

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2006年7月13日 (13.07.2006)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2006/073018 A1

- (51) 国際特許分類:
H01L 41/22 (2006.01) H02N 2/00 (2006.01)
H01L 41/083 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2005/018920
- (22) 国際出願日: 2005年10月14日 (14.10.2005)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願2005-001679 2005年1月6日 (06.01.2005) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社村田製作所 (MURATA MANUFACTURING CO., LTD.) [JP/JP]; 〒6178555 京都府長岡京市東神足1丁目10番1号 Kyoto (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 大村 信治 (OMURA, Shinji) [JP/JP]; 〒6178555 京都府長岡京

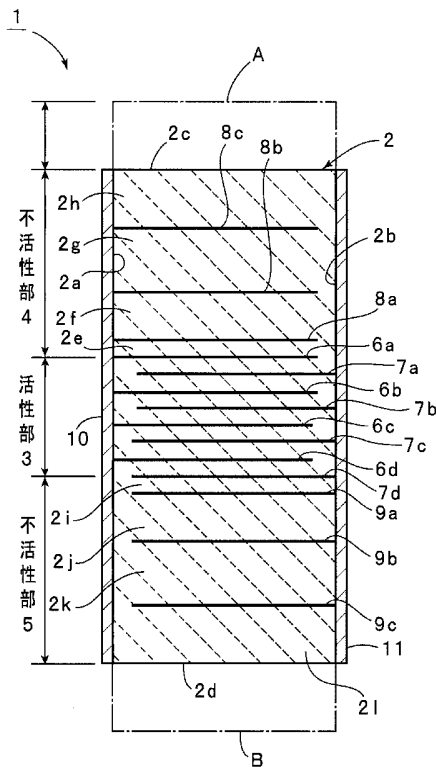
市東神足1丁目10番1号株式会社村田製作所内 Kyoto (JP). 林 宏一 (HAYASHI, Koichi) [JP/JP]; 〒6178555 京都府長岡京市東神足1丁目10番1号株式会社村田製作所内 Kyoto (JP). 小林 章三 (KOBAYASHI, Shozo) [JP/JP]; 〒6178555 京都府長岡京市東神足1丁目10番1号株式会社村田製作所内 Kyoto (JP).

- (74) 代理人: 宮▲崎▼主税, 外(MIYAZAKI, Chikara et al.); 〒5400012 大阪府大阪市中央区谷町1丁目5番4号 大同生命ビル6階 Osaka (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

[続葉有]

(54) Title: METHOD FOR MANUFACTURING PIEZOELECTRIC ACTUATOR, AND PIEZOELECTRIC ACTUATOR

(54) 発明の名称: 圧電アクチュエータの製造方法及び圧電アクチュエータ



3... ACTIVE PART
4... INACTIVE PART
5... INACTIVE PART

(57) Abstract: A method for manufacturing a piezoelectric actuator in which a sintered body is prevented from chipping or cracking due to difference of shrinkage at the time of sintering, and a failure is not easily generated due to exposure of a dummy internal electrode of the outermost layer. A ceramic sintered body wherein internal electrodes are laid in layers through a piezoelectric ceramic layer, inactive parts (4, 5) are arranged at least on one side in the thickness direction of an active part (3) operating as the piezoelectric actuator, a plurality of dummy internal electrodes (8a-8c, 9a-9c) are arranged to be laid in layers through the ceramic layer at the inactive parts (4, 5), and the thickness of the ceramic layer sandwiched between the dummy internal electrodes increases as it recedes from the active part (3) is prepared. The piezoelectric ceramic layer of the ceramic sintered body located on the outermost side in the thickness direction is ground to be adjusted to the dimension of the ceramic sintered body in the thickness direction thus manufacturing the piezoelectric actuator (1).

(57) 要約: 焼成に際しての収縮率差による焼結体の欠けや割れが生じ難く、かつ最外層のダミー内部電極の露出による不良が生じ難い圧電アクチュエータの製造方法を提供する。内部電極が圧電セラミック層を介して積層されており、該圧電セラミック層の厚み方向を厚み方向としたときに、圧電アクチュエータとして動作する活性部3の上記厚み方向の少なくとも一方に不活性部4, 5が配置されており、不活性部4, 5において、セラミック層を介して重なり合うように、複数のダミー内部電極8a~8c, 9a~9cが配置されており、ダミー内部電極間に挟まれたセラミック層の厚みが、活性部3から遠ざかるにつれて大きくされているセラミック焼結体を用意し、該セラミック焼結体の上記厚み方向最外側に位置する圧電セラミック層を研削加工し、セラミック焼結体の厚み方向に沿う寸法を調整する、圧電アクチュエータ1の製造方法。

WO 2006/073018 A1



(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

添付公開書類:

— 国際調査報告書

明 細 書

圧電アクチュエータの製造方法及び圧電アクチュエータ

技術分野

- [0001] 本発明は、圧電セラミックスを用いて構成された積層型の圧電アクチュエータの製造方法及び圧電アクチュエータに関し、より詳細には、電界の印加により変位する部分である活性部にダミー内部電極を有する不活性部が積層されている圧電アクチュエータの製造方法及び圧電アクチュエータに関する。

背景技術

- [0002] 従来より、磁気ヘッドやインクジェットプリンタのプリンタヘッドを移動させるため、圧電アクチュエータが用いられている。この種の圧電アクチュエータの小型化を図るために、内部電極－セラミックス一体焼成技術を用いた積層型の圧電アクチュエータが提案されている。

