

(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 30 日(30.08.2012)



(10) 国際公開番号
WO 2012/114818 A1

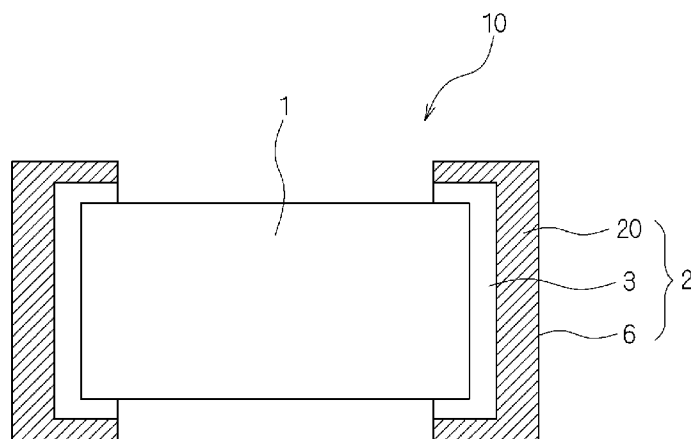
- (51) 国際特許分類:
H01G 4/30 (2006.01) *H01G 4/12* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2012/051592
- (22) 国際出願日: 2012 年 1 月 26 日(26.01.2012)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2011-036636 2011 年 2 月 23 日(23.02.2011) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社村田製作所 (Murata Manufacturing Co., Ltd.) [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): 橋本 健 (HASHIMOTO Takeshi) [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). 川端 孝弘 (KAWABATA Takahiro) [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: 福永 正也 (FUKUNAGA Masaya); 〒5640063 大阪府吹田市江坂町一丁目 23 番 5 号 大同生命江坂第 2 ビル 5 F 北摂国際特許事務所 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, 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), ユーロッパ (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 ELECTRONIC COMPONENT AND METHOD FOR DESIGNING CERAMIC ELECTRONIC COMPONENT

(54) 発明の名称: セラミック電子部品、及びセラミック電子部品の設計方法

[図1]



(57) Abstract: The present invention provides a ceramic electronic component and a method for designing a ceramic electronic component in which cracks do not occur in the portion where an external electrode and solder are joined, or in which cracks that have occurred slowly increase in size even when a heating/cooling temperature cycling test is carried out. The present invention is a ceramic electronic component (10) comprising: a ceramic sintered compact (1); and an external electrode (2) formed on the outside of the ceramic sintered compact (1) and that includes an electroconductive resin (20). The external electrode (2) is composed of a base electrode (3), an electroconductive resin (20), and a plating (6), and the coefficient of linear expansion at the surface of the external electrode (2) joined to the mount board (other board) using solder matches the coefficient of linear expansion at the surface of the solder.

(57) 要約:

[続葉有]



WO 2012/114818 A1



添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

本発明は、加熱冷却温度サイクル試験を行った場合であっても、外部電極とハンダとが接合する部分にクラックが生じない、又は生じたクラックが緩やかに大きくなるセラミック電子部品、及びセラミック電子部品の設計方法を提供する。本発明は、セラミック焼結体 1 と、セラミック焼結体 1 の外側に形成され、導電性樹脂 20 を含む外部電極 2 とを備えるセラミック電子部品 10 である。外部電極 2 は、下地電極 3 と、導電性樹脂 20 と、メッキ 6 により構成され、実装基板 (他の基板) とハンダで接合される外部電極 2 の表面における線膨張係数と、ハンダの表面における線膨張係数とが一致している。

