

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3994877号
(P3994877)

(45) 発行日 平成19年10月24日(2007.10.24)

(24) 登録日 平成19年8月10日(2007.8.10)

(51) Int. Cl.	F I		
HO 1 L 41/083 (2006.01)	HO 1 L 41/08	Q	
B 4 1 J 2/16 (2006.01)	B 4 1 J 3/04	1 O 3 H	
HO 1 L 41/22 (2006.01)	HO 1 L 41/22	Z	
HO 1 L 41/24 (2006.01)	HO 1 L 41/22	A	

請求項の数 4 (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願2002-569413 (P2002-569413)	(73) 特許権者	000004064
(86) (22) 出願日	平成14年3月1日(2002.3.1)		日本碍子株式会社
(86) 国際出願番号	PCT/JP2002/001911		愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号
(87) 国際公開番号	W02002/070265	(74) 代理人	100078721
(87) 国際公開日	平成14年9月12日(2002.9.12)		弁理士 石田 喜樹
審査請求日	平成15年7月18日(2003.7.18)	(72) 発明者	武内 幸久
(31) 優先権主張番号	特願2001-57011 (P2001-57011)		日本国愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号 日本碍子株式会社内
(32) 優先日	平成13年3月1日(2001.3.1)	(72) 発明者	辻 裕之
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		日本国愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号 日本碍子株式会社内
		(72) 発明者	北村 和正
			日本国愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号 日本碍子株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 櫛歯型圧電アクチュエータ及びその製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数の圧電層から成る圧電アクチュエータを櫛歯状に複数整列配置してなる櫛歯型圧電アクチュエータであって、

前記圧電層間に、複数の駆動電極が介在される一方、

各櫛歯の側面は焼成面より成り、隣接する櫛歯に相対する櫛歯側面の圧電層間の凹凸量が5 μm未満であって、隣接する櫛歯に相対する櫛歯側面は、櫛歯基部から先端に向けて立体形状を成し、さらに、隣接する櫛歯の距離が70 μm未満か、櫛歯ピッチが200 μm未満の何れかであることを特徴とする櫛歯型圧電アクチュエータ。

【請求項2】

櫛歯の幅が130 μm以下である請求項1記載の櫛歯型圧電アクチュエータ。

【請求項3】

隣接する櫛歯の距離が70 μm未満且つ30 μm以上である請求項1又は2記載の櫛歯型圧電アクチュエータ。

【請求項4】

複数の圧電層から成る圧電アクチュエータを櫛歯状に複数整列配置してなる櫛歯型圧電アクチュエータの製造方法であって、

電極膜を形成した複数の圧電材料グリーンシートを用意し、パンチとダイを用いて前記複数の圧電材料グリーンシートのうち第一の圧電材料グリーンシートにスリット孔を開ける第一の工程と、

前記第一の圧電材料グリーンシートをストリッパを用いて引き上げる第二の工程と、
前記パンチの先端部を、引き上げた前記第一の圧電材料グリーンシートの最下部より僅かに引き込む程度に引き上げる第三の工程と、

前記パンチにより、第二の圧電材料グリーンシートに第二のスリット孔を開ける第四の工程と、

前記第二の圧電材料グリーンシートを前記第一の圧電材料グリーンシートと共に引き上げる第五の工程と、

前記パンチ先端部を、引き上げた前記第二の圧電材料グリーンシートの最下部より僅かに引き込む程度に引き上げる第六の工程を含み、

以降、複数枚の圧電材料グリーンシートを、第四の工程から第六の工程を繰り返して積層して櫛歯状の複数の圧電層を形成し、その後焼成することを特徴とする櫛歯型圧電アクチュエータの製造方法。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

本発明は、複数の圧電層から成る駆動部を複数整列配置した櫛歯型圧電アクチュエータ及びその製造方法に関し、特に層間剥離が生じ難く、また汚染もし難く、更に70 μ m以下のスリット幅の櫛歯であっても、また立体形状のスリットを有する櫛歯であっても容易に製造可能な櫛歯型圧電アクチュエータ及びその製造方法に関する。

