

(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
2009年11月19日(19.11.2009)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2009/139272 A1

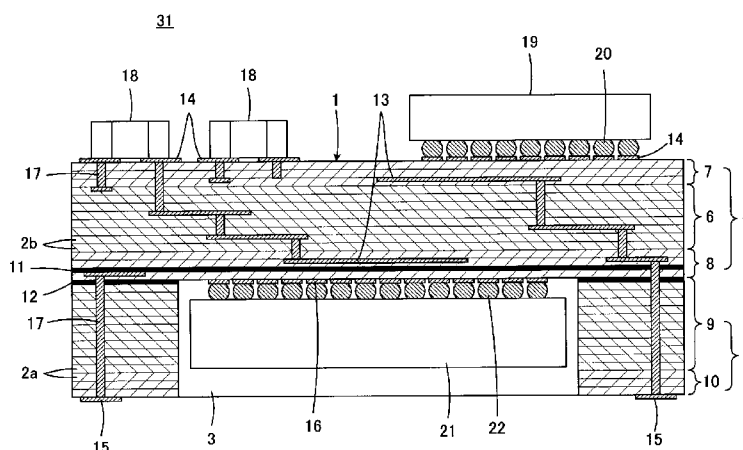
- (51) 国際特許分類:
H05K 3/46 (2006.01) H01L 23/15 (2006.01)
H01L 23/12 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2009/057896
- (22) 国際出願日: 2009年4月21日(21.04.2009)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2008-128102 2008年5月15日(15.05.2008) JP
特願 2008-332086 2008年12月26日(26.12.2008) JP
- (71) 出願人(米国を除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): 飯田 裕一 (IIIDA, Yuichi) [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: 小柴 雅昭 (KOSHIBA, Masaaki); 〒5430051 大阪府大阪市天王寺区四天王寺1丁目14番22号日進ビル 小柴特許事務所 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, BW, BY, BZ, CA, CH, 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, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, 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, 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, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) Title: MULTILAYER CERAMIC SUBSTRATE AND METHOD FOR PRODUCING THE SAME

(54) 発明の名称: 多層セラミック基板およびその製造方法

【図1】



(57) Abstract: When a multilayer ceramic substrate having a cavity is made thin, a bottom wall portion defining the bottom surface of the cavity is made thin and thereby the bottom wall portion is damaged easily. In a bottom wall portion (4) defining a cavity (3) of a multilayer ceramic substrate (1), a multilayer structure where a high thermal expansion coefficient layer (6) is sandwiched by first and second low thermal expansion coefficient layers (7 and 8) is formed. With such configuration, compression stress is generated in the low thermal expansion coefficient layers (7 and 8) during cooling process after firing, and thereby mechanical strength at the bottom wall portion (4) can be enhanced.

(57) 要約: キャビティを有する多層セラミック基板が薄型化されたとき、キャビティの底面を規定する底壁部が薄型化されるため、この底壁部が破損しやすいという課題がある。多層セラミック基板(1)のキャビティ(3)を規定する底壁部(4)において、高熱膨張係数層(6)が第1および第2の低熱膨張係数層(7および8)に挟まれる積層構造を形成する。このような構成によれば、焼成後の冷却過程で低熱膨張係数層(7および8)に圧縮応力が発生し、その結果、底壁部(4)での機械的強度を向上させることができる。

WO 2009/139272 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：多層セラミック基板およびその製造方法

技術分野

[0001] この発明は、多層セラミック基板およびその製造方法に関するもので、特に、キャビティを有する多層セラミック基板の強度を向上させるための改良に関するものである。

背景技術

[0002] この発明にとって興味ある多層セラミック基板の製造方法として、たとえば特開2003-273513号公報（特許文献1）に記載されたものがある。特許文献1では、いわゆる無収縮プロセスを用いてキャビティ付き多層セラミック基板を製造しようとするとき、外側拘束層による収縮抑制作用が弱まる、キャビティの開口端からより離れた位置で、比較的高い度合いの収縮が生じ、キャビティが不所望に変形することがある、という課題を解決するため、多層セラミック基板となるべき生の積層体の、キャビティが形成された部分に位置するセラミックグリーン層に沿って、収縮抑制用無機材料粉末を含む層間拘束層を形成しながら、生の積層体を、収縮抑制用無機材料粉末を含む外側拘束層によって挟んだ状態で、焼成工程を実施するようにされる。

[0003] 上述した特許文献1に記載の製造方法によれば、焼成工程において、外側拘束層による収縮抑制作用に加えて、層間拘束層による収縮抑制作用が働き、セラミックグリーン層の主面方向への収縮が実質的に生じないようにすることができるとともに、キャビティにおいて不所望な変形のない多層セラミック基板を得ることができる。

[0004] しかしながら、キャビティを有する多層セラミック基板においては、キャビティの底面を規定する底壁部が破損しやすいという問題がある。

[0005] 多層セラミック基板には、それが用いられる電子機器の小型化に伴い、薄型化の要請がある。そのため、特にキャビティを有する多層セラミック基板

にあつては、キャビティに収納すべき実装部品の大きさが決まっている場合には、底壁部を薄くして多層セラミック基板の薄型化を実現しなければならない状況にある。あるいは、キャビティに様々な寸法および形状の実装部品を収納するために、キャビティの周面を規定する周壁部の高さを高くしなければならない場合には、周壁部の高さを高くする分、底壁部をより薄くする必要がある。このような状況の結果として、底壁部が破損しやすく、このような破損の抑制が大きな課題となっている。

- [0006] また、キャビティを有する多層セラミック基板は、キャビティの底面を規定する底壁部において比較的薄く、キャビティの周面を規定する周壁部において比較的厚いというように、厚みが一様でないため、本来的に、焼成によって反りなどの不所望な変形が生じやすい。この場合、底壁部の厚みと周壁部の高さとの関係によっては、反りなどの変形がより顕著に生じてしまうことがある。したがって、反りなどの変形を抑制しようとする、多層セラミック基板の設計の自由度が制限されてしまうことがある。

先行技術文献

特許文献

- [0007] 特許文献1：特開2003-273513号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0008] そこで、この発明の目的は、キャビティの底面を規定する底壁部において破損が生じにくい多層セラミック基板およびその製造方法を提供しようとすることである。

- [0009] この発明のより特定の目的は、上述したように、キャビティの底壁部が破損しにくくされるとともに、反りなどの不所望な変形を抑制することができる、多層セラミック基板およびその製造方法を提供しようとすることである。

課題を解決するための手段

- [0010] この発明は、キャビティ形成用貫通孔を有する第1のセラミック層からなる周壁部と、キャビティ形成用貫通孔を有しない第2のセラミック層からなる底壁部とを有する、キャビティ付きの、多層セラミック基板にまず向けられるものであって、上述した技術的課題を解決するため、底壁部には、上記第2のセラミック層として、熱膨張係数が相対的に高い高熱膨張係数層および熱膨張係数が相対的に低い低熱膨張係数層を含む、少なくとも2種類のセラミック層が配置され、かつ高熱膨張係数層の少なくとも一部が第1および第2の低熱膨張係数層に挟まれる積層構造が形成されていることを特徴としている。
- [0011] この発明に係る多層セラミック基板において、底壁部の外方に向く面が第1の低熱膨張係数層によって与えられ、底壁部の、周壁部と接する面が第2の低熱膨張係数層によって与えられることが好ましい。
- [0012] 上述の場合、周壁部には、第2の低熱膨張係数層より高い熱膨張係数を有する高熱膨張係数層が配置されるとともに、その最外層には、熱膨張係数が相対的に低い第3の低熱膨張係数層が配置されていることがより好ましい。
- [0013] また、上述の実施態様において、底壁部は、第2のセラミック層として、第2の低熱膨張係数層に接触する状態で配置される第1の層間拘束層をさらに備えることが好ましい。ここで、第1の層間拘束層は、低熱膨張係数層に含まれるセラミック材料を焼結させ得る焼成条件では実質的に焼結しない無機材料粉末を含みかつ低熱膨張係数層に含まれていた材料の浸透によって無機材料粉末が固化された状態にある。ただし、第1の層間拘束層は低熱膨張係数層に挟まれることに限定されるものではない。
- [0014] この発明に係る多層セラミック基板において、周壁部は、第1のセラミック層として、当該周壁部の、底壁部と接する面に沿って配置される第2の層間拘束層をさらに備えることが好ましい。ここで、第2の層間拘束層は、低熱膨張係数層に含まれるセラミック材料を焼結させ得る焼成条件では実質的に焼結しない無機材料粉末を含みかつ低熱膨張係数層に含まれていた材料の浸透によって無機材料粉末が固化された状態にある。

