

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4667863号
(P4667863)

(45) 発行日 平成23年4月13日(2011.4.13)

(24) 登録日 平成23年1月21日(2011.1.21)

(51) Int.Cl.	F I
HO 1 L 41/22 (2006.01)	HO 1 L 41/22 Z
HO 1 L 41/083 (2006.01)	HO 1 L 41/08 S
HO 1 L 41/187 (2006.01)	HO 1 L 41/08 Q
HO 2 N 2/00 (2006.01)	HO 1 L 41/18 I O I D
	HO 2 N 2/00 B

請求項の数 15 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2004-512212 (P2004-512212)	(73) 特許権者	502057452
(86) (22) 出願日	平成15年5月14日(2003.5.14)		ピーアイ セラミック ゲーエムペーハー
(65) 公表番号	特表2005-529495 (P2005-529495A)		セラミッシュ テクノロジー ウント
(43) 公表日	平成17年9月29日(2005.9.29)		パウエレメント
(86) 国際出願番号	PCT/EP2003/005051		P I CERAMIC GMBH KER
(87) 国際公開番号	W02003/105246		AMISCHE TECHNOLOGIE
(87) 国際公開日	平成15年12月18日(2003.12.18)		N UND BAUELEMENTE
審査請求日	平成18年4月6日(2006.4.6)		ドイツ国 レーダーホーゼ D-0758
(31) 優先権主張番号	102 25 405.2		9 リンデンシュトラーセ
(32) 優先日	平成14年6月7日(2002.6.7)	(74) 代理人	100108453
(33) 優先権主張国	ドイツ(DE)		弁理士 村山 靖彦
(31) 優先権主張番号	102 34 787.5	(74) 代理人	100064908
(32) 優先日	平成14年7月30日(2002.7.30)		弁理士 志賀 正武
(33) 優先権主張国	ドイツ(DE)	(74) 代理人	100089037
前置審査			弁理士 渡邊 隆

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 圧電セラミック又は電歪材料から作られたモノリシック多層アクチュエータ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

圧電セラミック又は電歪材料から作られたモノリシック多層アクチュエータであって、前記アクチュエータは、グリーンシートの焼結によって複数の圧電プレートを上下に接続した積層構造として形成され、プレート積層内に存在する内部電極は、前記積層構造の対向する外面に経路を定められ、これら内部電極は、各電極群の外部接点と基本金属コーティングとによって並列に接続されている、モノリシック多層アクチュエータにおいて、

マイクロメートルオーダーの微小変動部が、少なくとも2つの対向する外面の領域内の前記内部電極と平行にかつ間隔を置いて前記基本金属コーティングから伸びるように積層方向に沿って前記アクチュエータ構造に組み入れられ、区別される内部電極は、前記外面へ向けて暴露され、早くとも前記アクチュエータの分極の間に前記アクチュエータの内部への所定の限られた応力減少をもたらされ、前記基本金属コーティング及び/又は前記外部接点は、少なくとも前記微小変動部の領域で伸長抵抗性又は弾性を有して形成され、

前記外部接点は、組み入れられた又は意図された微小変動部の位置の情報を用いて準備され、該外部接点は、少なくとも2つの前記微小変動部の間の領域の前記基本金属コーティングと一点で又は部分的に電氣的接続にある平面曲げ関節接合電極を含み、

前記平面曲げ関節接合電極は、はんだ付けされた銅/ベリリウムストリップからなり、該ストリップは、開楕円の形状の断面を有し、各開楕円の主軸は、前記微小変動部の一つの領域に延在することを特徴とするモノリシック多層アクチュエータ。

【請求項2】

請求項 1 記載のモノリシック多層アクチュエータにおいて、
前記微小変動部は、局所的に制限されて前記グリーンシートが一体に焼結されることを防止することを特徴とするモノリシック多層アクチュエータ。

【請求項 3】

請求項 2 記載のモノリシック多層アクチュエータにおいて、
前記微小変動部は、有機バインダの層又は有機バインダが、焼結プロセスの間に完全に燃え尽きる直径 200 nm を有する 50 体積%までの有機粒子を用いて、前記積層の積み重ねの間に前記微小変動部の領域に適用されたものであることを特徴とするモノリシック多層アクチュエータ。

【請求項 4】

請求項 3 記載のモノリシック多層アクチュエータにおいて、
前記層は、スクリーン印刷法によって形成され、該層は、前記微小変動部の領域において完全な又は部分的な共焼結を明白に防止するために、焼結する前に前記グリーンシートに埋め込まれたセラミック粒子が部分的にのみ互いに接触するように又は少しも互いに接触しないように固められたものであることを特徴とするモノリシック多層アクチュエータ。

【請求項 5】

請求項 2 記載のモノリシック多層アクチュエータにおいて、
微小変動部は、前記積層の圧電性材料と反応しない 1 μm の直径を有する無機充填粒子で実現され、かつこれら充填粒子は前記バインダに加えられていることを特徴とするモノリシック多層アクチュエータ。

