

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2012 年 10 月 4 日(04.10.2012)



(10) 国際公開番号
WO 2012/132661 A1

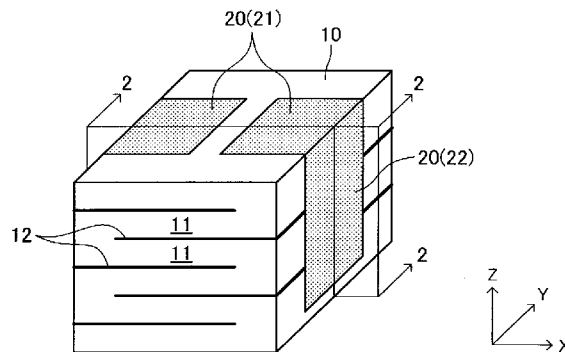
- (51) 国際特許分類:
H01L 41/09 (2006.01) H01L 41/187 (2006.01)
H01L 41/08 (2006.01) H01L 41/22 (2006.01)
H01L 41/083 (2006.01) H02N 2/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2012/054310
- (22) 国際出願日: 2012 年 2 月 22 日(22.02.2012)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2011-069133 2011 年 3 月 28 日(28.03.2011) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 日本碍子株式会社 (NGK INSULATORS, LTD.) [JP/JP]; 〒4678530 愛知県名古屋市瑞穂区須田町 2 番 5 6 号 Aichi (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 緒方 孝友 (OGATA Takatomo) [JP/JP]; 〒4678530 愛知県名古屋市瑞穂区須田町 2 番 5 6 号 日本碍子株式会社内 Aichi (JP). 伊藤 陽彦 (ITO Haruhiko) [JP/JP]; 〒4678530 愛知県名古屋市瑞穂区須田町 2 番 5 6 号 日本碍子株式会社内 Aichi (JP).
- (74) 代理人: 特許業務法人プロスペック特許事務所 (PROSPEC PATENT FIRM); 〒4530801 愛知県名古屋市中村区太閤三丁目 1 番 1 8 号 名古屋 K S ビル 1 2 階 Aichi (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, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (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, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, 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 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) Title: CERAMIC DEVICE AND PIEZOELECTRIC DEVICE

(54) 発明の名称: セラミックスデバイス、及び圧電デバイス

[図1]



(57) Abstract: This piezoelectric device is a sintered body comprising a main body section (10) and external electrodes (20). The main body section (10) has a plurality of piezoelectric layers (11) comprising a piezoelectric material and a plurality of layered internal electrodes (12), and is a laminate wherein piezoelectric layers (11) are positioned as the uppermost layer and the lowermost layer, and piezoelectric layers (11) and the internal electrodes (12) are alternately layered. The external electrodes (20) comprise surface electrodes (21) that cover part of each of the upper and lower surfaces of the main body section (10) and side-surface electrodes (22) that cover part of the side surface of the main body section (10) and connect to the internal electrodes (12) and the surface electrodes (21). A plurality of ceramic particles is fixed to the surface of at least the surface electrodes (21) among the external electrodes (20) so as to be exposed. As a result, the ceramic particles are arranged in the surface of the external electrodes (20), protruding towards electrode material particles, and unevenness is formed on the surface of the external electrodes (20) by the electrode material particles and the ceramic particles. Consequently, a piezoelectric device unlikely to suffer damage on the surface of the external electrodes can be provided.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2012/132661 A1



添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

この圧電デバイスは、本体部 10 と、外部電極 20 とを備えた焼成体である。本体部 10 は、圧電材料からなる複数の圧電層 11 と、複数の層状の内部電極 12 とを有し、最上層及び最下層として圧電層 11 が位置し且つ圧電層 11 と内部電極 12 とが交互に積層された積層体である。外部電極 20 は、本体部 10 の上下面のそれぞれの一部を覆う表面電極 21 と、本体部 10 の側面の一部を覆い且つ内部電極 12 及び表面電極 21 と接続する側面電極 22 とを備える。外部電極 20 のうち少なくとも表面電極 21 の表面には複数のセラミックス粒子が露呈するように固着している。この結果、外部電極 20 の表面において電極材料の粒子に対してセラミックス粒子が突出して配置されて、電極材料の粒子とセラミックス粒子とで外部電極 20 の表面に凹凸が形成される。これにより、外部電極の表面に傷がつく事態が発生し難い圧電デバイスが提供され得る。

明 細 書

発明の名称：セラミックスデバイス、及び圧電デバイス

技術分野

[0001] 本発明は、セラミックス材料（圧電材料）からなる部分を含む本体部と、前記本体部の表面の少なくとも一部を覆うように前記本体部に設けられた外部電極とを備えた焼成体であるセラミックスデバイス（圧電デバイス）に関する。圧電デバイスは、圧電／電歪デバイスとも称呼される。

背景技術

[0002] この種の圧電デバイスは、光学レンズの位置制御用素子（例えば、カメラ用オートフォーカスやズーム用の超音波モータ）や、磁気的情報等の読取り及び／又は書込み用素子の位置制御用素子（例えば、ハードディスクドライブの磁気ヘッド用のアクチュエータ）、或いは機械的振動を電気信号に変換するセンサ等として活発に開発されてきている（例えば、特開２００６－１００８０５号公報、及び、特開２００２－３５９１４８号公報を参照）。

[0003] ところで、上記圧電デバイスでは、その外表面の少なくとも一部にて、外部電極が露呈している。従って、上記圧電デバイスの搬送等の際、外部電極の表面に傷がつく事態が発生し易い。外部電極の表面に傷がつくことは、圧電デバイスの作動不良等に繋がるので好ましくない。

発明の概要

[0004] 従って、本発明の目的は、外部電極の表面に傷がつく事態が発生し難いセラミックスデバイス（圧電デバイス）を提供することにある。

[0005] 上記目的を達成するため、本発明に係るセラミックスデバイス（圧電デバイス）の特徴は、前記外部電極が、前記外部電極の表面に露呈するように固着した（複数の）セラミックス粒子を備えたことにある。ここにおいて、「固着」とは、外部電極の電極材料（の粒子）とセラミックス粒子とが直接又はガラスを介して接合している状態を指す。また、「セラミックス粒子が外部電極の表面に露呈する」とは、セラミックス粒子の少なくとも一部が外部

電極の表面に露呈する状態を指す。更にいえば、外部電極の表面において電極材料（の粒子）に対してセラミックス粒子が突出して配置されることによって、電極材料（の粒子）とセラミックス粒子とで外部電極の表面に凹凸が形成される状態を指す。