- [0015] 上述の実施態様において、第2の層間拘束層が有するキャビティ形成用貫通孔を規定する内周縁は、周壁部の、第2の層間拘束層に接する第1のセラミック層が有するキャビティ形成用貫通孔を規定する内周縁よりも外側に位置せず、かつ、その少なくとも一部は、周壁部の、第2の層間拘束層に接する第1のセラミック層が有するキャビティ形成用貫通孔を規定する内周縁よりも内側に位置していることが好ましい。
- [0016] この発明は、キャビティ形成用貫通孔を有する第1のセラミック層からなる周壁部と、キャビティ形成用貫通孔を有しない第2のセラミック層からなる底壁部とを有し、底壁部には、上記第2のセラミック層として、熱膨張係数が相対的に高い高熱膨張係数層および熱膨張係数が相対的に低い低熱膨張係数層を含む、少なくとも2種類のセラミック層が配置され、かつ高熱膨張係数層の少なくとも一部が第1および第2の低熱膨張係数層に挟まれる積層構造が形成されている、多層セラミック基板を製造する方法にも向けられる。
- [0017] この発明に係る多層セラミック基板の製造方法は、焼成することによって上記第1のセラミック層となるべきものであり、低温焼結セラミック材料を含み、上記キャビティ形成用貫通孔を有する第1のセラミックグリーン層を準備する工程と、焼成することによって上記第2のセラミック層となるべき第2のセラミックグリーン層として、それぞれ低温焼結セラミック材料を含む、上記高熱膨張係数層となるべき高熱膨張係数グリーン層と上記第1の低熱膨張係数層となるべき第1の低熱膨張係数グリーン層と上記第2の低熱膨張係数層となるべき第2の低熱膨張係数グリーン層とを準備する工程と、これら第1のセラミックグリーン層と第2のセラミックグリーン層とを積層してなる、生の積層体と、この生の積層体の両主面上に配置され、上記低温焼結セラミック材料を焼結させ得る焼成条件では実質的に焼結しない無機材料粉末を含む、外側拘束層とを備える、複合積層体を作製する工程と、この複合積層体を低温焼結セラミック材料が焼結する焼成条件で焼成する焼成工程と、次いで、複合積層体から外側拘束層を除去する工程とを備えることを特

徴としている。

[0018] この発明に係る製造方法は、好ましくは、底壁部の外方に向く面が第1の低熱膨張係数層によって与えられ、底壁部の周壁部と接する面が第2の低熱膨張係数層によって与えられている、多層セラミック基板を製造するために適用される。この場合、生の積層体は、第2のセラミックグリーン層として、第2の低熱膨張係数グリーン層に接触する状態で配置される第1の層間拘束層をさらに備えることが好ましい。この第1の層間拘束層は、低温焼結セラミック材料を焼結させ得る焼成条件では実質的に焼結しない無機材料粉末を含み、焼成工程の結果、低熱膨張係数グリーン層に含まれていた材料の浸透によって無機材料粉末が固化された状態になる。

[0019] また、この発明に係る製造方法において、好ましくは、生の積層体は、第1のセラミックグリーン層として、多層セラミック基板における周壁部の、底壁部と接する面に沿って配置される第2の層間拘束層をさらに備える。この場合、第2の層間拘束層は、低熱膨張係数層に含まれるセラミック材料を焼結させ得る焼成条件では実質的に焼結しない無機材料粉末を含み、焼成工程の結果、低熱膨張係数層に含まれていた材料の浸透によって無機材料粉末が固化された状態になる。

[0020] 上述の実施態様の場合、より好ましくは、生の積層体において、第2の層間拘束層が有するキャビティ形成用貫通孔を、周壁部の、第2の層間拘束層に接する第1のセラミックグリーン層が有するキャビティ形成用貫通孔よりも小さくされる。

発明の効果

[0021] この発明によれば、キャビティの底壁部において、高熱膨張係数層の少なくとも一部が第1および第2の低熱膨張係数層に挟まれる積層構造が形成されているので、焼成後の冷却過程において、第1および第2の低熱膨張係数層に圧縮応力が発生する。その結果、底壁部での強度を向上させることができ、底壁部において破損を生じさせにくくすることができる。

[0022] 特に、底壁部の外方に向く面が第1の低熱膨張係数層によって与えられ、

底壁部の周壁部と接する面が第2の低熱膨張係数層によって与えられていると、第1および第2の低熱膨張係数層に発生する上述の圧縮応力が、底壁部の厚み方向全体にわたって及ぼされることになり、底壁部全体の強度をより確実に向上させることができる。

[0023] 上述の場合において、周壁部に高熱膨張係数が配置されるとともに、周壁部の最外層に第3の低熱膨張係数層が配置されると、多層セラミック基板全体の強度を向上させることができるとともに、多層セラミック基板の表裏の応力差による反りを抑制することができる。

[0024] 前述した底壁部の、周壁部と接する面を与える第2の低熱膨張係数層に接触する状態で、第1の層間拘束層が配置されると、焼成時において、底壁部と周壁部との界面での収縮が抑制され、その結果、多層セラミック基板の反りなどの不所望な変形やクラックを抑制することができる。

[0025] 上述のように、多層セラミック基板の反りなどの不所望な変形が抑制されると、キャビティを有する多層セラミック基板の設計の自由度を高めることができる。

[0026] この発明に係る多層セラミック基板の製造方法によれば、焼成されるべき複合積層体が、多層セラミック基板となるべき生の積層体とともに、外側拘束層を備えるので、焼成時において、生の積層体の収縮が抑制される。その結果、得られた多層セラミック基板の寸法精度を高めることができるとともに、反りなどの不所望な変形を抑制することができる。

[0027] この発明に係る多層セラミック基板の製造方法において、生の積層体が第1の層間拘束層を備えていると、底壁部と周壁部との境目での収縮が抑制されるので、この部分で生じ得る不所望な変形やクラックを抑制ことができ、さらに寸法精度を高めることができる。

[0028] また、この発明に係る多層セラミック基板の製造方法において、生の積層体が、多層セラミック基板における周壁部の、底壁部と接する面に沿って配置される第2の層間拘束層をさらに備える場合、底壁部と周壁部との境界での収縮が抑制されるため、この部分で生じる変形やクラックを確実に抑制す

ることができる。

[0029] また、この第2の層間拘束層が有するキャビティ形成用貫通孔が、周壁部の、第2の層間拘束層に接する第1のセラミックグリーン層が有するキャビティ形成用貫通孔よりも小さくされると、生の積層体の作製時に、第2の層間拘束層とこれに接する第1のセラミックグリーン層との間でキャビティ形成用貫通孔の位置ずれが生じて、第2の層間拘束層が有するキャビティ形成用貫通孔を規定する内周縁が、周壁部の、第2の層間拘束層に接する第1のセラミックグリーン層が有するキャビティ形成用貫通孔を規定する内周縁よりも外側に位置せず、第2の層間拘束層が有するキャビティ形成用貫通孔を規定する内周縁の少なくとも一部を、周壁部の、第2の層間拘束層に接する第1のセラミックグリーン層が有するキャビティ形成用貫通孔を規定する内周縁よりも内側に位置させ得る確率を高めることができる。よって、焼成後において、キャビティの底壁部における変形やクラック等をより確実に抑制できるようになる。

図面の簡単な説明

[0030] [図1] この発明の第1の実施形態による多層セラミック基板1を備える機能モジュール31を示す断面図である。

[図2] 図1に示した多層セラミック基板1を製造する途中で作製される複合積層体41を簡略的に示す断面図である。

[図3] この発明の第2の実施形態による多層セラミック基板1aを備える機能モジュール31を示す断面図である。

[図4] 図3に示した多層セラミック基板1aを製造する途中で作製される複合積層体41aを簡略的に示す断面図である。

[図5] この発明の第3の実施形態による多層セラミック基板1bを簡略的に示す断面図である。

[図6] この発明による効果を確認するために実施した実験例において作製された比較例1～3ならびに実施例1および2に係る多層セラミック基板61～65を簡略的に示す断面図である。

発明を実施するための形態

- [0031] 図1は、この発明の第1の実施形態による多層セラミック基板1をもって構成される機能モジュール31を示す断面図である。
- [0032] 多層セラミック基板1には、キャビティ3が形成されている。多層セラミック基板1は、キャビティ3の底面を規定する底壁部4と、キャビティ3の周面を規定する周壁部5とを有している。
- [0033] 多層セラミック基板1は、キャビティ形成用貫通孔を有する複数の第1のセラミック層2aとキャビティ形成用貫通孔を有しない複数の第2のセラミック層2bとが積層された構造を有し、周壁部5は第1のセラミック層2aからなり、底壁部4は第2のセラミック層2bからなる。キャビティ形成用貫通孔を有する第1のセラミック層2aと、キャビティ形成用貫通孔を有しない第2のセラミック層2bとが積層されると、多層セラミック基板1に凹型のキャビティ3が形成される。また、底壁部4には、第2のセラミック層2bとして、熱膨張係数が相対的に高い第1の高熱膨張係数層6および熱膨張係数が相対的に低い第1および第2の低熱膨張係数層7および8が配置され、かつ第1の高熱膨張係数層6の少なくとも一部が第1および第2の低熱膨張係数層7および8に挟まれる積層構造が形成されている。特に、この実施形態では、底壁部4の外方に向く面が第1の低熱膨張係数層7によって与えられ、底壁部4の、周壁部5と接する面が第2の低熱膨張係数層8によって与えられている。
- [0034] 他方、周壁部5には、上記第2の低熱膨張係数層8より高い熱膨張係数を有する第2の高熱膨張係数層9が配置されるとともに、その最外層には、熱膨張係数が相対的に低い第3の低熱膨張係数層10が配置される。
- [0035] また、底壁部4には、第2の低熱膨張係数層8に接触する状態で、第2のセラミック層2bとして、第1の層間拘束層11が配置される。この実施形態では、第1の層間拘束層11は、第2の低熱膨張係数層8に挟まれた状態となっている。また、周壁部5の、底壁部4と接する面に沿って、第2の層間拘束層12が配置される。なお、第1の層間拘束層11は、第2の低熱膨