明 細 書

発明の名称：

セラミック電子部品、及びセラミック電子部品の設計方法

技術分野

[0001] 本発明は、セラミック焼結体の外側に外部電極が形成されたセラミック電子部品、及び該セラミック電子部品の設計方法に関する。

背景技術

[0002] 特許文献１に開示してあるセラミック電子部品は、セラミック焼結体と、セラミック焼結体の外側に形成された外部電極とを備え、外部電極は、外部からの衝撃又は熱膨張差を緩衝及び吸収する導電性樹脂で形成されている。また、特許文献１では、セラミック電子部品をハンダで実装基板に接合し、実装基板に接合したセラミック電子部品を所定の高さから繰り返し落下させて、セラミック電子部品のクラックの発生率を評価している。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献１：特開２００６－２９５０７６号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 特許文献１に開示してあるセラミック電子部品では、外部電極を形成する導電性樹脂におけるヤング率を小さくする（導電性樹脂を柔らかくする）ことで、セラミック電子部品を所定の高さから落下させた場合であっても、セラミック電子部品のクラックの発生率が低くなることが示されている。しかし、特許文献１に開示してあるセラミック電子部品に対して、加熱冷却温度サイクル試験を行った場合、外部電極を形成する導電性樹脂のヤング率を小さくしたときでも、外部電極とハンダとが接合する部分にクラックが生じ、生じたクラックがサイクル数の増加とともに大きくなるので、外部電極とハンダとの接合の信頼性が低いという問題があった。

[0005] 本発明は斯かる事情に鑑みてなされたものであり、加熱冷却温度サイクル試験を行った場合であっても、外部電極とハンダとが接合する部分にクラックが生じない、又は生じたクラックが緩やかに大きくなるセラミック電子部品、及びセラミック電子部品の設計方法を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0006] 上記目的を達成するために本発明に係るセラミック電子部品は、セラミック焼結体と、該セラミック焼結体の外側に形成され、導電性樹脂を含む外部電極とを備えるセラミック電子部品であって、他の基板とハンダで接合される前記外部電極の表面における線膨張係数と、前記ハンダの表面における線膨張係数とが一致していることを特徴とする。

[0007] 上記構成では、導電性樹脂を含み、他の基板とハンダで接合される外部電極の表面における線膨張係数と、ハンダの表面における線膨張係数とが一致しているので、加熱冷却温度サイクル試験を行った場合、熱膨張と熱収縮とを繰り返すハンダの表面に追従して、他の基板とハンダで接合される外部電極の表面も同様に熱膨張と熱収縮とを繰り返すことにより、外部電極とハンダとが接合する部分にクラックが生じない、又はクラックが生じてもサイクル数の増加とともに緩やかに大きくなるため外部電極とハンダとの接合の信頼性が高くなる。

[0008] また、本発明に係るセラミック電子部品は、他の基板とハンダで接合される前記導電性樹脂のヤング率が、 1 GPa 以上、 19 GPa 以下の範囲で、他の基板とハンダで接合される前記外部電極の表面における線膨張係数が、 17 ppm/K 以上、 24 ppm/K 以下の範囲であることが好ましい。

[0009] 上記構成では、他の基板とハンダで接合される外部電極に含まれる導電性樹脂のヤング率が、 1 GPa 以上、 19 GPa 以下の範囲で、他の基板とハンダで接合される外部電極の表面における線膨張係数が、 17 ppm/K 以上、 24 ppm/K 以下の範囲であるので、加熱冷却温度サイクル試験を行った場合、熱膨張と熱収縮とを繰り返すハンダの表面に追従して、他の基板とハンダで接合される外部電極の表面も同じように熱膨張と熱収縮とを繰り返す

返すことができる。

[0010] 次に、上記目的を達成するために本発明に係るセラミック電子部品の設計方法は、セラミック焼結体と、該セラミック焼結体の外側に形成され、導電性樹脂を含む外部電極とを備えるセラミック電子部品を設計する方法であって、他の基板とハンダで接合される前記外部電極の表面における線膨張係数と、前記ハンダの表面における線膨張係数とが一致するように、前記導電性樹脂におけるヤング率及び線膨張係数を決定することを特徴とする。

[0011] 上記構成では、導電性樹脂を含み、他の基板とハンダで接合される外部電極の表面における線膨張係数と、ハンダの表面における線膨張係数とが一致するように、導電性樹脂におけるヤング率及び線膨張係数を決定するので、加熱冷却温度サイクル試験を行った場合、熱膨張と熱収縮とを繰り返すハンダの表面に追従して、他の基板とハンダで接合される外部電極の表面も同様に熱膨張と熱収縮とを繰り返すことにより、外部電極とハンダとが接合する部分にクラックが生じない、又はクラックが生じてもサイクル数の増加とともに緩やかに大きくなるため外部電極とハンダとの接合の信頼性が高いセラミック電子部品を設計することができる。