【請求項 6】

請求項 1 から 5 のいずれか一項に記載のモノリシック多層アクチュエータにおいて、
前記外部接点は、組み入れられた又は意図された微小変動部の位置の情報を用いて準備され、該外部接点は、少なくとも 2 つの前記微小変動部の間の領域の前記基本金属コーティングと一点で又は部分的に電気的接続にある平面曲げ関節接合電極を含み、
前記平面曲げ関節接合電極は、蛇行電極として構成され、蛇行の接続部は、前記微小変動部の領域に延在することを特徴とするモノリシック多層アクチュエータ。

【請求項 7】

請求項 6 に記載のモノリシック多層アクチュエータにおいて、
はんだ付け部分又ははんだ付けパッドが、さらなる配線のために前記曲げ電極に設けられることを特徴とするモノリシック多層アクチュエータ。

【請求項 8】

請求項 1 から 7 のいずれか一項に記載のモノリシック多層アクチュエータにおいて、
力結合表面として電極のない受動末端層が、前記積層構造の上端部及び/又は下端部に設けられることを特徴とするモノリシック多層アクチュエータ。

【請求項 9】

請求項 8 記載のモノリシック多層アクチュエータにおいて、
前記受動末端層と前記受動末端層に最も近い微小変動部との距離は、前記積層方向に分配された残りの微小変動部の距離の全体又は半分と等しくなるように選択されることを特徴とするモノリシック多層アクチュエータ。

【請求項 10】

アクチュエータが圧電プレートの積層構造であり、内部電極、共通の基本金属コーティング、及び外部接点が設けられた、圧電セラミック又は電歪材料から作られたモノリシック多層アクチュエータであって、

薄い層に裂ける微小構造変動部が、前記内部電極と平行に積層方向に沿って設けられ、前記積層構造の圧縮強度を維持すると同時に、周囲の構造と比べて引張強さを減少させ、
前記薄い層に裂ける微小構造変動部の間の領域の前記基本金属コーティングと一点でのみ接続される伸長抵抗平面外部電極を含み、

前記伸長抵抗平面外部電極は、一連の開楕円の形状を含み、前記楕円間の連結ウェブが

10

20

30

40

50

短軸の方向に延在することを特徴とするモノリシック多層アクチュエータ。

【請求項 1 1】

請求項 1 0 記載のモノリシック多層アクチュエータにおいて、
前記薄い層に裂ける微小構造変動部の間の領域の前記基本金属コーティングと一点でのみ接続される伸長抵抗平面外部電極を含み、

前記伸長抵抗平面外部電極は、蛇行の形状を含む特徴とするモノリシック多層アクチュエータ。

【請求項 1 2】

請求項 1 1 に記載のモノリシック多層アクチュエータにおいて、
前記伸長抵抗平面外部電極は、平面構造の銅/ベリリウムのストリップであることを特徴とするモノリシック多層アクチュエータ。

10

【請求項 1 3】

請求項 1 1 記載のモノリシック多層アクチュエータにおいて、
前記伸長抵抗平面外部電極の各開楕円の主軸は、前記微小構造変動部の領域に延在することを特徴とするモノリシック多層アクチュエータ。

【請求項 1 4】

請求項 1 0 から 1 3 のいずれか一項に記載のモノリシック多層アクチュエータにおいて、
電極のない受動末端層が、前記アクチュエータの上端部及び/又は下端部に形成されることを特徴とするモノリシック多層アクチュエータ。

20

【請求項 1 5】

請求項 1 4 記載のモノリシック多層アクチュエータにおいて、
前記受動末端層は、結合要素を収容するモノリシック絶縁層を含むことを特徴とするモノリシック多層アクチュエータ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、請求項 1 の前段に係る、アクチュエータがグリーンシート (green foil) の焼結によって複数の圧電プレートの準機械直列接続の積層構造として形成され、プレート積層に存在する内部電極が積層の対向する外面に経路を定められ、これら内部電極が基本金属コーティングと各電極群の外部接点とによって並列に接続される、圧電セラミック又は電歪材料から作られたモノリシック多層アクチュエータの製造方法に関する。本発明はまた、請求項 1 3 の前段に係る、アクチュエータが、内部電極、共通の基本金属コーティング、及び電気外部接点を含む圧電プレートの積層構造である、圧電セラミック又は電歪材料から作られたモノリシック多層アクチュエータと、請求項 2 1 の前段に係る、圧電セラミック又は電歪材料から作られたモノリシック多層アクチュエータのための外部接点と、に関する。

30

【背景技術】

【0002】

圧電セラミックアクチュエータは、同等の圧電効果を利用する電気機械トランスデューサである。主表面上の電極を用いて圧電プレートにプレートの厚さ方向に分極した電場が印加される場合には、形態の変化が起こることになる。実際に、印加された電場が元来の分極場に平行に向けられる場合には、プレートの厚さ方向の伸長が起こる。同時に、場の方向に垂直に収縮が起こる。

40

【0003】

したがって、プレートの機械直列接続及び電気並列接続の意味で、複数のそのようなプレートを他のものの上にあるものを積層することによって、個々のプレートの変形を追加することが可能である。2 kV/mm の電界強度で約 0.1 ~ 0.2 % の伸長能力では、全体の高さで mm 毎に約 1 ~ 2 μm の歪みが達成され得る。

