくとも一部を酸化、窒化、フッ化、又は、硫化することを含む、請求項 8 又は 9 記載の製造方法。

10

【請求項 11】

ステップ (e) が、電着法を用いて前記第 1 及び第 2 の導電材料膜の少なくとも一部を形成することを含む、請求項 8 ~ 10 のいずれか 1 項記載の製造方法。

【請求項 12】

ステップ (e) が、電着法として、電気メッキ法又は電気による泳動力を用いた成膜法を用いることを含む、請求項 11 記載の製造方法。

【請求項 13】

ステップ (b) が、前記第 1 の誘電体層上に、前記構造体の第 1 の側面領域に延在するように所定の温度で磁性を有する第 1 の導電材料を配置すると共に、前記構造体の第 2 の側面領域に延在するように所定の温度で磁性を有さない第 2 の導電材料を配置することを含み、

20

ステップ (d) が、前記第 2 の誘電体層上に、前記構造体の第 1 の側面領域に延在するように前記第 2 の導電材料を配置すると共に、前記構造体の第 2 の側面領域に延在するように前記第 1 の導電材料を配置することを含み、

ステップ (e) が、前記ワークピースに溝を形成することにより、前記第 1 の内部電極層において、前記第 1 の導電材料を各々の構造体の前記第 1 の側面領域に露出させると共に、前記第 2 の導電材料を各々の構造体の前記第 2 の側面領域に露出させ、前記第 2 の内部電極層において、前記第 1 の導電材料を各々の構造体の前記第 2 の側面領域に露出させると共に、前記第 2 の導電材料を各々の構造体の前記第 1 の側面領域に露出させ、各々の構造体の前記第 1 の側面領域において、前記第 1 の内部電極層の端面に磁性を有する粒子を付着させることにより前記第 1 の導電材料膜を形成すると共に、各々の構造体の前記第 2 の側面領域において、前記第 2 の内部電極層の端面に磁性を有する粒子を付着させることにより前記第 2 の導電材料膜を形成することを含む、
を具備する請求項 8 ~ 10 のいずれか 1 項記載の製造方法。

30

【請求項 14】

ステップ (e) が、磁性を有する導電材料の粒子を液体に分散させたサスペンション中に、前記複数の構造体を浸すことを含む、請求項 13 記載の製造方法。

【請求項 15】

ステップ (a) ~ (d) を繰り返すことにより、前記第 1 の誘電体層と前記第 1 の内部電極層と前記第 2 の誘電体層と前記第 2 の内部電極層との複数の組が積層される、請求項 8 ~ 14 のいずれか 1 項記載の製造方法。

40

【請求項 16】

各々の構造体の前記第 1 の側面領域に、前記第 2 の内部電極層に接続されると共に、ステップ (f) において前記第 1 の導電材料膜を絶縁化することにより形成された被膜によって前記第 1 の内部電極層から絶縁される第 1 の側面電極を形成し、各々の構造体の前記第 2 の側面領域に、前記第 1 の内部電極層に接続されると共に、ステップ (f) において前記第 2 の導電材料膜を絶縁化することにより形成された被膜によって前記第 2 の内部電極層から絶縁される第 2 の側面電極を形成するステップをさらに具備する請求項 8 ~ 15 のいずれか 1 項記載の製造方法。

【請求項 17】

50

ステップ (f) の後で、各々の構造体に対して、ステップ (e) におけるのと異なる方向に溝を形成して、複数組の部分的に互いに繋がっている積層構造体を生成するステップ (g) をさらに具備する請求項 8 ~ 16 のいずれか 1 項記載の製造方法。

【請求項 18】

ステップ (e) 及び / 又は (g) において形成された溝に充填材を充填するステップと、

前記充填材が硬化した後で、前記部分的に互いに繋がっている複数の構造体、又は、前記複数組の部分的に互いに繋がっている積層構造体から、互いに繋がっている部分を削除するステップと、

をさらに具備する請求項 8 ~ 17 のいずれか 1 項記載の製造方法。

10

【請求項 19】

ステップ (e) 又は (g) の後で、前記部分的に互いに繋がっている複数の構造体、又は、前記複数組の部分的に互いに繋がっている積層構造体を分離して、複数の積層構造体を生成するステップをさらに具備する請求項 8 ~ 18 のいずれか 1 項記載の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、絶縁体層と電極層とが交互に積層されている積層構造体、及び、複数の積層構造体が配列された積層構造体アレイ、並びに、それらの製造方法に関する。

【背景技術】

20

【0002】

絶縁体層 (誘電体層) と電極層とが交互に形成されている積層構造は、積層コンデンサの他にも、圧電ポンプ、圧電アクチュエータ、超音波トランスデューサ等の様々な用途に利用されている。近年、MEMS (マイクロエレクトロメカニカルシステム) 関連の機器の開発に伴い、このような積層構造を有する素子の微細化及び集積化がますます進んでいる。

【0003】

対向電極を有する素子の微細化においては、素子の面積を小さくすると電極間の容量が小さくなるので、素子の電気インピーダンスが上昇するという問題が生じている。そのため、例えば、圧電アクチュエータにおいて電気インピーダンスが上昇すると、圧電アクチュエータを駆動するための信号回路とのインピーダンスマッチングが取れなくなって電力が供給され難くなり、圧電アクチュエータとしての性能が落ちてしまう。或いは、圧電素子を用いた超音波トランスデューサにおいては、超音波の発信強度が落ちてしまう。そこで、素子を微細化しつつ電極間容量を大きくするために、複数の圧電材料層と複数の電極層とを交互に積層することが行われている。積層された複数の層を並列に接続することにより、素子全体の電極間容量を大きくすることができるからである。

30

【0004】

このような積層構造体においては、複数の内部電極層を互いに接続するために、積層構造体の側面から配線が行われる。図 15 は、積層構造体の一般的な配線方法を説明するための断面図である。積層構造体 100 は、複数の圧電材料層 101 と、複数の内部電極層 102 及び 103 と、2 つの側面電極 104 及び 105 とを含んでいる。内部電極層 102 は、その一端が積層構造体の一方の壁面まで延在するように形成されており、側面電極 104 と接続され、側面電極 105 から絶縁されている。また、内部電極層 103 は、その一端が積層構造体の他方の壁面まで延在するように形成されており、側面電極 105 と接続され、側面電極 104 から絶縁されている。側面電極 104 と側面電極 105 との間に電位差を与えることにより、内部電極層 102 と内部電極層 103 の間に配置された圧電材料層 101 に電圧が印加され、圧電効果によって圧電材料層 101 が伸縮する。

40

【0005】

ところで、図 15 に示すように、内部電極層 102 及び 103 が配置されている層には、一方の側面電極から絶縁するために、電極が形成されていない絶縁領域 106 が設けら

50

れている。この絶縁領域 106 は、積層構造体 100 に電圧を印加しても伸縮しない。そのため、この部分に応力が集中して破損し易いという問題が生じている。

【0006】

積層構造体における他の配線方法を用いるものとして、図 16 に示す積層構造体も知られている。図 16 に示す積層構造体 200 は、複数の圧電材料層 201 と、複数の内部電極層 202 と、各内部電極層 202 の 1 つの端面に形成されている絶縁膜 203 と、2 つの側面電極 204 及び 205 とを含んでいる。隣り合う 2 つの内部電極層 202 において互いに反対側の端面を絶縁膜 203 で覆って側面電極 204 及び 205 の内のそれぞれ 1 つから絶縁することにより、図 15 に示す積層構造体 100 と等価の回路を実現することができる。

10

【0007】

図 16 に示すように、積層構造体 200 においては、内部電極層 202 が圧電材料層 201 上の全面に形成されているので、圧電性能の発現については、図 15 に示す積層構造体 100 と比較して有利である。また、先に述べたように、積層構造体 200 においては、絶縁領域 106 (図 15) におけるような応力集中が生じないので、積層構造体の寿命が短くなることもない。

【0008】

しかしながら、積層構造体 200 を作製するためには、積層構造体 200 の各々の側面に露出した内部電極層 202 の端面に、1 つおきに絶縁膜 203 を形成しなくてはならない。現在において、この絶縁膜 203 は、刷毛塗りや、印刷や、フォトリソグラフィ技術を用いて形成される場合が多いが、それらの手法では、生産性が低いという問題が生じている。また、それらの手法では、複数の積層構造体が狭ピッチで配置された 2 次元アレイに絶縁膜を形成することは非常に困難である。別の手法として、特許文献 1 には、電歪効果素子の内部電極層板の露出した側端面において、該内部電極層板の露出部とその近傍の電歪材料上のみに電気泳動法により絶縁層を形成することが開示されている。特許文献 1 においては、絶縁層の材料としてガラスが用いられているが、電気泳動法によって形成されたガラス膜は、クラスター粒子の集合体であるので、疎膜となる。そのため、十分な耐電圧を得るためには、絶縁層の厚さを数十 μm 程度とする必要がある。しかしながら、超音波トランスデューサアレイを作製する場合には、そのような絶縁層の厚さにより、超音波トランスデューサを狭ピッチでレイアウトできないという問題が生じている。