発明の効果

[0012] 本発明に係るセラミック電子部品では、導電性樹脂を含み、他の基板とハンダで接合される外部電極の表面における線膨張係数と、ハンダの表面における線膨張係数とが一致しているので、加熱冷却温度サイクル試験を行った場合、熱膨張と熱収縮とを繰り返すハンダの表面に追従して、他の基板とハンダで接合される外部電極の表面も同様に熱膨張と熱収縮とを繰り返すことにより、外部電極とハンダとが接合する部分にクラックが生じない、又はクラックが生じてもサイクル数の増加とともに緩やかに大きくなるため外部電極とハンダとの接合の信頼性が高くなる。

[0013] 本発明に係るセラミック電子部品の設計方法では、導電性樹脂を含み、他の基板とハンダで接合される外部電極の表面における線膨張係数と、ハンダの表面における線膨張係数とが一致するように、導電性樹脂におけるヤング

率及び線膨張係数を決定するので、加熱冷却温度サイクル試験を行った場合、熱膨張と熱収縮とを繰り返すハンダの表面に追従して、他の基板とハンダで接合される外部電極の表面も同様に熱膨張と熱収縮とを繰り返すことにより、外部電極とハンダとが接合する部分にクラックが生じない、又はクラックが生じてもサイクル数の増加とともに緩やかに大きくなるため外部電極とハンダとの接合の信頼性が高いセラミック電子部品を設計することができる。

図面の簡単な説明

[0014] [図1]本発明の実施の形態に係るセラミック電子部品の構成を示す概略図である。

[図2]シミュレーション法を用いて求めた外部電極の表面における線膨張係数と、導電性樹脂の線膨張係数との関係を示すグラフである。

[図3]本発明の実施の形態に係るセラミック電子部品に対して、シミュレーション法を用いて加熱冷却温度サイクル試験を行った場合のシミュレーション結果を示す概略図である。

[図4]本発明の実施の形態に係る別のセラミック電子部品に対して、シミュレーション法を用いて加熱冷却温度サイクル試験を行った場合のシミュレーション結果を示す概略図である。

[図5]シミュレーション法を用いて加熱冷却温度サイクル試験を行った場合の、外部電極の表面における線膨張係数と、外部電極とハンダとが接合する部分が破断するサイクル数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

[0015] 以下、本発明の実施の形態について、図面を参照しながら詳細に説明する。

[0016] 図1は、本発明の実施の形態に係るセラミック電子部品の構成を示す概略図である。図1に示すように、セラミック電子部品10は、セラミック焼結体1、セラミック焼結体1の外側に形成された外部電極2を備えている。セラミック電子部品10は、例えばチップ型積層コンデンサ、チップ抵抗器等

である。

[0017] セラミック焼結体 1 は、チタン酸バリウム等の誘電体セラミックスからなり、内部に図示しない内部電極が形成されている。内部電極は、セラミック層を介して重なり合うように配置されており、セラミック焼結体 1 の側面から一部が露出している。

[0018] 外部電極 2 は、内部電極の一部が側面から露出しているセラミック焼結体 1 の外側に形成され、内部電極と電氣的に接続してある。外部電極 2 は導電性樹脂 20 を含み、厚みが $20 \sim 150 \mu\text{m}$ になるよう形成されている。導電性樹脂 20 は、エポキシ樹脂、フェノール樹脂、アクリル樹脂等の熱硬化性樹脂に、Ag、Cu 等の導電性粉末を分散させて形成している。なお、セラミック電子部品 10 では、セラミック焼結体 1 の外側に形成された外部電極 2 を強固に密着させるため、セラミック焼結体 1 の表面と導電性樹脂 20 との間に下地電極 3 を形成してある。下地電極 3 は、Ag、Ag-Pd、Cu 等の金属粉末を成分とする導電ペーストを塗布し、焼き付けることにより形成されている。導電性樹脂 20 の外側にはメッキ 6 が電解メッキにより形成されている。メッキ 6 としては、Ni メッキ、Sn メッキ、ハンダメッキ等が挙げられる。本実施の形態における外部電極 2 は、下地電極 3、導電性樹脂 20、メッキ 6 により構成されている。