[0006] これによれば、上述のように、外部電極の表面において電極材料（の粒子）に対してセラミックス粒子が突出して配置される。従って、外部電極がその周囲に存在する物体と接触する際、その物体は、電極材料よりもセラミックス粒子と接触し易い。この結果、圧電デバイスの搬送等の際、外部電極の電極材料の表面に傷がつく事態が発生し難くなり、圧電デバイスの作動不良等が発生し難くなる。

[0007] 更には、上述のように、外部電極の表面に凹凸が形成される。この結果、この圧電デバイスの外部電極が他の物体に貼り付けられる場合、上記凹凸の存在によって所謂アンカー効果が発生し、両者の密着性が向上し得る。

[0008] 上記本発明に係る圧電デバイスでは、前記本体部は、前記圧電材料からなる圧電層であり、前記外部電極は、前記本体部の上下面の何れか一方又両方の少なくとも一部を覆う表面電極と、前記本体部の側面の少なくとも一部を覆い且つ前記表面電極と接続する側面電極と、を備え、前記表面電極が、前記表面電極の表面に露呈するように固着した前記セラミックス粒子を備えたように構成され得る。

[0009] この場合、前記表面電極に備えられた複数の前記セラミックス粒子の全てが前記表面電極の表面に露呈するように固着しているように構成され得る。また、前記側面電極に備えられた複数の前記セラミックス粒子のうちの一部が前記側面電極の表面に露呈するように固着し、残りが前記側面電極の内部に埋設されるように構成され得る。この場合、前記表面電極（焼成後）の厚さは0.5～10.0 μm であり、前記側面電極（焼成後）の厚さは0.5～10.0 μm であり、前記セラミックス粒子（焼成後）の粒径は0.5～7.0 μm であることが好適である。

[0010] 上記本発明に係る圧電デバイスでは、前記セラミックス粒子は、前記本体

部に含まれる前記圧電材料と同じ組成を有する圧電材料の粒子であることが好適である。これによれば、焼成時における本体部と外部電極との収縮量の差及び収縮開始温度の差を小さくすることができる。従って、前記収縮量の差及び収縮開始温度の差に起因するクラックの発生を抑制することができる。

[0011] この場合、前記外部電極を構成する材料における前記圧電材料の含有率は10～50体積%であることが好適である。検討によれば、前記含有率が10体積%未満であると、前記収縮量の差が大きいことに起因してクラックが発生し易いことが判明した。また、前記含有率が50体積%を超えると、外部電極の表面に絶縁体である圧電材料が多く存在することに起因して導通不良が発生し易いことが判明した。以上についての詳細は後述する。即ち、上記構成によれば、焼成後のクラックの発生、並びに、導通不良の発生を抑制することができる。

[0012] 上記本発明に係る圧電デバイスにおいて、前記セラミックス粒子を前記外部電極の表面に固着させるため、以下の3つの手法が考えられる。

1. 前記セラミックス粒子を含む電極材料のペーストを利用して前記外部電極の成形体を形成し、前記形成された成形体を焼成する。
2. 前記セラミックス粒子を含まない電極材料のペーストを利用して前記外部電極の成形体を形成し、前記形成された成形体の表面に前記セラミックス粒子を散布し、前記セラミックス粒子が散布された成形体を焼成する。
3. 前記セラミックス粒子を含まない電極材料のペーストを利用して前記外部電極の成形体を形成し、前記形成された成形体を焼成し、前記焼成によって形成された焼成体の表面にガラス接合法を利用して前記セラミックス材料を接合する。

図面の簡単な説明

[0013] [図1]本発明の実施形態に係る圧電デバイスの斜視図である。

[図2]図1に示した圧電デバイスの2-2断面図である。

[図3]図2のZ1部の拡大図である。

[図4]図2のZ2部の拡大図である。

[図5]基材上に形成された大きな積層体を切断して同一工程で多数個の圧電デバイス対応部を取り出す際の切断の様子を示した図である。

[図6]切断によって基材上に多数個の圧電デバイス対応部が取り出された状態を示した図である。

[図7]図1に示した圧電デバイスの製造過程を示す第1の図である。

[図8]図1に示した圧電デバイスの製造過程を示す第2の図である。

[図9]外部電極ペースト中の圧電材料の含有率と、クラック発生率及び導通不良率と、の関係を示すグラフである。

発明を実施するための形態

[0014] 以下、図面を参照しながら本発明による圧電デバイスの実施形態について説明する。

[0015] (構成)

図1、図2に示すように、本実施形態に係る圧電デバイスは、焼成体であり、直方体状の本体部10と、本体部10の表面の少なくとも一部を覆うように本体部10に設けられた外部電極20と、を備える。

[0016] 本体部10は、圧電材料からなる複数（本例では6つ）の圧電層11と、複数（本例では5つ）の層状の内部電極12とを有し、最上層及び最下層として圧電層11が位置し且つ圧電層11と内部電極12とが交互に積層された積層体である。圧電層11と内部電極12の各層は互いに平行に積層されている。本体部10のサイズ（焼成後）は、例えば、縦0.2～10.0mm、横0.1～10.0mm、高さ0.01～10.0mmである。各圧電層11（焼成後）の厚さは1.0～100.0 μ mであり、各内部電極12（焼成後）の厚さは0.3～5.0 μ mである。

[0017] 外部電極20は、本体部10の上面の一部を覆う表面電極21と、本体部10の側面の一部を覆う側面電極22とを備える。側面電極22は、内部電極12及び表面電極21と電氣的に接続されている。より具体的には、図2に示すように、（3つの）内部電極12A、表面電極21A、及び側面電極

2 2 A（以下、これらを総称して「第 1 電極群」と呼ぶ）が互いに電氣的に接続され、（2つの）内部電極 1 2 B、表面電極 2 1 B、及び側面電極 2 2 B（以下、これらを総称して「第 2 電極群」と呼ぶ）が互いに電氣的に接続されている。

[0018] 第 1、第 2 電極群は、絶縁体である圧電層 1 1 を介して接続されることによって、互いに電氣的に絶縁されている。換言すると、互いに電氣的に接続された（3つの）内部電極 1 2 A と、互いに電氣的に接続された（2つの）内部電極 1 2 B とは、櫛歯状の電極を構成している。表面電極 2 1（焼成後）の厚さは 0.5～10.0 μm であり、側面電極 2 2（焼成後）の厚さは 0.5～10.0 μm である。なお、本例では、内部電極が 5 層となっているが、内部電極の層の数は特に限定されない（ゼロであってもよい）。