20

30

【特許文献 1】特公昭 61 - 32835 号公報 (第 1 頁)

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

そこで、上記の点に鑑み、本発明は、内部電極層を側面電極から絶縁するための被膜を薄くすることにより、積層構造体アレイを狭ピッチ化することを第 1 の目的とする。また、本発明は、そのような被膜を容易に形成することにより、積層構造体や積層構造体アレイの生産性を向上させることを第 2 の目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0010】

上記課題を解決するため、本発明に係る積層構造体は、第 1 の内部電極層と、該第 1 の内部電極層上に形成された誘電体層と、該誘電体層上に形成された第 2 の内部電極層と、積層構造体の第 1 の側面領域において第 1 の内部電極層の端面に形成された被膜であって、少なくとも一部に金属酸化物、金属窒化物、金属フッ化物、又は、金属硫化物の内のいずれか 1 つを含む第 1 の被膜と、積層構造体の第 1 の側面領域とは異なる第 2 の側面領域において第 2 の内部電極層の端面に形成された被膜であって、少なくとも一部に金属酸化物、金属窒化物、金属フッ化物、又は、金属硫化物の内のいずれか 1 つを含む第 2 の被膜とを具備する。

40

【0011】

また、本発明に係る積層構造体の製造方法は、積層構造体の製造方法であって、第 1 の

50

誘電体層を形成するステップ(a)と、第1の誘電体層上に導電材料を配置することにより、第1の内部電極層を形成するステップ(b)と、第1の内部電極層上に第2の誘電体層を形成するステップ(c)と、第2の誘電体層上に導電材料を配置することにより、第2の内部電極層を形成するステップ(d)と、ステップ(a)~(d)において形成された第1の誘電体層と第1の内部電極層と第2の誘電体層と第2の内部電極層とを含むワークピースに溝を形成して、部分的に互いに繋がっている複数の構造体を生成することにより、第1及び第2の内部電極層の端面を、各々の構造体における第1の側面領域、及び、第1の側面領域とは異なる第2の側面領域にそれぞれ露出させながら、第1及び第2の内部電極層の端面に導電材料膜を選択的に形成するステップ(e)と、ステップ(e)において形成された第1及び第2の導電材料膜の少なくとも一部を絶縁化するステップ(f)とを具備する。 10

【発明の効果】

【0012】

本発明によれば、側面電極と絶縁すべき内部電極の端面に金属材料を含む被膜を形成し、その被膜を絶縁化するので、絶縁膜の耐電圧を維持しつつ、さらに薄膜化することができる。また、電気や磁気の泳動力を用いることにより、対向する側面の間隔が狭い領域であっても、内部電極の端面に被膜を容易に形成することができる。従って、積層構造体アレイにおける複数の積層構造体の配列を容易に狭ピッチ化すると共に、積層構造体や積層構造体アレイ、並びに、そのような積層構造体アレイを超音波トランスデューサとして利用する超音波用探触子等の生産性を大幅に向上させることが可能になる。 20

【発明を実施するための最良の形態】

【0013】

以下、本発明を実施するための最良の形態について、図面を参照しながら詳しく説明する。なお、同一の構成要素には同一の参照番号を付して、説明を省略する。

図1は、本発明の一実施形態に係る積層構造体を示す断面図である。この積層構造体1は、例えば、底面の一辺が0.2mm~1.0mm程度の柱状の構造体である。本実施形態においては、誘電体として、強誘電性材料である圧電材料を用いている。積層構造体1は、複数の圧電材料層10と、複数の内部電極層11a及び11bと、各内部電極層11a及び11bの1つの端面に形成された被膜12とを含んでいる。また、積層構造体1は、積層された複数の圧電材料層10の側面に形成された2つの側面電極13a及び13bを含んでいても良い。さらに、積層構造体1は、積層された複数の圧電材料10の上底面及び下底面に外部電極としてそれぞれ形成された上部電極14及び下部電極15を含んでいても良い。図1に示すように、上部電極14は、一方の側面電極13bと接続されており、下部電極15は、他方の側面電極13aと接続されている。なお、積層構造体1の底面の形状は正方形に限られず、長方形やその他の形状でも良い。また、本実施形態において、側面電極は、対向する2つの側面1a及び1bに配置されているが、側面電極が配置される領域は、互いに電氣的に絶縁されていれば、対向する2つの側面に限られない。 30

【0014】

各圧電材料層10は、100μm程度の厚さを有する圧電体膜である。本実施形態においては、圧電材料として、主たる化学組成としてPbZrO₃及びPbTiO₃を含む2元系固溶体であるPZT(チタン酸ジルコン酸鉛:Pb(lead) zirconate titanate)を用いている。また、そのような2元系固溶体に、第3の成分として、Pb(Mg_{1/3}Nb_{2/3})O₃と、Pb(Ni_{1/3}Nb_{2/3})O₃と、Pb(Zn_{1/3}Nb_{2/3})O₃と内の少なくとも1つを添加した3元系以上の固溶体(リラクサ系材料と呼ばれる)を用いても良い。或いは、圧電材料として、PZTに酸化ランタンを添加したPLZT(ランタンドープジルコン酸チタン酸鉛)や、KNbO₃又はピスマス系材料のような非鉛系圧電材を用いても良い。さらに、圧電材料層10は、それらの主成分に、熱処理によって結晶を成長させるために用いられる助剤に含まれるゲルマニウム(Ge)、シリコン(Si)、リチウム(Li)、ピスマス(Bi)、ボロン(B)、鉛(Pb)等の元素を含んでいても良い。 40

【0015】

内部電極層11a及び11bの各々は、2 μ m程度の厚さを有している。内部電極層11a及び11bとしては、酸化し難い導電材料を用いることが望ましく、本実施形態においては白金(Pt)を用いている。

また、被膜12は、10 μ m程度の厚さを有する膜であり、内部電極層11a及び11bを、側面電極13a及び13bからそれぞれ絶縁するために設けられている。被膜12は、内部電極層11a及び11bの所定の端面に、電着法によって導電材料の膜を形成し、その後でその膜を酸化により絶縁化することによって形成されたものである。そのため、少なくとも被膜12の表面(側面電極13a又は13bと接している面)は、絶縁体である金属酸化物によって覆われている。本実施形態においては、被膜12の原料である導電材料としてニッケル(Ni)を用いており、少なくとも被膜12の表面は、酸化ニッケルとなっている。なお、図1においては、被膜12の全領域が絶縁化されているが、被膜12の内側に導電材料が残留していても構わない。ここで、電着法には、電気メッキ法や、電気による泳動法を用いた成膜法が含まれる。

10

【0016】

積層構造体1の側面1aにおいて、内部電極層11aの端面は被膜12によって覆われており、積層構造体1の側面1bにおいて、内部電極層11bの端面は被膜12によって覆われている。これにより、内部電極層11aは、側面1aに配置される側面電極13aから絶縁され、内部電極層11bは、側面1bに配置される側面電極13bから絶縁される。積層構造体の電極をこのように構成することにより、積層された複数の層が電氣的に並列に接続される。

20

【0017】

圧電材料層10に、内部電極層11a及び11bを介して電圧を印加することにより、圧電材料層10は圧電効果によって伸縮する。このような圧電材料を誘電体層として用いる積層構造体は、圧電ポンプや、圧電アクチュエータや、超音波用探触子において超音波を送受信する超音波トランスデューサ等に用いることができる。また、上記のような積層構造を有する構造体は、単層の構造体と比較して、対向する電極の面積を増加させることが可能であるので、電氣的インピーダンスを下げるができる。従って、単層の構造体と比較して、印加される電圧に対して効率良く動作する。

【0018】

次に、本発明の第1の実施形態に係る積層構造体及び積層構造体アレイの製造方法について、図2～図6を参照しながら説明する。図2～図6は、本実施形態に係る積層構造体及び積層構造体アレイの製造方法を説明するための図である。

30

まず、複数の圧電材料層と複数の電極層とが積層されたワークピースを作製する。そのために、図2の(a)に示すように、基板20上に圧電材料層21を形成する。その際に、本実施形態においては、エアロゾルデポジション(aerosol deposition: AD)法を用いている。AD法とは、材料の粉体を高速で下層に吹き付けて堆積させる成膜方法であり、ガスデポジション法、ジェットプリンティングシステム、又は、噴射堆積法とも呼ばれている。

【0019】

図7は、AD法による成膜装置を示す模式図である。この成膜装置は、原料の粉体41を配置するエアロゾル生成容器42を有している。ここで、エアロゾルとは、気体中に浮遊している固体や液体の微粒子のことをいう。エアロゾル生成容器42には、キャリアガス導入部43、エアロゾル導出部44、振動部45が設けられている。キャリアガス導入部43から窒素ガス(N₂)等の気体を導入することによってエアロゾル生成容器42内に配置された原料の粉体が噴き上げられ、エアロゾルが生成される。その際に、振動部45によってエアロゾル生成容器42に振動を与えることにより、原料の粉体が攪拌され、効率良くエアロゾルが生成される。生成されたエアロゾルは、エアロゾル導出部44を通じて、成膜チャンバ46に導かれる。

