

(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8月23日(23.08.2012)



(10) 国際公開番号

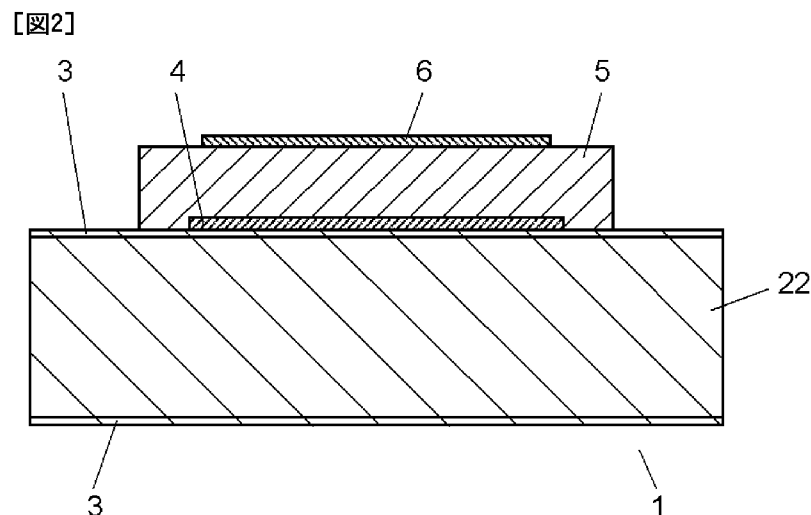
WO 2012/111279 A1

- (51) 国際特許分類:
H01L 41/09 (2006.01) H01L 41/22 (2006.01)
H01L 41/18 (2006.01) H01L 41/24 (2006.01)
H01L 41/187 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2012/000850
- (22) 国際出願日: 2012年2月9日(09.02.2012)
- (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 2011-032801 2011年2月18日(18.02.2011) JP
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): パナソニック株式会社(PANASONIC CORPORATION)
[JP/JP]; 〒5718501 大阪府門真市大字門真1006番地 Osaka (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 勝村 英則(KATSUMURA, Hidenori). 加賀田 博司(KAGATA, Hiroshi).
- (74) 代理人: 内藤 浩樹, 外(NAITO, Hiroki et al.); 〒5718501 大阪府門真市大字門真1006番地 パナソニック株式会社内 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, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, 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), ユーロシア (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: PIEZOELECTRIC ELEMENT

(54) 発明の名称: 圧電素子



(57) Abstract: A piezoelectric element has a metallic substrate, an alumina layer, a lower electrode, a piezoelectric body layer, and an upper electrode. The metallic substrate contains iron as the main component and also contains at least aluminum and chromium. The alumina layer is formed on the metallic substrate, and the lower electrode is formed on the alumina layer. The piezoelectric body layer is formed on the lower electrode, and the upper electrode is formed on the piezoelectric body layer. The alumina layer consists mainly of particles of a γ -alumina phase.

(57) 要約: 圧電素子は金属基板と、アルミナ層と、下部電極と、圧電体層と、上部電極とを有する。金属基板は鉄を主成分とし、少なくともアルミニウムとクロムとを含む。アルミナ層は金属基板上に形成され、下部電極はアルミナ層上に形成されている。圧電体層は下部電極上に形成され、上部電極は圧電体層上に形成されている。アルミナ層は主として γ -アルミナ相の粒子で形成されている。

WO 2012/111279 A1



添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称：圧電素子

技術分野

[0001] 本発明は、金属基板に圧電セラミックス層を形成してなる圧電素子に関し、特に圧電アクチュエータや圧電センサ等の圧電デバイスに適した圧電素子に関する。

背景技術

[0002] 圧電材料は機械的エネルギーを電氣的エネルギーに変換、あるいは電氣的エネルギーを機械的エネルギーに変換する材料である。この圧電材料の代表的なものとしては、ペロブスカイト型結晶構造のチタン酸ジルコン酸鉛（ $Pb(Zr, Ti)O_3$ ：以下、PZTと称す）がよく知られている。PZTは非常に優れた圧電特性を有しており、従来から多くの電子部品に利用され、現在でも主要な圧電材料の一つとして用いられている。

[0003] このようなPZT等の圧電材料を用いた圧電デバイスとしては、圧電アクチュエータ、圧電センサ、プリンタ用のインクジェットヘッド等が上げられ、近年、これらを微細加工するために、MEMS（Micro Electro Mechanical Systems）を用いた技術開発が活発に行われている。

[0004] PZTを用いた圧電デバイスをMEMSに適用するには振動板となる基板上にPZTを成膜する必要がある。成膜方法としては、スパッタリング法、ゾルゲル法、MOCVD法等が挙げられる。これらの方法を用いることで高品質な圧電膜が得られ高性能な圧電特性が期待できる。一方、これらの方法では成膜速度が遅く、 $1\mu m$ 以上の膜厚を要する圧電素子には生産上効率的ではない。また、振動板となる基板としては、安価でかつ加工しやすいという観点から、ステンレス基板を採用した研究が活発に行われている。

[0005] そこで近年ではこのような基板上に圧電体膜を形成する方法として、エアロゾルデポジション法（以下、AD法と略記）が検討されている。AD法と

は亜音速で微粒子を基板上に衝突させることで発生する熱エネルギーにより粒子が一体化するという原理に基づいている。この方法によれば圧電体膜を高速で成膜することができる上に、基板の上面層とアンカーを形成するため密着性が良く、さらには緻密に成膜することができる。

[0006] 特許文献1にはエアロゾルデポジション法（AD法）を用いてステンレス基板上に10 μ m以上の膜厚のPZTを形成した圧電膜積層構造体が開示されている。この圧電膜積層構造体は、金属基板に含まれる添加元素を金属基板上に熱処理により拡散させて拡散層を形成することにより形成される。そのため、この圧電膜積層構造体では従来よりも密着強度が高く、剥離やクラックが発生しない。