[0019] この圧電デバイスでは、第 1、第 2 電極群の間に与える電位差を調整することによって圧電層 1 1（従って、本体部 1 0）の変形量が制御され得る。この原理を利用することによって、この圧電デバイスは、対象物の位置を制御するアクチュエータとして利用され得る。この対象物として、光学レンズ、磁気ヘッド、光ヘッド等が挙げられる。また、この圧電デバイスでは、圧電層 1 1（従って、本体部 1 0）の変形量に応じて第 1、第 2 電極群の間に発生する電位差が変化する。この原理を利用することによって、この圧電デバイスは、超音波センサ、加速度センサ、角速度センサ、衝撃センサ、質量センサ等の各種センサとしても利用され得る。

[0020] 圧電層 1 1 の材料（圧電材料）としては、圧電セラミックス、電歪セラミックス、強誘電体セラミックス、或いは反強誘電体セラミックスが採用されることが好適である。具体的な材料としては、ジルコン酸鉛、チタン酸鉛、マグネシウムニオブ酸鉛、ニッケルニオブ酸鉛、亜鉛ニオブ酸鉛、マンガニオブ酸鉛、アンチモンスズ酸鉛、マンガンタングステン酸鉛、コバルトニオブ酸鉛、チタン酸バリウム、チタン酸ナトリウムビスマス、ニオブ酸カリウムナトリウム、タンタル酸ストロンチウムビスマス等を単独であるいは混合物として含有するセラミックスが挙げられる。

[0021] 外部電極 20（表面電極 21 と側面電極 22）、及び内部電極 12 の材料（電極材料）としては、室温で固体であり、導電性に優れた金属で構成されていることが好ましく、例えば、アルミニウム、チタン、クロム、鉄、コバルト、ニッケル、銅、亜鉛、ニオブ、モリブデン、ルテニウム、パラジウム、ロジウム、銀、スズ、タンタル、タングステン、イリジウム、白金、金、鉛等の金属単体、もしくはこれらの合金が採用され得る。

[0022] 図 2 の Z1 部の拡大図である図 3 に示すように、外部電極 20 のうち表面電極 21 の表面には、複数のセラミックス粒子 P が露呈するように固着している、本例では、図 3 に示すように、表面電極 21 に備えられた複数のセラミックス粒子 P の全てが表面電極 21 の表面に露呈するように固着している。しかしながら、表面電極 21 に備えられた複数のセラミックス粒子 P のうちの一部が表面電極 21 の表面に露呈するように固着し、残りが表面電極 21 の内部に埋設されていてもよい。

[0023] 本実施形態では、セラミックス粒子 P として、前記圧電材料と同じ組成を有する圧電材料の粒子が使用されている。「固着」とは、表面電極 21 の電極材料の粒子とセラミックス粒子 P とが直接又はガラスを介して接合している状態を指す。また、「セラミックス粒子 P が表面電極 21 の表面に露呈する」とは、セラミックス粒子 P の少なくとも一部が表面電極 21 の表面にて（顕微鏡観察等によって）見える状態を指す。更にいえば、表面電極 21 の表面において電極材料の粒子に対して露呈したセラミックス粒子 P が突出して配置される状態、従って、電極材料の粒子とセラミックス粒子 P とで表面電極 21 の表面に凹凸が形成される状態を指す。

[0024] また、外部電極 20 のうち側面電極 22 には、セラミックス粒子 P が備えられていてもいなくてもよい。側面電極 22 にセラミックス粒子 P が備えられている場合、図 2 の Z2 部の拡大図である図 4 に示すように、側面電極 22 に備えられた複数のセラミックス粒子 P のうちの一部が側面電極 22 の表面に露呈するように固着し、残りが側面電極 22 の内部に埋設され得る。また、側面電極 22 に備えられた複数のセラミックス粒子 P の全てが側面電極

22の内部に埋設されていてもよい。

[0025] (製造方法)

次に、上記圧電デバイスの製造方法について簡単に説明する。なお、外部電極20にセラミックス粒子Pを含ませる方法については後述する。以下、「焼成前」であることは、対応する部材の名称に「グリーン」を付し、或いは、対応する部材の符号の末尾に「g」を付すことによって示される。

[0026] 本例では、先ず、図5に示すように、平板状の基材上に、圧電デバイスに対応する部分（以下、「グリーン圧電デバイス対応部」と呼ぶ）が所定の間隔をおいてマトリクス状に複数個（ 3×7 個）整列した状態で含まれる1枚の大きなグリーン積層体が形成される。この大きなグリーン積層体は、本体部10に対応するグリーン積層体部と、その上面に形成された表面電極21に対応するグリーン電極膜と、を含む。

[0027] 本体部10に対応するグリーン積層体部は、圧電層11に対応するグリーン圧電シートと、内部電極12に対応するグリーン電極膜とが交互に積層されて形成される。グリーン圧電シートは、ドクターブレード法等の周知の手法の一つを利用して前記圧電材料を含むペーストを成形することによって形成される。グリーン圧電シート上へのグリーン電極膜の形成は、スクリーン印刷等の周知の手法の一つを利用して前記電極材料を含むペーストを成形することによってなされる。グリーン圧電シートとグリーン電極膜との圧着性をより確実とするため、グリーン圧電シートとグリーン電極膜との間にグリーン接着層が介装されてもよい。この場合、グリーン圧電シート上へのグリーン接着層の形成は、塗付等の周知の手法の一つを利用してなされる。

[0028] 次いで、図5に示す切断線（2点鎖線を参照）に沿って切断加工、パンチ加工等の機械加工を施す。この結果、図6に示すように、基材上において、複数個（ 3×7 個）のグリーン圧電デバイス対応部を同一工程で取り出すことができる。以下、説明の便宜上、取り出された複数のグリーン圧電デバイス対応部のうちの1つのみに着目して説明を続ける。

[0029] 図7は、取り出された1つのグリーン圧電デバイス対応部の図2に対応す

る断面を示す。図 7 に示すように、本例では、グリーン圧電デバイス対応部は、本体部 10 に対応するグリーン積層体 10 g と、グリーン積層体 10 g の上面に形成された表面電極 21 に対応するグリーン電極膜 21 g とから構成される。グリーン積層体 10 g は、最上層及び最下層として圧電シート 11 g が位置し且つ圧電シート 11 g と電極膜 12 g とが交互に積層された積層体である。

[0030] 次に、図 8 に示すように、グリーン圧電デバイス対応部の側面の所定箇所にそれぞれ、側面電極 22 に対応するグリーン電極膜 22 g が形成される。この形成は、スクリーン印刷等の周知の手法の一つを利用して前記電極材料を含むペーストを成形することによってなされる。

[0031] そして、図 8 に示したグリーン圧電デバイス対応部に対し、所定温度で所定時間に亘って焼成が実行される。この結果、図 1 及び図 2 に示す圧電デバイス（焼成後）が得られる。