下記の特許文献1には、積層型の圧電アクチュエータの一例が開示されている。図4は、特許文献1に記載の圧電アクチュエータを示す斜視図である。

- [0003] 圧電アクチュエータ101は、圧電セラミックスからなるセラミック焼結体102を有する。セラミック焼結体102は、内部電極－セラミックス一体焼成技術を用いて構成された一体焼成型のセラミック焼結体である。なお、以下においては、セラミック焼結体102において内部電極間に挟まれた圧電セラミック層の厚み方向を厚み方向と定義して説明を行うこととする。すなわち、セラミック焼結体102においては、前記厚み方向中央部分が活性部103とされており、活性部103の前記厚み方向両側に不活性部104, 105が配置されている。

- [0004] 活性部103においては、複数の第1の内部電極106と、複数の第2の内部電極107とが上記厚み方向において、圧電セラミック層を介して交互に積層されている。ここでは、内部電極106, 107は、いずれもセラミック焼結体102の前記厚み方向と直交する方向の断面の全面に形成されている。

そして、セラミック焼結体102の第1の側面102aにおいては、厚み方向と直交する方向である横方向に延びる絶縁層108が形成されている。絶縁層108により、第1の

内部電極106の側面102aに露出している部分が被覆されている。他方、側面102aとは反対側の第2の側面102bには、絶縁層109が形成されている。絶縁層109により、第2の内部電極107の側面102bに露出している部分が被覆されている。

[0005] 他方、不活性部104においては、同じ高さ位置において、3本のストライプ状のダミー内部電極111～113が配置されている。そして、3本のダミー内部電極111～113からなるダミー内部電極グループが、セラミック層を介して複数グループ積層されている。同様に、不活性部105においても、ダミー内部電極114～116からなるダミー内部電極グループがセラミック層を介して複数グループ形成されている。

[0006] ダミー内部電極111～113は、それぞれストライプ状の形状を有し、互いに電氣的に分離されている。ダミー内部電極114～116についても、それぞれストライプ状の形状を有し、互いに電氣的に分離されている。

焼結体102の側面102bには、上下方向に延びるように外部電極117が形成されている。外部電極117は、活性部103においては、側面102bに露出している複数の内部電極106に接続されている。

[0007] なお図4では図示されていないが、側面102a上にも同様の外部電極が形成されており、側面102a上に設けられた外部電極は、第2の内部電極107に電氣的に接続されている。従って、外部電極117と、側面102a上に設けられたもう1つの外部電極との間に電圧を印加することにより、活性部が積層型のアクチュエータとして動作する。

他方、不活性部104, 105においては、セラミック層を介して重なり合うダミー内部電極間には電圧が印加されないため、不活性部104, 105はアクチュエータとして動作しない。

[0008] 従来、活性部の両側に不活性部を設けた構造の積層型の圧電アクチュエータでは、焼結の際の活性部と不活性部との焼結挙動の差により、焼結体に割れが生じたり、活性部と不活性部との界面での剥離が生じたりするという問題があった。これに対して、特許文献1に記載の圧電アクチュエータ101では、不活性部104, 105に設けられたダミー内部電極111～113, 114～116が同一高さ位置において互いに分離されているため、活性部103と不活性部104, 105との焼結挙動の差による焼結体の割れや界面における剥離を抑制することができるとされている。

特許文献1:特開2001-352110号公報

発明の開示

[0009] 圧電アクチュエータ101などにおいては、支持構造による変位への影響を軽減することが求められることがある。このような場合、通常、不活性部104, 105の上記厚み方向の寸法を大きくすることにより、変位部分である活性部103と圧電アクチュエータ101を機械的に支持する部分との距離が大きくなっていた。そのため、セラミック焼結体102の上記厚み方向寸法が大きくならざるを得なかった。また、変位量の増大を図るために、圧電アクチュエータとして動作する活性部103における内部電極の積層数を増大した場合にも、セラミック焼結体102の上記厚み方向寸法は大きくなりがちであった。

[0010] セラミック焼結体102の上記厚み方向の寸法が大きくなった場合には、電極-セラミックス一体焼成技術を用いて構成された一体焼成型のセラミック焼結体102の焼結後の上記厚み方向の寸法のばらつきは大きくならざるを得なかった。

他方、積層型の圧電アクチュエータが用いられる用途、特に電子機器等の分野においては、圧電アクチュエータの寸法は高精度に管理されることが求められている。

[0011] 従って、セラミック焼結体102の上記厚み方向寸法のばらつきが大きい場合には、上面102c及び下面102dを研削加工し、厚み方向寸法を一定の寸法にしなければならなかった。ところが、上記研削に際しての研削代が大きくなると、ダミー内部電極111~113, 114~116が研削により現れた面に露出するおそれがあった。ダミー内部電極間の間隔、すなわち積層時の圧電セラミック層の厚み寸法が小さいほどこの可能性は高くなる。ダミー内部電極111~113, 114~116がセラミック焼結体102の上面または下面に露出すると、圧電アクチュエータ101をプリント回路基板に実装した場合には、実装不良が生じるおそれがある。従って、ダミー内部電極111~113, 114~116が露出した圧電アクチュエータ101は不良品として除かれねばならず、よって歩留りが低下しがちであった。

[0012] 本発明の目的は、上述した従来技術の欠点を解消し、上記厚み方向において活性部の少なくとも一方側に不活性部が設けられた圧電アクチュエータであって、焼成の際の収縮率差等による焼結体の欠けや活性部と不活性部との界面における剥離