【0004】

50

モノリシック多層アクチュエータに関して、積層は未焼結条件で既に達成され、最終的な接続は焼結によって行われる。このプロセスでは、圧電セラミックのグリーンシートは数百まで金属内部電極と交互に積層され、固められ、モノリシック体に焼結される。内部電極は、厚い又は薄いフィルム構成の基本金属コーティングによって互いに大部分接続されている各表面まで対向する領域に交互に暴露される。この構成はまた、交差指型電極 (interdigital electrode) を有する構成とも称される。かくして圧電アクチュエータは、圧電セラミック層と、それぞれが表面と同じ位まで対向する領域に延在する内部電極群と、を有する。基本金属コーティングは、各電極群の並列接続の役に立つ。加えて、分極を拡大したのでもアクチュエータの通常動作中でもない不活性領域が提供される。

【 0 0 0 5 】

交差指型電極を有する多層アクチュエータにおけるこれら不活性領域は、実現可能な製作、及びそのような生成物の又は最終生成物の信頼性に対する臨界要因を表し、そのような生成物の利用の下に実現される。不活性領域における高い引張応力集中のために、かつ圧電セラミック材料の低い引張強さのために、0.3%までの残留伸長を含む分極の間に既に、又は作動中よりも後に、望まれないクラッキングが生じる。

【 0 0 0 6 】

上述の無制御のクラッキングの結果、アクチュエータにありとあらゆる故障メカニズムが生じる。クラックの成長がアクチュエータの内部に拡大する場合には、この結果、一方で、アクチュエータの機械的な破壊へと繋がる可能性があり、他方で、一の電極層から他の電極層へクラックが成長する場合には内部の閃光へと繋がる可能性がある。適切なプロセス処理をすると、アクチュエータの内部へのクラックの成長は制限することができる。しかしながら、アクチュエータ表面へ向けたクラックの成長は回避できないことである。クラックがアクチュエータの表面に到達する場合には、その結果、表面に適用された基本金属コーティングが遮られる。このためにアクチュエータの部分的な領域は、電圧供給から痙攣するように隔離され、このため基本金属コーティングの遮断において電氣的閃光が発生する。今度はこれらの閃光が、アクチュエータの全体的な故障へと最終的に繋がる理由となる。

【 0 0 0 7 】

議論されたクラッキングの問題を克服するための多くの解決策が知られており、これら解決策は、クラックの形成を防止することに向けられているか、又は不可避の無制御のクラックの形成の場合には、付加的な測定によって基本金属コーティングでの表面への閃光を除去又は排除することに向けられている。

【 0 0 0 8 】

特許文献1には、多層アクチュエータ及びその製造方法が開示されており、特許文献1においては約0.5mmの深さを有する複数のスロットが、アクチュエータの軸線に沿って内部電極と平行にアクチュエータに形成されている。他の技術分野で知られている拡張接合同様に、これらのスロットは、応力集中の減少へと繋がり、かくしてアクチュエータ構造における無制御のクラック形成又はクラックの成長を防止する。しかしながら、これらスロットがまたアクチュエータの支持断面を減少させ、同時に動作中アクチュエータの圧力荷重容量を減少させるという事実は不都合である。引用された例において、アクチュエータの支持断面は、 $4 \times 4 \text{ mm}^2$ の全断面積に対して $3 \times 3 \text{ mm}^2$ に減少する。焼結の間に未焼結セラミック箔上の熱分解層によってスロットが形成される引用された方法はまた、同様に焼結の間に無制御のクラックの成長へと繋がる可能性があり、内部電極の特別に高価な構成によってのみ防止され得るといふさらなる問題の存在を示す。焼結の間のクラックの形成の理由として、圧縮の間の未焼結積層の不均一な圧縮が言及されている。

【 0 0 0 9 】

特許文献2にはまた、基本金属コーティングがクラックによって破壊される場合の、クラックの形成及びその結果の問題が開示されている。

【 0 0 1 0 】

アクチュエータの損傷を回避するために、基本金属コーティングに部分的にのみ接続さ

10

20

30

40

50

れ、かつ接点間に伸張できるように構成された、電圧供給源と基本金属コーティングとの間に3次元的に構成された導電性電極を挿入することが提案されている。しかしながら、そのような3次元構造を実際に具現化するには、部分的な接点が内部電極の距離のオーダーの所定の距離を有さねばならないので、大変な高費用が要求される。

【0011】

特許文献3に係る圧電アクチュエータの信頼できる接点製作のための構成において、導電性接触タグが、接触タグの突出部が残るように接触ストリップとして形成された基本金属コーティングに取り付けられる。接触タグの突出部は、発生するクラックが接触タグを完全には切り離さないように十分に大きく形成されねばならない。しかしながら、そのような構成は、扱いが非常に繊細である。知られているように、圧電アクチュエータの表面上の基本金属コーティングは、非常に低い剥離抵抗を有する。既に低い引き剥がし力は、アクチュエータ表面からの基本金属コーティングの分離、かくして内部電極との電気接点の部分的な又は完全な欠損を引き起こす。