【背景技術】

櫛歯型アクチュエータを使用する例として、インクジェットプリンタがある。このインクジェットプリンタの場合、インク吐出部が、特開平5-246025号公報に記載されているように、複数のノズルが整列配置されると共に各ノズル背部には吐出するインクを収容するインク室を有し、個々のノズルに対して対向する位置に、圧電素子によって構成された圧力発生部材を配置し、その変形によってインク室を加圧変形させてインク滴を飛翔させている。このアクチュエータである圧力発生部材は、通常ノズルの位置に合わせて整列配置され、櫛歯状に形成されたものが利用されている。

20

そして、プリンタの解像度を180dpiとした場合、ノズルの配列ピッチは141 μ mとなり、隣接するアクチュエータ即ち櫛歯のピッチもこの間隔で形成される。そのため、微細であると共に高度な寸法精度が要求され、このような櫛歯状の圧電素子から成るアクチュエータは、図6の製造工程図に示すように、電極膜20を形成した圧電材料グリーンシート21を複数層積層し、焼結した多層ピエゾアクチュエータ22をダイサー等によってスリット23を加工し、櫛歯24を形成していた。尚、図6において、(a)は積層前の状態、(b)は加圧積層した状態、(c)は焼成一体化した状態、(d)はダイサー加工して櫛歯を形成した状態を示している。

30

しかし、上記ダイサー等によってスリット加工する形成方法は、圧電材料グリーンシート焼結後に行うため、角部が欠けたり層間剥離が発生しやすく、具体的には次のような問題点を有していた。

第一に、圧電材料 - 電極材料層間に、両材料の熱膨張率差等により残留応力が生じる。そのため、機械加工によりその面が露出されることで、加工中に層間剥離不良が発生しやすく、また使用中に加工面の圧電材料 / 電極材料層間に剥離が生じやすい。

40

第二に、スリット加工は個々のスリットをダイサー等で切除して形成するため、複数のダイサーブレードにより一気に形成するにしても時間がかかっていた。

第三に、スリット加工後は加工液で汚れるため洗浄が必要であるが、加工後の強度は更に低いため、洗浄～乾燥工程は慎重に行わなければならない、コストがかかっていた。

第四に、設計上の制約があった。これは、実用的な設計の櫛歯間スリット幅が、加工用ダイサーブレード刃厚で制限を受けて略70 μ m以下にできない。そのため、より高密度、或いは高強度、或いは高強度で高出力の櫛歯型アクチュエータを得ることができなかった。また、直線的、平面的なスリット加工しかできないため、複雑形状の櫛歯が必要な時は例えば特開平6-71877号公報に開示されているように後工程で部品を接着する等して対応せざるをえなかった。

50

【発明の開示】

上記課題を解決するため、本発明者らは、まず図7に示すように、圧電材料グリーンシート21を金型を用いて個々に打ち抜き櫛歯間スリット23を形成し、その後治具を用いて位置合わせし、重ね合わせて加熱加圧し、焼成一体化する製造方法を検討し、この製造方法により、圧電材料 - 電極材料層間の残留応力が緩和され、更には櫛歯側面が高温焼成面となるため、洗浄工程が簡便で済むと考えた。

しかし、この方法により作成したアクチュエータは、図7のQ視端面を示した図8に示すように、櫛歯の圧電層間の位置を精度良く合わせることができず、大きなズレが発生してしまう。このズレ量Mは最低でも10 μ mあり、平均すると20 μ m程度の大きさであった。これは、位置合わせ方法において、位置決めピンのある治具に、各圧電材料グリーンシートの位置合わせ孔がそのピンに通るように積層していくが、そのためにはピン孔とピンのクリアランスが少なくとも10 μ m程度は必要であるし、更に圧電材料グリーンシートの柔軟さのために、10層以上を積層するとどうしても全体で20 μ m近い圧電層間のズレが発生するのは避けられないためであった。