[0032] なお、上述した例では、前記大きなグリーン積層体において電極膜 21 g が形成された状態で機械加工がなされた。この結果、図 7 に示すように、各グリーン圧電デバイス対応部が前記機械加工によって取り出された段階にて既に、同対応部には電極膜 21 g が形成されている。これに対し、前記大きなグリーン積層体において電極膜 21 g が形成されていない状態で機械加工がなされてもよい。この場合、各グリーン圧電デバイス対応部が前記機械加工によって取り出された段階では未だ、同対応部には電極膜 21 g が形成されていない。

[0033] （外部電極 20 にセラミックス粒子 P を含ませる方法）

次に、外部電極 20 にセラミックス粒子 P を含ませる方法について説明する。第 1 ～ 第 3 の方法について順に説明する。

[0034] ＜第 1 の方法＞

外部電極 20 を構成する電極材料を含むペースト中に事前にセラミックス粒子 P を含める。このようにセラミックス粒子 P を含む電極材料のペーストを利用して外部電極 20 に対応するグリーン電極膜を形成する。形成された

グリーン電極膜を焼成することによって、セラミックス粒子Pが外部電極20の表面に固着される。

[0035] 外部電極20のうち表面電極21の表面のみにセラミックス粒子Pを固着させる場合には、グリーン電極膜21gの形成に使用されるペーストのみにセラミックス粒子Pが含まれる。外部電極20のうち表面電極21の表面にセラミックス粒子Pを固着させ、且つ、側面電極22の表面にセラミックス粒子Pを固着させる（及び側面電極22の内部にセラミックス粒子Pを埋設させる）場合には、グリーン電極膜21gの形成に使用されるペースト及びグリーン電極膜22gの形成に使用されるペーストにセラミックス粒子Pが含まれる。

[0036] <第2の方法>

セラミックス粒子Pを含まない電極材料のペーストを利用して外部電極20に対応するグリーン電極膜を形成する。形成されたグリーン電極膜の表面にセラミックス粒子Pを均一に散布する。セラミックス粒子Pが散布されたグリーン電極膜を焼成することによって、セラミックス粒子Pが外部電極20の表面に固着される。この方法の場合、電極材料の粒子とセラミックス粒子Pとの固着性を高めるため、セラミックス粒子Pの散布後においてセラミックス粒子Pが散布されたグリーン電極膜の表面の部分を加圧することが好ましい。

[0037] 外部電極20のうち表面電極21の表面のみにセラミックス粒子Pを固着させる場合には、グリーン電極膜21gの表面のみにセラミックス粒子Pが散布される。外部電極20のうち表面電極21の表面にセラミックス粒子Pを固着させ、且つ、側面電極22の表面にセラミックス粒子Pを固着させる（及び側面電極22の内部にセラミックス粒子Pを埋設させる）場合には、グリーン電極膜21gの表面及びグリーン電極膜22gの表面にセラミックス粒子Pが散布される。

[0038] <第3の方法>

セラミックス粒子Pを含まない電極材料のペーストを利用して外部電極2

0に対応するグリーン電極膜を形成する。形成されたグリーン電極膜を焼成する。焼成によって形成された外部電極20の表面にガラス接合法を利用してセラミックス粒子Pを接合することによって、セラミックス粒子Pが外部電極20の表面に固着される。

[0039] 外部電極20のうち表面電極21の表面のみにセラミックス粒子Pを固着させる場合には、表面電極21の表面のみにセラミックス粒子Pが接合される。外部電極20のうち表面電極21の表面にセラミックス粒子Pを固着させ、且つ、側面電極22の表面にセラミックス粒子Pを固着させる場合には、表面電極21の表面及び側面電極22の表面にセラミックス粒子Pが接合される。

[0040] (外部電極ペースト中の圧電材料の含有率)

次に、上記第1の方法が採用される場合であって、且つ、セラミックス粒子Pが圧電層11の材料と同じ圧電材料の粒子である場合における、外部電極ペースト中の圧電材料の最適な含有率の範囲について考察するために行った実験について説明する。「外部電極ペースト」とは、外部電極20の形成に使用されたペーストである。この含有率は、「外部電極（焼成後）を構成する材料における圧電材料の含有率」ということもできる。

[0041] この実験では、上述した製造方法を利用して作製された圧電デバイスのサンプルであって、圧電層11の厚さが20.0 μ m、内部電極12の厚さが2.0 μ m、圧電層11の層数が10層で、外部電極20（表面電極21及び側面電極22）の厚さが5.0 μ m、全体のサイズが縦2.0mm、横1.0mm、高さ0.2mmであり、焼成温度が1200℃のものが使用された。各数値は焼成後の値である。外部電極ペーストに含まれる電極材料（焼成前）の粒径は0.1～1.0 μ mであり、圧電材料（焼成前）の粒径は0.01～1.0 μ mであった。外部電極20（焼成後）に含まれる圧電材料の粒径は0.5～7.0 μ mであった。

[0042] この実験では、「外部電極ペースト」中に含まれる圧電材料の含有率（体積%、Vol%）が異なるそれぞれの上記サンプルについて、焼成後における

る圧電デバイスのクラック発生率（％）、並びに、圧電デバイスの特性測定時の導通不良率（％）が評価された。この結果を図 9 に示す。

[0043] 図 9 から理解できるように、前記含有率が 10 V o 1 %未満であると、圧電デバイスのクラック発生率が大きくなる。クラック発生箇所は、本体部 10 と外部電極 20 との接合面の周囲、或いはその近傍である。これは、以下の理由に基づくと考えられる。即ち、外部電極 20 が圧電層 11 と同じ圧電材料の粒子を含むことによって、焼成時における本体部 10 と外部電極 20 との収縮量の差を小さくすることができる。この結果、前記収縮量の差に起因する圧電デバイスのクラックの発生を抑制することができる。このようなクラック発生の抑制効果は前記含有率が大きいほど大きい。従って、前記含有率が 10 V o 1 %未満であると、前記収縮量の差が大きいことに起因して前記クラック発生の抑制効果が十分に発揮されず、圧電デバイスのクラック発生率が大きくなる。

[0044] 一方、前記含有率が 50 V o 1 %を超えると、圧電デバイスの導通不良が発生し易い。これは、前記含有率が 50 V o 1 %を超えると、外部電極 20 の表面に絶縁体である圧電材料が多く存在することに基づくと考えられる。以上より、前記含有率は、10 ～ 50 V o 1 %であることが好適である。これによれば、焼成後のクラックの発生、並びに、導通不良の発生を抑制することができる。前記含有率が 20 ～ 40 V o 1 %、或いは、20 ～ 30 V o 1 %であればより好ましい。