10

【0012】

アクチュエータ本体から表面電極までのクラックの成長を切り離すためのさらなる変形例は、特許文献4に開示されている。基本金属コーティングと外部電極との間に導電性粉末層を含むことが提案されている。そのような構成はクラックの増殖を防止するが、内部及び外部電極を有しかつ互いの間にある粉末粒子の電気接点は物理的な接触のみを通じて形成され、これは最小の接触圧力を要求するので、確かに技術的に実現され得るのは大量消費の下にのみである。接触接点はまた、腐食現象に対して非常に敏感である。

20

【0013】

特許文献5及び特許文献6には、表面に暴露された各電極と個々に接触するよう向けられた解決策が開示されている。50～250µmの電極距離では、経済的に実現することができない。

【特許文献1】特開昭58-196077号公報

【特許文献2】欧州特許第0844678号明細書

【特許文献3】独国特許発明第19646676号明細書

【特許文献4】独国特許発明第10017331号明細書

【特許文献5】国際公開第00-79607号パンフレット

【特許文献6】国際公開第00-63980号パンフレット

30

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0014】

したがって、上のことに基づくと、本発明の目的は、圧電セラミック又は電歪材料から作られたモノリシック多層アクチュエータの製造方法を提供することにある。前記モノリシック多層アクチュエータによって、高い信頼性と長期の安定性とを有し小さなアクチュエータ断面を用いて高い圧力に抵抗することもできるアクチュエータを製造することが実現できる。本発明のさらなる目的は、圧電セラミック又は電歪材料から作られたモノリシック多層アクチュエータを提供することであり、この新しいアクチュエータは改善された動作特性を有する。

40

【0015】

最後に、モノリシック多層アクチュエータのための外部電気接点が提供されるべきであり、該接点は、基本金属コーティングまでのクラックの増殖による閃光の発生を効果的に防止し、電子産業の通常のプロセスによって製造することができる。

【0016】

本発明の目的のプロセス関連解決策は、請求項1に係る規定の教えるところによってもたらされる。

【0017】

適切な多層アクチュエータに関して、請求項13に係る特徴の組み合わせに対して参照が行われ、電気外部接点に関して、請求項21に係る特徴に対して参照が行われる。

50

【0018】

従属請求項のそれぞれは、少なくとも適切な実施例であると同時に本発明の主題の拡張である。

【課題を解決するための手段】

【0019】

請求項に具体的に規定された教えを考慮すると、本発明の基本的な思想は、アクチュエータ軸線に沿って、かつ少なくとも2つの対向する外面の領域で内部電極に実質的に平行に、アクチュエータ構造に微小変動部(microdisturbance)を組み入れることである。対向する外面に対しては、内部電極は、ほぼ予め知られている位置に置かれたクラック源として作用するように交互に暴露され、クラックの成長が制御できる。基本金属コーティングによって厚膜技術又は薄膜技術でそれ自体知られている方法で外部接点が形成され、微小変動部の位置間の電極領域と外側へ向けて導く潜在的なクラックとは、伸長抵抗第2外部電極によって接続される。

10

【0020】

潜在的なクラック源として作用する構造損傷を特別に組み入れることによって、あらゆるさらなるクラックの形成を特に制御することができる。1~4mm、好ましくは2~3mmの範囲のクラック源の距離を用いると、内部の機械的応力は、クラック源間の部分において、はるか 10^8 サイクルを超える周期的な負荷でさえもさらなるクラック形成が観察されないように減少される。

【0021】

本発明に関して、特定の制御された方法で組み入れられている微小変動部それ自体が、アクチュエータ構造で適切な意味でクラックを起こさないことが重要である。特定の制御されたクラックは、アクチュエータの分極の後にのみ、かつ残留する伸長が存在する程度までのみ起こる。構造がなお基本金属コーティングの適用段階で閉じられるという事実のために、金属化した化合物は圧電セラミック材料に侵入せず、その結果、このように実現されたアクチュエータの特質がかなり改善される。

20

【0022】

微小変動部は、局所的に制限されてグリーンシートが異なる層剥離の結果として一体に焼結されることを防止する。

【0023】

この層剥離を達成するために、直径200nmを有する有機粒子を体積で50%まで含み、焼結プロセスの間ほぼ完全に燃え尽きる有機バインダの層又はある量の有機バインダを、所望の微小変動部の領域に積層の積み重ねまで適用する可能性がある。

30

【0024】

この特定の層は、スクリーン印刷法によって適用され得るとともに、完全に又は部分的に一体に焼結するのを確実に防止するためにグリーンシートに埋め込まれたセラミック粒子が部分的にのみ互いに接触するような又は少しも互いに接触しないような方法で焼結の前に固められる。

【0025】

あるいは、1 μ mの直径を有し、積層の圧電材料と反応しない複数の無機充填粒子によって微小変動部を形成する可能性もある。充填粒子は、それ自体知られている方法でバインダに加えられるとともに、バインダを構成物質である。

40

【0026】

さらに他の実施例では、初期ノッチ(incipient notch)によって微小変動部を誘起する可能性がある。これら初期ノッチは、未焼結条件又は焼結条件のどちらかで生成されるが、しかしながら、アクチュエータ積層の支持断面領域を減少させることはない。