を抑制し得るだけでなく、上記厚み方向の寸法を制御するための研削加工等によってダミー内部電極が露出し難い、圧電アクチュエータを提供することにある。

[0013] 本発明によれば、内部電極及び圧電セラミックスを一体焼成してなるセラミック焼結体を用いて構成された圧電アクチュエータの製造方法であって、圧電セラミック層と、圧電セラミック層を介して積層された複数の内部電極とを有し、駆動に際し変位する部分である活性部と、前記圧電セラミック層の厚み方向を厚み方向としたときに、該厚み方向において前記活性部の少なくとも一方側に積層されており、かつ該厚み方向において、複数のダミー内部電極が圧電セラミック層を介して積層されており、駆動に際し変位しない部分である不活性部とを備え、前記ダミー内部電極間に挟まれた圧電セラミック層の厚みが、前記活性部から遠ざかるにつれて大きくされており、かつ前記厚み方向最外側のダミー内部電極の厚み方向外側に位置する最外側の圧電セラミック層の厚みが、ダミー内部電極間に挟まれた圧電セラミック層の厚みよりも厚くされているセラミック焼結体を用意する工程と、前記セラミック焼結体の前記厚み方向最外側に位置する圧電セラミック層を研削加工し、前記セラミック焼結体の前記厚み方向に沿う寸法を調整する工程とを備えることを特徴とする、圧電アクチュエータの製造方法が提供される。

[0014] 本発明に係る圧電アクチュエータの製造方法のある特定の局面では、前記調整工程において、調整後の前記不活性部の前記厚み方向最外側の面から、前記厚み方向において最外側に位置しているダミー内部電極までの距離が、前記圧電アクチュエータの前記厚み方向寸法の0.5%以上となるように厚みが調整される。

本発明に係る圧電アクチュエータの製造方法の他の特定の局面では、前記活性部及び不活性部が同一の圧電セラミックス材料を用いて構成される。

[0015] 本発明に係る圧電アクチュエータの製造方法のさらに別の特定の局面では、前記セラミック焼結体の外表面に、前記活性部を駆動するために該活性部に設けられた複数の内部電極のいずれかに電氣的に接続される第1、第2の外部電極を形成する工程がさらに備えられている。

本発明に係る圧電アクチュエータは、本発明の製造方法により得られた圧電アクチュエータであって、圧電セラミック層と、圧電セラミック層を介して積層された複数の内

部電極とを有し、駆動に際し変位する部分である活性部と、前記圧電セラミック層の厚み方向を厚み方向としたときに、該厚み方向において前記活性部の少なくとも一方側に積層されており、かつ該厚み方向において、複数のダミー内部電極が圧電セラミック層を介して積層されていて、駆動に際し変位しない部分である不活性部とを備え、前記ダミー内部電極間に挟まれた圧電セラミック層の厚みが、前記活性部から遠ざかるにつれて大きくされていることを特徴とする。

[0016] 本発明に係る圧電アクチュエータのある特定の局面では、前記セラミック焼結体が、前記厚み方向に延びかつ対向し合っている第1、第2の側面を有し、前記活性部において、複数の内部電極が圧電セラミック層の厚み方向において交互に第1または第2の側面に引き出されており、前記不活性部において、複数のダミー内部電極が、第1の側面または第2の側面のいずれかに引き出されており、前記セラミック焼結体の第1、第2の側面に、それぞれ、形成された第1、第2の外部電極がさらに備えられている。

[0017] 本発明に係る圧電アクチュエータの製造方法では、圧電セラミック層を介して複数の内部電極が上記厚み方向において積層されている活性部の該厚み方向の少なくとも一方側に不活性部が積層されている。この不活性部は、複数のダミー内部電極が圧電セラミック層を介して積層されている構造を有し、該ダミー内部電極間に挟まれた圧電セラミック層の厚みが、上記活性部から遠ざかるにつれて大きくされている。従って、活性部及び不活性部を有するセラミック焼結体を電極-セラミックス一体焼成技術により焼成した際に、活性部及び不活性部の収縮率は異なるが、上記複数のダミー内部電極間の圧電セラミック層の厚みが、活性部から遠ざかるにつれて大きくされているため、該収縮率差による歪みが低減され、セラミック焼結体の欠けや界面における剥離を抑制することができる。

[0018] しかも、ダミー内部電極間に挟まれた圧電セラミック層の厚みが、活性部から遠ざかるにつれて大きくされており、かつ最外側のダミー内部電極の上記厚み方向外側に位置する最外側の圧電セラミック層の厚みが、ダミー内部電極間の圧電セラミック層の厚みよりも厚くされている。従って、厚み方向寸法を調整するために、セラミック焼結体の上記厚み方向最外側に位置する圧電セラミック層を研削した場合、最外側の

ダミー内部電極が露出し難い。よって、ダミー内部電極の露出による不良品の発生を抑制することができ、歩留りを高めることが可能となる。

[0019] 上記調整工程において、調整後の不活性部の上記厚み方向最外側の面から、厚み方向において最外側に位置しているダミー内部電極までの距離が、圧電アクチュエータの上記厚み方向の寸法の0.5%以上とされている場合には、研削加工によるダミー内部電極の少なくとも一部の露出の可能性を著しく低減することができる。なお、上記厚み方向の寸法の上限は、特に限定されるものではない。すなわち、ダミー内部電極の露出の可能性を低減する上では、上記厚み方向寸法は大きければ大きいほど好ましい。もっとも、圧電アクチュエータの厚み方向寸法をあまり大きくしないことが望まれる場合には、上記厚み方向寸法の2.0%以下とすることが望ましい。

[0020] 上記セラミック焼結体が、電極-セラミックス一体焼結技術により構成された一体焼成型のセラミック焼結体である場合には、上記一体焼成に際しての収縮率の差による割れや欠けを効果的に抑制することができるため、本発明を好適に利用することができる。

セラミック焼結体の外表面に、活性部に設けられた複数の内部電極のいずれかに電氣的に接続される第1、第2の外部電極を形成する工程がさらに備えられている場合には、上記第1、第2の外部電極が形成された圧電アクチュエータを得ることができ、第1、第2の外部電極から圧電アクチュエータを容易に駆動することができる。