[0019] セラミック電子部品 10 は、ハンダで外部電極 2 を、図示していない実装基板（他の基板）に実装して用いられる。そのため、実装基板に実装したセラミック電子部品 10 は、外部電極 2 とハンダ 4 との接合の信頼性を検証するために信頼性試験として、例えば加熱冷却温度サイクル試験を行う。加熱冷却温度サイクル試験は、例えば、セラミック電子部品 10 を槽内温度が -40 度の槽に 30 分間入れ、次に槽内温度が 125 度の槽に 30 分間入れる試験を 1 サイクルとした信頼性試験である。従来のセラミック電子部品に対して加熱冷却温度サイクル試験を行った場合、外部電極を形成する導電性樹脂のヤング率を小さくして導電性樹脂を柔らかくしたときでも、外部電極とハンダとが接合する部分にクラックが生じ、生じたクラックがサイクル数の

増加とともに大きくなり外部電極とハンダとの接合の信頼性が低かった。

[0020] そこで、本発明の実施の形態に係るセラミック電子部品 10 に対して、実装基板とハンダで接合される外部電極 2 の表面における線膨張係数と、ハンダの表面における線膨張係数とを一致させて、加熱冷却温度サイクル試験を行った場合、熱膨張と熱収縮とを繰り返すハンダの表面に追従して、実装基板とハンダで接合される外部電極 2 の表面も同じように熱膨張と熱収縮とを繰り返すことにより、外部電極 2 とハンダとの接合の信頼性を高くできることを考えた。つまり、実装基板とハンダで接合される外部電極 2 の表面における線膨張係数と、ハンダの表面における線膨張係数とが一致するように、導電性樹脂 20 の物性（ヤング率、線膨張係数等）を決定し、セラミック電子部品 10 を設計している。なお、実装基板とハンダで接合される外部電極 2 の表面における線膨張係数は、外部電極 2 に含まれる導電性樹脂 20 の線膨張係数と一致せず、外部電極 2 の形状、実装基板とハンダで接合する位置等により変動する。

[0021] そのため、実装基板とハンダで接合される外部電極 2 の表面における線膨張係数は、実際にセラミック電子部品 10 を作成し、作成したセラミック電子部品 10 に対してデジタル画像相関法等を用いて求める。具体的には、デジタル画像相関法等を用いて、セラミック電子部品 10 を温度 ΔT だけ変化させた場合の、外部電極 2 の表面における、ある二点間の距離の変化（ L_1 から L_2 への変化）を測定して、 $(L_2 - L_1) / \Delta T / L_1$ の値から、実装基板とハンダで接合される外部電極 2 の表面における線膨張係数を求める。ここで、デジタル画像相関法とは、セラミック電子部品 10 の外部電極 2 の表面にランダムなパターンを形成し、温度 ΔT だけ変化させた場合の前後のセラミック電子部品 10 を撮影して取得した画像データから、表面に形成されたランダムなパターンを追跡することで熱変形量を測定し、測定した熱変形量に基づいて実装基板とハンダで接合される外部電極 2 の表面における線膨張係数を求める方法である。

[0022] また、実際にセラミック電子部品 10 を作成することなく、実装基板とハ

ングで接合される外部電極 2 の表面における線膨張係数を求める方法として、シミュレーション法がある。シミュレーション法でも、セラミック電子部品 10 を温度 ΔT だけ変化させた場合の、外部電極 2 の表面における任意の二点間の距離の変化 (L_1 から L_2 への変化) を測定して、 $(L_2 - L_1) / \Delta T / L_1$ の値から、実装基板とハンダで接合される外部電極 2 の表面における線膨張係数を求める。

[0023] シミュレーション法は、有限要素法を用いてセラミック電子部品 10 の構造解析を行うことで、実装基板とハンダで接合される外部電極 2 の表面における線膨張係数を求める方法である。また、シミュレーション法では、セラミック電子部品 10 をハンダで実装基板に接合した構造の有限要素法モデルを作成し、作成した有限要素法モデルに対して加熱冷却温度サイクル試験を行った場合に、ハンダに生じる非弾性歪み振幅 $\Delta \varepsilon$ を求めている。さらに、求めた非弾性歪み振幅 $\Delta \varepsilon$ に、Manson-Coffin 則及び線形被害則を適用して、ハンダに蓄積されるダメージを計算し、所定のダメージに達した要素はクラックが生じたとして削除することで、外部電極 2 とハンダとが接合する部分にクラックが生じる様子等をシミュレーションしている。なお、シミュレーションで計算された破断サイクル数は、実測サンプルの破断サイクル数と比較して補正係数を乗じることで、実際の破断サイクル数とみなすことができる。