[0007] しかしながらAD法を採用するには多くの問題がある。例えばサブミクロン粉を高圧空気で輸送する必要がありメンテナンスが難しい。さらには成膜時に真空系を必要とする。これらの理由から、なかなかAD法の普及は進まない。

[0008] また印刷法により圧電体層を成膜することも可能である。印刷法は電子部品を印刷する技術「プリンタブルエレクトロニクス」として、近年脚光を浴びている。また印刷法は、複雑な装置を必要とすることなく、膜の厚みが10 μ m以上の厚膜でも成膜時間が非常に短く、必要な部分に必要な量を形成するだけで良い。

[0009] しかしながら圧電体層を簡易な設備で量産性に優れた印刷法で形成した場合、圧電体層は、通常体積当たり40%～50%の空隙を含む。そのため、高温で焼成して高密度化する必要がある。焼成時に圧電体層は基板に拘束されるため、面方向へは収縮せず、圧電体層の厚み方向にのみ収縮する。そのため、圧電体層と基板との間に生じる引張・圧縮応力によって、圧電体層が基板から剥離する虞がある。さらには焼成後の残留応力と、圧電素子として駆動した時の振動が相まって圧電体層が基板から剥離する虞もある。

先行技術文献

特許文献

[0010] 特許文献1：特開2007-165385号公報

発明の概要

[0011] 本発明は印刷法により金属基板上に圧電体層を形成し、しかも金属基板と圧電体層の界面における密着強度が向上した圧電素子である。

[0012] 本発明の圧電素子は金属基板と、アルミナ層と、下部電極と、圧電体層と、上部電極とを有する。金属基板は鉄を主成分とし、少なくともアルミニウムとクロムとを含む。アルミナ層は金属基板上に形成され、下部電極はアルミナ層上に形成されている。圧電体層は下部電極上に形成され、上部電極は圧電体層上に形成されている。アルミナ層は主として γ -アルミナ相の粒子で形成されている。

[0013] このように、金属基板上に形成されたアルミナ層を主として γ -アルミナ相の粒子で形成することにより、圧電体層を1000℃近い高温で焼成する際に、金属基板とアルミナ層、圧電体層の密着力を向上させることができる。その結果、圧電体駆動時の振動により金属基板と圧電体層との界面の剥離を防止することができる。また、上述した構成により圧電体層を印刷法で形成した場合にもアルミナ層と下部電極との界面における密着力を向上させ焼成時の剥離を抑制することができる。

図面の簡単な説明

[0014] [図1]図1は本発明の実施の形態における圧電素子の平面図である。

[図2]図2は図1に示す圧電素子の2-2線における断面図である。

[図3]図3は圧電特性の測定方法の説明図である。

[図4]図4は本発明の実施の形態における圧電素子のアルミナ層のX線回折パターンの変化を示す図である。

[図5A]図5Aは本発明の実施の形態における圧電素子のアルミナ層の表面の走査型電子顕微鏡（SEM）観察像を示す図である。

[図5B]図5Bは図5Aに示すアルミナ層の表面の走査型電子顕微鏡観察像の拡大図である。

[図6]図6は本発明の実施の形態とは異なる圧電素子のアルミナ層の表面のS

ＥＭ観察像を示す図である。

[図7]図7は本発明の実施の形態における圧電素子の、金属基板、アルミナ層、金属基板の界面の断面を観察したＳＥＭ観察像を示す図である。

発明を実施するための形態

[0015] 図1は本発明の実施の形態における圧電素子1の平面図、図2は図1の2-2線における断面図である。圧電素子1は金属基板22と、アルミナ層3と、下部電極4と、圧電体層5と、上部電極6とを有する。

[0016] 金属基板22は鉄を主成分とし少なくともアルミニウムとクロムとを含む。アルミナ層3は金属基板22上に形成されている。なお金属基板22の主面（表裏面）がアルミナ層3で覆われていればよいが側面にアルミナ層3が形成されていてもよい。下部電極4はアルミナ層3上に形成され、圧電体層5は下部電極4上に形成され、上部電極6は圧電体層5上に形成されている。アルミナ層3を形成するアルミナの主相は γ -アルミナ相である。すなわち、アルミナ層3は主として γ -アルミナ相の粒子で形成されている。言い換えれば、アルミナ層3を構成する材料の50重量%を超える部分が γ -アルミナ相の粒子である。

[0017] 次に、圧電素子1の製造方法について説明する。まず、金属基板22を大気中で加熱処理することにより、金属基板22の表面に γ -アルミナ相を主相とするアルミナで構成されたアルミナ層3を形成する。加熱処理の条件は特に限定しないが、金属基板22の表面全体を主相が γ -アルミナ相からなるアルミナ層3で覆われるような条件とする必要がある。本実施の形態では、大気中において850℃～950℃の範囲で2時間保持する加熱処理条件で実験を実施している。

[0018] 次にアルミナ層3の上へ、Ａｇ－Ｐｄ合金ペーストをスクリーン印刷することで下部電極4を形成する。そして、下部電極4の上へ圧電体層5を印刷形成するためのペーストをメタルマスク印刷することで圧電体層5を形成する。さらにその上へＡｇ－Ｐｄ合金ペーストをスクリーン印刷することで上部電極6を形成する。この積層体を大気中875℃で2時間保持することで

焼成して圧電素子 1 を作製することができる。焼成後の圧電体層 5 の厚みは例えば $11\ \mu\text{m}$ 、下部電極 4、上部電極 6 の厚みは例えば $3\ \mu\text{m}$ である。

[0019] なお圧電体層 5 は図 1、図 2 に示すように、アルミナ層 3 と接触するように形成することが好ましい。具体的には、 γ -アルミナ相の粒子と圧電体層 5 とが接していることが好ましい。この構成より、 γ -アルミナ相の粒子と、上部電極 6 と圧電体層 5 とからなる上部層との接触面積を拡大することができ、さらに密着力を向上させることができる。