尚、ここで圧電層間のズレが問題になる理由を述べると、図8(b)の形状において電界が加わり圧電歪みを生ずる部分を示した図8(c)の端面図に示すように、櫛歯の圧電層間にズレが生じると、櫛歯内部において有効な電界が生ずる領域が一様ではなくなり、圧電歪みを生じない領域がズレ部を中心に大きく発生する。その結果、アクチュエータの特性が落ちる上に、境界部分に応力集中が生じ、使用中にマイクロクラックが発生し、それが成長して素子の破壊に至ることがあるからである。

更に、このような不具合は、特に櫛歯ピッチが200 μ m以下のような微細な櫛歯型アクチュエータにおいては大きな問題となる。なぜならば、仮にスリット幅を70 μ mに設定すると、圧電層の幅は130 μ m以下しかなくなり、これに対して20 μ mものズレが発生すると、全体として一割以上の領域が、圧電歪みを生じない領域となるためである。

本発明は、このような実験結果を踏まえて成し得たもので、本発明に係る櫛歯型圧電アクチュエータは、複数の圧電層から成る圧電アクチュエータを櫛歯状に複数整列配置してなる櫛歯型圧電アクチュエータであって、圧電層間に、複数の駆動電極が介在される一方、各櫛歯の側面は焼成面より成り、隣接する櫛歯に相対する櫛歯側面の圧電層間の凹凸量が5 μ m未満であって、隣接する櫛歯に相対する櫛歯側面は、櫛歯基部から先端に向けて立体形状を成し、さらに、隣接する櫛歯の距離が70 μ m未満か、櫛歯ピッチが200 μ m未満の何れかであることを特徴とする。

また、櫛歯の幅を130 μ m以下とすると良い。更に、隣接する櫛歯の距離を70 μ m未満且つ30 μ m以上とするのが好ましい。

このように構成することで、外部に露出する圧電材料 - 電極材料層間は高温焼成面なので、残留応力が緩和されて加工中或いは使用中に層間剥離が生じ難い。従って、耐久性・信頼性に優れ特性を得ることができる。また、表面が汚染され難くなり、使用中にショート不良が発生することがない。

そして、本発明に係る櫛歯型圧電アクチュエータの製造方法は、複数の圧電層から成る圧電アクチュエータを櫛歯状に複数整列配置してなる櫛歯型圧電アクチュエータの製造方法であって、電極膜を形成した複数の圧電材料グリーンシートを用意し、パンチとダイを用いて前記複数の圧電材料グリーンシートのうち第一の圧電材料グリーンシートにスリット孔を開ける第一の工程と、前記第一の圧電材料グリーンシートをストリップを用いて引き上げる第二の工程と、前記パンチの先端部を、引き上げた前記第一の圧電材料グリーンシートの最下部より僅かに引き込む程度に引き上げる第三の工程と、前記パンチにより、第二の圧電材料グリーンシートに第二のスリット孔を開ける第四の工程と、前記第二の圧電材料グリーンシートを前記第一の圧電材料グリーンシートと共に引き上げる第五の工程と、前記パンチ先端部を、引き上げた前記第二の圧電材料グリーンシートの最下部より僅かに引き込む程度に引き上げる第六の工程を含み、以降、複数枚の圧電材料グリーンシートを、第四の工程から第六の工程を繰り返して積層して櫛歯状の複数の圧電層を形成し、その後焼成することを特徴とする。

10

20

30

40

50

櫛歯型圧電アクチュエータをこのように製造することで、パンチ自体を圧電材料グリーンシートの積層軸として使用し、打ち抜いた圧電材料グリーンシートを移動することなく順次重ね合わせて櫛歯を形成するので、スリット孔の変形が発生せず、高い精度で積層し、凹凸の少ない櫛歯側面を形成できる。そのため、スリット幅が70 μm未満の櫛歯、或いは櫛歯ピッチが200 μm未満であっても優れた特性のアクチュエータを作成できる。また、打ち抜き金型の設計により、スリットを立体形状にすることもできるし、スリット幅は圧電材料グリーンシート打ち抜き時点では金型のパンチ加工幅に等しいが、焼成工程で収縮するので、最終的に30～50 μm幅の微細スリットを形成することも可能である。