[0021] 本発明に係る圧電アクチュエータは、本発明に係る製造方法により得られる。従って、活性部及び不活性部が備えられたセラミック焼結体を用意した後に、該セラミック焼結体の上記厚み方向最外側のダミー内部電極の外側の圧電セラミック層が研削加工されて、セラミック焼結体の厚みが調整される。この場合、上記厚み方向において最外側の圧電セラミック層の厚みが、上記厚み方向最外側のダミー内部電極の内側の圧電セラミック層の厚みよりも厚くされているため、研削代を十分大きくした場合であっても、ダミー内部電極が露出し難い。加えて、上記のように、活性部から上記厚み方向において遠ざかるにつれて、ダミー内部電極間の圧電セラミック層の厚みが厚くされているため、上記収縮率差による歪みが低減され、セラミック焼結体の欠けや界面における剥離が少ない、圧電アクチュエータを提供することができる。

[0022] 本発明に係る圧電アクチュエータにおいて、セラミック焼結体の第1, 第2の側面に、それぞれ第1, 第2の外部電極が形成されている場合には、対向し合う一对の側面に同様の第1, 第2の外部電極が配置されている圧電アクチュエータを提供することができ、従来の圧電アクチュエータと同様に容易に用いることができる。

図面の簡単な説明

[0023] [図1]図1は、本発明の一実施形態に係る圧電アクチュエータの正面断面図である。
[図2]図2は、図1に示した圧電アクチュエータを得るのに用意されたセラミック焼結体を示す斜視図である。
[図3]図3は、本発明の圧電アクチュエータに用いられるセラミック焼結体の変形例を示す斜視図である。
[図4]図4は、従来の積層型圧電アクチュエータの一例を示す斜視図である。

符号の説明

[0024] 1…圧電アクチュエータ
2…セラミック焼結体
2A…セラミック焼結体
2a, 2b…第1, 第2の側面
2c…上面
2d…下面
2e~2l…セラミック層
3…活性部
4, 5…不活性部
6a~6d…第1の内部電極
7a~7d…第2の内部電極
8a~8c, 9a~9c…ダミー内部電極
10, 11…第1, 第2の外部電極
12…セラミック焼結体
18a~18c, 19a~19c…ダミー内部電極

発明を実施するための最良の形態

[0025] 以下、図面を参照しつつ、本発明の具体的な実施形態を説明することにより、本発明を明らかにする。

図1は、本発明の一実施形態に係る圧電アクチュエータを示す正面断面図である。

[0026] 圧電アクチュエータ1は、セラミック焼結体2を有する。このセラミック焼結体2は、電極—セラミックス—一体焼成技術を用いて構成された一体焼成型のセラミック焼結体である。なお、本実施形態の説明においても、内部電極間に挟まれた圧電セラミック層の厚みを厚み方向と定義して以下の説明を行うこととする。セラミック焼結体2は、図1に示されているセラミック焼結体2よりも上下方向寸法、すなわち本発明における前述の厚み方向の寸法が大きなセラミック焼結体を用意し、研削加工することにより得られている。より具体的には、図1の一点鎖線A, Bで示す位置まで上記厚み方向寸法が大きくなされているセラミック焼結体を用意される。そして、このセラミック焼結体の上記厚み方向両端が研削加工されることにより、一点鎖線A, Bで示すセラミック層が除去され、セラミック焼結体2が得られている。

[0027] 図2は、このような研削加工前のセラミック焼結体2Aを示す斜視図である。

他方、図1に示すように、セラミック焼結体2の上記厚み方向中央には、活性部3が配置されている。活性部3の上記厚み方向両側に不活性部4, 5が配置されている。なお、本発明においては、不活性部は活性部の一方側にのみ配置されていてもよい。

活性部3においては、複数の第1の内部電極6a～6dと、第2の内部電極7a～7dとが上記厚み方向においてセラミック層を介して交互に重なり合うようにして配置されている。

[0028] 第1の内部電極6a～6dは、セラミック焼結体2の第1の側面2aに引き出されている。第2の内部電極7a～7dは、セラミック焼結体2の第1の側面2aと対向している第2の側面2bに引き出されている。

セラミック焼結体2内において、第1の内部電極6a～6dと、第2の内部電極7a～7dとがセラミック層を介して重なり合うようにして配置されており、セラミック層が上記厚み方向に分極されているため、第1の内部電極6a～6dと、第2の内部電極7a～7dとの間に電界を印加すると、活性部3は上記厚み方向に伸縮し、圧電アクチュエータとし

て動作する。

[0029] 他方、不活性部4においては、第1の側面2aに引き出された複数のダミー内部電極8a～8cがセラミック層を介して積層されている。ダミー内部電極8a～8cの全てが第1の側面2aに引き出されており、第2の側面2bには至っていない。

不活性部5においても、同様に複数のダミー内部電極9a～9cがセラミック層を介して形成されている。ダミー内部電極9a～9cは、側面2bに引き出されており、側面2aには至っていない。

[0030] 側面2a, 2bを覆うように、第1, 第2の外部電極10, 11が形成されている。第1の外部電極10は、不活性部4に設けられたダミー内部電極8a～8c及び活性部3に設けられた第1の内部電極6a～6dに電氣的に接続されている。また、第2の外部電極11は、活性部3に設けられた第2の内部電極7a～7dと、不活性部5に設けられたダミー内部電極9a～9cに電氣的に接続されている。

[0031] 活性部3の内部電極6aは、活性部3と不活性部4との界面に位置している。この不活性部4に最も近い内部電極6aと、活性部3に最も近いダミー内部電極8aとは外部電極10に接続されていて同電位となっている。従って、内部電極6aとダミー内部電極8aとの間のセラミック層2eに電界は印加されない。このセラミック層2eの厚みは、活性部3における隣り合う内部電極6a～6d, 7a～7d間に挟まれた圧電セラミック層の厚みと同等とされている。同様に、不活性部5の活性部3に最も近い側のダミー内部電極9aと、活性部3の不活性部5に最も近い側の第2の内部電極7dも外部電極11に接続されていて同電位となっている。従って、内部電極7dとダミー内部電極9aとの間のセラミック層2iにも、駆動に際して電界は印加されない。