40

【0020】

50

成膜チャンバ46には、排気管47、ノズル48、可動ステージ49が設けられている。排気管47は、真空ポンプに接続されており、成膜チャンバ46内を排気する。ノズル48は、エアロゾル生成容器42において生成され、エアロゾル導出部44を通して成膜チャンバ46に導かれたエアロゾルを、基板20に向けて噴射する。基板20は、3次元に移動可能な可動ステージ49に戴置されており、可動ステージ49を制御することにより、基板20とノズル48との相対的位置が調節される。ノズル48から噴射されることによって高速に加速された高い運動エネルギーを有する粒子(原料の粉体)は、基板20に衝突して堆積する。そのとき、粒子の衝突エネルギーによって、メカノケミカル反応と呼ばれる化学反応が生じており、その反応により、粒子は基板や先に形成された膜に強固に付着すると考えられている。なお、基板20としては、ガラス、石英、PZT等のセラミックス、SUS等の金属を用いることができ、本実施形態においては、ガラスが用いられている。

10

【0021】

原料の粉体31として、例えば、平均粒径0.3 μ mのPZT単結晶粉体を、必要に応じて、熱処理において結晶を成長させるために用いられるゲルマニウム、シリコン、リチウム、ビスマス、ボロン、鉛等の助剤と混合し、図7に示すエアロゾル生成容器42内に配置して成膜装置を駆動する。それにより、図2の(a)に示すように圧電材料層21が基板20上に形成される。

【0022】

次に、図2の(b)に示すように、圧電材料層21の上に、電極層22として、スパッタリングや真空蒸着により、2 μ m程度の白金膜を形成する。この電極層22の厚さは、200nm以上とすることが望ましく、さらに好ましくは、300nm以上とする。その理由は、電極層22の上にAD法によって圧電材料層を形成する場合には、原料の粉体を下層に吹き付ける際に粉体の下層に食い込むアンカーリングと呼ばれる現象が生じるので、通常のアンカーリングの深さ10nm~300nm程度を考慮すると、電極層として良好に機能させるためには、上記程度の厚さが必要となるからである。

20

【0023】

さらに、図2の(a)に示す圧電材料層21の形成と、図2の(b)に示す電極層22の形成とを必要な数だけ繰り返し、最上層に圧電材料層21を形成することにより、図2の(c)に示すワークピース23を形成する。ここで、最下層の圧電材料層21の厚さは、後で形成される他の圧電材料層21(例えば、100 μ m程度)よりも厚くしておく(例えば、1000 μ m程度、或いは、他層の10倍程度)。

30

【0024】

次いで、研磨又は剥離により、ワークピース23から基板20を除去する。その後で、圧電材料層に含まれるPZTのグレインサイズを大きくして圧電性能を高めるために、ワークピース23を所定の温度(例えば、500~1000程度)で熱処理する工程を設けても良い。

【0025】

さらに、図2の(c)に示す破線の方に、所定のピッチで所定の深さまでダイシングすることにより、図3の(a)に示すように、溝24を形成して、ワークピース23を部分的に繋がっている複数の構造体25に分ける。溝24の幅は、作製される積層構造体アレイの素子間隔(例えば、約50 μ m)と概略等しくする。ワークピース23の外側の側面と、溝24を形成することによって新たに露出した側面とが、被膜12(図1)の形成面となる。なお、ダイシングする際に、側面に電極層22の端面が明確に露出するように、ワークピース23又は構造体25の外形を成形しても構わない。

40

【0026】

次に、構造体25において、複数の電極層22の所定の端面に金属被膜を選択的に形成する。被膜の材料としては、比較的酸化し易い金属が用いられ、本実施形態においては、ニッケル(Ni)が用いられる。図3の(a)に示すように、各構造体25において、一層おきに、電極層22の端面にワイヤーボンディング又は半田接合等の方法を用いて配線

50

26を形成する。配線を形成する面は、被膜12の形成面以外の面であることが望ましく、本実施形態においては、図の手前側の面に形成している。そして、ニッケルイオンを含むメッキ液を用いて電気メッキを行うことにより、配線26が形成された電極層22の端面にニッケルを付着させる。このようにして、図3の(b)に示すように、各構造体25に、約10 μ mのニッケル被膜27を形成する。その後、配線26を取り外す。

【0027】

次に、図3の(c)に示すように、ニッケル被膜27が形成された複数の構造体25の外側及び溝24に、エポキシ樹脂28を充填して硬化させる。これにより、ニッケル被膜27が形成された側面が保護される。次いで、各構造体25において、図3の(b)に示す破線の方にダイシングを行うことによって溝29を形成し、部分的に繋がった複数の短冊状の構造体30を形成する。各構造体30においては、溝29によって、電極層22の新たな端面が露出している。

10

【0028】

次に、構造体30において、複数の電極層22の所定の端面に、ニッケル被膜を選択的に形成する。図4の(a)に示すように、各構造体30において、ニッケル被膜27が形成されていない電極層22の端面に、ワイヤーボンドや半田接合等の方法を用いて配線31を形成する。そして、ニッケルイオンを含むメッキ液を用いて電気メッキを行うことにより、配線が形成された電極層22の端面にニッケルを付着させる。このとき、先にニッケル被膜27が形成された面はエポキシ樹脂28によって覆われているので、それらの面においては、配線31が形成されていても電極層22の端面は成膜されない。このようにして、図4の(b)に示すように、各構造体30に、約10 μ mのニッケル被膜32を形成する。その後、配線31を取り外す。

20

【0029】

次に、複数の構造体30をアセトン等の有機溶剤に浸して、エポキシ樹脂28を溶解させる。これにより、複数の電極層22にニッケル被膜27及び32が互い違いに形成された複数の構造体30が得られる。さらに、それらの複数の構造体30を、空气中、800の雰囲気において30分間熱処理することにより、ニッケル被膜27及び32を酸化させる。これにより、図4の(c)に示すように、絶縁膜33が形成された複数の構造体30が得られる。なお、この熱処理の温度及び時間を制御することにより、圧電材料層に対する熱処理を兼ねても良い。

30

【0030】

次に、図5の(a)に示すように、絶縁膜33が形成された複数の構造体30に無電解白金メッキを施すことにより、構造体30の周囲に3 μ m程度の白金膜34を形成する。さらに、図5の(b)に示すように、構造体30の上面に形成された白金膜34の一部を、絶縁膜33が形成された1つの面の近傍においてダイシングして除去することにより、絶縁領域35を形成する。また、構造体30の絶縁膜33が形成されていない面(図の手前側及びその反対側)に形成された白金膜34を研磨により除去する。これによって残った白金膜34が、2つの側面電極として用いられると共に、一方の側面電極と接続され、他方の側面電極から絶縁された上部電極として用いられる。

【0031】

次に、図5の(b)に示す破線の方(短冊の長辺と垂直な方向)に、所定の深さまでダイシングする。これにより、図5の(c)に示すように、部分的に繋がっている複数の積層構造体36が得られる。その際に、ダイシングのピッチ及び幅を、複数の構造体30の間に形成されたものと同程度とすることにより、各積層構造体36の底面を正方形とすることができる。

40

【0032】

次に、図6の(a)に示すように、複数の積層構造体36の間に形成された溝及び周囲に、エポキシ樹脂37等の充填材を充填して硬化させる。なお、充填材としては、この他に、ウレタン樹脂やシリコンゴム等を用いても良い。その後で、複数の積層構造体36の図の下部を、破線に示す領域まで研磨する。これにより、エポキシ樹脂37の下底面に

50

、各積層構造体 36 の圧電材料層及び側面電極の端面が露出する。なお、複数の積層構造体 36 は、エポキシ樹脂 37 によって固定されているので、図に示すマトリクス配列が崩れることはない。

【0033】

次に、図 6 の (b) に示すように、エポキシ樹脂 37 の下底面において、上部電極と接続されている側の側面電極の端面を覆うように、絶縁膜 38 を形成する。そのためには、例えば、メタルマスクを用いたスパッタリングにより、酸化シリコン (SiO_2) を成膜すれば良い。この絶縁膜 38 は、一方の側面電極を後で形成される共通電極から絶縁するためのものであり、絶縁すべき側面電極が同一面内にある素子間においては、連続させても良い。

10

【0034】

さらに、図 6 の (c) に示すように、エポキシ樹脂 37 の底面に、例えば、スパッタリングにより金 (Au) を成膜することにより、共通電極 39 を形成する。その際に、メタルマスクを用いることにより、絶縁膜 38 の領域を成膜領域から除いても良い。

このようにして、2次元に配列された複数の積層構造体 1 (図 1) を含む積層構造体アレイ (1 - 3 コンポジット) 2 を作製することができる。

【0035】

また、単体の積層構造体を作製する場合には、図 6 の (a) に示すように、エポキシ樹脂 37 によって固定された複数の積層構造体 36 の下部を研磨した後に、有機溶剤を用いてエポキシ樹脂を溶解して、複数の積層構造体 36 を互いに分離すれば良い。また、必要に応じて、エポキシ樹脂を溶解する前に、下部電極や、図 6 の (b) に示す絶縁膜 38 を形成しても良い。