更に、スリット部分は焼成前に形成するので、完成品の外部に露出する圧電材料 - 電極材料層間は高温焼成面なので、残留応力が緩和されて加工中或いは使用中に層間剥離が生じにくい。そのため、耐久性・信頼性に優れ製品を得ることができる。また、表面が汚染し難く、使用中にショート不良等付着物による異常が発生し難い。

【発明を実施するための最良の形態】

本発明を具体化した最良の実施形態を、図面に基づいて詳細に説明する。

図1は本発明に係る櫛歯型圧電アクチュエータの一例を示し、(a)～(d)は製造工程の概略、(e)は完成した櫛歯型圧電アクチュエータの概略を示している。

製造手順はまず圧電材料グリーンシート1(以下、単にシートと称する。)に電極膜2を形成した後、(a)で各シート1のスリット6の形成、即ち櫛歯3の形成と積層を後述する方法により同時に行い、シートを積層形成した櫛歯3を形成し、打ち抜きの終了と同時に積層も完了としている。

次に、(b)で加熱加圧して各層を密着させ、(c)で焼成して多層ピエゾアクチュエータの駆動部14を完成させる。その後(d)で端面に電極4a, 4bを形成し、(e)で各櫛歯にリード線5を取り付けて櫛歯型圧電アクチュエータは完成となる。

このように、焼成前に櫛歯3を形成することで、ダイサー等でスリット加工して櫛歯を形成する必要がなく、櫛歯側面は焼成面のままであるので、焼成後に圧電材料 - 電極材料層端面が露出することがない。従って、圧電層間の残留応力が緩和され、加工中に端部の破損(チップング)や層間剥離が発生し難いし、使用中においても層間剥離が生じ難く、耐久性・信頼性を向上させることができる。また、焼成面とすることで、表面が汚染し難く使用中にショート不良等が発生し難いし、焼結後にスリット加工しないので、洗浄～乾燥工程を簡略化できる。

図2は、櫛歯3の形成と積層を同時に行う具体的製造方法を示し、周囲にシートの積層操作をするストリッパ9を配置したパンチ7とダイ8から成る金型を用いている。図2(a)はダイ8の上に最初のシート1aを載せた打ち抜き前の状態を示し、図2(b)でパンチ7及びストリッパ9を下降させてシート1aにスリット孔を打ち抜いて櫛歯を形成している(第一の工程)。

次に、2枚目のシート1bの打ち抜き準備に入るが、このとき図2(c)に示すように最初のシート1aはストリッパ9に密着させて上方に移動させて、ダイ8から離す(第二の工程)。ストリッパ9にシート1を密着させる方法はストリッパ9に吸引孔10を形成して真空吸引することで実施できる。

また、2枚目のシート1bの打ち抜き準備に入るために、ダイ8からパンチ7及びストリッパ9を引き上げるが、この引き上げている途中は、パンチ7の先端部を一緒に引き上げた最初のシート1aの孔の中まで戻さないことが望ましく、また止める際には、一緒に引き上げたシート1aの最下部より僅かに引き込んだところで止めることが肝要である(第三の工程)。パンチ7を最初のシート1aの孔の中まで戻したり、完全にストリッパ9の中へ格納してしまうと、シート1は軟質であるため形成した孔が変形してしまい、シートを積層して櫛歯を形成した際にその側面の平坦性が低下してしまう。

図2(d)は、2枚目のシート1bの打ち抜き工程を示し、最初のシート1aをストリッパ9に密着させることで、ダイ8上に2枚目のシート1bを容易に載置でき、図2(b)の工程のごとく打ち抜きでき、同時に最初のシート1aに重ね合わせられる(第四の工

10

20

30

40

50

程)。

そして、(c)、(d)の工程を繰り返して打ち抜かれた最初のシート1aと2枚目のシート1bを重ね合わせてストリッパ9により引き上げ(第五の工程)、3枚目のシート1cの打ち抜き準備にはいる。但し、この時も一緒に引き上げたシートの最下部より僅かに引き込んだところ、即ち2枚目のシート1b内で最下部より僅かに引き込んだところで止めることが肝要である(第六の工程)。