[0024] 以下の説明では、シミュレーション法を用いて、実装基板とハンダで接合される外部電極 2 の表面における線膨張係数を求める場合について説明する。なお、本発明は、実装基板とハンダで接合される外部電極 2 の表面における線膨張係数を求める場合に限定されるものではない。図 2 は、シミュレーション法を用いて求めた外部電極 2 の表面における線膨張係数と、導電性樹脂 20 の線膨張係数との関係を示すグラフである。図 2 においては、導電性樹脂 20 の線膨張係数を $20 \sim 300 \text{ ppm/K}$ の範囲で変化させた場合、実装基板とハンダで接合される外部電極 2 の表面における線膨張係数は $12 \sim 34 \text{ ppm/K}$ の範囲で変化する。ここで、ハンダの表面における線膨張

係数を 26 ppm/K とし、導電性樹脂 20 の線膨張係数を 200 ppm/K とした場合、実装基板とハンダで接合される外部電極 2 の表面における線膨張係数が 26 ppm/K となり、ハンダの表面における線膨張係数と一致する。線膨張係数の一致度合は、 $\pm 30\%$ の範囲であれば良い。例えば、ハンダの表面における線膨張係数を 26 ppm/K とした場合、外部電極 2 の表面における線膨張係数が $18 \sim 34 \text{ ppm/K}$ の範囲となるように設計すれば良い。外部電極 2 に導電性樹脂 20 を含むことにより、線膨張係数の値の設計を意図的に行うことができる。

[0025] 次に、導電性樹脂 20 の線膨張係数を 200 ppm/K として、実装基板（他の基板）とハンダで接合される外部電極 2 の表面における線膨張係数（ 26 ppm/K ）が、ハンダの線膨張係数と一致しているセラミック電子部品 10 に対して加熱冷却温度サイクル試験を行った場合の結果について、シミュレーション法を用いて説明する。図 3 は、本発明の実施の形態に係るセラミック電子部品 10 に対して、シミュレーション法を用いて加熱冷却温度サイクル試験を行った場合のシミュレーション結果を示す概略図である。図 3（a）に示すシミュレーション結果は、セラミック電子部品 10 に対して、3814 サイクルの加熱冷却温度サイクル試験を行った場合のシミュレーション結果を示している。セラミック電子部品 10 は、導電性樹脂 20 のヤング率を 1 GPa 、導電性樹脂 20 の線膨張係数を 200 ppm/K とした場合の、実装基板 5 とハンダ 4 で接合される外部電極 2 の表面における線膨張係数が、ハンダ 4 の表面における線膨張係数と一致している。シミュレーション結果には、実装基板 5 とハンダ 4 で外部電極 2 が接合されているセラミック電子部品 10 に、有限要素法で用いるメッシュが図示しており、3814 サイクルの加熱冷却温度サイクル試験を行った場合であっても、外部電極 2 とハンダ 4 とが接合する部分 40 のメッシュに変化がなく、矢印で示す方向にクラックが生じていない。

[0026] 一方、図 3（b）に示すシミュレーション結果は、セラミック電子部品 10 に対して、3950 サイクルの加熱冷却温度サイクル試験を行った場合の

シミュレーション結果を示している。セラミック電子部品 10 は、導電性樹脂 20 のヤング率を 10 GPa 、導電性樹脂 20 の線膨張係数を 26 ppm/K とした場合の、実装基板 5 とハンダ 4 で接合される外部電極 2 の表面における線膨張係数が、ハンダ 4 の表面における線膨張係数と一致していない。シミュレーション結果には、実装基板 5 とハンダ 4 で外部電極 2 が接合されているセラミック電子部品 10 に、有限要素法で用いるメッシュが図示しており、3950 サイクルの加熱冷却温度サイクル試験を行った場合に、外部電極 2 とハンダ 4 とが接合する部分 40 のメッシュに変化があり、矢印で示す方向にクラック 41 が生じている。