【0027】

潜在的なクラックの位置は微小変動部の所定の組込みによって知られているため、この位置又は場所の情報を用いて外部接点を構成する可能性がある。本発明によれば、外部接点は、少なくとも微小変動部間の領域にある基本金属コーティングと電気的に接続されて

50

いる平面関節接合曲げ電極からなる。

【0028】

実際の見地から、平面曲げ電極は、はんだ付けされた銅/ベリリウムストリップを含むことができ、ストリップは開楕円 (open ellipsis) の形状の断面を有する。各開楕円の主軸は、各微小変動部の領域に延在する。

【0029】

代替例では、曲げ電極は、蛇行又は2重蛇行電極として構成され、蛇行の接続部は、微小変動部の領域に延在している。

【0030】

曲げ電極上に、基本金属コーティングとの接点及び/又はさらなる配線のために、はんだ付け部又ははんだ付けパッドが設けられる。

【0031】

アクチュエータを形成する積層構造は、力結合表面として電極のない受動末端層を含む。

【0032】

受動末端層までの第1微小変動部の距離は、長手方向軸線に沿って分配された残りの微小変動部の距離の全体又は半分に等しい。

【0033】

圧電セラミック又は電歪材料から作られた本発明の多層アクチュエータは、内部電極と実質的に平行に画定している積層長手方向軸線に沿って微小構造変動部を含み、積層の圧縮強さが維持される一方で、引張強さは周囲の構造と比べて減少する。

【0034】

加えて、モノリシック多層アクチュエータは、薄い層に裂ける微小構造変動部間の領域で基本金属コーティングと一点でのみ接続される伸長抵抗平面外部電極を含む。

【0035】

実施例では、外部電極は、曲げ関節接合機能を有する蛇行又は2重蛇行として構成され得る。曲げ関節接合機能を有する楕円環の意味で、一連の開楕円としてこの外部電極を形成する可能性もあり、接続及び接触ウェブは実質的に短軸の方向に延在する。

【0036】

外部電極の各開楕円の主軸は、微小構造変動部の領域に実質的に延在する。外側に増殖するそこで始まり得るあらゆるクラックは、接点の電氣的な妨げとはならない。

【0037】

アクチュエータの上端部及び/又は下端部に形成されている受動末端層は、結合要素を保有又は収容するモノリシック絶縁層として形成され得る。

【0038】

本発明のモノリシック多層アクチュエータのための電気外部接点は、伸長抵抗性の、準弾性の、導電性ストリップの形態の外部電極からなり、基本金属コーティングと一点でのみ接続され、一平面に位置された複数の個別曲げ関節接合を有する。ストリップは、例えば銅/ベリリウム合金から形成されるか、又は同等の特性を有する材料からなる。

【0039】

要するに、解決への道は、クラックがその次に知られている位置で始まるように、アクチュエータ材料に特定の構造損傷を与えることであるが、最初のうちはアクチュエータが分極にさらされている場合にのみである。特定の制御された方法で生み出されたクラックの位置が知られているという事実のために、対応する伸張可能な電極構成を、あらゆる状況の下で形成する信頼できる電気接点に又は該電気接点を維持するために与えることができる。

【0040】

知られているように、クラックの成長は、アクチュエータの長手方向軸線に実質的に垂直に、かつ両方の方向に、すなわちアクチュエータの内部へと基本金属コーティングに対して外側へと両方で起こる。通常、これらは反対の影響を有する。本発明に係る外部接

10

20

30

40

50

点はクラックの位置が知られているために修正することができるので、潜在的なクラックを初めから橋渡しすることができ、従来技術で知られているような故障現象は減少する。

【0041】

従来技術によれば、アクチュエータそれ自身の応力条件は知られていないので、その上特にアクチュエータの末端領域で可能な限り多くのノッチ又はスロットを形成することが必要である。しかしながら、形成すべきノッチ又はスロットのそれぞれは、機械的な安定性を減少させ、かくしてアクチュエータそれ自身に負荷がかかり得る。

【0042】

この発明においては、適切な応力が生じた場合に潜在的にクラックを生じさせ得る、制御された構造変化が組み入れられたが、これは、例えばミーリング (milling)、ノッチング (notching)、又は同様のものによって生成されるスロットによる、初めから避けられない構造の機械的損傷と比較することができない。従来技術で知られているスロットは材料の除去を表す。しかしながら、材料が除去されてしまったアクチュエータの領域は、外見上もはやその強度に寄与しない。

【0043】

一体に焼結することを防止するより大きな粒子がバインダ層に加えられる場合には、全般の安定性に無視できない程度寄与する、これら粒子による耐負荷能力 (loadability) 及び力受容性 (force acceptance) が保証されるという有利な効果が残る。この状況では、アクチュエータ自身においては長手方向軸線の方向への圧力力のみが重大であるということが重要である。

【0044】

本発明に係る初期ノッチは、従来技術に係る巨視的なノッチとは決して比較できない。初期ノッチはむしろ、材料試験から知られるような試験標本のへこみ (impression) とある意味で比較され得る、マイクロメートルのオーダーでのへこみである。