[0045] （作用・効果）

本実施形態に係る圧電デバイスでは、外部電極 20 の表面に、複数のセラミックス粒子 P が露呈するように固着している。この結果、外部電極 20 の表面において電極材料の粒子に対してセラミックス粒子 P が突出して配置される。従って、外部電極 20 がその周囲に存在する物体と接触する際、その物体は、電極材料よりもセラミックス粒子 P と接触し易い。この結果、圧電デバイスの搬送等の際、外部電極 20 の電極材料の表面に傷がつく事態が発生し難くなり、圧電デバイスの作動不良等が発生し難くなる。

[0046] 加えて、外部電極 20 の表面において電極材料の粒子に対してセラミックス粒子 P が突出して配置されることによって、電極材料の粒子とセラミックス粒子 P とで外部電極 20 の表面に凹凸が形成される。この結果、この圧電デバイスの外部電極 20 が他の物体に貼り付けられる場合、上記凹凸の存在によって所謂アンカー効果が発生し、両者の密着性が向上し得る。

[0047] 本発明は上記実施形態に限らず、本発明の範囲内において種々の変形例を採用することができる。例えば、上記実施形態においては、本体部 10 が、圧電層 11 と内部電極 12 が交互に積層された積層体であるが、本体部 10 が圧電材料のみからなる（内部電極を有さない）圧電体であってもよい。また、本体部 10 が圧電材料以外のセラミックス材料のみからなる（内部電極を有さない）セラミックス体であってもよい。

[0048] また、上記実施形態では、本体部 10 の上面のみに表面電極 21 が形成されているが、本体部 10 の上下面のそれぞれに表面電極 21 が形成されていてもよい。また、上記実施形態では、セラミックス粒子 P として圧電材料の粒子が使用されているが、圧電材料以外の材料のセラミックス粒子が使用されてもよい。

請求の範囲

- [請求項1] セラミックス材料からなる部分を含む本体部と、
前記本体部の表面の少なくとも一部を覆うように前記本体部に設けられた外部電極と、
を備えた焼成体であるセラミックスデバイスであって、
前記外部電極は、前記外部電極の表面に露呈するように固着したセラミックス粒子を備えた、セラミックスデバイス。
- [請求項2] 圧電材料からなる部分を含む本体部と、
前記本体部の表面の少なくとも一部を覆うように前記本体部に設けられた外部電極と、
を備えた焼成体である圧電デバイスであって、
前記外部電極は、前記外部電極の表面に露呈するように固着したセラミックス粒子を備えた、圧電デバイス。
- [請求項3] 請求項2に記載の圧電デバイスにおいて、
前記本体部は、前記圧電材料からなる少なくとも2つの圧電層と、
少なくとも1つの内部電極とが積層された積層体であり、
前記外部電極は、前記積層体である本体部の上下面の何れか一方又両方の少なくとも一部を覆う表面電極と、前記積層体である本体部の側面の少なくとも一部を覆い且つ前記内部電極及び前記表面電極と接続する側面電極と、を備え、
前記表面電極が、前記表面電極の表面に露呈するように固着した前記セラミックス粒子を備えた、圧電デバイス。
- [請求項4] 請求項3に記載の圧電デバイスにおいて、
前記表面電極に備えられた複数の前記セラミックス粒子の少なくとも一部が前記表面電極の表面に露呈するように固着している、圧電デバイス。
- [請求項5] 請求項4に記載の圧電デバイスにおいて、
前記側面電極に備えられた複数の前記セラミックス粒子のうちの一

部が前記側面電極の表面に露呈するように固着し、残りが前記側面電極の内部に埋設された、圧電デバイス。

[請求項6] 請求項3乃至請求項5の何れか一項に記載の圧電デバイスにおいて、

前記表面電極の厚さは0.5～10.0 μm であり、前記側面電極の厚さは0.5～10.0 μm であり、前記セラミックス粒子の粒径は0.5～7.0 μm である、圧電デバイス。

[請求項7] 請求項2乃至請求項6の何れか一項に記載の圧電デバイスにおいて、

前記セラミックス粒子は、前記本体部に含まれる前記圧電材料と同じ組成を有する圧電材料の粒子である、圧電デバイス。

[請求項8] 請求項7に記載の圧電デバイスにおいて、

前記外部電極を構成する材料における前記圧電材料の含有率は10～50体積%である、圧電デバイス。

[請求項9] 請求項1乃至請求項8の何れか一項に記載のセラミックスデバイス、又は圧電デバイスにおいて、

前記セラミックス粒子を含む電極材料のペーストを利用して前記外部電極の成形体を形成し、前記形成された成形体を焼成することによって、前記セラミックス粒子が前記外部電極の表面に固着された、セラミックスデバイス、又は圧電デバイス。

[請求項10] 請求項1乃至請求項8の何れか一項に記載のセラミックスデバイス、又は圧電デバイスにおいて、

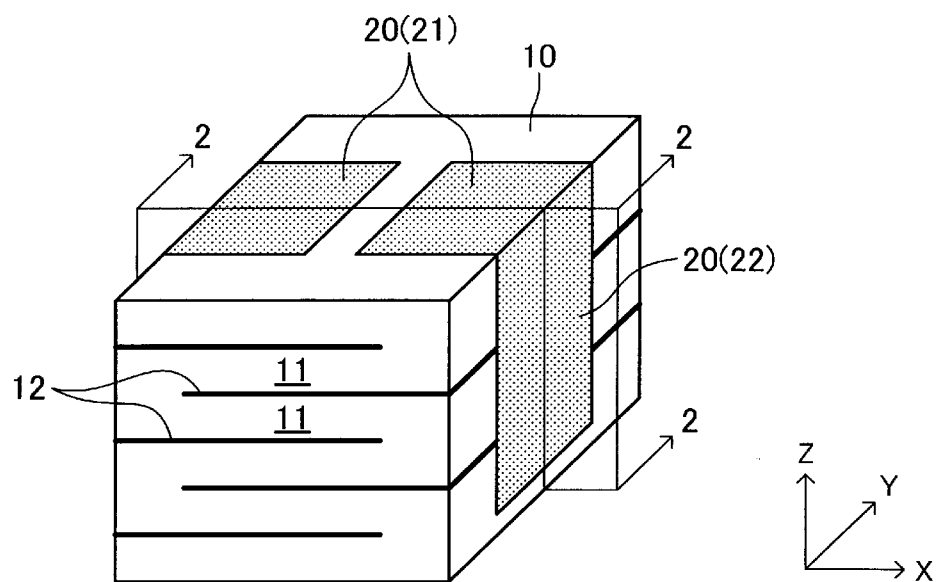
前記セラミックス粒子を含まない電極材料のペーストを利用して前記外部電極の成形体を形成し、前記形成された成形体の表面に前記セラミックス粒子を散布し、前記セラミックス粒子が散布された成形体を焼成することによって、前記セラミックス粒子が前記外部電極の表面に固着された、セラミックスデバイス、又は圧電デバイス。