[0032] 上記セラミック焼結体2は、チタン酸ジルコン酸鉛系セラミックスやチタン酸鉛系セラミックスなどの適宜の圧電セラミックス材料により構成される。また、内部電極6a～6d, 7a～7d、ダミー内部電極8a～8c, 9a～9c及び外部電極10, 11は、例えば、AgやCuなどの適宜の導電性材料により構成され得る。本実施形態では、内部電極6a～6d, 7a～7d、ダミー内部電極8a～8c, 9a～9cは、Ag/Pdペーストの印刷により形成されており、外部電極10, 11はAgにより形成されている。

[0033] 本実施形態の圧電アクチュエータ1を製造するに際しては、まず図2に示すセラミッ

ク焼結体2Aを得る。そして、セラミック焼結体2Aの上記厚み方向の寸法が所定の寸法よりも大きい場合には、セラミック焼結体2Aの上記厚み方向両端すなわち上面及び下面から研削加工を施し、上記厚み方向の寸法を所定の寸法とする。それによって、セラミック焼結体2が得られる。しかる後、セラミック焼結体2の側面2a, 2bに外部電極10, 11を形成する。

この場合、ダミー内部電極8a～8c, 9a～9c間に挟まれた圧電セラミック層2e～2g, 2i～2kの厚みが、活性部3から遠ざかるにつれて大きくされている。例えば、ダミー内部電極2eの厚みに比べて、ダミー内部電極8a, 8bに挟まれた内部電極層2fの厚みが厚くされている。

[0034] すなわち、図2に示すように、不活性部4におけるダミー内部電極間8a～8cに挟まれた圧電セラミック層2e～2gは、活性部3から遠ざかるにつれてその厚みが厚くされている。このような製造方法で得られたセラミック焼結体2Aでは、上記厚み方向最外側のダミー内部電極8cの外側の最外側のセラミック層2hの厚みは、研削前には圧電セラミック層2gよりも厚くされている。

[0035] すなわち、研削前のセラミック焼結体2Aでは、不活性部4においては、外側の圧電セラミック層ほどその厚みが厚くなるようにされている。従って、上記厚み方向寸法の制御のために上記研削加工を施した場合、言い換えれば、図1の一点鎖線Aで囲まれた部分を研削加工により除去したとしても、最外側のダミー内部電極8cは露出し難い。

同様に、不活性部5においても、ダミー内部電極9a～9cに挟まれた圧電セラミック層2i～2kは、活性部3から遠ざかるにつれて厚みが大きくされている。また、最外側のダミー内部電極9cの外側の最外側の圧電セラミック層2lは、研削加工前には、その厚みは圧電セラミック層2kよりも厚くされている。よって、上記研削加工を施したとしても、最外側のダミー内部電極9cは露出し難い。

[0036] よって、本実施形態の圧電アクチュエータ1では、研削加工を施して厚み方向寸法を制御したとしても、最外側のダミー内部電極8c, 9cが外部に露出し難いため、不良品率を低減することができ、歩留りを高めることが可能となる。

しかも、前述したように、不活性部4, 5内の圧電セラミック層のうち、活性部3に最も

近い圧電セラミック層2e, 2iの厚みは、活性部3における内部電極6a~6d, 7a~7d間の圧電セラミック層の厚みと同等とされているため、焼成時における不活性部4, 5の活性部3に近い部分における収縮挙動が活性部3における収縮挙動に近づけられている。よって、活性部3と不活性部4, 5との収縮率の差による焼結体の割れや欠けの発生も生じ難い。

[0037] 次に、本実施形態によれば、上記のような不良品の発生率やクラックの発生が生じ難いことを、具体的な実験例に基づき説明する。

上記内部電極6a~6d, 7a~7dを形成するためのAg/Pdペーストからなる内部電極パターンが印刷されたPZT系セラミックスからなる複数枚の圧電セラミックグリーンシートを用意した。また、ダミー内部電極8a~8c, 9a~9cに相当する内部電極パターンが印刷されたAg/Pd系セラミックスを主体とする複数枚の第2の圧電セラミックグリーンシートを用意した。さらに、内部電極パターンが印刷されていない無地の第3の圧電セラミックグリーンシートを用意した。

[0038] 第1~第3の圧電セラミックグリーンシートを、活性部3及び不活性部4, 5を構成するように積層し、シートの厚み方向に加圧し、一体化した。このようにして得られた積層体を1050℃の温度で焼成し、シートの厚み方向寸法すなわち積層方向寸法が33mmであり、該厚み方向と直交する横断面の形状が9×9mmの正方形である積層方向に長いセラミック焼結体2Aを得た。この焼結体2Aにおいては、上面または下面、すなわち厚み方向端部から、該端部に最も近い最外層のダミー内部電極までの距離は1.0mmであった。この焼結体2Aの側面2a, 2b, 2c, 2dを平面研削盤にて8.6×8.6mmに研削加工した後、上面及び下面、すなわち上記厚み方向両端を上記厚み方向寸法が32mmとなるように仕上げ、側面2a, 2bにAgにより外部電極10, 11を形成し、圧電アクチュエータ1を得た。なお、厚み方向両端を研削加工する際の研削代は、片側において0.5mmとした。

[0039] 上記のように、研削代を上記厚み方向寸法で片側0.5mmとし、全体の最終的な厚み方向寸法を32mmとした場合であっても、最外層のダミー内部電極8c, 9cは外表面に露出しない。従って、最外層のダミー内部電極による不良品の発生が生じ難いことがわかる。