張係数層 8 と第 1 の高熱膨張係数層 6 とに挟まれた状態で配置されてもよい。

- [0036] 多層セラミック基板 1 は、種々の配線導体を備えている。配線導体は、たとえばコンデンサまたはインダクタのような受動素子を構成したり、あるいは素子間の電氣的接続のような接続配線を行ったりするためのもので、典型的には、図 1 に示したように、いくつかの導体膜 13 ~ 16 ならびにいくつかのビアホール導体 17 をもって構成される。
- [0037] 導体膜 13 は、多層セラミック基板 1 の内部に形成される。導体膜 14 および 15 は、それぞれ、多層セラミック基板 1 の一方主面上および他方主面上に形成される。導体膜 16 は、キャビティ 3 の底面上に形成される。ビアホール導体 17 は、導体膜 13 ~ 16 のいずれかと電氣的に接続されながら、セラミック層 2 a および 2 b のいずれか特定のものを厚み方向に貫通するように設けられる。
- [0038] 多層セラミック基板 1 の一方主面上には、外部導体膜 14 に電氣的に接続された状態で、チップ部品 18 および 19 が搭載される。図 1 には、チップ部品 19 を外部導体膜 14 に電氣的に接続するためのバンプ電極 20 が図示されている。
- [0039] また、キャビティ 3 内には、キャビティ底面導体膜 16 に電氣的に接続された状態で、チップ部品 21 が搭載される。図 1 には、チップ部品 21 をキャビティ底面導体膜 16 に電氣的に接続するためのバンプ電極 22 が図示されている。
- [0040] このように、多層セラミック基板 1 にチップ部品 18、19 および 21 が搭載されることによって、機能モジュール 31 が構成される。多層セラミック基板 1 の他方主面上に形成された外部導体膜 15 は、この機能モジュール 31 を図示しないマザーボード上に実装する際の電氣的接続手段として用いられる。
- [0041] 上述した多層セラミック基板 1 は、たとえば、次のようにして製造される。

- [0042] 図2は、多層セラミック基板1の製造の途中で作製される複合積層体41を示す断面図である。複合積層体41は、焼成することによって多層セラミック基板1となるべき生の積層体42と、生の積層体42の両主面上に配置される第1および第2の外側拘束層43および44とを備えている。なお、図2では、生の積層体42に関連して設けられる導体膜13~16ならびにビアホール導体17の図示が省略されている。
- [0043] 図2を図1とともに参照しながら説明すると、生の積層体42は、多層セラミック基板1の場合と同様、キャビティ3の底面を規定する周壁部4とキャビティ3の周面を規定する周壁部5とを有している。
- [0044] 生の積層体42の底壁部4には、前述した第2のセラミック層2bとなるべき第2のセラミックグリーン層として、第1の高熱膨張係数層6となるべき第1の高熱膨張係数グリーン層46と第1の低熱膨張係数層7となるべき第1の低熱膨張係数グリーン層47と第2の低熱膨張係数層8となるべき第2の低熱膨張係数グリーン層48とが積層される。生の積層体42の周壁部5には、前述した第1のセラミック層2aとなるべき第1のセラミックグリーン層として、第2の高熱膨張係数層9となるべき第2の高熱膨張係数グリーン層49と第3の低熱膨張係数層10となるべき第3の低熱膨張係数グリーン層50とが積層される。これらグリーン層46~50は、低温焼結セラミック材料を含んでいる。
- [0045] また、生の積層体42には、第2のセラミックグリーン層として、第1の層間拘束層11が形成されているとともに、第1のセラミックグリーン層として、第2の層間拘束層12が形成されている。これら層間拘束層11および12は、上述の低温焼結セラミック材料を焼結させ得る焼成条件では実質的に焼結しない無機材料粉末を含んでいる。
- [0046] なお、上述したグリーン層46~50の各々は、図1に複数のセラミック層2aおよび複数のセラミック層2bが図示されていることからわかるように、通常、複数の層から構成されるが、図2では、これら複数の層の界面の図示を省略している。また、外側拘束層43および44の各々についても、

複数の層から構成されることがある。

- [0047] 生の積層体 4 2 は、通常、複数のセラミックグリーンシートを積層することによって形成されるが、これに代えて、セラミックスラリーの塗布を繰り返すことによって形成されてもよい。
- [0048] 生の積層体 4 2 の両主面上に第 1 および第 2 の外側拘束層 4 3 および 4 4 が積層され、圧着されることにより、複合積層体 4 1 が得られる。なお、キャビティ 3 側に位置する第 2 の外側拘束層 4 4 には、キャビティ 3 に連通する貫通孔 5 1 が設けられている。
- [0049] 次に、上述した低温焼結セラミック材料が焼結する焼成条件で複合積層体 4 1 が焼成される。この焼成工程において、層間拘束層 1 1 および 1 2 ならびに外側拘束層 4 3 および 4 4 に含まれる無機材料粉末は実質的に焼結しないため、これら層間拘束層 1 1 および 1 2 ならびに外側拘束層 4 3 および 4 4 には実質的な収縮が生じない。したがって、層間拘束層 1 1 および 1 2 ならびに外側拘束層 4 3 および 4 4 による収縮抑制作用が、焼結した多層セラミック基板 1 が得られるまでの生の積層体 4 2 に及ぼされる。その結果、得られた多層セラミック基板 1 において反りなどの不所望な変形が生じにくくなり、また、寸法精度を高めることができる。
- [0050] 次に、焼成後の複合積層体 4 1 から外側拘束層 4 3 および 4 4 が、たとえば超音波洗浄またはブラスト処理されることにより除去される。焼成後の外側拘束層 4 3 および 4 4 はポーラスな状態となっているので、これを容易に粉砕して除去することができる。
- [0051] 他方、層間拘束層 1 1 および 1 2 には、焼成工程の結果、これに隣接する低熱膨張係数グリーン層 4 8 および / または高熱膨張係数グリーン層 4 9 に含まれていた材料（ガラス成分等）の浸透によって無機材料粉末が固化された状態となっている。なお、層間拘束層 1 1 および 1 2 は、このような材料の浸透による固化を可能とする厚みである必要がある。
- [0052] 以上のようにして、多層セラミック基板 1 が得られる。得られた多層セラミック基板 1 における底壁部 4 に着目すると、そこには、第 1 の高熱膨張係

数層 6 の少なくとも一部が第 1 および第 2 の低熱膨張係数層 7 および 8 によって挟まれる積層構造が形成されている。したがって、焼成工程の後の冷却過程で第 1 および第 2 の低熱膨張係数層 7 および 8 に圧縮応力が発生し、その結果、底壁部 4 の機械的な強度を向上させることができる。

[0053] また、この実施形態では、第 3 の低熱膨張係数層 10 を備え、ここにも、焼成後の冷却過程で圧縮応力が発生している。そのため、多層セラミック基板 1 の表裏の応力差による反りなどの不所望な変形を抑制することができる。

[0054] 以上のような実施形態において、低熱膨張係数層 7、8 および 10 の各厚みは、焼成後において、10～100 μm であることが好ましい。その理由は、次のとおりである。

[0055] 低熱膨張係数層 7、8 および 10 の各々と高熱膨張係数層 6 および 9 の各々との界面において、熱膨張係数の差による応力が働く。より詳細には、低熱膨張係数層 7、8 および 10 側では圧縮応力が働き、この圧縮応力は、界面から離れるに従って小さくなる。他方、高熱膨張係数層 6 および 9 には引っ張り応力が働き、この引っ張り応力は、界面から離れるに従って小さくなる。これは、界面から離れるに従って、応力が緩和されることによる。界面からの距離が 100 μm を超えると、圧縮応力がほぼ作用しなくなり、その効果がほとんど見られなくなるため、低熱膨張係数層 7、8 および 10 の各厚みは 100 μm 以下であることが好ましい。

[0056] 他方、低熱膨張係数層 7、8 および 10 の各厚みが 10 μm 未満になると、引っ張り応力が働いているために強度低下した高熱膨張係数層 6 および 9 が、低熱膨張係数層 7、8 および 10 の各々の外表面から 10 μm 未満の外表面近傍領域に存在することになる。このため、高熱膨張係数層 6 および 9 の各々の外表面近傍部分から破壊が起こりやすくなり、低熱膨張係数層 7、8 および 10 に圧縮応力を生じさせることによって強化した効果が見られなくなり、したがって、低熱膨張係数層 7、8 および 10 の各厚みは 10 μm 以上であることが好ましい。