[請求項11] 請求項1乃至請求項8の何れか一項に記載のセラミックスデバイス

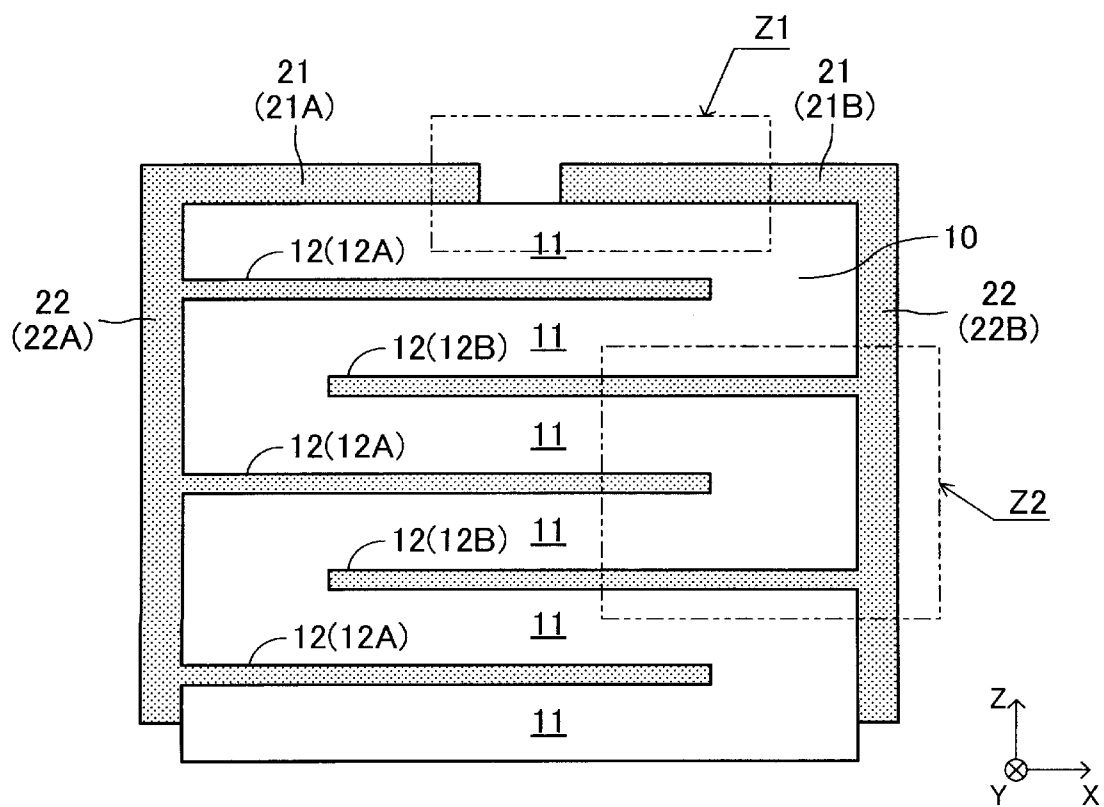
、又は圧電デバイスにおいて、

前記セラミックス粒子を含まない電極材料のペーストを利用して前記外部電極の成形体を形成し、前記形成された成形体を焼成し、前記焼成によって形成された焼成体の表面にガラス接合法を利用して前記セラミックス材料を接合することによって、前記セラミックス粒子が前記外部電極の表面に固着された、セラミックスデバイス、又は圧電デバイス。

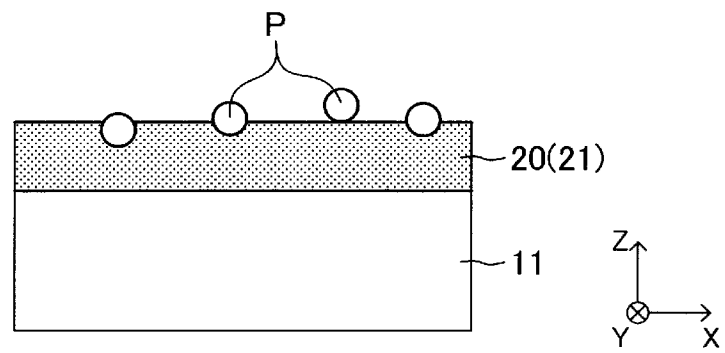
[図1]



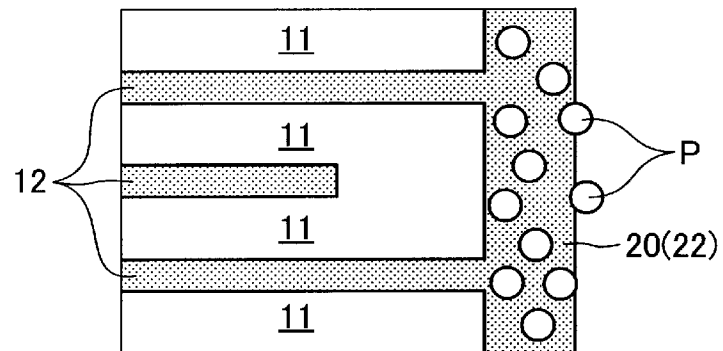
[図2]



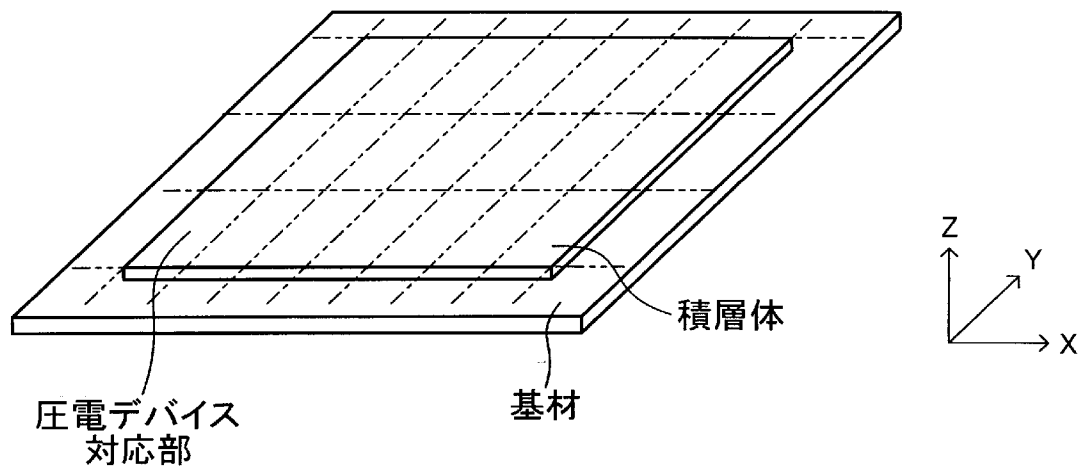
[図3]