[0020] 図 3 は圧電素子 1 の圧電特性の評価方法について示している。圧電素子 1 の一端を固定し、下部電極 4 と上部電極 6 の間に交流電源 11 により周波数 500Hz 、電圧 $0\sim 20\text{V}$ の交流正弦波信号を印加し、圧電素子 1 を振動させる。そして、圧電素子 1 の変位量 δ をレーザードップラー振動計 12 で測定する。測定された変位量 δ から (1) 式を用いて圧電体層 5 の圧電定数 d_{31} を求める。

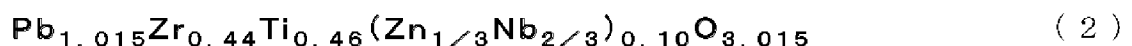
[0021] [数1]

$$d_{31} = \frac{\delta (s_1^2 t_2^4 + 4s_1 s_2 t_1 t_2^3 + 6s_1 s_2 t_1^2 t_2^2 + 4s_1 s_2 t_1^3 t_2 + s_2^2 t_1^4)}{3(s_1 s_2 t_1 (t_1 + t_2) l^2 V)} \quad (1)$$

[0022] なお (1) 式において t_1 、 t_2 は金属基板 22 および圧電体層 5 の厚み、 s_1 、 s_2 はそれぞれの弾性コンプライアンス、 V は印加電圧、 l は圧電素子 1 の固定点から変位量 δ の測定点までの長さである。

[0023] 圧電体層 5 に用いる圧電材料は、低温で緻密に焼結され、かつ圧電特性に優れた組成であることが望ましい。本実施の形態では、(2) 式で示される組成の圧電材料を圧電体層 5 に用いている。

[0024] [化1]



[0025] この組成は、本出願人が提案した特許第 4403967 号公報に開示されている組成範囲で、優れた圧電特性を示すことで知られており、PZT の B サイトを $\text{Pb}(\text{Zn}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3$ で 10 モル% 置換し、また Pb サイト

比を 1.015 とストイキオメトリーよりも過剰にしていることを特徴としている。

[0026] ここで、(2) 式に示す圧電材料粉の調製方法を説明する。純度 99.9 % 以上の酸化鉛 (PbO)、酸化チタン (TiO_2)、酸化ジルコニウム (ZrO_2)、酸化亜鉛 (ZnO)、酸化ニオブ (Nb_2O_5) 粉末を原料とし、これらを (2) 式に示したモル比で秤量し、純水および粉碎メディアとして直径 2 mm の部分安定化ジルコニアボールとともにポットミルに投入し、ポットミルを 20 時間回転させ湿式混合する。

[0027] 次に、湿式混合して調製されたこのスラリーをステンレスバット等に移し、200℃の乾燥機中で一昼夜乾燥する。この乾燥した粉を乳鉢等で粗粉碎した後、アルミナ材質のるつぼに入れ、最高温度 850℃で 2 時間（昇降温速度は 200℃/時間）熱処理し、仮焼粉を調製する。

[0028] 次に、この仮焼粉をロータミルやディスクミル等の粗砕機を用いて粗粉碎する。その後、混合時と同様にポットミルを用いて、この粗粉碎粉を 50 時間湿式粉碎する。その後、粉碎されたスラリーをステンレスバットなどに移し、200℃の乾燥機中で一昼夜乾燥し、粉碎粉を調製する。なお得られた粉碎粉の平均粒子径 (D_{50}) は例えば 0.15 μm である。以上のようにして (2) 式に示す圧電材料粉が調製できる。

[0029] 得られた粉碎粉を円板状に成形し焼成すると、875℃で 98% 以上の相対密度に達し、緻密に焼結する。まずこの焼結円板（直径 15 mm、厚み 1 mm）を用いて圧電特性を確認する。

[0030] 焼結円板の表裏面に銀ペーストを塗布し焼き付けることにより電極を形成した後、シリコンオイル中にて 3 kV の電圧を印加することにより分極処理を施す。この後、分極処理した焼結円板の共振、反共振周波数をインピーダンスアナライザーで測定し機械結合係数 k_p を求める。また d33 メーター（中国科学院声楽研究所製 ZJ-3B）で圧電定数 d_{33}^* を測定する。例えば、上述の粉碎粉から成形した焼結円板の機械結合係数 k_p は 0.60、圧電定数 d_{33}^* は 270 pC/N である。

[0031] 次に、圧電体層印刷用ペーストの作製方法について説明する。まず有機バインダと溶剤との配合比率を、例えば2 : 8として有機ビヒクルを調製する。有機バインダには例えばエチルセルロース樹脂、アクリル樹脂、ブチラール樹脂などを使用することができ、溶剤には例えば α -テルピネオール、ブチルカルビトールなどを使用することができる。この有機ビヒクルと上記圧電材料粉碎粉を例えば20 : 80の重量比率で秤量し、適量の分散剤とともに混合する。その後、この混合物を三本ボールミルで混練することにより圧電体層印刷用ペーストを作製する。

[0032] 下部電極4、上部電極6の形成には、例えば市販の銀パラジウム合金（銀 : パラジウム重量比 = 90 : 10、平均粒子径0.9 μ m）のペーストを用いる。また金属基板22には例えば市販のアルミニウム含有フェライト系ステンレス鋼板（日新製鋼（株）製、商品名 : NCA-1、厚み0.1 mm）を使用する。このステンレス鋼板はクロム約18%、アルミニウム約3%を含み、耐熱性の高いステンレス鋼板として古くから知られている。なお金属基板22におけるクロムおよびアルミニウムの含有量、および他の添加物組成については、ステンレス鋼板の特性が大きく変化しない限り特に限定されない。