20

なお、本実施形態においては、図 5 の (c) に示すように、短冊の長辺と垂直な方向にダイシングしているが、分離後の各積層構造体が 2 つの側面電極を含んでいれば、垂直方向でなくても構わない。

【0036】

また、本実施形態においては、ワークピース 23 における圧電材料層を、AD 法を用いて形成しているが、電極層となる金属薄膜が形成された PZT 板材を積層したり、AD 法以外の方法 (例えば、グリーンシート法) を用いて PZT 厚膜と電極層とを積層することによっても、同様のワークピースを作製することができる。

30

【0037】

次に、本実施形態に係る積層構造体及び積層構造体アレイの別の製造方法について説明する。

図 5 の (b) に示すように、複数の構造体 30 に上面電極及び側面電極を形成した後で、複数の構造体 30 の周囲及びそれらの間の溝にエポキシ樹脂を充填して硬化させる。そして、複数の構造体 30 の下部を研磨することにより、複数の構造体 30 を互いに分離させる。また、図 6 の (b) を用いて説明したのと同様に、エポキシ樹脂の下底面に露出した一方の側面電極の端面に絶縁膜を形成し、さらに、共通電極を形成する。それにより、複数の短冊状の積層構造体が 1 次元に配列された積層構造体アレイを作製することができる。

40

【0038】

また、単体の短冊状の積層構造体を作製するためには、図 5 の (b) に示すように、複数の構造体 30 に上面電極及び側面電極を形成した後に、複数の構造体 30 の周囲及びそれらの間の溝にエポキシ樹脂等の充填材を充填して硬化させる。なお、充填材としては、この他に、ウレタン樹脂やシリコーンゴム等を用いても良い。さらに、複数の構造体 30 の下部を研磨することにより、それらを互いに分離させた後に、有機溶剤によってエポキシ樹脂を溶解させれば良い。その際には、エポキシ樹脂を溶解する前に、必要に応じて、下部電極や、図 6 の (b) に示す絶縁膜 38 を形成しても良い。

【0039】

以上説明したように、本実施形態においては、側面電極と内部電極層とを絶縁するため

50

に、積層構造体の側面領域に形成される被膜を、電着法を用いて導電材料の膜を形成し、その膜を酸化させることによって形成する。即ち、緻密な金属酸化物によって内部電極の端面を覆うので、絶縁膜が $10\text{ }\mu\text{m}$ 程度と薄くても、十分な絶縁性能を発揮させることができる。また、膜厚も任意にコントロールできるので、積層構造体アレイにおける狭ピッチ配列にも容易に対応することができる。

【0040】

図8は、本実施形態に係る積層構造体を超音波トランスデューサアレイとして利用した超音波用探触子を示す断面図である。図8に示すように、この超音波用探触子は、図6の(c)に示す積層構造体アレイ2と、積層構造体アレイ2から引き出された配線51と、積層構造体アレイ2の一方の底面(例えば、共通電極39側)側に配置されたパイレックス(登録商標)ガラス等の音響整合層52と、他方の底面側に配置された金属粉入りエポキシ樹脂等のパッキング材53とを含んでいる。なお、図8においては、超音波用探触子を収納する筐体は省略されている。

10

【0041】

超音波用探触子に用いられる超音波トランスデューサとして、上記のような積層構造体を用いることにより、電気的インピーダンスを低下させると共に、送受信回路とのインピーダンスマッチングを良好にすることができるので、電圧の印加効率を向上させて、超音波の検出感度を高くすることが可能になる。また、超音波トランスデューサアレイにおける素子配列を狭ピッチ化することにより、搭載される超音波トランスデューサ数を増やすことができるので、超音波の走査密度を上げたり、送受信方向をより正確に制御することが可能になる。従って、分解能を高くして、超音波画像の画質を向上させることが可能となる。或いは、従来の超音波送受信性能を維持しつつ、超音波用探触子全体を小型化することも可能となる。

20

【0042】

次に、本発明の第2の実施形態に係る積層構造体について説明する。

図9は、本実施形態に係る積層構造体の構造を示す断面図である。この積層構造体3は、図1に示す積層構造体1における内部電極11a及び11b、並びに、被膜12の替わりに、内部電極61a及び61b、並びに、被膜62を有している。その他の構成については、図1に示す積層構造体1と同様である。

【0043】

本実施形態において、被膜62は、第1の実施形態におけるのと同様に、内部電極層61a及び61bの所定の端面に導電材料の膜を形成し、その後でその膜を酸化により絶縁化することによって形成されたものである。しかしながら、被膜の形成方法が、第1の実施形態における方法と異なっている。即ち、本実施形態においては、電気による泳動力の代わりに、磁気による泳動力を用いて内部電極の端面に膜を形成する。そのため、内部電極層61a及び61bの各々においては、被膜62が形成される側面に磁性を有する導電材料(第1導電材料63)が延在し、被膜62が形成されない側に磁性を有しない導電材料(第2導電材料64)が延在するように、種類の異なる導電材料が配置されている。また、被膜62の絶縁化前の原料としては、磁性を有する導電材料が用いられている。

30

【0044】

図10は、磁気泳動による絶縁膜形成方法の原理を説明するための図である。図10の(a)に示す容器には、磁性を有する導電材料の粒子(以下において、磁性粒子という)4を液体5に分散させたサスペンション(懸濁液)6が配置されている。液体5としては、泳動をスムーズに生じさせるために、水、アルコール、トルエン、キシレンのように、比較的粘度の低い液体を用いることが望ましい。

40

【0045】

このサスペンション6中に、複数の圧電材料層10と内部電極層61a及び61bを含む積層構造体を入れる。その結果、磁性粒子4は、磁気の泳動力により、磁性を有する第1導電材料63に引き付けられ、第1導電材料63の端面に付着する。それにより、図10の(b)に示すように、各内部電極層61a及び61bの1つの端面に、選択的に磁性

50

膜 6 5 を形成することができる。

【 0 0 4 6 】

第 1 導電材料 6 3 (磁性導電材料) と磁性粒子 4 (磁性導電材料) としては、次のような組み合わせ A ~ C が考えられる。

A : 第 1 導電材料 6 3 として自発磁化膜、磁性粒子 4 として単磁区粒子

B : 第 1 導電材料 6 3 として自発磁化膜、磁性粒子 4 として多磁区粒子

C : 第 1 導電材料 6 3 として多磁区膜、磁性粒子 4 として単磁区粒子

組み合わせ A を用いる場合には、比較的強固に磁性粒子 4 を第 1 導電材料 6 3 に付着させることができる。また、組み合わせ B を用いる場合には、サスペンション 6 を調整する際における磁性粒子 4 の取扱いが簡単であり、泳動力も高く、実用的である。さらに、組み合わせ C を用いる場合には、圧電材料層 1 0 の上に第 1 導電材料 6 3 を配置する工程を簡単にすることができる。材料決定の際には、積層構造体の大きさや形状、圧電材料層の原料との相性、製造設備等を考慮して適切な組み合わせを選択する。特に、後で磁性膜 6 5 を酸化させるための熱処理温度と、第 1 導電材料 6 3 や磁性粒子 4 のキュリー温度との関係についても留意する必要がある。

10

【 0 0 4 7 】

第 1 導電材料 6 3 としては、マンガン (M n)、鉄 (F e)、コバルト (C o)、ニッケル (N i) 等の遷移金属及びおよびそれらを含む材料や、ネオジウム (N d)、サマリウム (S m) 等の希土類及びそれらを含む材料が用いられる。具体的には、鉄 - コバルト (パーメンデュール) 合金や、サマリウム - コバルト合金や、ネオウジウム - 鉄 - ボロン合金、タングステン鋼等の磁性を有する導電材料が用いられる。また、第 2 導電材料 6 4 としては、例えば、金 (A u) や白金 (P t) 等の酸化し難い非磁性材料が用いられる。さらに、磁性粒子 4 としては、鉄やニッケルのように、比較的酸化し易い磁性材料が用いられる。本実施形態においては、第 1 導電材料 6 3 として磁性を有するタングステン鋼と、第 2 導電材料 6 4 として白金と、磁性粒子 4 として鉄 (F e) とを組み合わせている。なお、磁性粒子 4 を液体 5 中に広く分散させると共に、磁性粒子 4 によって内部電極層 6 1 a 及び 6 1 b の端面を万遍なく覆うため、磁性粒子 4 の粒子径はなるべく小さくすることが望ましい (例えば、 1 μ m 以下) 。

20

【 0 0 4 8 】

次に、本発明の第 2 の実施形態に係る積層構造体及び積層構造体アレイの製造方法について、図 1 1 ~ 図 1 3 を参照しながら説明する。

30

まず、複数の圧電材料層と各々が 2 種類の導電材料を含む電極層とが積層されたワークピースを作製する。そのために、図 1 1 の (a) に示すように、基板 7 0 上に圧電材料層 7 1 を、A D 法を用いて形成する。