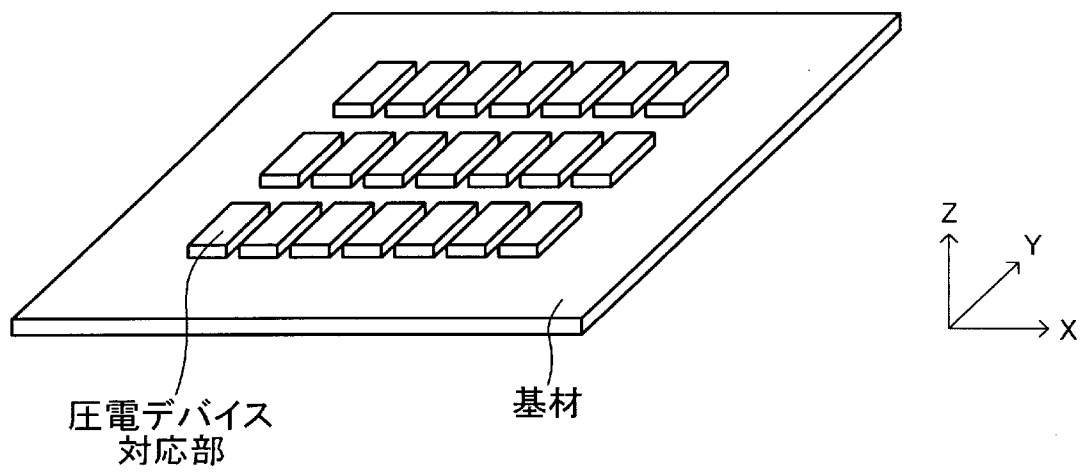
[図4]



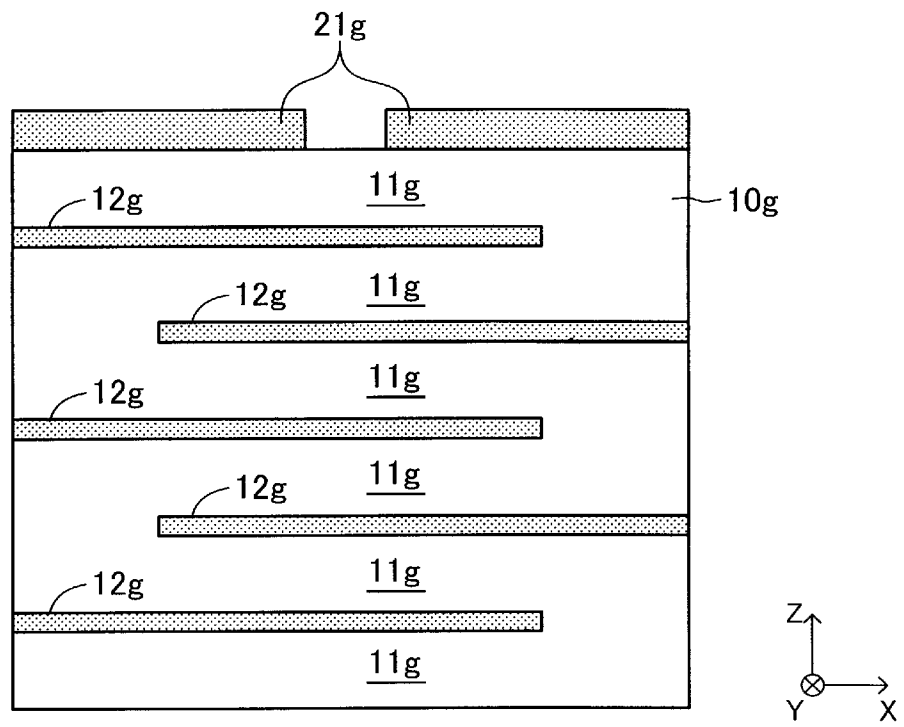
[図5]



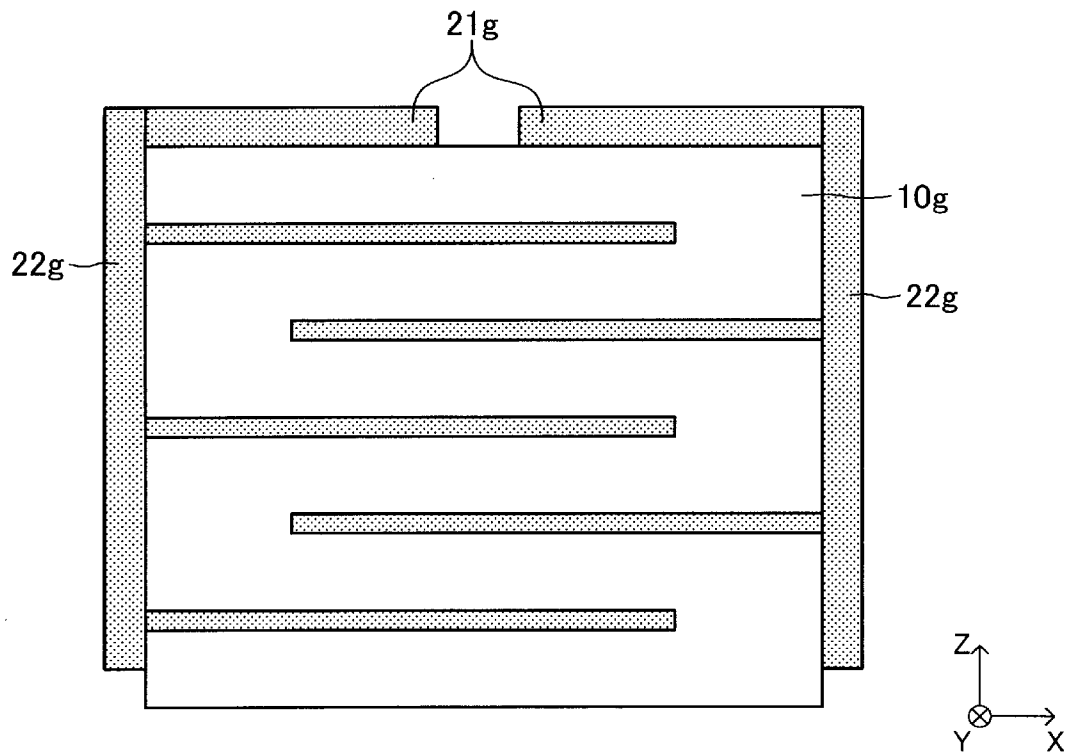
[図6]