その後、第4の工程から第6の工程を繰り返して必要積層数のシートの打ち抜き及び積層を繰り返す。

図2(e)は、打ち抜きを終了した状態を示している。必要な枚数のシート1の打ち抜き及び積層が終了したら、ストリッパ9によるシートの保持を解除し、打ち抜き積層したシート1をストリッパ9から引き離して取り出し可能としている。ストリッパ9からの引き離しは図示するように、ストリッパ下面に引き離し治具12を設けることで確実に行うことができる。

10

以上述べた操作は、特願2000-280573に記載の製造方法を適用したものであり、この後、必要に応じて加圧積層処理を施してハンドリング可能な積層体と成し、次いで圧電材料グリーンシートや電極材料の特性に適した条件で当該積層体を焼成一体化する。

図5は、このように形成した図1(c)のP視端面説明図を示し、(a)は全体図、(b)は拡大図、(c)は電界を加えた際に圧電歪みの発生する部位を示している。図示するように各櫛歯の各圧電層はほとんどズレが発生することなく重ね合わせられるので、上記焼成後の圧電歪みも均一な形で発生させることができる。

20

上記製造方法による重ね合わせ精度の実験値を示すと、例えば厚さ40 μm 、ヤング率39N/mm²のシートに、櫛歯間スリット70 μm 、櫛歯幅100 μm の櫛歯を形成し、10枚重ね合わせた場合、焼成後の各層間のズレ量は最大で4 μm であり、櫛歯側面を凹凸なく滑らかにできた。また焼成後のスリット幅は、焼成収縮により約55 μm であった。

このように上記製造方法は、スリット幅が70 μm 未満であっても、また櫛歯ピッチが200 μm 未満であっても櫛歯を容易に形成することが可能であり、各層のズレ量を5 μm 未満に抑えることができる。

このように、パンチとダイを用いてスリットの形成と積層を同時に行い、パンチ自体を圧電材料グリーンシートの積層位置合わせ軸としても使用してパンチにより打ち抜いたスリット孔の変形を防止するため、スリット孔の変形が発生せず、高い精度で積層し、凹凸の少ない櫛歯側面を形成することができる。そのため、スリット幅が70 μm 未満の櫛歯、或いは櫛歯ピッチが200 μm 未満であっても優れた特性のアクチュエータを作成できる。

30

また上記製法ではシートを移動させるための治具や積み重ねるスペースが必要ないため、製造ラインも簡略化でき低コストでの製造が可能である。

また、スリット幅は、シート打ち抜き時点では、金型のパンチ加工幅とほぼ同等であるが、焼成時に収縮するので、上記製造方法によれば、薄肉加工スリットと焼成収縮の組み合わせで幅30~50 μm の微細スリットを形成することも可能である。

40

更に、打ち抜き金型の設計により、局面打ち抜き加工も可能であり、図4に示すような櫛歯側面或いは先端面形状が単純な平面でない様々な形状の櫛歯を形成することもでき、用途に応じて最適な形状を形成することができる。図4(a)は櫛歯先端部を幅広に形成し、各櫛歯の押圧対象への接触面積を広げた形状となっている。図4(b)は各櫛歯にバネ性を持たせている。このように形成することで、マイクロリレーとして好適に使用することが可能である。図4(c)は各櫛歯の長さを変えて、先端面を曲面としている。このように形成すれば、押圧対象を局面配置することも可能である。

尚、シートを積層する際に各シート間の密着を確実なものにするために、シートの表面に接着剤を塗布しても良い。また、シート間に接着シートを挟んでもかまわない。

図3は本発明の他の製造方法を示している。まずシート1に電極膜を形成した後、(a

50

)で各シート1の孔形成と積層を上記方法で同時に行い、シートの孔開け及び積層が完了したら、(b)で加熱加圧して各層を密着させ、(c)で焼成し、(d)で端部切除加工を行い櫛歯を形成している。その後図1(d)、図1(e)に示すように端面に電極を形成し、各櫛歯にリード線を取り付けて完成となる。