【0045】

上で説明されたように、個々の箔の積層まで、箔又は層の選択された領域間で層剥離の影響が生じるということに注意をしなければならない。これは、引張応力がそこでは可能ではないが、隣接する箔が一のものが他のものの上になるように非常に近くに配置されることで圧力力の伝達が可能となるということを意味し、これは従来技術に係るスロット又はノッチを有する領域と反対である。

【0046】

実施例では、アクチュエータの上端領域及び/又は下端領域における2つの交互に暴露された電極間の距離は、これらの下に配置された近隣の電極からの距離の2倍大きくすることができる。大きな距離のために、変更された微小構造によって引き起こされる電極領域へのクラックの伝播、及びかくしてアクチュエータの内部における電極の遮断、が防止され得る。その場を支配する場の強さが異なるという不利な点はどんな場合でも、この領域でのアクチュエータの性能の寄与が活発であるという利点によって相殺される。

【0047】

本発明は実施例及び図面を参照して以下より詳細に説明される。

【発明を実施するための最良の形態】

【0048】

図1に示された従来技術に係る多層アクチュエータの実施例は、交差指型電極配置に基づいている。参照番号1は、アクチュエータ自身を示し、参照番号2は、圧電セラミック層を示す。内部電極3及び4それぞれは、表面まで反対の領域に暴露されている。基本金属コーティング5は、各電極群の並列接続として働く。アクチュエータ1の不活性領域6は、分極時に圧電的に伸長されるのでもなければ、アクチュエータ1の動作の間でもなく、応力クラックポテンシャルを構成する。

【0049】

図2a及び図2bの実施例に係る本発明のアクチュエータは、20~100µmの範囲の厚さを有する圧電セラミック層2を含む。これらの層は、好ましくはAgPd合金から

10

20

30

40

50

なる内部電極 3 及び 4 によって互いに接続され、対向する表面に交互に暴露されている。

【 0 0 5 0 】

暴露された電極 3, 4 は、横方向の表面に適用されている基本金属コーティング 5 を介して接続され、その結果、個々の圧電層の電気並列接続が生じる。

【 0 0 5 1 】

表面に暴露されない電極 3, 4 の領域 6 では、機械的応力集中、特に引張応力が、アクチュエータの分極又は動作の間に知られている方法で不均一な電場分布のために、生じ、結局は望まれない無制御のクラックの形成の原因となる。

【 0 0 5 2 】

クラック源 7 として作用する構造上の損傷の特定の結合によって、クラックの形成は制御され得る。

10

【 0 0 5 3 】

1 ~ 4 mm、好ましくは 2 ~ 3 mm の範囲のクラック源 7 の距離では、内部の機械的応力は、 10^9 サイクルを遥かに超える負荷をもってしても、さらなるクラックの形成がクラック源の間の部分に観測されないように減少され得る。

【 0 0 5 4 】

図 2 b は、分極後の本発明のアクチュエータを示す。ここで、応力緩和効果が概略的に示されている。クラック源 7 から、一方で、特定のクラックの成長 8 がアクチュエータの内部に増殖し、粒子の大きさ及び多孔率の事項を介して構造を減少させる適切なエネルギーによって自動的に停止又は遮断される。

20

【 0 0 5 5 】

しかしながら、他方で、基本金属コーティングへのクラックの成長は、位置 9 で起こり、ほとんどの望ましくない場合、基本金属コーティング 5 の切断へと繋がる。図示された実施例では、個々の部分の電氣的接続は、円弧の形状に経路を定められたワイヤ 10 によって達成され、はんだ付けパッド 11 を介して基本金属コーティングと一点で接続される。

【 0 0 5 6 】

上述のクラック源は、様々な方法でアクチュエータにおいて実施され得る。主として、積層されかつ圧縮されたグリーンシートの部分的な又は完全な一体焼結 (sintering together) は、所定の位置で引張強さが周囲の構造と比べて減少され得るように、これら所定の位置で防止されねばならない。上述のことは、所定の領域で有機バインダの層が積層の積み重なるの間にスクリーン印刷法によって適用されるという点で達成され、直径 < 200 nm を有する体積で 50 % までの有機粒子を用いて充填され、焼結の間に完全に燃え尽きる。

30

【 0 0 5 7 】

さらなるプロセス又は処理段階で、この層は、厚さ < 1 μ m まで圧縮の間に固められ、グリーンシートに埋め込まれたセラミック体との非接触又は部分的のみの接触が与えられ、その結果、焼結の間の一の粒子から他の粒子への材料の移送が完全に又は部分的に防止される。

【 0 0 5 8 】

40

代替りの可能性は、有機充填粒子の代わりにバインダに、直径 < 1 μ m を有し圧電材料と反応しない、アクチュエータ材料と実質的に同じ組成を有する ZrO_2 又は焼結 P T Z 材料の粉末のような、無機粒子を加えることである。

【 0 0 5 9 】

クラック源はまた、未焼結条件又は焼結条件のどちらかで初期の微小ノッチを形成することによって生成され得る。

【 0 0 6 0 】

上で述べられたアクチュエータへのクラックの特定の結合による内部の機械的応力の軽減は、知られている解決策と比較してかなりの利点を有する。例えば、アクチュエータの負荷断面は、特に生成されたクラック表面が、圧力力 (pressure force) の適用の下にア