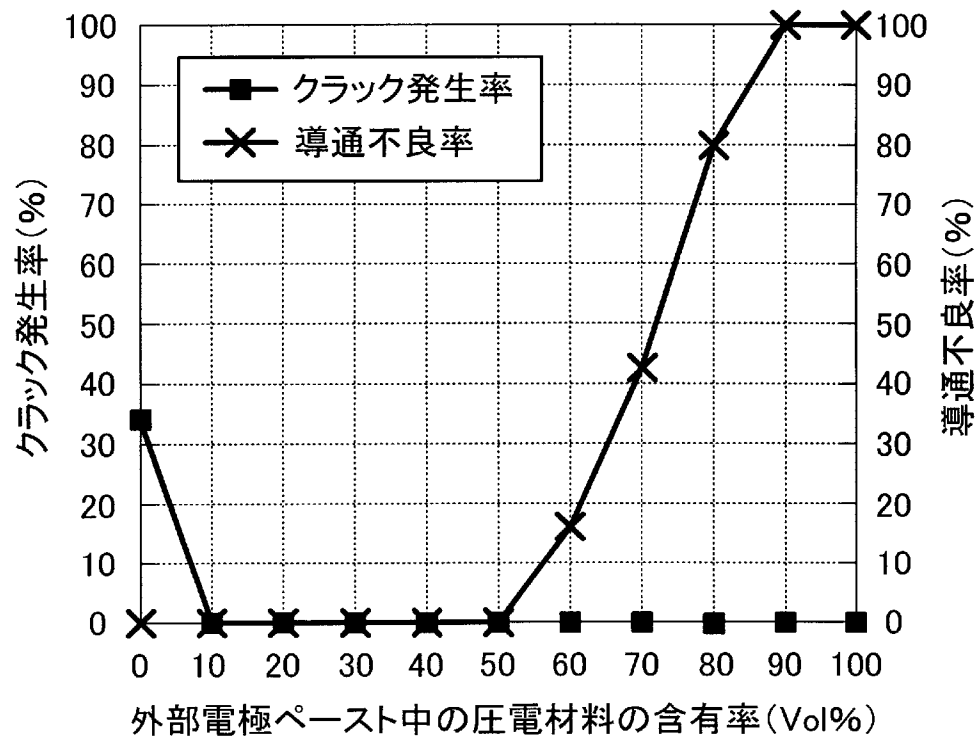
[図7]



[図8]



[図9]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/054310

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L41/09(2006.01)i, H01L41/08(2006.01)i, H01L41/083(2006.01)i,
H01L41/187(2006.01)i, H01L41/22(2006.01)i, H02N2/00(2006.01)i

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)

H01L41/09, H01L41/08, H01L41/083, H01L41/187, H01L41/22, H02N2/00

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	1996-2012
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2012	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2012

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.
X Y A	JP 2005-223014 A (Denso Corp.), 18 August 2005 (18.08.2005), paragraphs [0031], [0036] to [0039], [0052] to [0064], [0073] to [0076]; fig. 1 to 2, 6 to 9, 13 to 14 (Family: none)	1-2, 7-9 3-6 10-11
X Y	JP 05-234416 A (Murata Mfg. Co., Ltd.), 10 September 1993 (10.09.1993), paragraphs [0009] to [0023]; fig. 1 & US 5405707 A & US 5514326 A	1 2-9
X Y	JP 09-129480 A (Murata Mfg. Co., Ltd.), 16 May 1997 (16.05.1997), claims; paragraphs [0008] to [0022]; fig. 1 (Family: none)	1 2-9



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"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)

"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

"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

"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

"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

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
23 April, 2012 (23.04.12)

Date of mailing of the international search report
15 May, 2012 (15.05.12)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/054310

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP 2001-044060 A (Kyocera Corp.), 16 February 2001 (16.02.2001), claims; paragraphs [0031] to [0045]; fig. 1 to 2 (Family: none)	1 2-9
X Y	JP 10-144561 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 29 May 1998 (29.05.1998), paragraphs [0027] to [0030], [0038], [0054]; fig. 3 (Family: none)	1 2-9
A	JP 04-164306 A (NEC Kansai, Ltd.), 10 June 1992 (10.06.1992), page 1, lower right column, line 1 to page 2, upper right column, line 11; fig. 1 to 2 (Family: none)	1-11
A	WO 2009/082006 A1 (Kyocera Corp.), 02 July 2009 (02.07.2009), paragraphs [0084] to [0085]; fig. 2 & US 2010/0326405 A1 & EP 2237337 A1 & CN 101911325 A	1-11

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. H01L41/09(2006.01)i, H01L41/08(2006.01)i, H01L41/083(2006.01)i, H01L41/187(2006.01)i,
H01L41/22(2006.01)i, H02N2/00(2006.01)i

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 (I P C))

Int.Cl. H01L41/09, H01L41/08, H01L41/083, H01L41/187, H01L41/22, H02N2/00

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 2 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 2 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 2 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 請求項の番号
X Y A	JP 2005-223014 A (株式会社デンソー) 2005.08.18, 段落【0031】, 【0036】-【0039】, 【0052】-【0064】, 【0073】-【0076】, 第 1-2, 6-9, 13-14 図 (ファミリーなし)	1-2, 7-9 3-6 10-11
X Y	JP 05-234416 A (株式会社村田製作所) 1993.09.10, 段落【0009】- 【0023】, 第 1 図 & US 5405707 A & US 5514326 A	1 2-9
X Y	JP 09-129480 A (株式会社村田製作所) 1997.05.16, 特許請求の範 囲, 段落【0008】-【0022】, 第 1 図 (ファミリーなし)	1 2-9

☒ 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

「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
「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
「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)
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「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
「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
「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
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

2 3 . 0 4 . 2 0 1 2

国際調査報告の発送日

1 5 . 0 5 . 2 0 1 2

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (I S A / J P)

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

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)

桑原 清

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 5 1 6

5 F

9 3 7 5

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 請求項の番号
X Y	JP 2001-044060 A (京セラ株式会社) 2001. 02. 16, 特許請求の範囲, 段落【0031】 - 【0045】, 第 1-2 図 (ファミリーなし)	1 2-9
X Y	JP 10-144561 A (松下電器産業株式会社) 1998. 05. 29, 段落【0027】 - 【0030】, 【0038】, 【0054】, 第 3 図 (ファミリーなし)	1 2-9
A	JP 04-164306 A (関西日本電気株式会社) 1992. 06. 10, 第 1 頁右下 欄第 1 行-第 2 頁右上欄第 11 行, 第 1-2 図 (ファミリーなし)	1-11
A	WO 2009/082006 A1 (京セラ株式会社) 2009. 07. 02, 段落【0084】 - 【0085】, 第 2 図 & US 2010/0326405 A1 & EP 2237337 A1 & CN 101911325 A	1-11