[0033] アルミナ層3を構成する材料（粒子）の結晶相は、焼成後の圧電素子1の、圧電体層5が形成されていない面をX線回折装置で評価することで同定できる。金属基板22と下部電極4の密着強度、金属基板22と圧電体層5の密着強度は、圧電素子1を中央部分で二つ折りし、折れ曲がった部分の断面を光学顕微鏡またはSEMで観察することにより定性評価する。また金属基板22の表面の腐食の有無は光学顕微鏡で観察することにより判断する。

[0034] （表1）に、金属基板22の熱処理温度と、圧電特性、金属基板22と下部電極4との接着強度、金属基板22と圧電体層5との接着強度の定性評価、金属基板22の表面の腐食の有無、およびアルミナ層3を構成する材料の結晶相との関係を示す。

[0035]

[表1]

試料 No.	熱処理温度 (°C)	圧電特性 d_{31} (pm/V)	密着強度 評価	腐食の 有無	アルミナ層の 結晶相
1	850	-120	剥離なし	一部あり	γ 相のみ
2	875	-125	剥離なし	なし	γ 相のみ
3	900	-120	剥離なし	なし	主： γ 相 副： α 相
4	925	-115	一部剥離	なし	γ 相と α 相 がほぼ等量
5	950	-95	完全剥離	なし	主： α 相 副： γ 相

[0036] 図4は、金属基板22の熱処理温度に対する、アルミナ層3のX線回折パターンの変化を示した図である。アルミナ層3を構成する材料の結晶相は、熱処理温度875°Cまではほぼ γ -アルミナ相単相であるのに対し、900°Cで α -アルミナ相が少量見られ、925°C以上で α -アルミナ相が急激に増加し α -アルミナ相が主相となる。なお、(表1)におけるアルミナ層3を構成する材料の結晶相の比率は、図4に示す各相に固有なピークの面積を比較することで特定できる。

[0037] 図5Aは、熱処理温度が875°Cの場合のアルミナ層3を上面から観察したSEM観察像を示す図であり、図5Bは図5Aの拡大図である。また図6は熱処理温度950°Cの場合のアルミナ層を上面から観察したSEM観察像を示す図である。ここで γ -アルミナ相の粒子が主体である熱処理温度875°Cの図5Aを見ると、アルミナ層3の表面は鱗片状の粒子で覆われている。

[0038] 図5Bに示すように、アルミナ層3の表面には鱗片状の粒子31が表出している。鱗片状の粒子31の平板面の最大径は大きいもので、およそ1 μ m、厚みはおよそ10 nm～50 nmである。すなわちこの例において、鱗片状の粒子31は少なくとも10以上、50以下のアスペクト比を満たす。

[0039] これに対し図6に示すアルミナ層の表面には鱗片状の粒子31はほとんど見られない。代わって粒状の粒子32が見られる。粒状の粒子32の最大粒子径はおおよそ $1\mu\text{m}$ である。図4のX線回折解析の結果とあわせて考えると、鱗片状の粒子31は γ -アルミナ粒子、粒状の粒子32は α -アルミナ粒子と推定される。

[0040] なお焼成温度、焼成雰囲気および焼成温度等の焼成条件によっては鱗片状の粒子31および粒状の粒子32の形状や粒子径は上述した内容とは異なることが推定される。本実施の形態において効果を奏するアルミナ層3は、主相が γ -アルミナ相で構成されていることである。すなわち、アルミナ層3は主として γ -アルミナ相の粒子で形成されている。より好ましくは、アルミナ層3の表面が鱗片状の粒子31で覆われた構成である。このように γ -アルミナ相の粒子が鱗片状であることが好ましい。これによりアルミナ層3と下部電極4との接触面積を拡大することができ、より密着強度を向上させることが可能となる。

[0041] (表1)に示すように、圧電素子1の圧電特性 d_{31} は、熱処理温度 850°C 以上、 925°C 以下で $-115\sim-125\text{pm/V}$ と、測定誤差を考慮するとほぼ一定であるのに対し、 950°C では -95pm/V と明らかに低下している。

[0042] また、金属基板22と下部電極4、圧電体層5の密着強度の評価によると、熱処理温度 850°C 以上、 900°C 以下では、層間剥離を顕微鏡レベルでも確認できない。これに対し、熱処理温度 925°C では一部で、 950°C では全面で剥離が観察されている。詳細な観察によると、剥離はアルミナ層3と下部電極4との間で生じている。したがって、本実施の形態における条件では、熱処理温度は 850°C 以上、 900°C 以下とする必要がある。また上記の圧電特性の低下は、アルミナ層3と下部電極4との密着強度の低下により、圧電体層5で発生した振動を金属基板22に十分伝えることができなくなったためと考えられる。

[0043] アルミナ層3の主相が γ -アルミナ相となる熱処理温度 875°C では、図

5 Aに示したようにアルミナ層3の表面が鱗片状の粒子31で覆われている。そのため、アルミナ層3と下部電極4との接触面積が大きくなり、密着強度が高くなると考えられる。一方、アルミナ層3の主相が α -アルミナ相となる熱処理温度950℃では、図6のように粒状の粒子32が形成され、鱗片状の粒子31が姿を消す。そのためにアルミナ層3と下部電極4との接触面積が小さくなり、密着強度が低下すると考えられる。また γ -アルミナ相の結晶性は α -アルミナ相に比べて低く、下部電極4との密着強度が材料特性的に高くなると考えられる。

[0044] 以上のように、優れた圧電特性を発現し、かつ、金属基板22、アルミナ層3、下部電極4が互いに高い密着強度を有するためには、アルミナ層3の結晶相が γ -アルミナ相であることが好ましい。すなわち、アルミナ層3が主として γ -アルミナ相の粒子で形成されていればよい。さらにアルミナ層3の表面に多数の鱗片形状の突出部が形成されていることがより好ましい。