[0027] また、実装基板 5 とハンダ 4 で接合される外部電極 2 の表面における線膨張係数が、ハンダ 4 の表面における線膨張係数と一致しているセラミック電子部品 10 は、実装基板 5 とハンダ 4 で接合される外部電極 2 の表面における線膨張係数が、ハンダ 4 の表面における線膨張係数と一致していないセラミック電子部品 10 に比べて、クラック 41 が生じてもサイクル数の増加とともに緩やかに大きくなる。セラミック電子部品 10 の実装基板 5 とハンダ 4 で接合される外部電極 2 の表面における線膨張係数とハンダ 4 の界面（表面）の線膨張係数とが一致するようにセラミック電子部品 10 を設計することにより、外部電極 2 とハンダ 4 との接合の信頼性が高くなる。

[0028] 次に、図 4 は、本発明の実施の形態に係る別のセラミック電子部品 11 に対して、シミュレーション法を用いて加熱冷却温度サイクル試験を行った場合のシミュレーション結果を示す概略図である。図 4 に示すシミュレーション結果は、セラミック電子部品 11 に対して、3721 サイクルの加熱冷却温度サイクル試験を行った場合のシミュレーション結果を示している。セラミック電子部品 11 は、導電性樹脂 20 のヤング率を 19 GPa 、導電性樹脂 20 の線膨張係数を 177 ppm/K とした場合の、実装基板（他の基板）5 とハンダ 4 で接合される外部電極 2 の表面における線膨張係数が、ハンダ 4 の表面における線膨張係数と一致している。シミュレーション結果には、実装基板 5 とハンダ 4 で外部電極 2 が接合されているセラミック電子部品

11に、有限要素法で用いるメッシュが図示しており、3721サイクルの加熱冷却温度サイクル試験を行った場合であっても、外部電極2とハンダ4とが接合する部分40のメッシュに変化がなく、矢印で示す方向にクラック41が生じていない。

[0029] 図5は、シミュレーション法を用いて加熱冷却温度サイクル試験を行った場合の、外部電極2の表面における線膨張係数と、外部電極2とハンダ4とが接合する部分40が破断するサイクル数との関係を示すグラフである。図5には、導電性樹脂20のヤング率が1GPaのセラミック電子部品11に対して加熱冷却温度サイクル試験を行った場合と、導電性樹脂20のヤング率が19GPaのセラミック電子部品10に対して加熱冷却温度サイクル試験を行った場合とを示している。導電性樹脂20のヤング率が1GPaのセラミック電子部品11に対して加熱冷却温度サイクル試験を行った場合、外部電極2の表面における線膨張係数を11～47ppm/Kの範囲で変化させたときの、外部電極2とハンダ4とが接合する部分40がクラック41により破断するサイクル数を示している。外部電極2の表面における線膨張係数を14～29ppm/Kの範囲で変化させた場合、サイクル数が12000サイクル以上となり、外部電極2の表面における線膨張係数の変化に対するサイクル数が高い値を示す。また、導電性樹脂20のヤング率が19GPaのセラミック電子部品10に対して加熱冷却温度サイクル試験を行った場合、外部電極2の表面における線膨張係数を10～34ppm/Kの範囲で変化させたときの、外部電極2とハンダ4とが接合する部分40がクラック41により破断するサイクル数を示している。外部電極2の表面における線膨張係数を17～24ppm/Kの範囲で変化させた場合、サイクル数が11000サイクル以上となり、外部電極2の表面における線膨張係数の変化に対するサイクル数が高い値を示す。

[0030] 加熱冷却温度サイクル試験を行った場合の、導電性樹脂20のヤング率が小さくなるに従って、外部電極2とハンダ4とが接合する部分40がクラック41により破断するサイクル数が11000サイクル以上となり、導電性

樹脂 20 の表面における線膨張係数を変化させる範囲は広くなる。そのため、導電性樹脂 20 のヤング率が 1 GPa 以上、19 GPa 以下のセラミック電子部品 10、11 に対して、加熱冷却温度サイクル試験を行った場合のサイクル数が 11000 サイクル以上となるまで外部電極 2 とハンダ 4 とが接合する部分 40 がクラック 41 により破断しないようにするためには、実装基板 5 とハンダ 4 で接合される外部電極 2 の表面における線膨張係数を変化させる範囲を、17 ppm/K 以上、24 ppm/K 以下にする必要がある。