50

クチュエータ軸線の方向に一体的に圧縮され、かくして支持断面に寄与するというただ取るに足らない理由により減少する。

【 0 0 6 1 】

他の優位点は、クラックが早くとも分極であらわになり、その結果、金属粒子が基本金属コーティングを適用している間にアクチュエータの内部に侵入することができることである。この結果、従来技術と比較して相応に構成されたアクチュエータの特性がかなり改善される。

【 0 0 6 2 】

単純な伸長抵抗外部電極が長期の安定性を有して信頼できる電氣的接続のために実現され得、応力緩和クラックの間で基本金属コーティングを用いて1点でのみ接続されるべきである、ということも好都合である。

10

【 0 0 6 3 】

図3 aは、スロット又は蛇行の形状の伸長抵抗の又は弾性の外部電極1 2の実施例を示す。力結合表面を形成する内部電極のない受動末端層1 4が示されている。これら末端層1 4は、モノリシック絶縁材料から例えばなり、様々な結合要素に対応するよう働くことができる。

【 0 0 6 4 】

図3 bはまた、受動末端層1 4が設けられたアクチュエータの実施例を示す。

【 0 0 6 5 】

固体関節接合を含む開楕円の形態の外部電極が与えられている。各開楕円の主軸は、予測されるクラックの領域に実質的に延在する。個々の楕円は、楕円1 3間の電氣的な接点として役立つウェブ1 5を含む。ウェブ1 5の領域にははんだ付けパッド1 1が形成されている。

20

【 0 0 6 6 】

図3 aの実施例によれば、第1応力緩和クラック7から受動末端層1 4までの距離は、互いの間の応力緩和クラックの距離と等しく選択される。図3 bに係る第2実施例では、第1応力緩和クラック7から受動末端層1 4までの距離は、互いから残りの応力緩和クラックの距離の半分に等しい。

【 0 0 6 7 】

図4 aは、アクチュエータのある位置での内部電極3及び4の距離がより大きいことを開示する。近隣の内部電極と比べてこの2倍の距離は、内部電極へ向けた増殖と基本金属コーティング又は対応する電氣的接続へ向けた接点の遮断との間にクラック7が存在するという恐れを減少させる。

30

【 0 0 6 8 】

図3 a及び図3 bに概略的に示されている例えば銅 - ベリリウム材料から形成された外部電極の平面構成は、例としてのみ意図されている。一般に、破壊なしに横方向で引張力又は応力力を受け入れることのできるあらゆる平面外部電極が適している。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 6 9 】

【 図 1 】 従来技術に係る第1の積層されたアクチュエータ構造を示す図である。

40

【 図 2 a 】 分極前の本発明に係るアクチュエータを示す図である。

【 図 2 b 】 分極後のアクチュエータを示す図である。

【 図 3 a 】 蛇行電極を有する外部接点の実施例を示す図である。

【 図 3 b 】 開楕円を有する外部電極の実施例を示す図である。

【 図 4 a 】 所定の末端領域における対向する内部電極の変更された距離を有する本発明のアクチュエータの断面図である。

【 図 4 b 】 ウェブによって接合された開楕円として構成された、曲げ関節接合の形態の可視電極構成を有する本発明のアクチュエータの一部の側面図である。

【 符号の説明 】

【 0 0 7 0 】

50

- 1 アクチュエータ
- 2 圧電セラミック層
- 3, 4 内部電極
- 5 基本金属コーティング
- 6 アクチュエータの不活性領域
- 7 微小構造変化
- 8 分極によって開始される特定の微小クラック
- 9 基本金属コーティングの遮断
- 10 円弧の形状に経路を定められたワイヤ
- 11 はんだ付けパッド
- 12 蛇行形状の外部電極
- 13 対応して形成された外部電極の楕円
- 14 好ましくはモノリシック絶縁層として形成されたアクチュエータの末端領域
- 15 楕円形状外部接点の接続ウェブ