【 0 0 4 9 】

次に、図 1 1 の (b) に示すように、圧電材料層 7 1 の上に、第 1 導電材料 6 3 と第 2 導電材料 6 4 とを帯状に交互に配置することにより、電極層 7 2 を形成する。そのために、まず、積層構造体 3 の幅と概略等しい幅及び間隔でスリット状の開口が形成されたメタルマスクを用いて磁場中におけるスパッタリングを行うことにより、第 1 導電材料 (タングステン鋼) 6 3 を成膜する。次いで、基板 7 0 を積層構造体 3 の幅と概略等しい分だけシフトさせた後、該メタルマスクを用いてスパッタリング又は真空蒸着法を行うことによって第 2 導電材料 (白金) 6 4 を成膜する。なお、図 1 1 の (b) に示すように、電極層 7 2 の両端部においては、第 1 導電材料 6 3 及び第 2 導電材料 6 4 の幅を、積層構造体 1 の幅より細くしても構わない。ここで、第 1 導電材料として自発磁化膜を形成するためには、上記のような磁場配向成膜を行う他に、結晶磁気異方性や形状磁気異方性を利用したエピタキシャル成長を行っても良い。

40

【 0 0 5 0 】

次に、図 1 1 の (c) に示すように、電極層 7 2 の上に、A D 法を用いて圧電材料層 7 1 を形成する。

次に、図 1 1 の (d) に示すように、圧電材料層 7 1 の上に、第 1 導電材料 6 3 と第 2

50

導電材料 6 4 とを、帯状に交互に配置することにより、電極層 7 3 を形成する。その際に、第 1 導電材料 6 3 と第 2 導電材料 6 4 との配置関係が、電極層 7 2 におけるそれらの配置関係と逆になるようにする。第 1 導電材料 6 3 及び第 2 導電材料 6 4 の形成方法については、電極層 7 2 におけるのと同様である。

【 0 0 5 1 】

さらに、図 1 1 の (a) ~ (d) に示す工程を必要な数だけ繰り返し、最上段に圧電材料層 7 1 を積層することにより、図 1 2 の (a) に示すワークピース 7 4 が形成される。次いで、このワークピース 7 4 から、研磨又は剥離により基板 7 0 を除去する。その後で、圧電材料層に含まれる P Z T のグレインサイズを大きくして圧電性能を高めるために、ワークピース 7 4 を所定の温度 (例えば、5 0 0 ~ 1 0 0 0 程度) で熱処理する工程を設けても良い。 10

【 0 0 5 2 】

次に、図 1 2 の (a) の破線に示すように、第 1 導電材料 6 3 の概略中央、及び、第 2 導電材料 6 4 の概略中央を、導電材料の長手方向にダイシングすることにより、ワークピース 7 4 を、部分的に繋がった複数の短冊状の構造体に分ける。図 1 2 の (b) に示すように、各短冊状の構造体 7 5 において、内部電極 6 1 a と内部電極 6 1 b とにおける第 1 導電材料 6 3 及び第 2 導電材料 6 4 の配置関係は、互いに逆になっている。なお、ダイシングする際に、ワークピース 7 4 の側面に第 1 導電材料 6 3 及び第 2 導電材料 6 4 の端部が明確に露出するように、ワークピース 7 4 の外形を成形しても構わない。

【 0 0 5 3 】

次に、図 1 2 の (c) に示すように、複数の短冊状の構造体 7 5 を、磁性粒子として鉄の微粉末を液体中に分散させたサスペンション 6 に浸す。それにより、磁性粒子が磁気によって泳動し、各構造体 7 5 の側面において露出した第 1 導電材料 6 3 の端面に付着する。その結果、図 1 3 に示すように、磁性膜 7 6 が形成される。 20

【 0 0 5 4 】

次に、磁性膜 7 6 が形成された複数の構造体 7 5 を、空气中、8 0 0 の雰囲気において 3 0 分間熱処理することにより、磁性膜 7 5 を酸化させる。その結果、内部電極の所定の端面に絶縁膜が形成された構造体 7 5 を得ることができる。それらの構造体 7 5 から積層構造体アレイ及び単体の積層構造体を製造する工程については、第 1 の実施形態において図 4 の (c) ~ 図 6 の (c) を参照しながら説明したものと同様である。 30

【 0 0 5 5 】

次に、本実施形態に係る積層構造体及び積層構造体アレイの製造方法の変形例について説明する。この変形例においては、図 1 4 の (a) に示すように、交互に形成される電極層 8 1 と電極層 8 2 との間において、第 1 導電材料 6 3 と第 2 導電材料 6 4 の境界位置がほぼ重なるように、2 種類の第 1 導電材料 6 3 及び 6 4 を帯状に配置する。そして、複数の圧電材料層及び複数の電極層を含む積層構造体を複数の積層構造体に分離する際は、それらの境界をダイシングする (図 1 4 の (a) の破線位置) 。図 1 4 の (b) に示すように、電極層をこのように配置する場合には、溝を挟んで対向する 2 つの側面において、絶縁膜が互い違いに形成されるので、複数の積層構造体をさらに狭ピッチで配置することが可能になる。 40

【 0 0 5 6 】

内部電極層を構成する 2 種類の導電材料の配置は、図 1 1 及び図 1 4 に示すように帯状である必要はなく、作製する積層構造体の形状 (例えば、円柱状) や配列 (例えば、同心円状やランダム配置) に応じて任意に配置しても構わない。即ち、少なくとも、絶縁膜が形成される側面に、磁性を有する導電材料が配置されていれば良い。その場合には、メタルマスクを用いることにより、2 種類の導電材料のパターンを形成することができる。また、サンドブラスト法を用いることにより、任意の形状や配列となるように、積層構造体を成形又は分離することができる。

【 0 0 5 7 】

次に、本実施形態に係る積層構造体及び積層構造体アレイの製造方法の第 2 の変形例に 50

ついて説明する。

この変形例においては、内部電極層を構成する第1導電材料63及び第2導電材料64として、常温においては共に磁性を有するが、キュリー点が互いに異なる金属や合金を用いる。即ち、被膜62が形成される第1導電材料63として、キュリー点 $T_{C A}$ を有する材料Aを用い、被膜62が形成されない第2導電材料64として、 $T_{C B}$ ($T_{C A} > T_{C B}$)を有する材料Bとを用いて、図12の(b)に示す構造体75を作製する。そして、磁気泳動を行う際に、磁性粒子を分散させた液温を $T_{C A}$ と $T_{C B}$ の間の温度 T ($T_{C A} > T > T_{C B}$)に保つ。それにより、材料Bの自発磁化がゼロとなるので、材料Bの端面には磁性粒子が付着せず、材料Aの端面のみに、絶縁膜を選択的に形成することができる。材料A及び材料Bの組み合わせとしては、例えば、パーメンデュール(キュリー点980)とニッケル(キュリー点354)を用いることができる。

10

【0058】

このように、磁性の発現を温度によって制御することにより、導電材料として用いることができる材料の選択の幅を広げることが可能になる。また、キュリー点の他にも、構造相転移温度や、ガラス転移点によって磁性の発現を制御しても良い。

【0059】

このように、本実施形態によれば、磁気泳動を用いることにより、内部電極層の端部に被膜を容易に形成することができる。従って、積層構造体アレイにおける積層構造体のサイズや配列により、電気泳動のための対向電極の配置が困難となる場合においても、各積層構造体の内部電極層の端面に絶縁膜を形成することが可能となる。

20

【0060】

以上説明した本発明の第1及び第2の実施形態においては、内部電極層の端面を覆う導電材料の被膜を絶縁化するために酸化処理を行ったが、それ以外にも、窒化処理や、フッ化処理や、硫化処理を行っても良い。例えば、フッ化処理を行う場合には、内部電極層の端面にニッケル膜を形成し、塩酸を用いてニッケル膜を塩化させた後に、150の雰囲気中でフッ素を作用させる。それにより、絶縁性を有するフッ化ニッケル(NiF_2)を形成することができる。

【0061】

また、本発明の第1及び第2の実施形態においては、完成品における複数の積層構造体の配列を保つために、図2の(c)や図12に(a)に示すワークピース等を完全に切り離すことなくダイシングを行った。しかしながら、ワークピースの形成時に用いた基板を取り付けたまま製造工程を進めても良く、この場合には、ワークピースを複数の構造体に分ける際に、ワークピースの下底面に至るまでダイシングしても構わない。また、その場合には、剥離又は研磨により基板を除去することにより、複数の積層構造体を互いに完全に分離させることができる。