- [0057] 高熱膨張係数層 6 および 9 の各厚みは、多層セラミック基板 1 全体の厚みと低熱膨張係数層 7、8 および 10 の各厚みに応じて適宜決定されるが、焼成後において、10~100 μm であることが好ましい。
- [0058] また、第 1 の高熱膨張係数層 6 を挟む第 1 および第 2 の低熱膨張係数層 7 および 8 の各厚みは、第 1 の高熱膨張係数層 6 の厚みより薄い方が圧縮応力を効率良く利用することができるため好ましい。同様に、第 2 の高熱膨張係数層 9 を挟む第 2 および第 3 の低熱膨張係数層 8 および 10 の各厚みは、第 2 の高熱膨張係数層 9 の厚みより薄い方が好ましい。また、図 1 では、第 1 ないし第 3 の低熱膨張係数層 7、8 および 10 の各々の厚みは互いに同じであるように図示されたが、底壁部 4 と周壁部 5 とのバランス、キャビティ 3 の径の大きさなど、多層セラミック基板 1 の設計に合わせて、これらの厚みを互いに異ならせてもよい。
- [0059] なお、低熱膨張係数層 7 は、図 1 では、3 層のセラミック層 2 b から構成されているように図示されているが、上記の低熱膨張係数層 7 の厚みとは、セラミック層 2 b の 1 層分の厚みではなく、3 層のセラミック層 2 b の合計厚みのことである。他の低熱膨張係数層 8 および 10 の各厚みならびに高熱膨張係数層 6 および 9 の各厚みについても同様である。
- [0060] 低熱膨張係数層 7、8 および 10 と高熱膨張係数層 6 および 9 との間での熱膨張係数の差は、 1.0 ppmK^{-1} 以上かつ 4.3 ppmK^{-1} 以下とされることが好ましい。
- [0061] 熱膨張係数の差を 1.0 ppmK^{-1} 以上とすることにより、底壁部 4 の反りを大きく低減できることがわかった。すなわち、反り量と熱膨張係数差との関係は、熱膨張係数差が 1.0 ppmK^{-1} 未満の領域では、反り量が熱膨張係数差の増加とともに減少し、 1.0 ppmK^{-1} 以上では、ほぼ一定であることがわかった。多層セラミック基板 1 を反らせるように作用する面内方向の応力が、熱膨張係数差に起因して表裏面の面内方向に作用する応力に比べて相対的に小さくなる結果、反りが矯正されるためであると推測される。
- [0062] 他方、 4.3 ppmK^{-1} 以下とすることによって、熱膨張係数差に起因す

る、低熱膨張係数層 7、8 および 10 と高熱膨張係数層 6 および 9 との境界部でのデラミネーションやポイドなどの欠陥をより確実に生じさせにくくすることができる。

[0063] 低熱膨張係数層 7、8 および 10 を構成する材料は、 SiO_2 および MO (ただし、 MO は、 CaO 、 MgO 、 SrO および BaO から選ばれた少なくとも 1 種) を含むガラスを含み、 $\text{SiO}_2 : \text{MO} = 23 : 7 \sim 17 : 13$ であり、高熱膨張係数層 6 および 9 を構成する材料は、 SiO_2 および MO を含むガラスを含み、 $\text{SiO}_2 : \text{MO} = 19 : 11 \sim 11 : 19$ であることが好ましい。

[0064] より好ましくは、低熱膨張係数層 7、8 および 10 を構成する材料に含まれるガラスに含まれる SiO_2 は 34 ~ 73 重量% であり、高熱膨張係数層 6 および 9 を構成する材料に含まれるガラスに含まれる SiO_2 は 22 ~ 60 重量% である。

[0065] 上述したような好ましい組成およびその含有量は、ホウケイ酸ガラス系の材料を用いて、低熱膨張係数層 7、8 および 10 と高熱膨張係数層 6 および 9 との熱膨張係数の差を 1.0 ppmK^{-1} 以上設け、共通する成分の重量比率を 75 重量% 以上とするのに適している。共通する成分の重量比率を 75 重量% 以上とすることにより、低熱膨張係数層 7、8 および 10 の各々と高熱膨張係数層 6 および 9 の各々との間で十分な接合力を得ることができる。

[0066] ガラス中に含まれる SiO_2 成分は、熱膨張係数を下げることに寄与し、 MO 成分は、熱膨張係数を上げることに寄与する。

[0067] また、焼成過程でガラスから適量の結晶が析出する方が、機械強度特性の点で有利となるため、ガラス組成は析出結晶組成に近い方が良い。たとえば、 $\text{SiO}_2 - \text{MO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{B}_2\text{O}_3$ 系のガラスの場合、 $\text{MAI}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ や MSiO_3 の結晶が析出しやすいため、この結晶組成に近くなるように、 SiO_2 と MO との比率を調整するのが好ましい。よって、低熱膨張係数層 7、8 および 10 のガラス組成は、熱膨張係数を下げるため、 SiO_2 と MO と

の比率は2に近い方が良く、高熱膨張係数係数層6および9のガラス組成は、熱膨張係数を上げるためSiO₂とMOとの比率は1に近い方が良い。

- [0068] 高熱膨張係数係数層6および9のガラス組成は、低熱膨張係数係数層7、8および10に比べて、MO比率が高くなり、焼成後のめっき処理で浸食を受けやすいが、表面部に露出していないため、致命的なダメージは受けにくい構造になっている。
- [0069] 熱膨張係数の差をより大きくするため、低熱膨張係数係数層7、8および10において、ガラス中のSiO₂を多くしすぎると、焼成時のガラス粘度が十分下がらなくなるため、焼結不良が起きる。MOを多くしすぎると、熱膨張係数の差を十分に取れなくなる。
- [0070] また、熱膨張係数の差をより大きくするため、高熱膨張係数係数層6および9においてガラス中のMOを多くしすぎると、耐湿性が低下するため、絶縁不良が起きる。SiO₂を多くしすぎると、熱膨張係数の差を十分取れなくなる。
- [0071] 以上のようなことから、ガラス中のSiO₂とMOとの比率を、低熱膨張係数係数層7、8および10と高熱膨張係数係数層6および9とにおいてそれぞれ前述したような範囲に選ぶことが好ましい。
- [0072] 低熱膨張係数係数層7、8および10を構成する材料に含まれるガラスは、34~73重量%のSiO₂と、14~41重量%のMOと、0~30重量%のB₂O₃と、0~30重量%のAl₂O₃とを含み、高熱膨張係数係数層6および9を構成する材料に含まれるガラスは、22~60重量%のSiO₂と、22~60重量%のMOと、0~20重量%のB₂O₃と、0~30重量%のAl₂O₃とを含むことがより好ましい。その理由は次のとおりである。
- [0073] B₂O₃は、焼成時に焼結が円滑に進行するよう、ガラスに適度な粘度を与える。B₂O₃が多すぎると、粘度が下がりすぎるため、過焼成となり、表面に気孔が生じて絶縁不良になる。他方、B₂O₃が少なすぎると、粘度が高く、焼結不良となる。
- [0074] Al₂O₃は、低熱膨張係数係数層7、8および10の場合、析出結晶を構

成する成分となる。この Al_2O_3 が多すぎても、少なすぎても、結晶析出が起りにくくなる。

[0075] また、 Al_2O_3 により、ガラスの化学的安定性が向上するため、 MO が相対的に多い高熱膨張係数係数層6および9では、めっき耐性および耐湿性が向上する。熱膨張係数に対しては、 Al_2O_3 は SiO_2 と MO との中間的な寄与をするので、これが多すぎると、熱膨張係数の差が取れなくなる。

[0076] 低熱膨張係数係数層7、8および10を構成する材料は、フィラーとしての Al_2O_3 を30~60重量%含み、高熱膨張係数係数層6および9を構成する材料は、フィラーとしての Al_2O_3 を40~70重量%含むことがより好ましい。その理由は次のとおりである。

[0077] Al_2O_3 フィラーは、機械的強度を向上させるのに寄与する。 Al_2O_3 フィラーが少なすぎると、十分な強度が得られなくなる。特に、引っ張り応力が働く高熱膨張係数係数層6および9では、機械的強度が十分ないと、高熱膨張係数係数層6および9から破壊するため、圧縮応力により低熱膨張係数係数層7、8および10を強化した効果が十分に得られなくなる。このため、高熱膨張係数係数層6および9では、低熱膨張係数係数層7、8および10より多く Al_2O_3 フィラーを含み、強度を上げておくことで、より大きな熱膨張係数の差にも耐えるようになり、さらに低熱膨張係数係数層7、8および10の強化の効果が得られるようになる。

[0078] Al_2O_3 フィラーは、熱膨張係数に対しては、低熱膨張係数係数層7、8および10中のガラスと高熱膨張係数係数層6および9中のガラスとの中間的な寄与をするので、 Al_2O_3 フィラーが多すぎると、熱膨張係数の差が取れなくなる。

[0079] なお、フィラーとして、 Al_2O_3 のほか、たとえば ZrO_2 等の他のセラミックを用いてもよい。

[0080] なお、第1ないし第3の低熱膨張係数層7、8および10は、互いに同じ組成であり、互いに同じ熱膨張係数を有している必要はなく、また、第1および第2の高熱膨張係数層6および10についても、互いに同じ組成であり

、互いに同じ熱膨張係数を有している必要はない。

[0081] すなわち、第1および第2の低熱膨張係数層7および8の各々の熱膨張係数が第1の高熱膨張係数層6の熱膨張係数より小さければ、第1の低熱膨張係数層7の熱膨張係数と第2の低熱膨張係数層8の熱膨張係数とが互いに異なってもよい。また、第2および第3の低熱膨張係数層8および10の各々の熱膨張係数が第2の高熱膨張係数層9の熱膨張係数より小さければ、第2の低熱膨張係数層8の熱膨張係数と第3の低熱膨張係数層10の熱膨張係数とは互いに異なってもよい。したがって、上記の条件を満足する限り、各々の熱膨張係数を自由に設定することが可能となり、その結果、キャビティ3の設計の自由度を向上させることができる。