【図1】

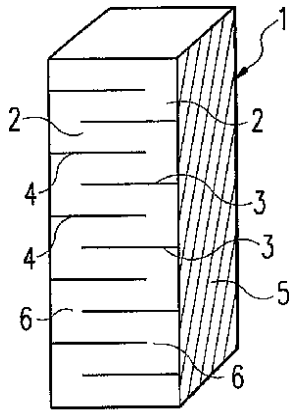


Fig. 1

【図2a】

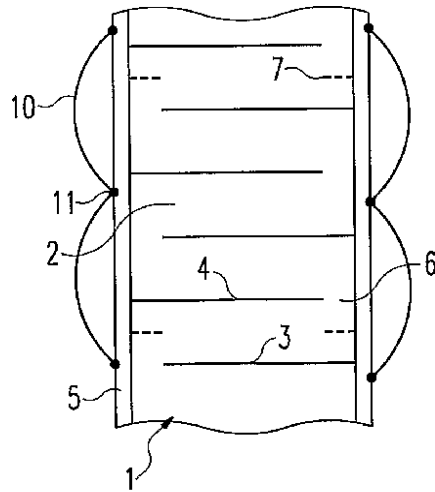


Fig. 2a

【図 2 b】

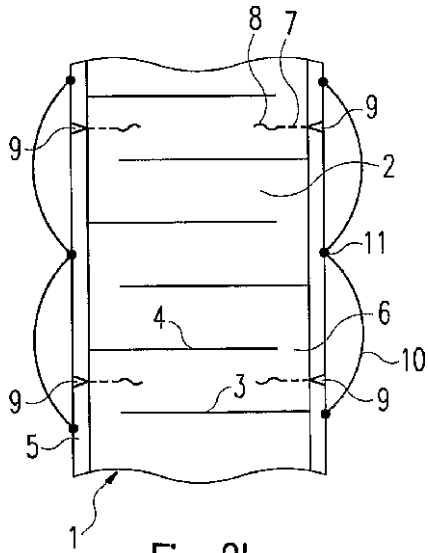


Fig. 2b

【図 3 a】

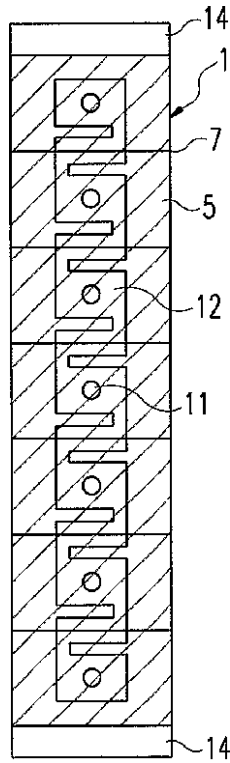


Fig. 3a

【図 3 b】

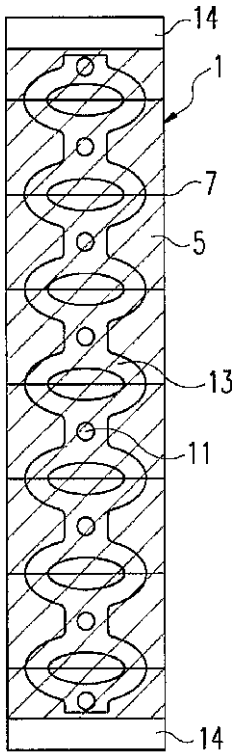


Fig. 3b

【図 4 a】

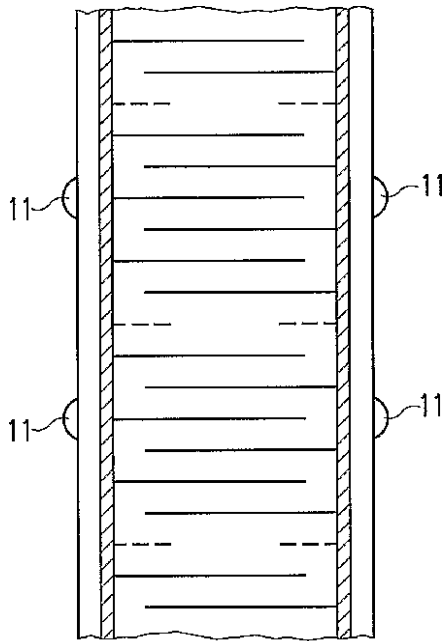


Fig. 4a

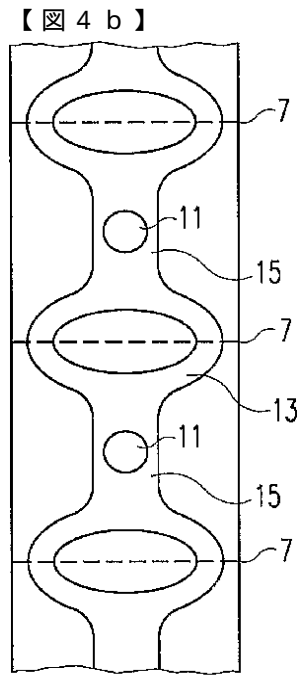


Fig. 4b

フロントページの続き

- (74)代理人 100110364
弁理士 実広 信哉
- (72)発明者 アストリッド・ハインツマン
ドイツ・07549・ゲラ・アイヒェンシュトラッセ・25
- (72)発明者 エバーハルト・ヘンニヒ
ドイツ・07646・シュタットローダ・タッハオーバー・リング・7
- (72)発明者 ダニエル・コプシュ
ドイツ・04886・グロストレベン - ツヴェットハウ・ボルシュタット・7・オルトシュタイル
・ダウツシェン
- (72)発明者 パトリック・パーシュ
ドイツ・07629・ハームスドルフ・ローダー・シュトラッセ・17e
- (72)発明者 シュテファン・リヒター
ドイツ・07927・ヒルシュベルク・オルツシュトラッセ・49a・ゲーリッツ
- (72)発明者 アイク・ヴェルスドルファー
ドイツ・07607・アイゼンベルグ・イエナー・シュトラッセ・18a

審査官 井原 純

- (56)参考文献 特開平04 - 214686 (JP, A)
特開平10 - 229227 (JP, A)
特開2002 - 061551 (JP, A)
特開2002 - 171004 (JP, A)
特開平03 - 011980 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 41/22
H01L 41/083
H01L 41/187
H02N 2/00