[0045] なお(表1)に示すように、金属基板22の表面の腐食は、熱処理温度850℃の場合にのみ確認されている。この腐食は、圧電体層5の焼成時に蒸発した酸化鉛成分と、金属基板22の鉄成分が接触し、イオン化傾向の差による局部電池反応により酸化鉛が金属鉛に、鉄が酸化鉄に変化することによる生じている。熱処理温度850℃の条件では、熱処理によるアルミナ層3の形成が不十分で、金属基板22の鉄成分が一部露出していたと推定される。一方、熱処理温度875℃以上の場合、アルミナ層3が金属基板22の表面全体を覆うことにより、この腐食現象は抑えられている。このようにアルミナ層3は金属基板22の主面全面を覆っていることが好ましい。ただアルミナ層3の厚みは特に規定されない。

[0046] 図7は熱処理温度875℃の場合の金属基板22、アルミナ層3、圧電体層5の界面における断面を観察したSEM観察像を示す図である。アルミナ層3の表面は γ -アルミナ相の粒子で構成された鱗片形状の突出部を有しており、この突出部は圧電体層5に埋設されている構成となる。そのため、より密着強度が向上する。また圧電体層5の埋設部分は埋設していない部分と

比較して緻密化されており、さらに密着強度が向上する。

[0047] なお図 7 に示した観察結果によれば熱処理温度 875℃の場合、アルミナ層 3 の厚みは 0.5 μm 前後である。

[0048] また図示していないが、アルミナ層 3 と下部電極 4 との界面においても鱗片形状の突出部が下部電極 4 に埋設されている。このように γ -アルミナ相の鱗片状の粒子 31 の少なくとも一部が下部電極 4 に埋設されていることが好ましい。また γ -アルミナ相の鱗片状の粒子 31 と圧電体層 5 とが接している場合には、粒子 31 の少なくとも一部がさらに圧電体層 5 にも埋設されていることが好ましい。このような構成により、強固なアンカーを形成し、より密着強度を向上させることが可能となる。

[0049] なお、金属基板 22 を熱処理することにより形成したアルミナ層 3 は熱的に安定であり、機械強度にも優れている。そのため上述の通り、アルミナ層 3 は上下層との密着強度を向上させる効果に加えて、焼成時の熱拡散による圧電特性の低下を防止する拡散防止効果を有する。

[0050] なお本実施の形態では、875℃で圧電体層 5 を焼成し、それに先立ち金属基板 22 を 850℃以上、900℃以下で熱処理してアルミナ層 3 を形成することで主として γ -アルミナ相の粒子で形成されたアルミナ層 3 を形成している。さらに腐食の観点からは金属基板 22 を 875℃以上、900℃以下で熱処理することが好ましい。このように焼成温度を熱処理温度と同等以下にすることで、熱処理によって形成された γ -アルミナ相の粒子が焼成時に相転移して α -アルミナ相になるのを防ぐことができる。そのため、上述の効果が焼成時に損なわれることを防ぐことができる。すなわち、 γ -アルミナ相を維持できる温度で焼成することにより、 γ -アルミナ相と圧電体層 5 とを同時焼成可能となる。したがって、焼成温度を熱処理温度と同等以下にするように材料を選定したり、温度以外の条件を整えたりすることが好ましい。

産業上の利用可能性

[0051] 本発明は圧電アクチュエータ、圧電センサ、プリンタ用のインクジェット

ヘッド等に用いる微小なデバイスとして利用することが有用である。

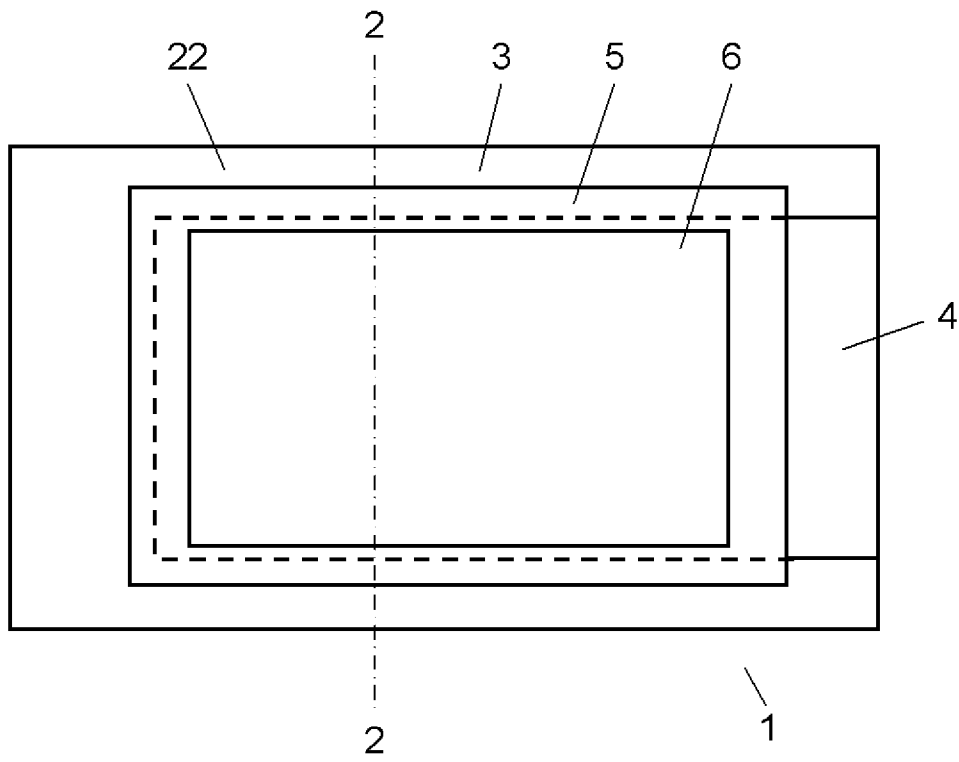
符号の説明

- [0052]
- | | |
|-----|--------------|
| 1 | 圧電素子 |
| 3 | アルミナ層 |
| 4 | 下部電極 |
| 5 | 圧電体層 |
| 6 | 上部電極 |
| 1 1 | 交流電源 |
| 1 2 | レーザードップラー振動計 |
| 2 2 | 金属基板 |
| 3 1 | 鱗片状の粒子 |
| 3 2 | 粒状の粒子 |