[0082] 図3および図4は、この発明の第2の実施形態を説明するためのもので、それぞれ、図1および図2に対応している。図3および図4において、図1および図2に示した要素に相当する要素には同様の参照符号を付し、重複する説明は省略する。

[0083] 第2の実施形態による多層セラミック基板1aでは、図3に示すように、第2の層間拘束層12aが有するキャビティ形成用貫通孔を規定する内周縁が、周壁部5の、第2の層間拘束層12aに接する第1のセラミック層2aが有するキャビティ形成用貫通孔を規定する内周縁よりも内側に位置していることを特徴としている。

[0084] なお、第2の層間拘束層12aが有するキャビティ形成用貫通孔（以下、「第1のキャビティ形成用貫通孔」と言う。）を規定する内周縁のすべてが、第2の層間拘束層12aに接する第1のセラミック層2aが有するキャビティ形成用貫通孔（以下、「第2のキャビティ形成用貫通孔」と言う。）を規定する内周縁よりも内側に位置していることは必ずしも必要ではない。すなわち、第1のキャビティ形成用貫通孔を規定する内周縁の少なくとも一部が、第2のキャビティ形成用貫通孔を規定する内周縁よりも内側に位置していればよい。

[0085] 上記の場合、第1のキャビティ形成用貫通孔を規定する内周縁は、第2の

キャビティ形成用貫通孔を規定する内周縁よりも外側に位置していないことが重要である。たとえば、第1のキャビティ形成用貫通孔を規定する内周縁の一部については、第2のキャビティ形成用貫通孔を規定する内周縁よりも内側に位置していなくても、少なくとも、上記第2のキャビティ形成用貫通孔を規定する内周縁と同じ位置でなければならない。

[0086] より具体的に説明すると、第1および第2のキャビティ形成用貫通孔が四角形であるとき、四角形の2辺についてのみ、第1のキャビティ形成用貫通孔を規定する内周縁が、第2のキャビティ形成用貫通孔を規定する内周縁よりも内側に位置しているにすぎない場合であっても、四角形の他の2辺については、第1のキャビティ形成用貫通孔を規定する内周縁が、第2のキャビティ形成用貫通孔を規定する内周縁よりも外側にあってはならず、少なくとも、同じ位置でなければならない、ということである。

[0087] 第2の実施形態による多層セラミック基板1aを製造しようとする場合、図4に示すように、複合積層体41aに備える生の積層体42において、第1のキャビティ形成用貫通孔を、第2のキャビティ形成用貫通孔よりも小さくすることが行なわれ、それによって、第1のキャビティ形成用貫通孔を規定する内周縁の少なくとも一部が、第2のキャビティ形成用貫通孔を規定する内周縁よりも内側に位置するようにされる。

[0088] この第2の実施形態によれば、生の積層体42を作製するにあたって、多くの場合、グリーンシートの積層工程が実施されるが、このような積層工程において、不所望にも、第2の層間拘束層12aとこれに接する第1のセラミックグリーン層との間でキャビティ形成用貫通孔の位置ずれが生じて、第1のキャビティ形成用貫通孔を規定する内周縁が、第2のキャビティ形成用貫通孔を規定する内周縁よりも外側に位置せず、第1のキャビティ形成用貫通孔を規定する内周縁の少なくとも一部を、第2のキャビティ形成用貫通孔を規定する内周縁よりも内側に位置させ得る確率を高めることができる。よって、焼成後において、キャビティ3の底壁部4における変形やクラック等をより確実に抑制できるようになる。

- [0089] 図5は、この発明の第3の実施形態による多層セラミック基板1aを示す断面図である。図5において、図1に比べて、多層セラミック基板1bが簡略的に図示されているが、図1に示した要素に相当する要素には同様の参照符号を付し、重複する説明は省略する。
- [0090] 図5に示した多層セラミック基板1bは、層間拘束層を備えていないことを特徴としている。その他の構成は、図1に示した多層セラミック基板1または図3に示した多層セラミック基板1aと同様であると理解すればよい。
- [0091] この発明のさらに他の実施形態として、多層セラミック基板1、1aまたは1bにおいて、第3の低熱膨張係数層10を備えないものもあり得る。
- [0092] 次に、この発明による効果を確認するために実施した実験例について説明する。この実験例では、図6に断面図で示すような比較例1～3ならびに実施例1および2の各々に係る多層セラミック基板61～65を作製した。なお、図6において、図1に示した要素に相当する要素には同様の参照符号を付し、重複する説明は省略する。
- [0093] 実施例2に係る多層セラミック基板65が、図1に示した多層セラミック基板1が有する構成を備えている。
- [0094] 以下、この実施例2に係る多層セラミック基板65との比較で説明すると、比較例1に係る多層セラミック基板61は、底壁部4を構成するセラミック層がすべて低熱膨張係数層7によって与えられ、周壁部5を構成するセラミック層がすべて低熱膨張係数層10によって与えられたことを特徴としている。
- [0095] 比較例2に係る多層セラミック基板62は、周壁部4を構成するセラミック層がすべて高熱膨張係数層6によって与えられ、周壁部5を構成するセラミック層がすべて高熱膨張係数層9によって与えられたことを特徴としている。
- [0096] 比較例3に係る多層セラミック基板63は、底壁部4において第2の低熱膨張係数層8を備えず、この部分にまで高熱膨張係数層6が形成されたことを特徴としている。

- [0097] 実施例 1 に係る多層セラミック基板 6 4 は、第 3 の低熱膨張係数層 1 0 を備えず、この部分にまで高熱膨張係数層 9 が形成されたことを特徴としている。
- [0098] この実験例では、低熱膨張係数層 7、8 および 1 0 の熱膨張係数を 5.3 ppmK^{-1} とした。また、低熱膨張係数層 7、8 および 1 0 を形成するため、厚み $50 \mu\text{m}$ のグリーンシートを作製し、このグリーンシートを、後述するように、適当枚数積層して所望の厚みとなるようにした。
- [0099] 低熱膨張係数層 7、8 および 1 0 のためのグリーンシートは、ホウケイ酸系ガラス粉末とセラミック粉末とを重量比で 6 0 : 4 0 の割合で含むもので、ガラス粉末とセラミック粉末との合計 1 0 0 重量部に対して、有機溶剤 5 0 重量部、ブチラール系バインダ 1 0 重量部および可塑剤 1 重量部を加えて混合してスラリーとし、このスラリーから気泡を除去した後、ドクターブレード法によってスラリーをシート状に成形し、乾燥することによって得た。上記のホウケイ酸系ガラス粉末としては、4 6 重量%の SiO_2 、3 0 重量%の B_2O_3 、1 4 重量%の CaO 、5 重量%の Al_2O_3 および 5 重量%の TiO_2 を含むものを用い、セラミック粉末としては、 Al_2O_3 粉末を用いた。
- [0100] 高熱膨張係数層 6 および 9 の熱膨張係数を 7.7 ppmK^{-1} とした。また、高熱膨張係数層 6 および 9 を形成するため、厚み $50 \mu\text{m}$ のグリーンシートを作製し、このグリーンシートを、後述するように、適当枚数積層して所望の厚みとなるようにした。
- [0101] 高熱膨張係数層 6 および 9 高熱膨張係数層 6 および 9 のためのグリーンシートは、ホウケイ酸ガラス粉末とセラミック粉末とを重量比で 7 0 : 3 0 の割合で含むもので、ガラス粉末とセラミック粉末との合計 1 0 0 重量部に対して、前述した低熱膨張係数層の場合と同様の比率で有機溶剤、ブチラール系バインダおよび可塑剤を加え、同様の操作を経て得た。上記のホウケイ酸ガラス粉末としては、4 0 重量%の SiO_2 、5 重量%の B_2O_3 、4 0 重量%の CaO 、5 重量%の MgO および 1 0 重量%の Al_2O_3 を含むものを用い、セラミック粉末としては、 Al_2O_3 粉末を用いた。

- [0102] 層間拘束層 11 および 12 を形成するため、厚み 10 μm のグリーンシートを作製し、図 6 では図示しない外側拘束層を形成するため、厚み 100 μm のグリーンシートを作製した。これら層間拘束層 11 および 12 ならびに外側拘束層のためのグリーンシートは、100 重量部のアルミナ粉末と 10 重量部のブチラール系バイндаと 1 重量部の可塑剤とを含むもので、低熱膨張係数層等の場合と同様の操作を経て得た。
- [0103] 図 6 には図示しない導体膜およびビアホール導体のための導電性ペーストとして、48 重量部の銀粉末と 3 重量部のエチルセルローズバイндаと 49 重量部の有機溶剤テルペン類とを含むものを用い、図 1 に示すような導体膜 13 ~ 16 ならびにビアホール導体 17 を形成するため、上記のグリーンシートの特定のものに、この導電性ペーストを付与した。
- [0104] 次に、各種グリーンシートを、以下の表 1 の「用いたグリーンシート枚数」に示すような枚数をもって積層し、多層セラミック基板 61 ~ 65 の各々となるべき生の積層体を作製するとともに、その上下に外側拘束層を形成することによって、複合積層体を作製した。ここで、外側拘束層は、前述した外側拘束層のための厚み 100 μm のグリーンシートを、生の積層体の上下に 4 枚ずつ積層することによって形成した。
- [0105]