30

【図面の簡単な説明】

【0062】

【図1】本発明の第1の実施形態に係る積層構造体を示す断面図である。

【図2】本発明の第1の実施形態に係る積層構造体及び積層構造体アレイの製造方法について説明するための斜視図である。

40

【図3】本発明の第1の実施形態に係る積層構造体及び積層構造体アレイの製造方法について説明するための斜視図である。

【図4】本発明の第1の実施形態に係る積層構造体及び積層構造体アレイの製造方法について説明するための斜視図である。

【図5】本発明の第1の実施形態に係る積層構造体及び積層構造体アレイの製造方法について説明するための斜視図である。

【図6】本発明の第1の実施形態に係る積層構造体及び積層構造体アレイの製造方法について説明するための一部断面斜視図である。

【図7】エアロゾルデポジション法を用いた成膜装置の構成を示す模式図である。

【図8】図6の(c)に示す積層構造体アレイを含む超音波用探触子の構造を示す断面図

50

である。

【図 9】本発明の第 2 の実施形態に係る積層構造体の構造を示す断面図である。

【図 10】磁性膜の形成方法の原理を説明するための図である。

【図 11】本発明の第 2 の実施形態に係る積層構造体及び積層構造体アレイの製造方法について説明するための斜視図である。

【図 12】本発明の第 2 の実施形態に係る積層構造体及び積層構造体アレイの製造方法について説明するための斜視図である。

【図 13】本発明の第 2 の実施形態に係る積層構造体及び積層構造体アレイの製造方法について説明するための斜視図である。

【図 14】本発明の第 2 の実施形態に係る積層構造体及び積層構造体アレイの製造方法の変形例について説明するための斜視図である。 10

【図 15】従来の積層構造体における配線方法を説明するための断面図である。

【図 16】従来の積層構造体における別の配線方法を説明するための断面図である。

【符号の説明】

【0063】

1、3、36、100、200 積層構造体

1a、1b、20a、20b 側面

2 積層構造体アレイ

4 磁性粒子

5 液体

6 サスペンション

10、21、71、101、201 圧電材料層