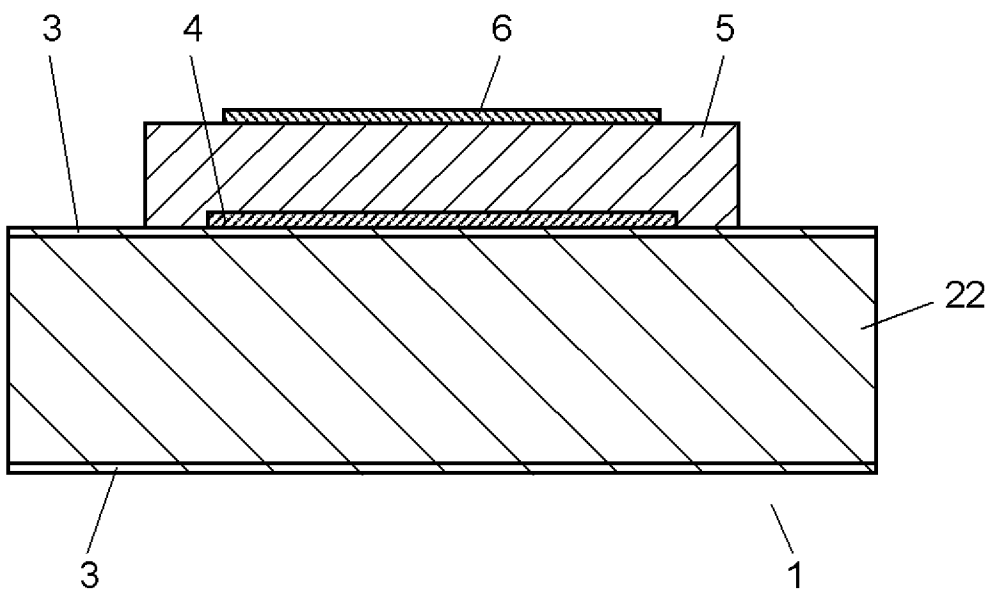
請求の範囲

- [請求項1] 鉄を主成分とし、少なくともアルミニウムとクロムとを含む金属基板と、
前記金属基板上に形成されたアルミナ層と、
前記アルミナ層上に形成された下部電極と、
前記下部電極上に形成された圧電体層と、
前記圧電体層上に形成された上部電極と、を備え、
前記アルミナ層は主として γ -アルミナ相の粒子で形成されている、
圧電素子。
- [請求項2] 前記 γ -アルミナ相の粒子と前記圧電体層とが接している、
請求項1記載の圧電素子。
- [請求項3] 前記 γ -アルミナ相の粒子は鱗片状である、
請求項2記載の圧電素子。
- [請求項4] 前記鱗片状の前記 γ -アルミナ相の粒子の少なくとも一部は、前記下部電極と前記圧電体層に埋設されている、
請求項3記載の圧電素子。
- [請求項5] 前記 γ -アルミナ相の粒子は鱗片状である、
請求項1記載の圧電素子。
- [請求項6] 前記鱗片状の前記 γ -アルミナ相の粒子の少なくとも一部は、前記下部電極に埋設されている、
請求項5記載の圧電素子。

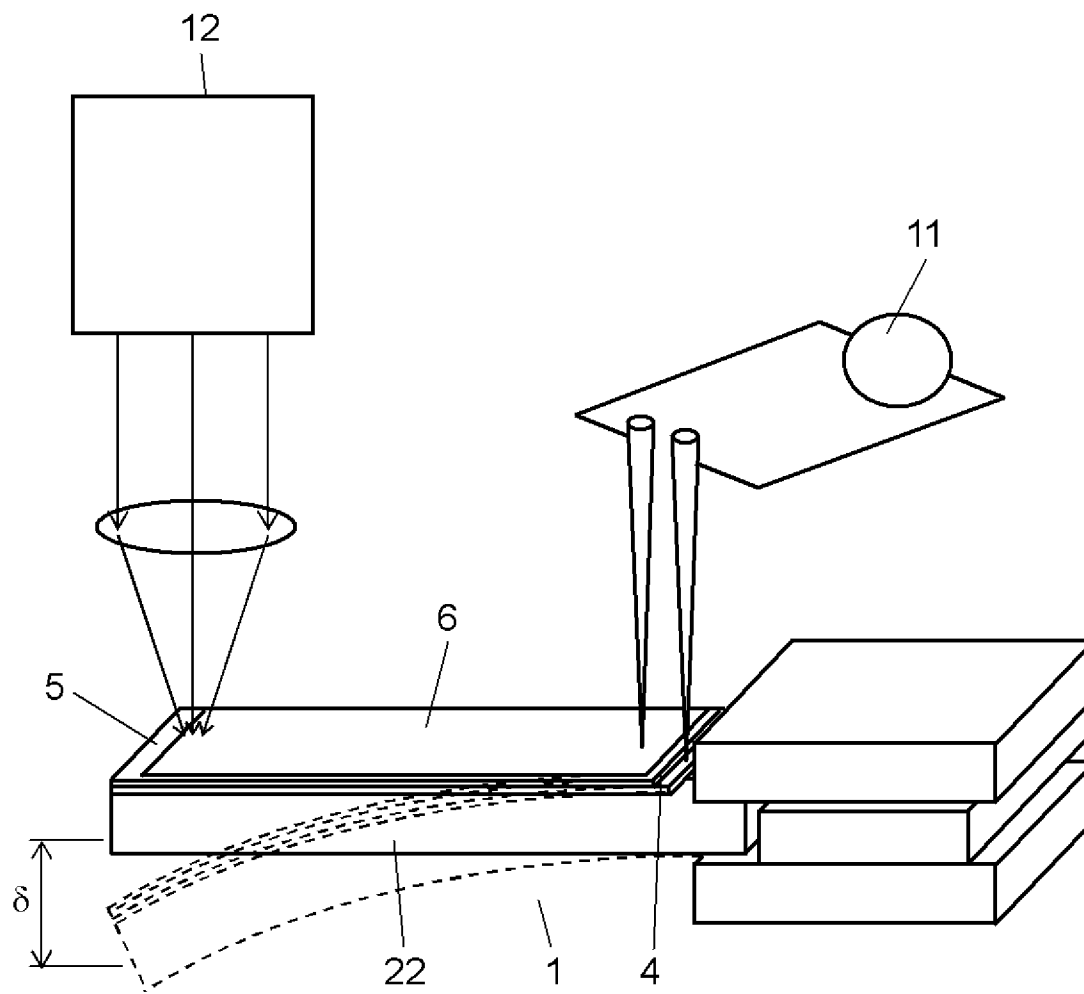
[図1]