[表1]

			用いたグリーンシート枚数
比較例 1	底壁部	低熱膨張係数層	18
		層間拘束層	1
	周壁部	低熱膨張係数層	18
		層間拘束層	1
比較例 2	底壁部	高熱膨張係数層	18
		層間拘束層	1
	周壁部	高熱膨張係数層	18
		層間拘束層	1
比較例 3	底壁部	低熱膨張係数層	3
		高熱膨張係数層	15
		層間拘束層	1
	周壁部	低熱膨張係数層	3
		高熱膨張係数層	15
		層間拘束層	1
実施例 1	底壁部	低熱膨張係数層	6 (3+3)
		高熱膨張係数層	12
		層間拘束層	1
	周壁部	高熱膨張係数層	18
		層間拘束層	1
実施例 2	底壁部	低熱膨張係数層	6 (3+3)
		高熱膨張係数層	12
		層間拘束層	1
	周壁部	低熱膨張係数層	3
		高熱膨張係数層	15
		層間拘束層	1

[0106] 次いで、複合積層体を870℃の温度で10分間保持する条件で焼成した。次に、焼成後の複合積層体の表面にポーラスな状態で付着している外側拘束層を、超音波洗浄機を用いて除去して、比較例1～3ならびに実施例1および2に係る多層セラミック基板61～65を得た。

[0107] 次に、落下衝撃に対する多層セラミック基板61～65の各々の機械的強度を比較するため、以下の試験を行なった。

[0108] 多層セラミック基板61～65の各々を実装基板にはんだを用いて実装し、実装基板を直方体の筐体の内部に取り付けて、コンクリートブロックに

向かって落下させた。このとき、筐体の6面の各々を順次下方に向けて落下させることを1サイクルとし、この試験を最大10サイクルまで行なった。多層セラミック基板61～64の各々の底壁部4において、破壊またはクラック発生が何サイクル目で起こるかについて評価した。その結果が表2に示されている。

[0109] [表2]

	実施サイクル数	底壁部状況
比較例 1	4	破壊発生
比較例 2	4	破壊発生
比較例 3	7	クラック発生
実施例 1	10	異常なし
実施例 2	10	異常なし

[0110] 表2からわかるように、比較例1および2では、4サイクル目で多層セラミック基板61および62の底壁部4が破壊した。また、比較例3では、完全な破壊を抑制できたものの、7サイクル目で底壁部4にクラックが生じた。

[0111] これらに対して、実施例1および2では、10サイクルまで破壊やクラックが生じなかった。

符号の説明

- [0112] 1, 1 a, 1 b 多層セラミック基板
 2 a, 2 b セラミック層
 3 キャビティ
 4 底壁部
 5 周壁部
 6 第1の高熱膨張係数層
 7 第1の低熱膨張係数層
 8 第2の低熱膨張係数層
 9 第2の高熱膨張係数層
 10 第3の低熱膨張係数層

- 1 1 第 1 の層間拘束層
- 1 2, 1 2 a 第 2 の層間拘束層
- 4 1, 4 1 a 複合積層体
- 4 2 生の積層体
- 4 3, 4 4 外側拘束層
- 4 6 第 1 の高熱膨張係数グリーン層
- 4 7 第 1 の低熱膨張係数グリーン層
- 4 8 第 2 の低熱膨張係数グリーン層
- 4 9 第 2 の高熱膨張係数グリーン層
- 5 0 第 3 の低熱膨張係数グリーン層

請求の範囲

- [請求項1] キャビティ形成用貫通孔を有する第1のセラミック層からなる周壁部と、前記キャビティ形成用貫通孔を有しない第2のセラミック層からなる底壁部とを有する、キャビティ付きの、多層セラミック基板であって、
- 前記底壁部には、前記第2のセラミック層として、熱膨張係数が相対的に高い高熱膨張係数層および熱膨張係数が相対的に低い低熱膨張係数層を含む、少なくとも2種類のセラミック層が配置され、かつ前記高熱膨張係数層の少なくとも一部が第1および第2の前記低熱膨張係数層に挟まれる積層構造が形成されている、多層セラミック基板。
- [請求項2] 前記底壁部の外方に向く面が前記第1の低熱膨張係数層によって与えられ、前記底壁部の、前記周壁部と接する面が前記第2の低熱膨張係数層によって与えられる、請求項1に記載の多層セラミック基板。
- [請求項3] 前記周壁部には、前記第2の低熱膨張係数層より高い熱膨張係数を有する高熱膨張係数層が配置されるとともに、その最外層には、熱膨張係数が相対的に低い第3の低熱膨張係数層が配置されている、請求項2に記載の多層セラミック基板。
- [請求項4] 前記底壁部は、前記第2のセラミック層として、前記第2の低熱膨張係数層に接触する状態で配置される第1の層間拘束層をさらに備え、前記第1の層間拘束層は、前記低熱膨張係数層に含まれるセラミック材料を焼結させ得る焼成条件では実質的に焼結しない無機材料粉末を含みかつ前記低熱膨張係数層に含まれていた材料の浸透によって前記無機材料粉末が固化された状態にある、請求項2または3に記載の多層セラミック基板。
- [請求項5] 前記周壁部は、前記第1のセラミック層として、当該周壁部の、前記底壁部と接する面に沿って配置される第2の層間拘束層をさらに備え、前記第2の層間拘束層は、前記低熱膨張係数層に含まれるセラミック材料を焼結させ得る焼成条件では実質的に焼結しない無機材料粉

末を含みかつ前記低熱膨張係数層に含まれていた材料の浸透によって前記無機材料粉末が固化された状態にある、請求項 1 ないし 4 のいずれかに記載の多層セラミック基板。

[請求項6] 前記第 2 の層間拘束層が有する前記キャビティ形成用貫通孔を規定する内周縁は、前記周壁部の、前記第 2 の層間拘束層に接する前記第 1 のセラミック層が有する前記キャビティ形成用貫通孔を規定する内周縁よりも外側に位置せず、かつ、その少なくとも一部は、前記周壁部の、前記第 2 の層間拘束層に接する前記第 1 のセラミック層が有する前記キャビティ形成用貫通孔を規定する内周縁よりも内側に位置している、請求項 5 に記載の多層セラミック基板。

[請求項7] キャビティ形成用貫通孔を有する第 1 のセラミック層からなる周壁部と、前記キャビティ形成用貫通孔を有しない第 2 のセラミック層からなる底壁部とを有し、前記底壁部には、前記第 2 のセラミック層として、熱膨張係数が相対的に高い高熱膨張係数層および熱膨張係数が相対的に低い低熱膨張係数層を含む、少なくとも 2 種類のセラミック層が配置され、かつ前記高熱膨張係数層の少なくとも一部が第 1 および第 2 の前記低熱膨張係数層に挟まれる積層構造が形成されている、キャビティ付きの、多層セラミック基板を製造する方法であって、

焼成することによって前記第 1 のセラミック層となるべきものであり、低温焼結セラミック材料を含み、前記キャビティ形成用貫通孔を有する第 1 のセラミックグリーン層を準備する工程と、

焼成することによって前記第 2 のセラミック層となるべき第 2 のセラミックグリーン層として、それぞれ低温焼結セラミック材料を含み、前記高熱膨張係数層となるべき高熱膨張係数グリーン層と前記第 1 の低熱膨張係数層となるべき第 1 の低熱膨張係数グリーン層と前記第 2 の低熱膨張係数層となるべき第 2 の低熱膨張係数グリーン層とを準備する工程と、

前記第 1 のセラミックグリーン層と前記第 2 のセラミックグリーン

層とを積層してなる、生の積層体と、前記生の積層体の両主面上に配置され、前記低温焼結セラミック材料を焼結させ得る焼成条件では実質的に焼結しない無機材料粉末を含む、外側拘束層とを備える、複合積層体を作製する工程と、

前記複合積層体を前記低温焼結セラミック材料が焼結する焼成条件で焼成する焼成工程と、

次いで、前記複合積層体から前記外側拘束層を除去する工程とを備える、多層セラミック基板の製造方法。

[請求項8]

前記多層セラミック基板において、前記底壁部の外方に向く面が前記第1の低熱膨張係数層によって与えられ、前記底壁部の前記周壁部と接する面が前記第2の低熱膨張係数層によって与えられ、前記生の積層体は、前記第2のセラミックグリーン層として、前記第2の低熱膨張係数グリーン層に接触する状態で配置される第1の層間拘束層をさらに備え、前記第1の層間拘束層は、前記低温焼結セラミック材料を焼結させ得る焼成条件では実質的に焼結しない無機材料粉末を含み、前記焼成工程の結果、前記低熱膨張係数グリーン層に含まれていた材料の浸透によって前記無機材料粉末が固化された状態になる、請求項7に記載の多層セラミック基板の製造方法。

[請求項9]