このように、打ち抜き時に直接櫛歯を形成せず、櫛歯両端部を連結して積層させることで、各シートの櫛歯部分の重ね合わせ精度を更に上げることが可能である。但し、焼成後に端部除去加工を必要とするし、除去加工部の洗浄を十分に行う必要があるため、工数が増加してしまう。

尚、上記実施の形態では、圧電型インクジェットヘッド用アクチュエータとしての櫛歯型圧電アクチュエータについて説明したが、他の用途にも利用できるものであり、例えば

10

【図面の簡単な説明】

図1は、本発明に係る櫛歯型圧電アクチュエータ及びその製造方法を示す説明図である。図2は、図1のスリット形成及び圧電材料グリーンシートの積層を同時に行う方法を示す工程説明図であり、(a)はダイに最初の圧電材料グリーンシートを載せた図、(b)は最初の圧電材料グリーンシートの打ち抜き工程図、(c)は2枚目の圧電材料グリーンシートを載せた図、(d)は2枚目の圧電材料グリーンシートの打ち抜き工程図、(e)は全シートの打ち抜き、積層を終えて、ストリッパより積層したシートを離れた工程図である。

20

図3は、本発明の他の製造方法を示す説明図である。

図4は、本発明の櫛歯型圧電アクチュエータの他の形状を示す斜視図である。

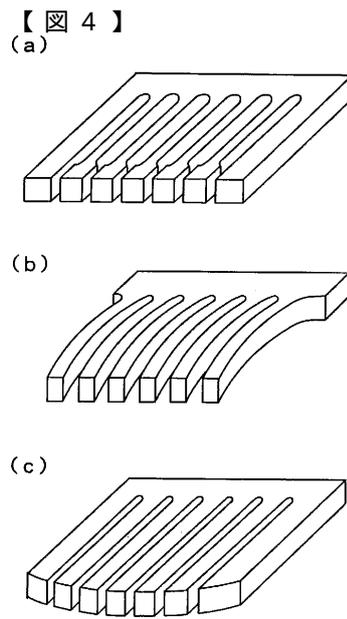
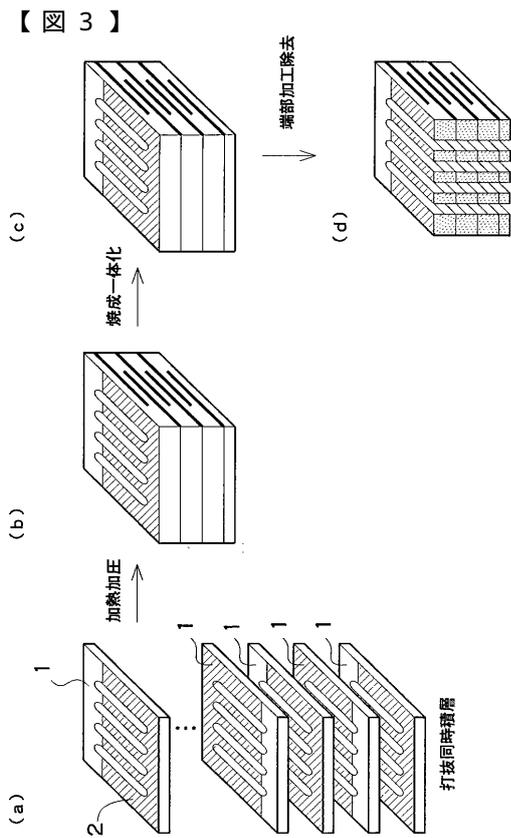
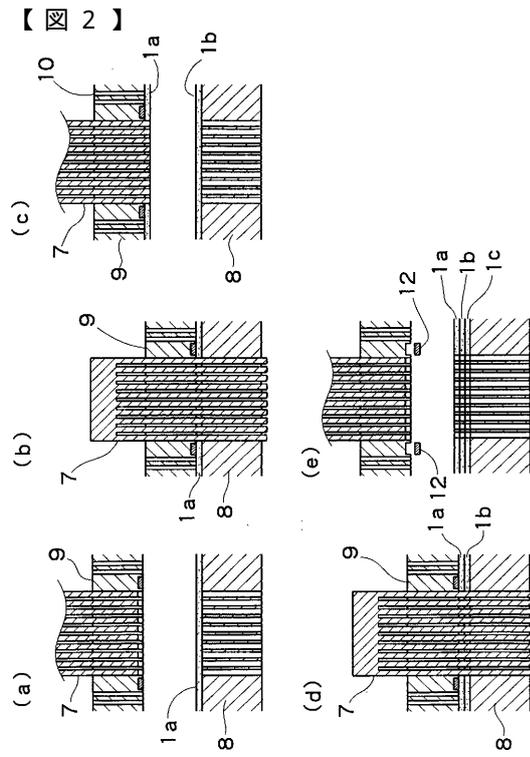
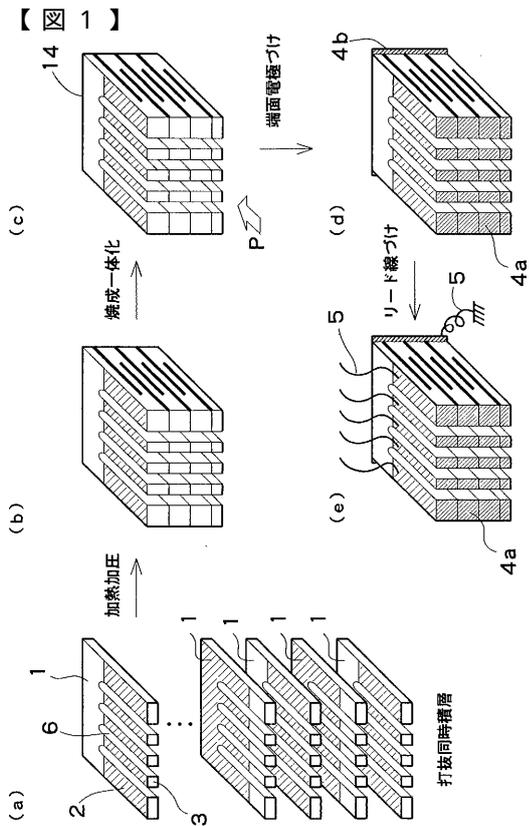
図5は、図1のP視端面図を示し、(a)は全体図、(b)は一部拡大図、(c)は電界が加わり、圧電歪みが発生する部分を示した説明図である。