通常、この種の圧電アクチュエータでは、外部電極10, 11とリード線との電氣的接続は、不活性部4, 5の外表面部分で行われる。リード線を半田付けするには、不活性部4, 5における外部電極10, 11の上記厚み方向に沿う寸法は0.5mm程度必要である。ダミー内部電極8a~8c, 9a~9c間の圧電セラミック層の厚みが均等である場合には、0.5mmの寸法の上記リード線接続部分におけるダミー内部電極の数が増加し、コストが上昇せざるを得ない。これに対して、本実施形態では、ダミー内部電極間のセラミック層の厚みが活性部3から遠ざかるにつれて、大きくされている。従って、0.5mm程度の厚み方向寸法の外部電極10, 11を形成した場合であっても、当該部分に存在するダミー内部電極の数を低減することができる。よって、コストを低減することができる。

[0040] 上記実施形態では、ダミー内部電極8a~8c, 9a~9cは、外部電極10または外部電極11に接続されるようにセラミック焼結体2Aの側面2aまたは側面2bに引き出されていたが、ダミー内部電極は外部電極が形成される側面に引き出されていなくともよい。すなわち、図3に示す変形例のセラミック焼結体12に示されているように、ダミー内部電極18a~18c, 19a~19cは、外部電極が形成されるべき側面2a, 2bに引き出されていない、非接続型のダミー内部電極であってもよい。

請求の範囲

- [1] 内部電極及び圧電セラミックスを一体焼成してなるセラミック焼結体を用いて構成された圧電アクチュエータの製造方法であって、
- 圧電セラミック層と、圧電セラミック層を介して積層された複数の内部電極とを有し、駆動に際し変位する部分である活性部と、前記圧電セラミック層の厚み方向を厚み方向としたときに、該厚み方向において前記活性部の少なくとも一方側に積層されており、かつ該厚み方向において、複数のダミー内部電極が圧電セラミック層を介して積層されており、駆動に際し変位しない部分である不活性部とを備え、前記ダミー内部電極間に挟まれた圧電セラミック層の厚みが、前記活性部から遠ざかるにつれて大きくされており、かつ前記厚み方向最外側のダミー内部電極の厚み方向外側に位置する最外側の圧電セラミック層の厚みが、ダミー内部電極間に挟まれた圧電セラミック層の厚みよりも厚くされているセラミック焼結体を用意する工程と、
- 前記セラミック焼結体の前記厚み方向最外側に位置する圧電セラミック層を研削加工し、前記セラミック焼結体の前記厚み方向に沿う寸法を調整する工程とを備えることを特徴とする、圧電アクチュエータの製造方法。
- [2] 前記調整工程において、調整後の前記不活性部の前記厚み方向最外側の面から、前記厚み方向において最外側に位置しているダミー内部電極までの距離が、前記圧電アクチュエータの前記厚み方向寸法の0.5%以上となるように厚みが調整される、請求項1に記載の圧電アクチュエータの製造方法。
- [3] 前記活性部及び不活性部が同一の圧電セラミックス材料を用いて構成される、請求項1または2に記載の圧電アクチュエータの製造方法。
- [4] 前記セラミック焼結体の外表面に、前記活性部を駆動するために該活性部に設けられた複数の内部電極のいずれかに電氣的に接続される第1、第2の外部電極を形成する工程をさらに備える、請求項1～3のいずれか1項に記載の圧電アクチュエータの製造方法。
- [5] 請求項1に記載の圧電アクチュエータの製造方法により得られた圧電アクチュエータであって、
- 圧電セラミック層と、圧電セラミック層を介して積層された複数の内部電極とを有し、