前記生の積層体は、前記第1のセラミックグリーン層として、前記多層セラミック基板における前記周壁部の、前記底壁部と接する面に沿って配置される第2の層間拘束層をさらに備え、前記第2の層間拘束層は、前記低熱膨張係数層に含まれるセラミック材料を焼結させ得る焼成条件では実質的に焼結しない無機材料粉末を含み、前記焼成工程の結果、前記低熱膨張係数層に含まれていた材料の浸透によって前記無機材料粉末が固化された状態になる、請求項7または8に記載の多層セラミック基板の製造方法。

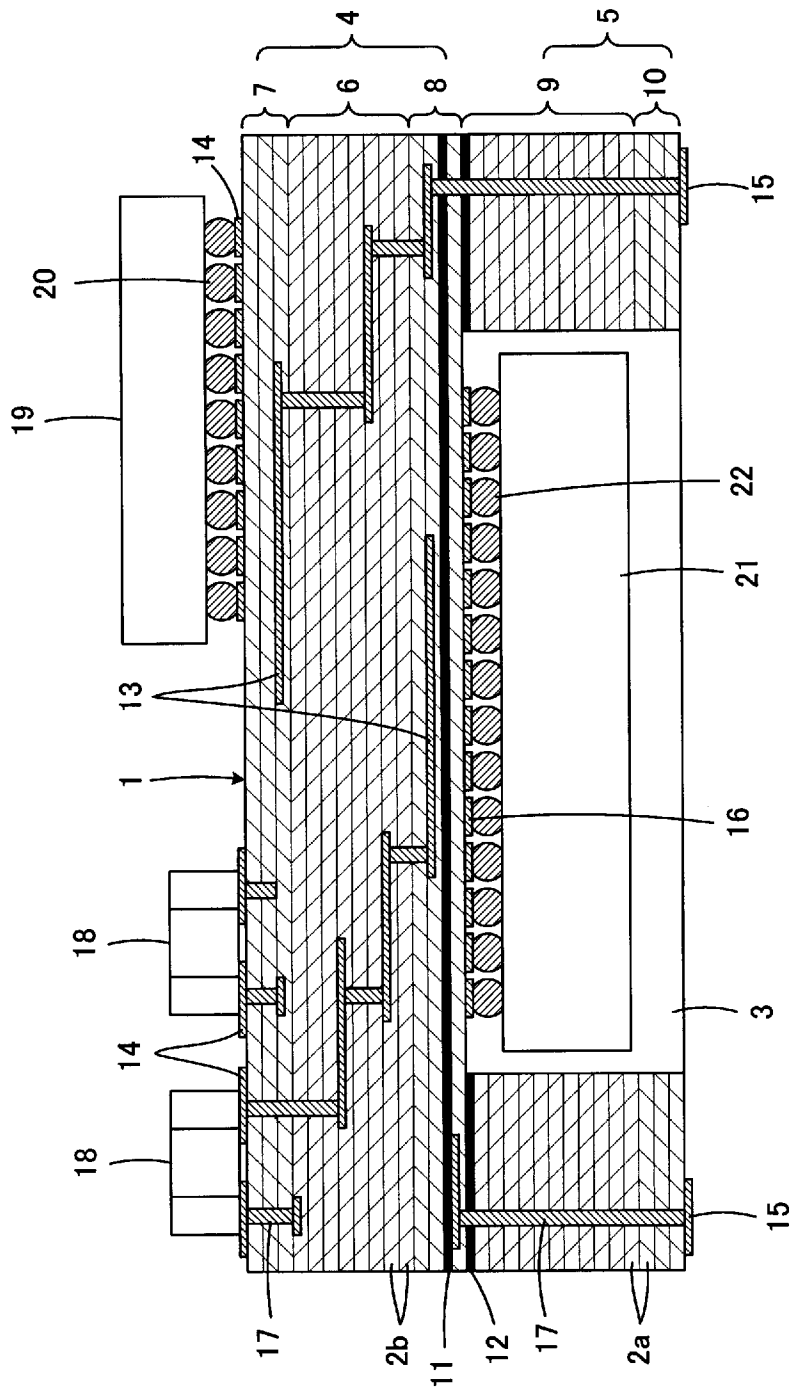
[請求項10]

前記生の積層体において、前記第2の層間拘束層が有する前記キャビティ形成用貫通孔は、前記周壁部の、前記第2の層間拘束層に接す

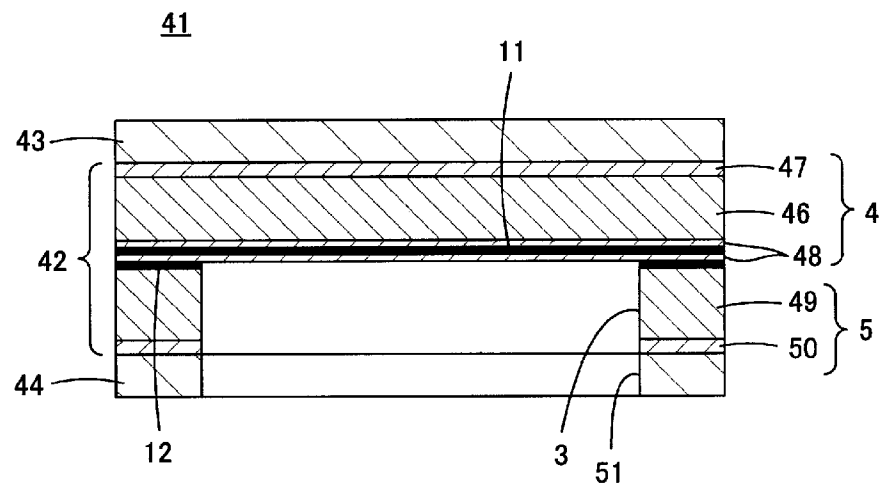
る前記第 1 のセラミックグリーン層が有する前記キャビティ形成用貫通孔よりも小さくされる、請求項 9 に記載の多層セラミック基板の製造方法。

[図1]