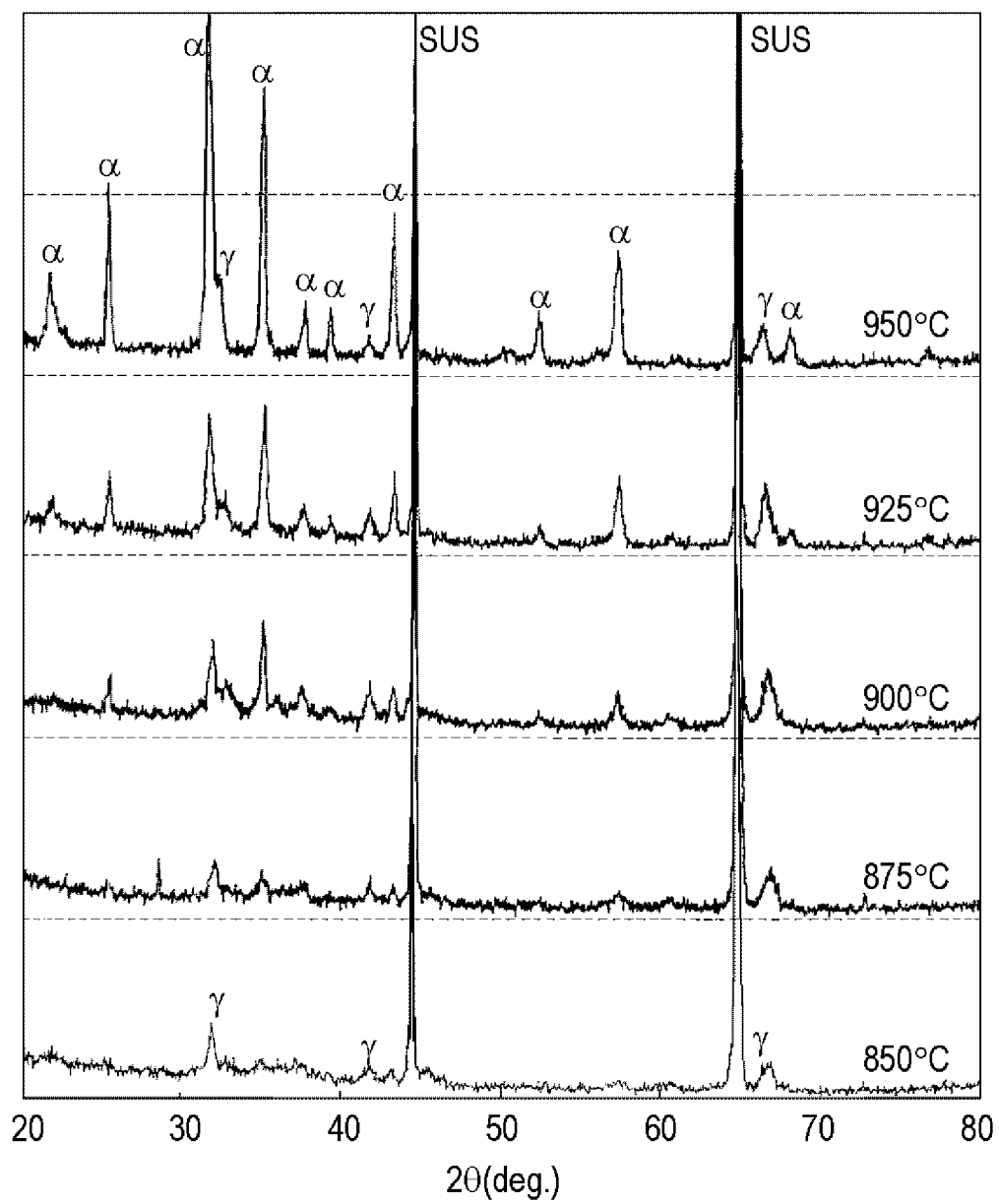
[図2]



[図3]



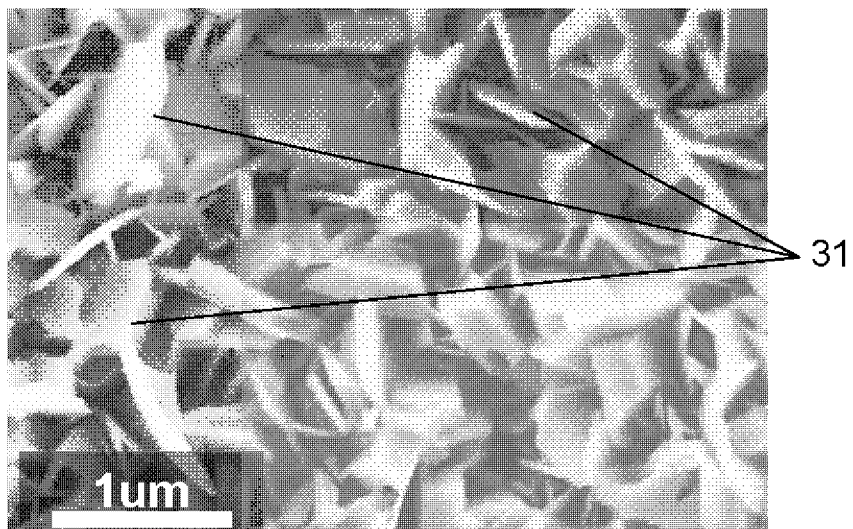
[図4]