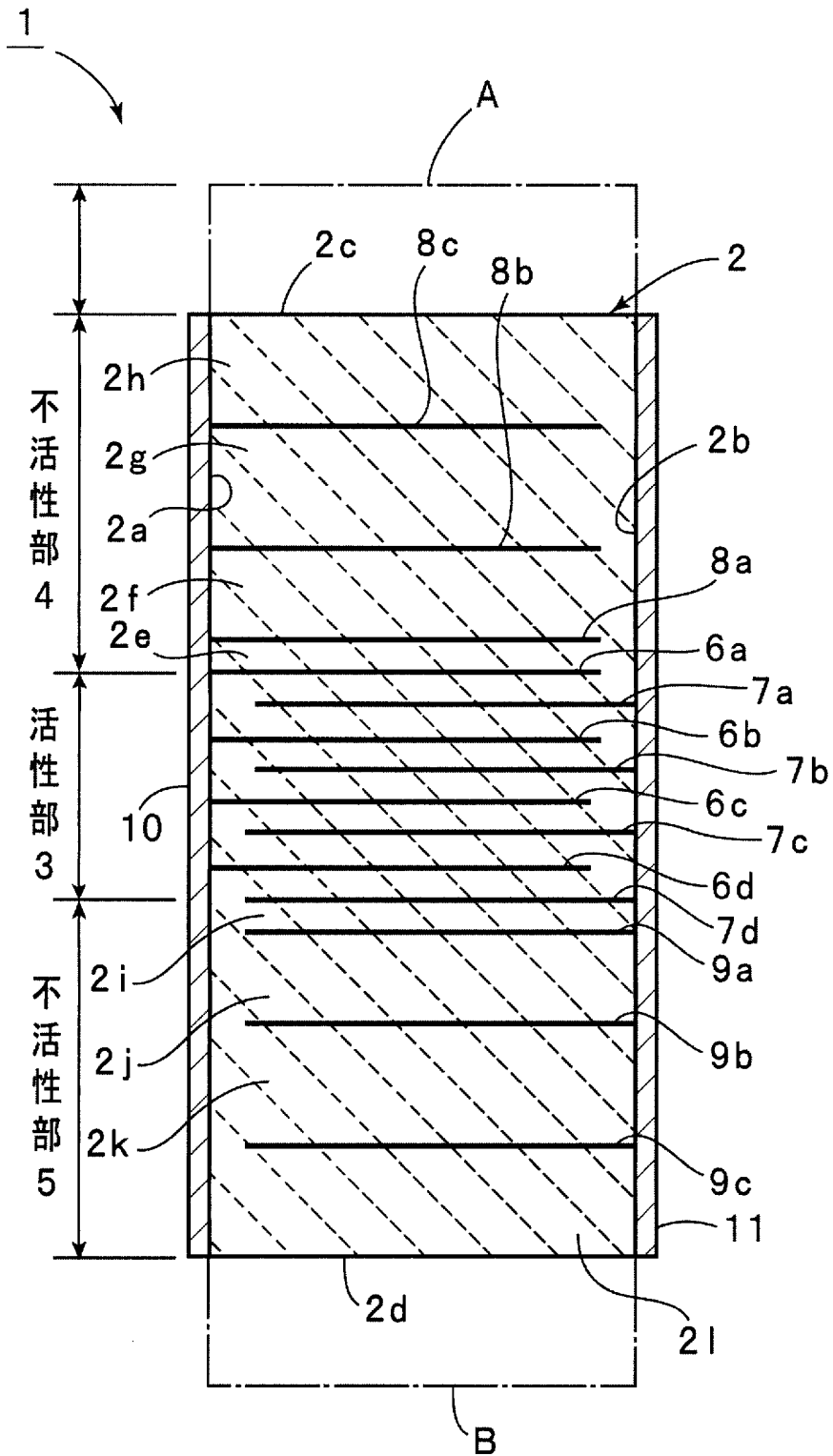
駆動に際し変位する部分である活性部と、

前記圧電セラミック層の厚み方向を厚み方向としたときに、該厚み方向において前記活性部の少なくとも一方側に積層されており、かつ該厚み方向において、複数のダミー内部電極が圧電セラミック層を介して積層されていて、駆動に際し変位しない部分である不活性部とを備え、

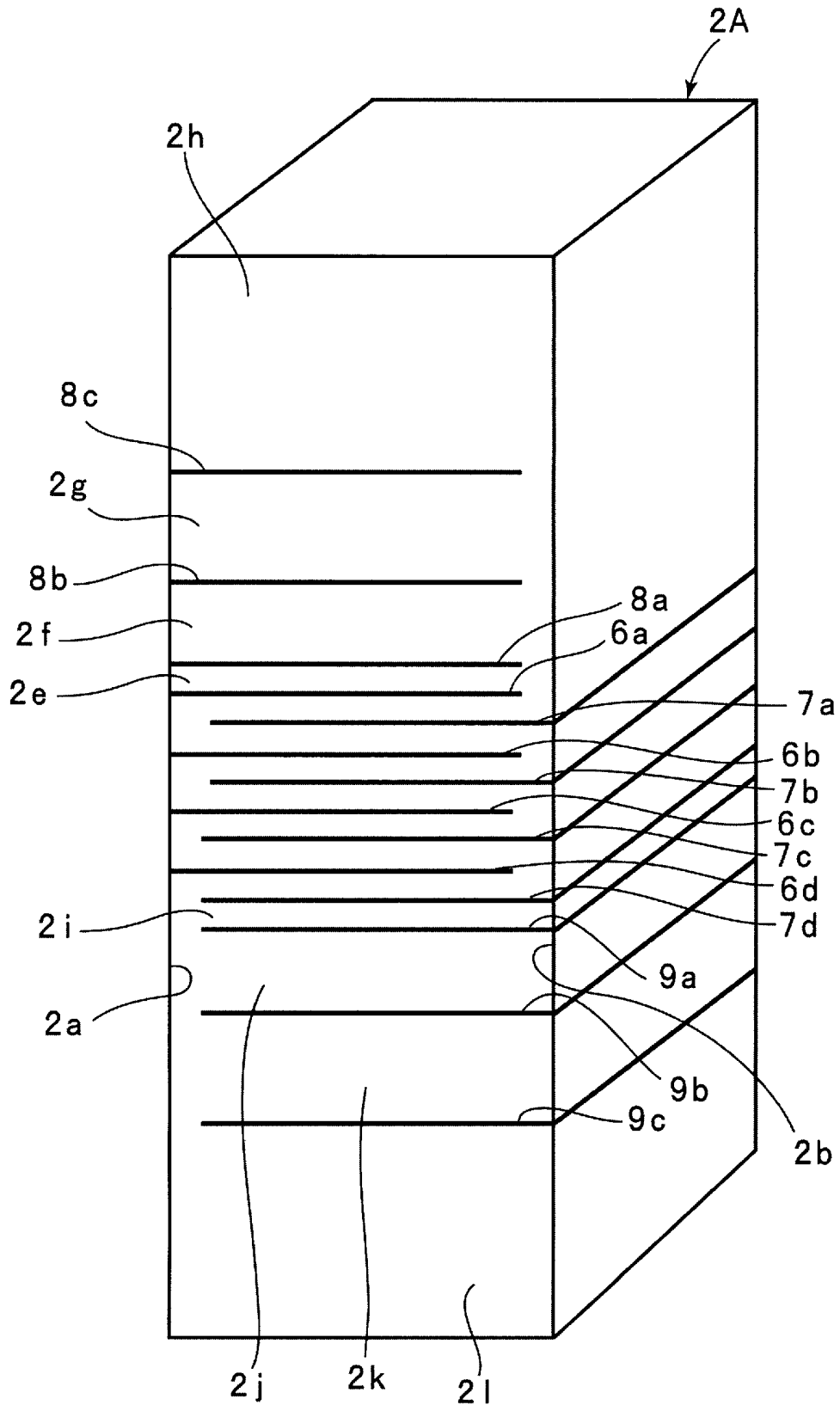
前記ダミー内部電極間に挟まれた圧電セラミック層の厚みが、前記活性部から遠ざかるにつれて大きくされていることを特徴とする、圧電アクチュエータ。