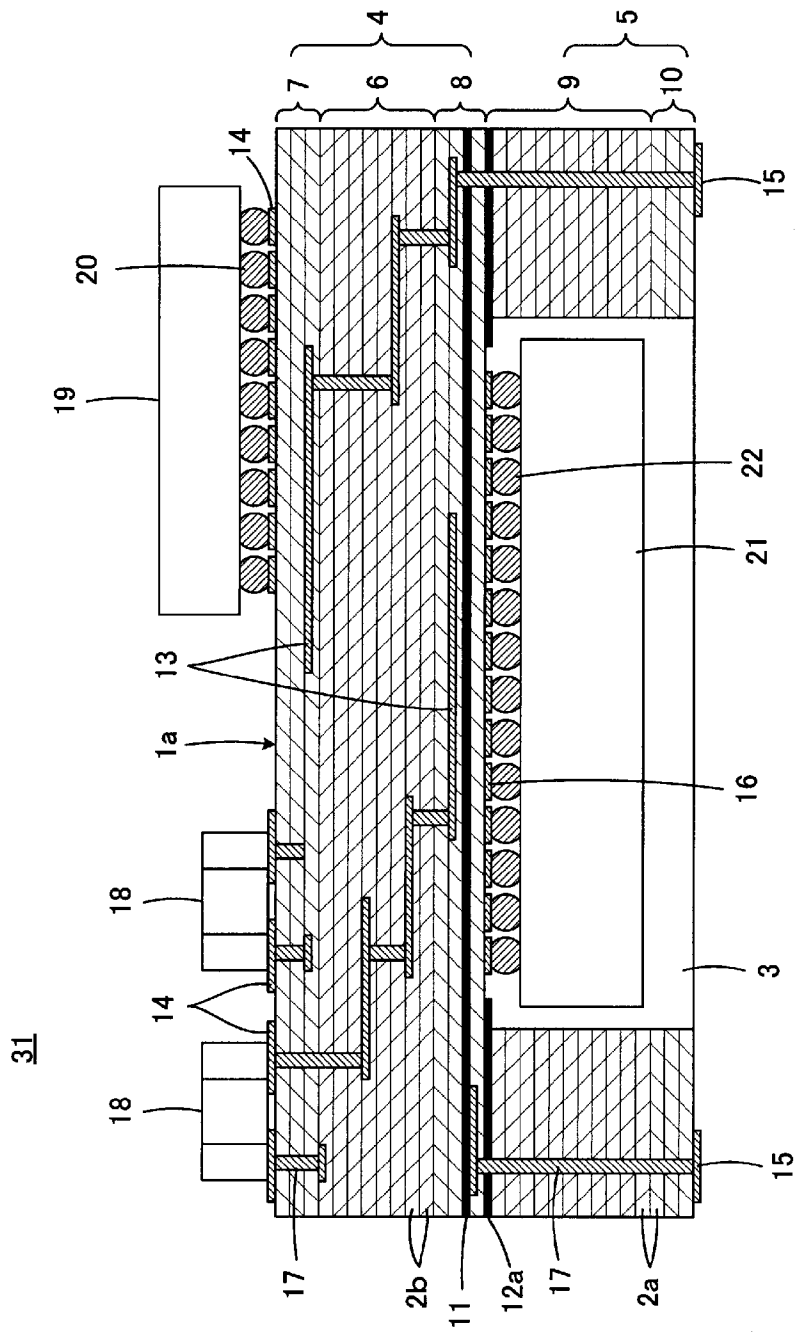
31



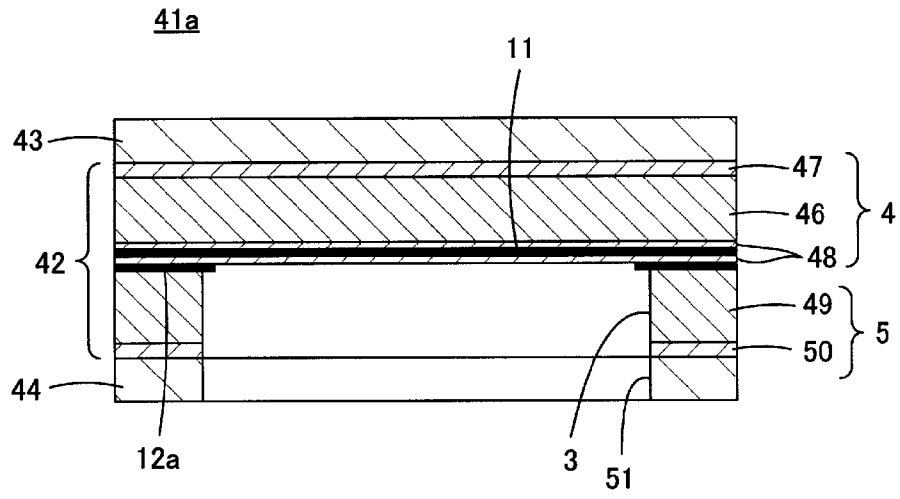
[図2]



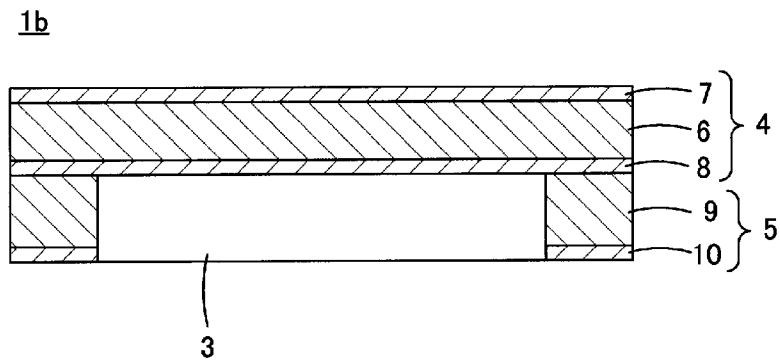
[3]



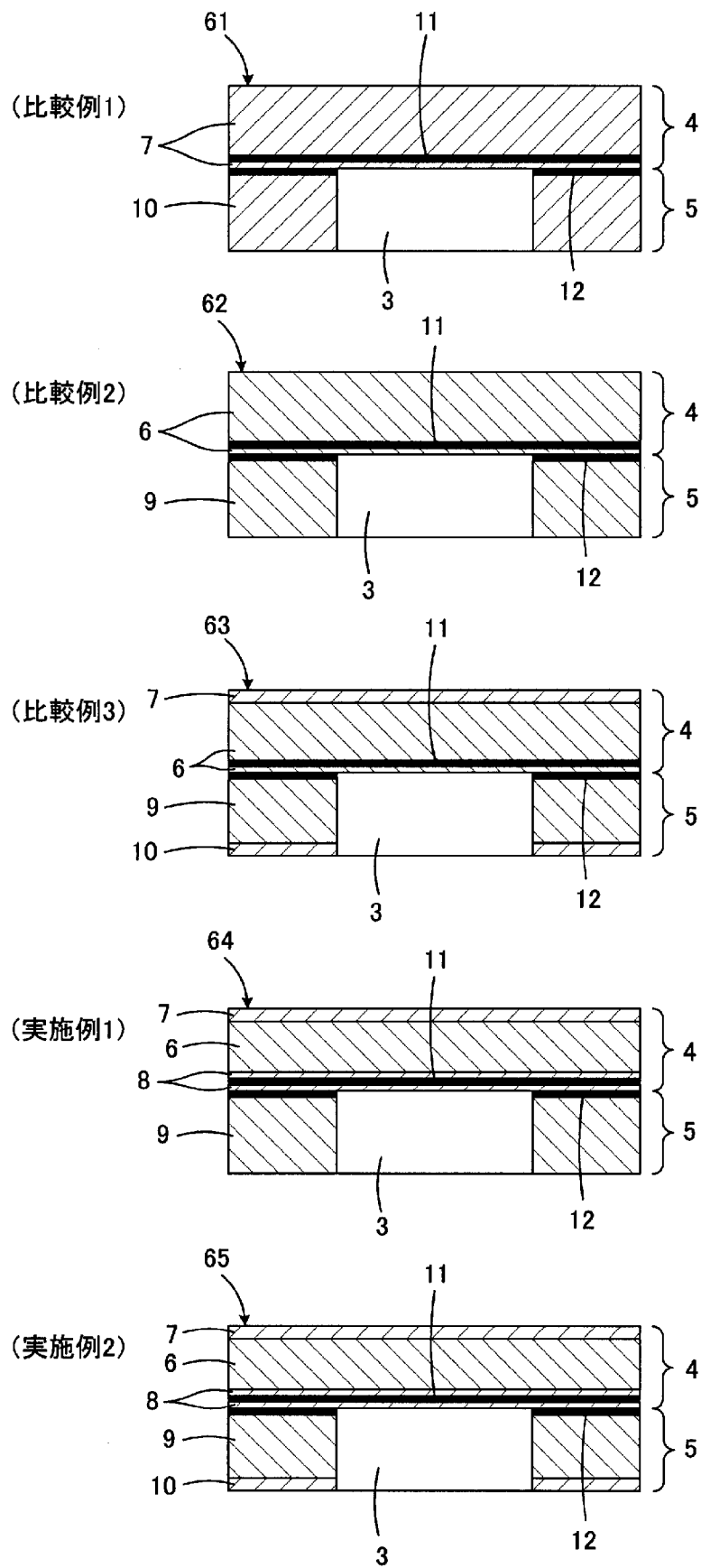
[図4]



[図5]



[図6]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2009/057896

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
H05K3/46(2006.01) i, H01L23/12(2006.01) i, H01L23/15(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)
H05K3/46, H01L23/12, H01L23/15

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	1996-2009
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2009	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2009

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 2004-95767 A (Murata Mfg. Co., Ltd.), 25 March, 2004 (25.03.04), Par. Nos. [0011] to [0028]; Figs. 1 to 4 (Family: none)	1-10
Y	JP 6-29664 A (Nihon Cement Co., Ltd.), 04 February, 1994 (04.02.94), Par. Nos. [0005], [0008], [0020] (Family: none)	1-10
Y	JP 2007-73728 A (Murata Mfg. Co., Ltd.), 22 March, 2007 (22.03.07), Par. No. [0019]; Fig. 1 (Family: none)	1-10

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 17 July, 2009 (17.07.09)	Date of mailing of the international search report 28 July, 2009 (28.07.09)
---	--

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

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2009/057896

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2007-67364 A (Murata Mfg. Co., Ltd.), 15 March, 2007 (15.03.07), Par. Nos. [0077] to [0079], [0086] to [0088]; Figs. 9, 11 & EP 1786249 A1 & WO 2006/027876 A1 & KR 10-2006-0064004 A & CN 1899005 A	4-6,8-10
Y	JP 2008-30995 A (Murata Mfg. Co., Ltd.), 14 February, 2008 (14.02.08), Par. No. [0063]; Fig. 2 (Family: none)	4-6,8-10

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))
 Int.Cl. H05K3/46(2006.01)i, H01L23/12(2006.01)i, H01L23/15(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 (IPC))
 Int.Cl. H05K3/46, H01L23/12, H01L23/15

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 1971-2009年
 日本国実用新案登録公報 1996-2009年
 日本国登録実用新案公報 1994-2009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
Y	JP 2004-95767 A (株式会社村田製作所) 2004.03.25, 段落【0011】 - 【0028】, 【図1】 - 【図4】 (ファミリーなし)	1-10
Y	JP 6-29664 A (日本セメント株式会社) 1994.02.04, 段落【0005】, 【0008】, 【0020】 (ファミリーなし)	1-10

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。

<p>* 引用文献のカテゴリー 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的な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</p>	<p>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</p>
---	---

国際調査を完了した日 17.07.2009	国際調査報告の発送日 28.07.2009
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/J P) 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) 柳本 陽征 電話番号 03-3581-1101 内線 3391

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
Y	JP 2007-73728 A (株式会社村田製作所) 2007.03.22, 段落【0019】, 【図1】 (ファミリーなし)	1-10
Y	JP 2007-67364 A (株式会社村田製作所) 2007.03.15, 段落【0077】 - 【0079】, 【0086】 - 【0088】, 【図9】, 【図11】 & EP 1786249 A1 & WO 2006/027876 A1 & KR 10-2006-0064004 A & CN 1899005 A	4-6, 8-10
Y	JP 2008-30995 A (株式会社村田製作所) 2008.02.14, 段落【0063】, 【図2】 (ファミリーなし)	4-6, 8-10