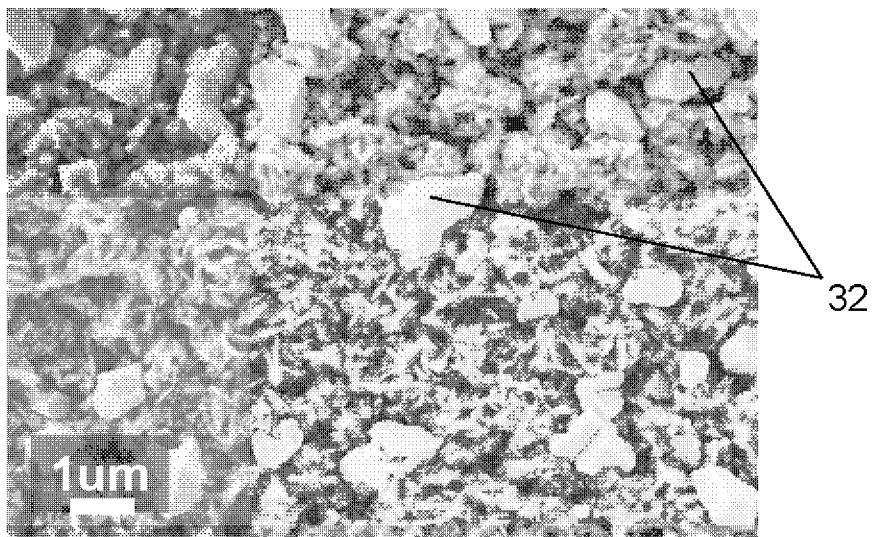
[図5A]



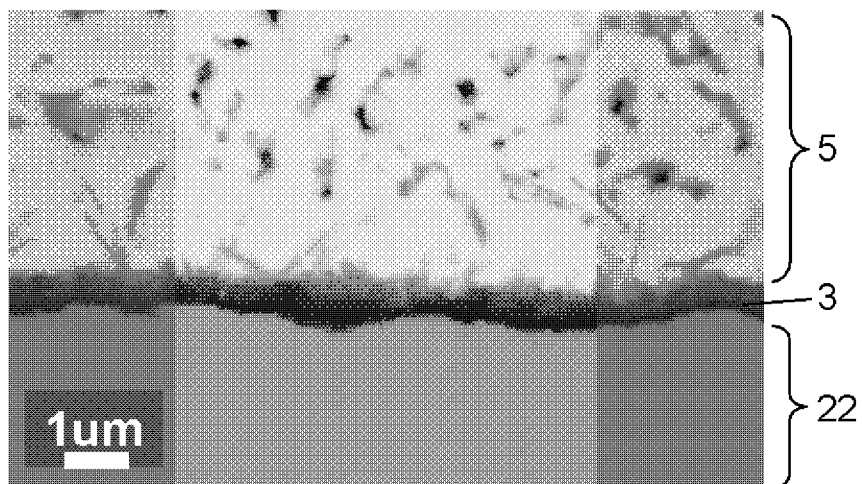
[図5B]



[図6]



[図7]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/000850

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L41/09(2006.01)i, H01L41/18(2006.01)i, H01L41/187(2006.01)i, H01L41/22(2006.01)i, H01L41/24(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, H01L41/18, H01L41/187, H01L41/22, H01L41/24

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.
A	JP 2007-165385 A (NEC Tokin Corp.), 28 June 2007 (28.06.2007), entire text (Family: none)	1-6
A	JP 2004-281742 A (Japan Science and Technology Agency), 07 October 2004 (07.10.2004), entire text & US 2006/0278907 A1 & WO 2004/084322 A1 & KR 10-2005-0106121 A	1-6
A	JP 2008-227345 A (National University Corporation Toyohashi University of Technology), 25 September 2008 (25.09.2008), entire text & US 2010/0096666 A1 & WO 2008/111274 A1	1-6



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 February, 2012 (23.02.12)

Date of mailing of the international search report
06 March, 2012 (06.03.12)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/000850

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 2009-130182 A (Hitachi Cable, Ltd.), 11 June 2009 (11.06.2009), entire text (Family: none)	1-6
A	JP 4-279069 A (Ricoh Co., Ltd.), 05 October 1992 (05.10.1992), entire text (Family: none)	1-6

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, H01L41/18(2006.01)i, H01L41/187(2006.01)i, H01L41/22(2006.01)i,
H01L41/24(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, H01L41/18, H01L41/187, H01L41/22, H01L41/24

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
A	JP 2007-165385 A (N E C トーキン株式会社) 2007. 06. 28, 全文 (フ ァミリーなし)	1-6
A	JP 2004-281742 A (独立行政法人 科学技術振興機構) 2004. 10. 07, 全文 & US 2006/0278907 A1 & WO 2004/084322 A1 & KR 10-2005-0106121 A	1-6
A	JP 2008-227345 A (国立大学法人豊橋技術科学大学) 2008. 09. 25, 全 文 & US 2010/0096666 A1 & WO 2008/111274 A1	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

「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 2 . 2 0 1 2

国際調査報告の発送日

0 6 . 0 3 . 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)

河合 俊英

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 4 6 2

4 M

3 2 3 8

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
A	JP 2009-130182 A (日立電線株式会社) 2009.06.11, 全文 (ファミリーなし)	1-6
A	JP 4-279069 A (株式会社リコー) 1992.10.05, 全文 (ファミリーなし)	1-6