- [6] 前記セラミック焼結体が、前記厚み方向に延びかつ対向し合っている第1、第2の側面を有し、前記活性部において、複数の内部電極が圧電セラミック層の厚み方向において交互に第1または第2の側面に引き出されており、前記不活性部において、複数のダミー内部電極が、第1の側面または第2の側面のいずれかに引き出されており、前記セラミック焼結体の第1、第2の側面に、それぞれ、形成された第1、第2の外部電極をさらに備える、請求項5に記載の圧電アクチュエータ。

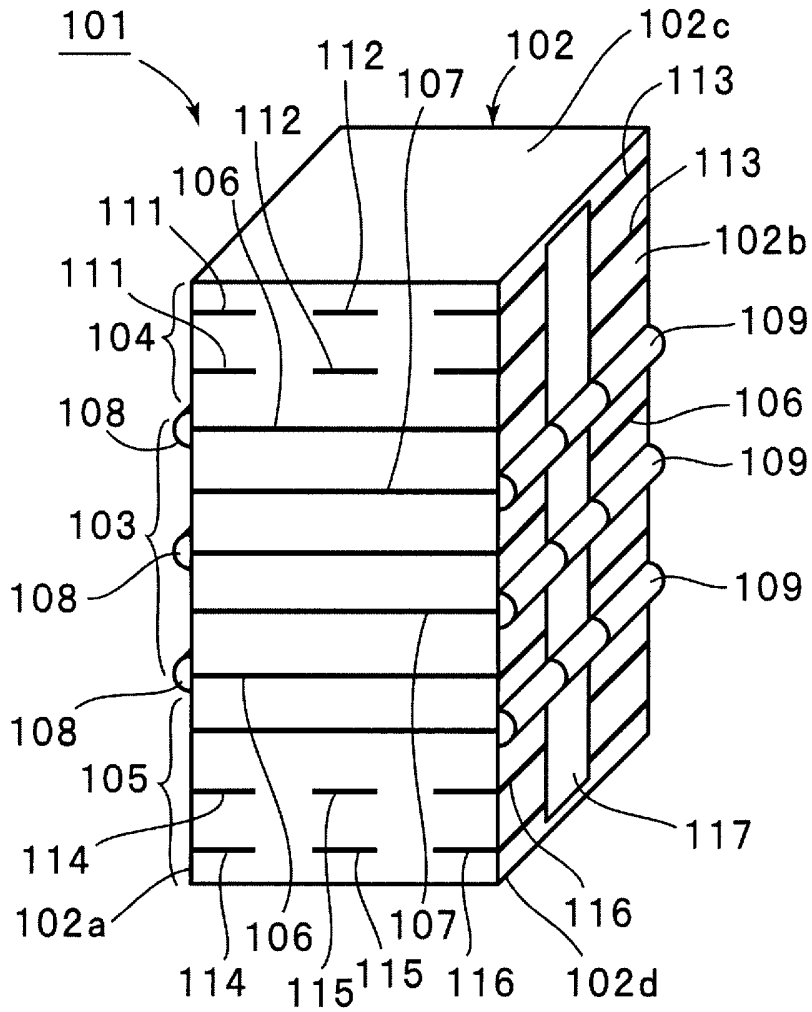
[図1]



[図2]



[図4]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/018920

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
H01L41/22(2006.01) , **H01L41/083**(2006.01) , **H02N2/00**(2006.01)

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED
 Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
H01L41/22(2006.01) , **H01L41/083**(2006.01) , **H02N2/00**(2006.01)

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
 Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2005
 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2005 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2005

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2001-352110 A (Tokin Seramikusu Kabushiki Kaisha), 21 December, 2001 (21.12.01), Par. Nos. [0013] to [0014]; Figs. 1 to 2 (Family: none)	1-6
Y	JP 2002-203999 A (Denso Corp.), 19 July, 2002 (19.07.02), Par. No. [0048] & US 2002/0053860 A1 Par. No. [0130] & DE 10153770 A1	1-6
A	JP 2003-101092 A (Kyocera Corp.), 04 April, 2003 (04.04.03), Par. Nos. [0026] to [0050]; Fig. 1 (Family: none)	1-6

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 19 December, 2005 (19.12.05)	Date of mailing of the international search report 27 December, 2005 (27.12.05)
---	--

Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/018920

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 9-270540 A (Chichibu Onoda Cement Corp.), 14 October, 1997 (14.10.97), Par. No. [0011]; Figs. 1 to 2 (Family: none)	1-6

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))
 Int.Cl. **H01L1/22** (2006.01), **H01L1/083** (2006.01), **H02N2/00** (2006.01)

B. 調査を行った分野
 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))
 Int.Cl. **H01L1/22** (2006.01), **H01L1/083** (2006.01), **H02N2/00** (2006.01)

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2005年
日本国実用新案登録公報	1996-2005年
日本国登録実用新案公報	1994-2005年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP 2001-352110 A (トーキンセラミクス株式会社) 2001.12.21, [0013]-[0014], [図1]-[図2] (ファミリーなし)	1-6
Y	JP 2002-203999 A (株式会社デンソー) 2002.07.19, [0048] & US 2002/0053860 A1, [0130] & DE 10153770 A1	1-6
A	JP 2003-101092 A (京セラ株式会社) 2003.04.04, [0026]-[0050], [図1] (ファミリーなし)	1-6

C欄の続きにも文献が列挙されている。 パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー	の日の後に公表された文献
「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの	「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの	「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)	「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」 同一パテントファミリー文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日 19.12.2005	国際調査報告の発送日 27.12.2005
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/JP) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官 (権限のある職員) 松田 成正 電話番号 03-3581-1101 内線 3462

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 9-270540 A (秩父小野田株式会社) 1997. 10. 14, [0011], [図 1]-[図 2] (ファミリーなし)	1-6