図6は、従来の櫛歯型圧電アクチュエータの製造方法を示す説明図であり、(a)は積層前の状態、(b)は加圧積層した状態、(c)は焼成一体化した状態、(d)はダイサー加工して櫛歯を形成した状態を示している。

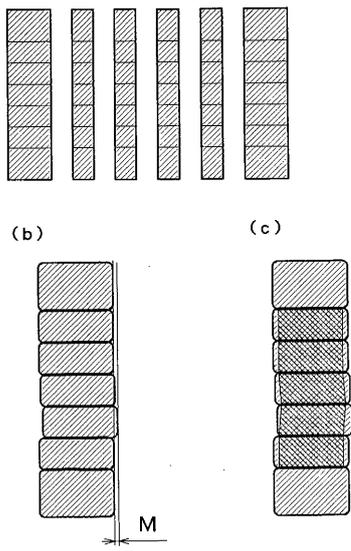
図7は、従来の櫛歯型圧電アクチュエータの他の製造方法を示す説明図であり、(a)は打ち抜き後積層する様子、(b)は積層焼成後の様子を示している。

図8は、図7のQ視端面図を示し、(a)は全体図、(b)は一部拡大図、(c)は電界が加わり、圧電歪みが発生する部分を示した説明図である。

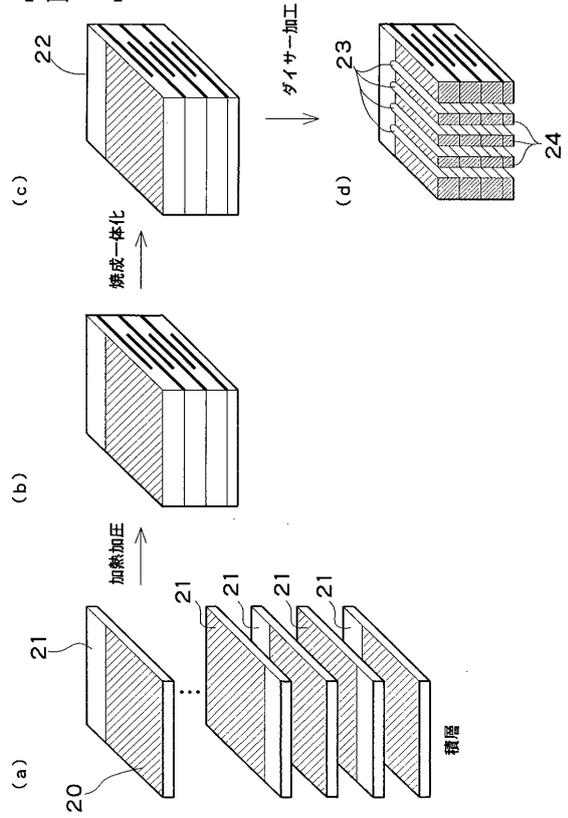
30



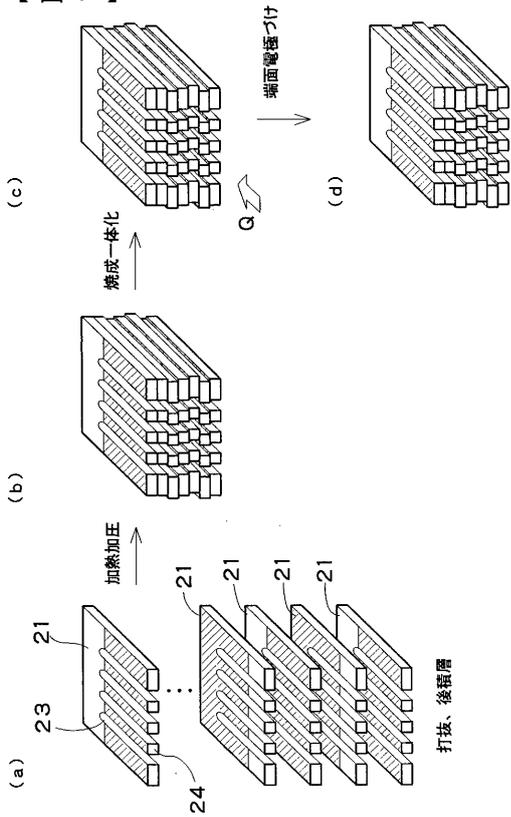
【 図 5 】



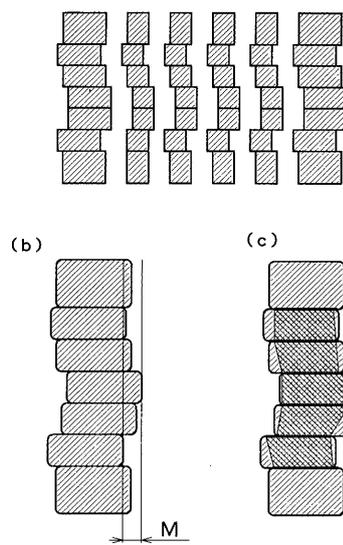
【 図 6 】



【 図 7 】



【 図 8 】



フロントページの続き

(72)発明者 高橋 伸夫

日本国愛知県名古屋市長区瑞穂区須田町2番56号 日本碍子株式会社内

審査官 河合 俊英

(56)参考文献 特開平11-254678(JP,A)
特開平11-048487(JP,A)
特開平05-246025(JP,A)
特開平06-008429(JP,A)
特開平07-148923(JP,A)
特開平08-306843(JP,A)
特開平08-162364(JP,A)
特開平07-122457(JP,A)
特開平02-151403(JP,A)
特開平08-252920(JP,A)
特開平06-297304(JP,A)
特開昭61-142615(JP,A)
特開昭58-059800(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 41/083

B41J 2/16

H01L 41/22

H01L 41/24