11a、11b、61a、61b、102、103、202 内部電極層

12、62 被膜

13a、13b、27、104、105、204 側面電極

14 上部電極

15 下部電極

20、70、80 基板

22、72、73 電極層

23、74 ワークピース

24、29 溝

25、30、75 構造体

26、31 配線

27、32 ニッケル被膜

28、37 エポキシ樹脂（充填材）

33、38、203 絶縁膜

34 白金膜

35、106 絶縁領域

39 共通電極

41 原料の粉体

42 エアロゾル生成容器

43 キャリアガス導入部

44 エアロゾル導出部

45 振動部

46 成膜チャンバ

47 排気管

48 ノズル

49 可動ステージ

51 配線

52 音響整合層

20

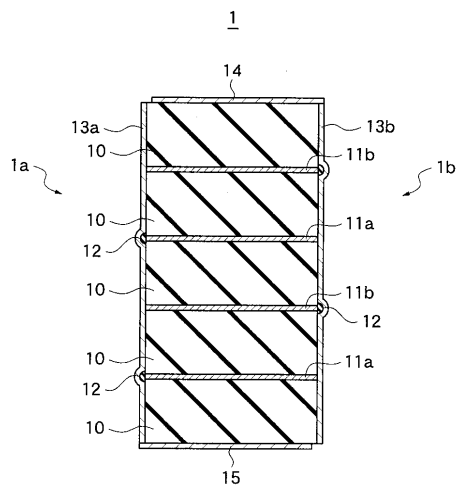
30

40

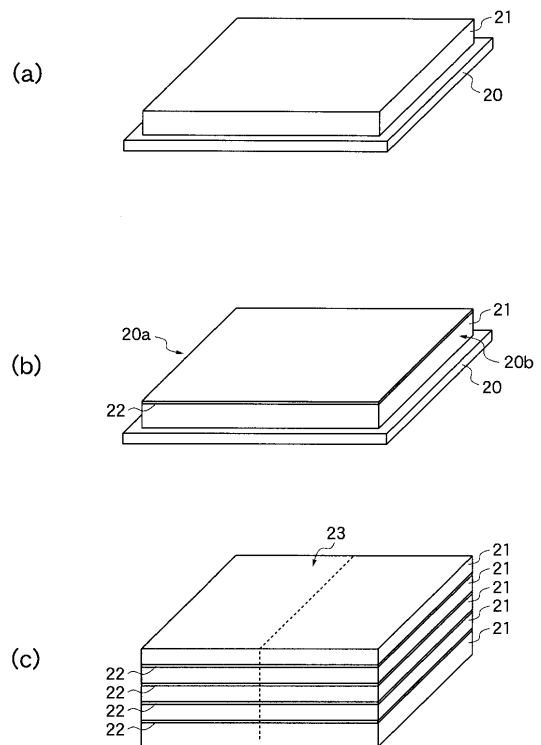
50

- 5 3 バック材
 6 3 第 1 導電材料
 6 4 第 2 導電材料
 6 5、7 6 磁性膜

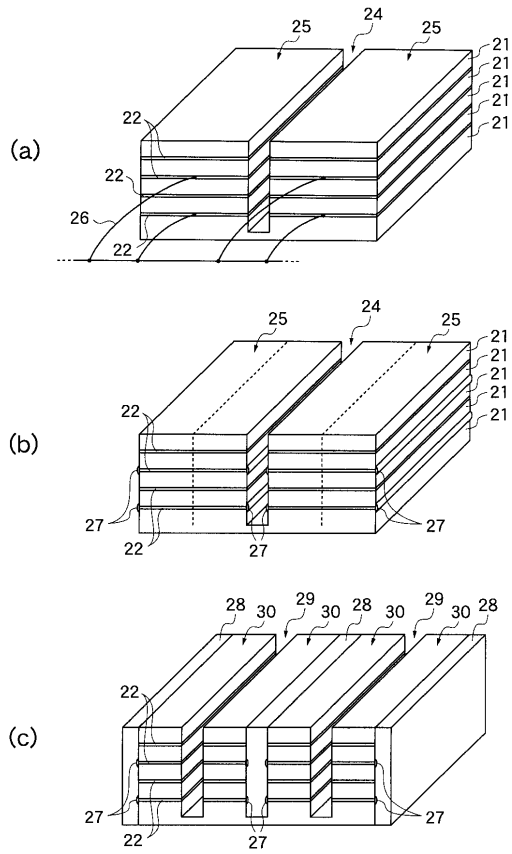
【図 1】



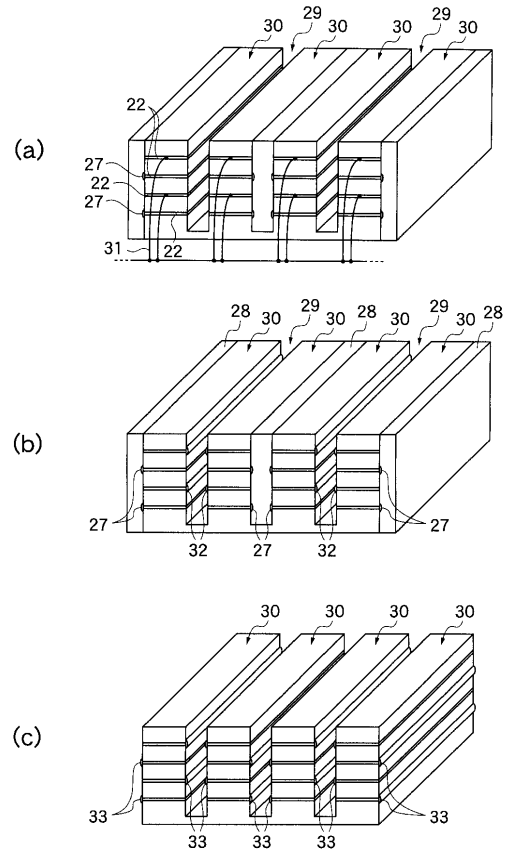
【図 2】



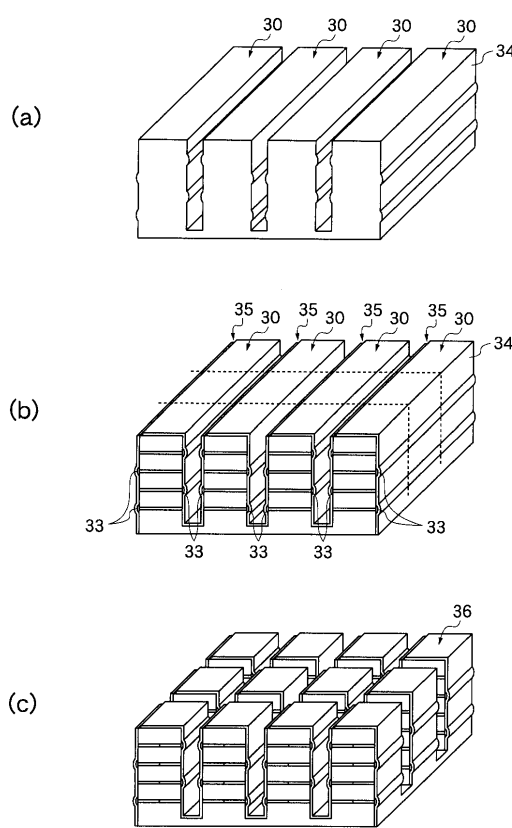
【 図 3 】



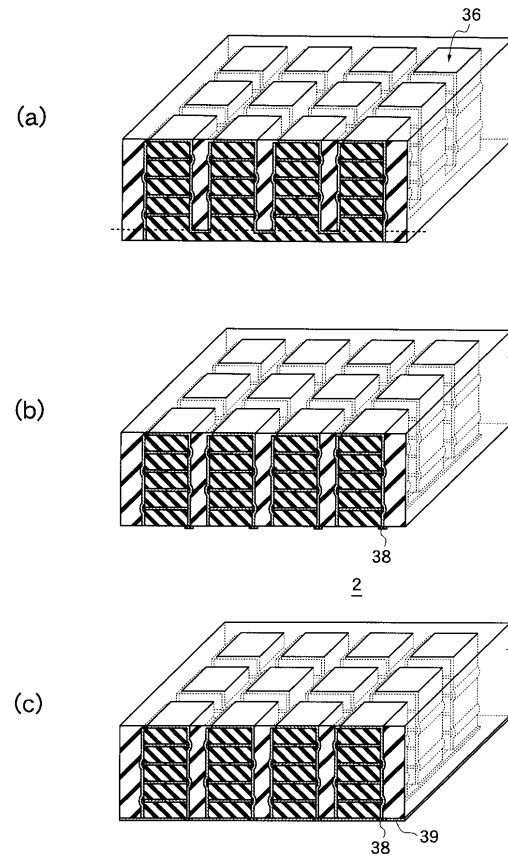
【 図 4 】



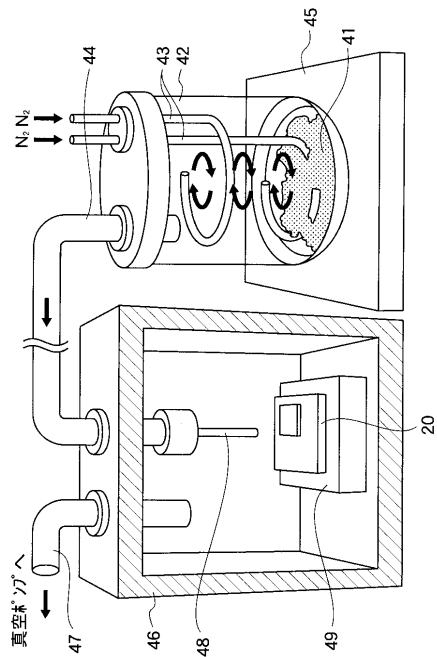
【 図 5 】



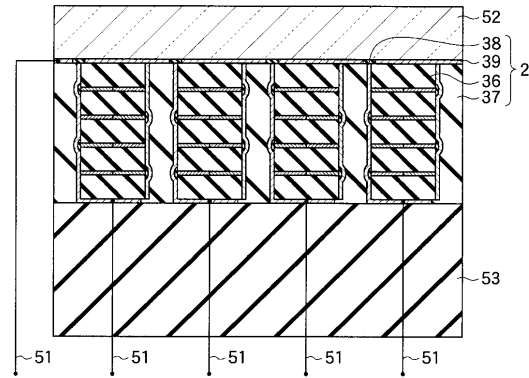
【 図 6 】



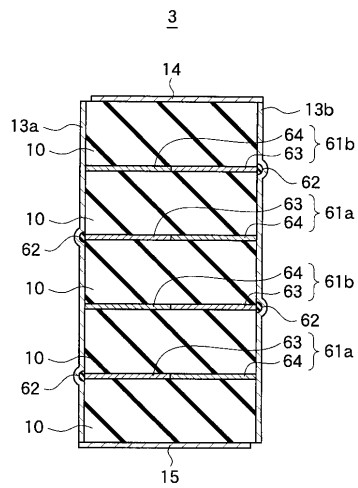
【図 7】



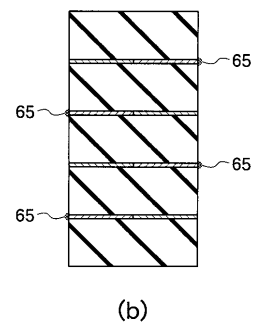
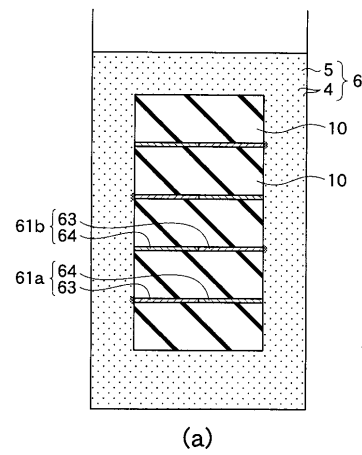
【図 8】



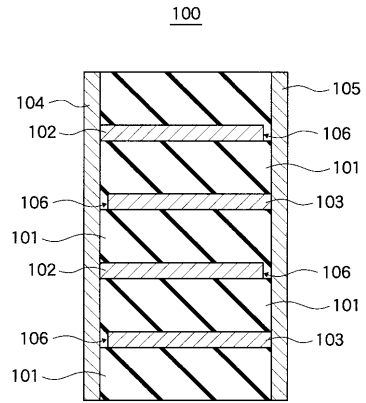
【図 9】



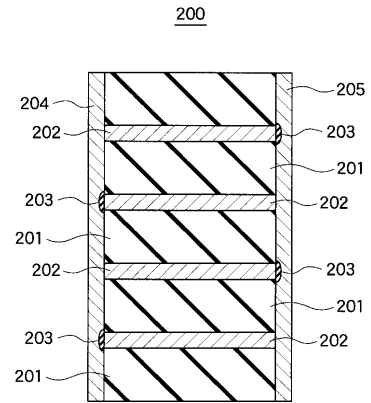
【図 10】



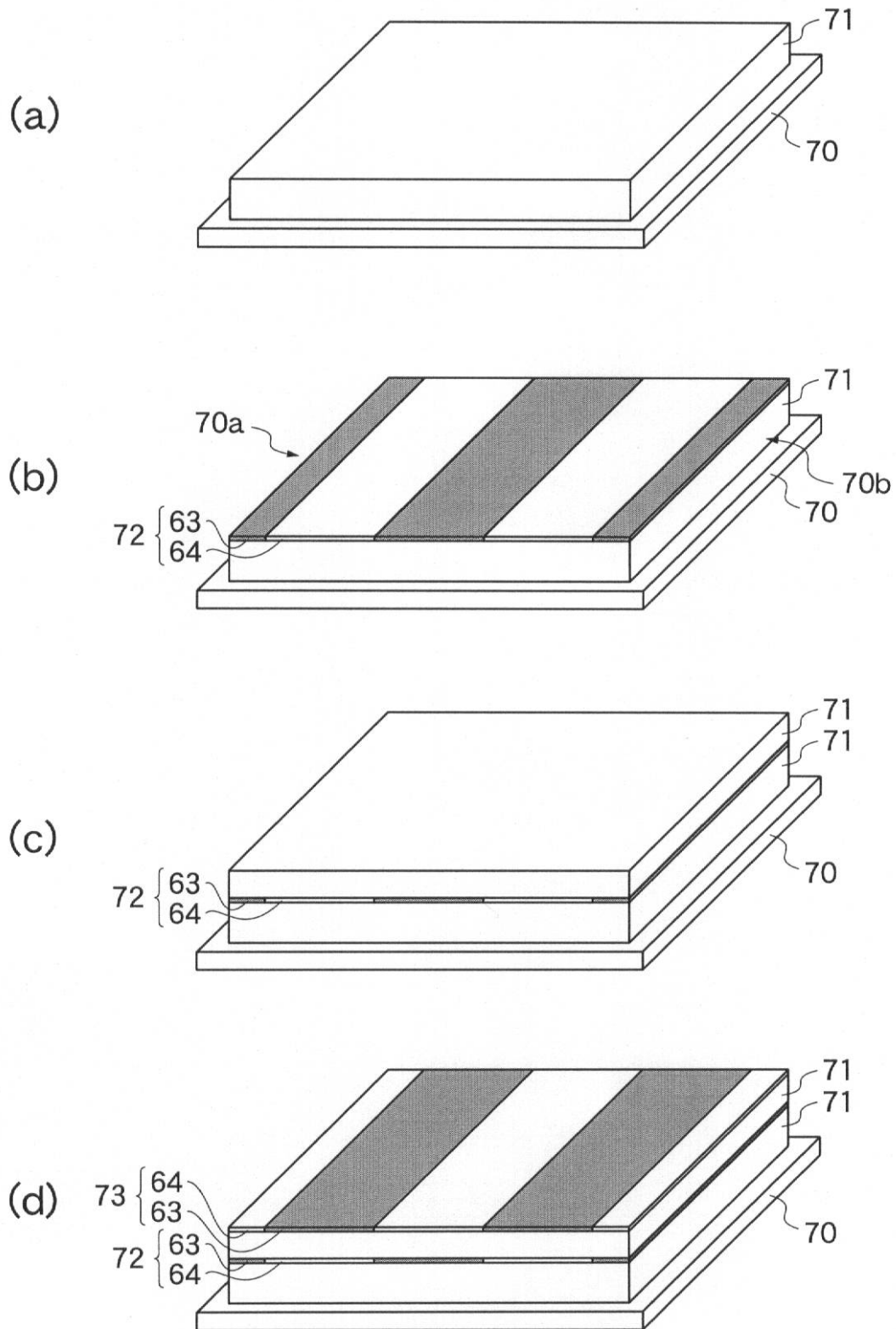
【 図 1 5 】



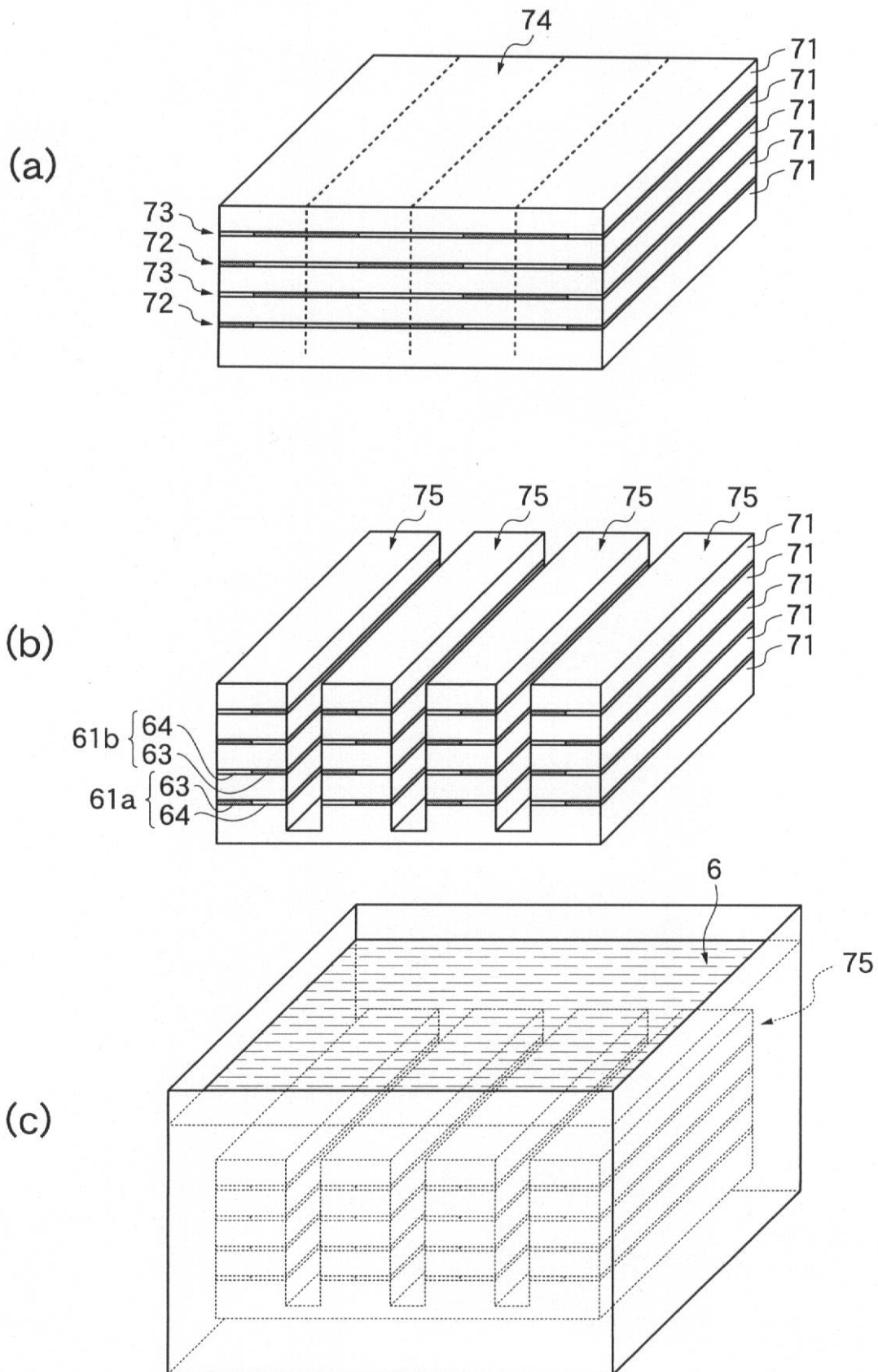
【 図 1 6 】



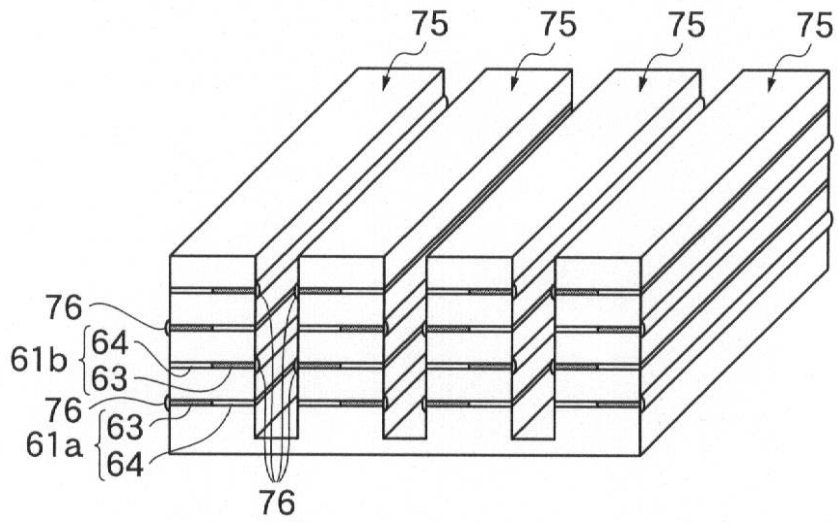
【図 11】



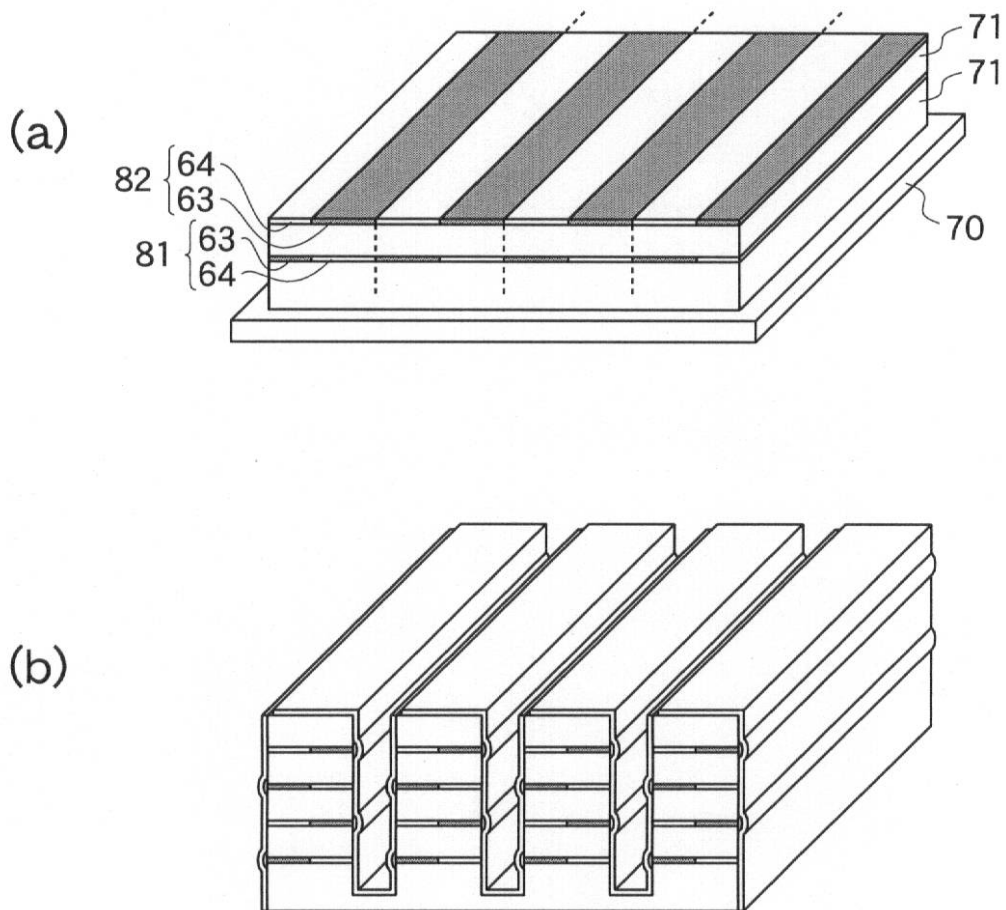
【図 12】



【図 13】



【図 14】



フロントページの続き

(51) Int.Cl.

H 0 1 L 41/22 (2006.01)

F I

H 0 1 L 41/18

H 0 1 L 41/22

1 0 1 Z

Z

テーマコード (参考)