[0031] エポキシ樹脂、フェノール樹脂、アクリル樹脂等の熱硬化性樹脂に、Ag、Cu 等の導電性粉末を分散させて形成されている導電性樹脂 20 は、例えば、イミダゾール系触媒（0.4 重量%）、ノボラックフェノール（1.6 重量%）、ビスフェノール A 型エポキシ（6.0 重量%）、ポリカルボン酸系分散剤（1.0 重量%）、Ag 粉末（91.0 重量%）が成分として含まれている。そのため、導電性樹脂 20 の成分のうち、ノボラックフェノールとビスフェノール A 型エポキシとの比率を一定にしたまま、ノボラックフェノール及びビスフェノール A 型エポキシの量を調整することで、導電性樹脂 20 のヤング率、線膨張係数を変更することができる。

[0032] 以上のように、本発明の実施の形態に係るセラミック電子部品 10、11 は、外部電極 2 は導電性樹脂 20 を含んで形成され、実装基板 5 とハンダ 4 で接合される外部電極 2 の表面における線膨張係数と、ハンダ 4 の表面における線膨張係数とが一致するように、導電性樹脂 20 におけるヤング率及び線膨張係数を決定しているので、加熱冷却温度サイクル試験を行った場合、熱膨張と熱収縮とを繰り返すハンダ 4 の表面に追従して、実装基板 5 とハンダ 4 で接合される外部電極 2 の表面も同じように熱膨張と熱収縮とを繰り返すことにより、外部電極 2 とハンダ 4 とが接合する部分 40 にクラック 41 が生じない、又はクラック 41 が生じてもサイクル数の増加とともに緩やかに大きくなるため外部電極 2 とハンダ 4 との接合の信頼性が高くなる。

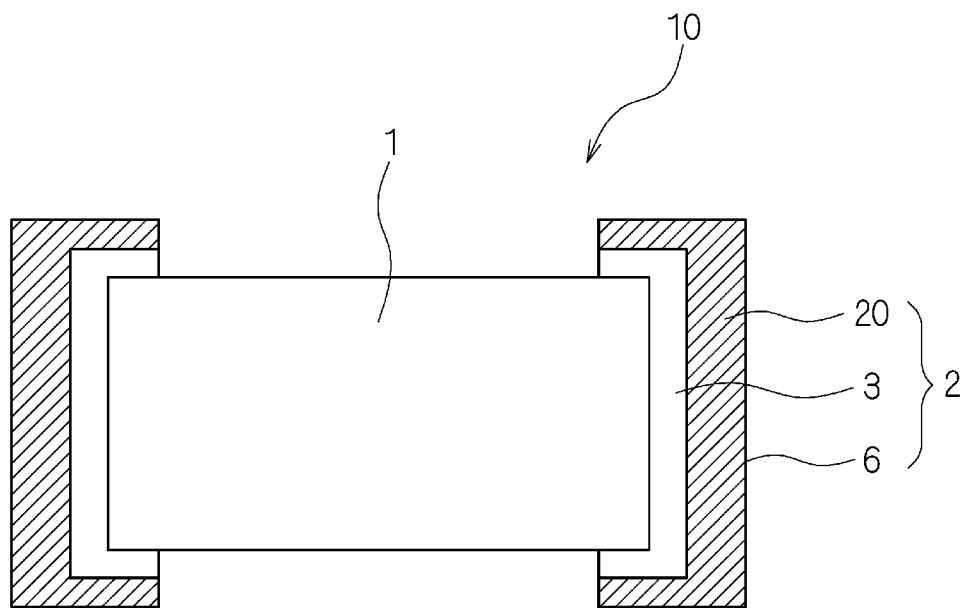
符号の説明

- [0033]
- 1 セラミック焼結体
 - 2 外部電極
 - 3 下地電極
 - 4 ハンダ
 - 5 実装基板
 - 6 メッキ
 - 10、11 セラミック電子部品
 - 20 導電性樹脂
 - 41 クラック

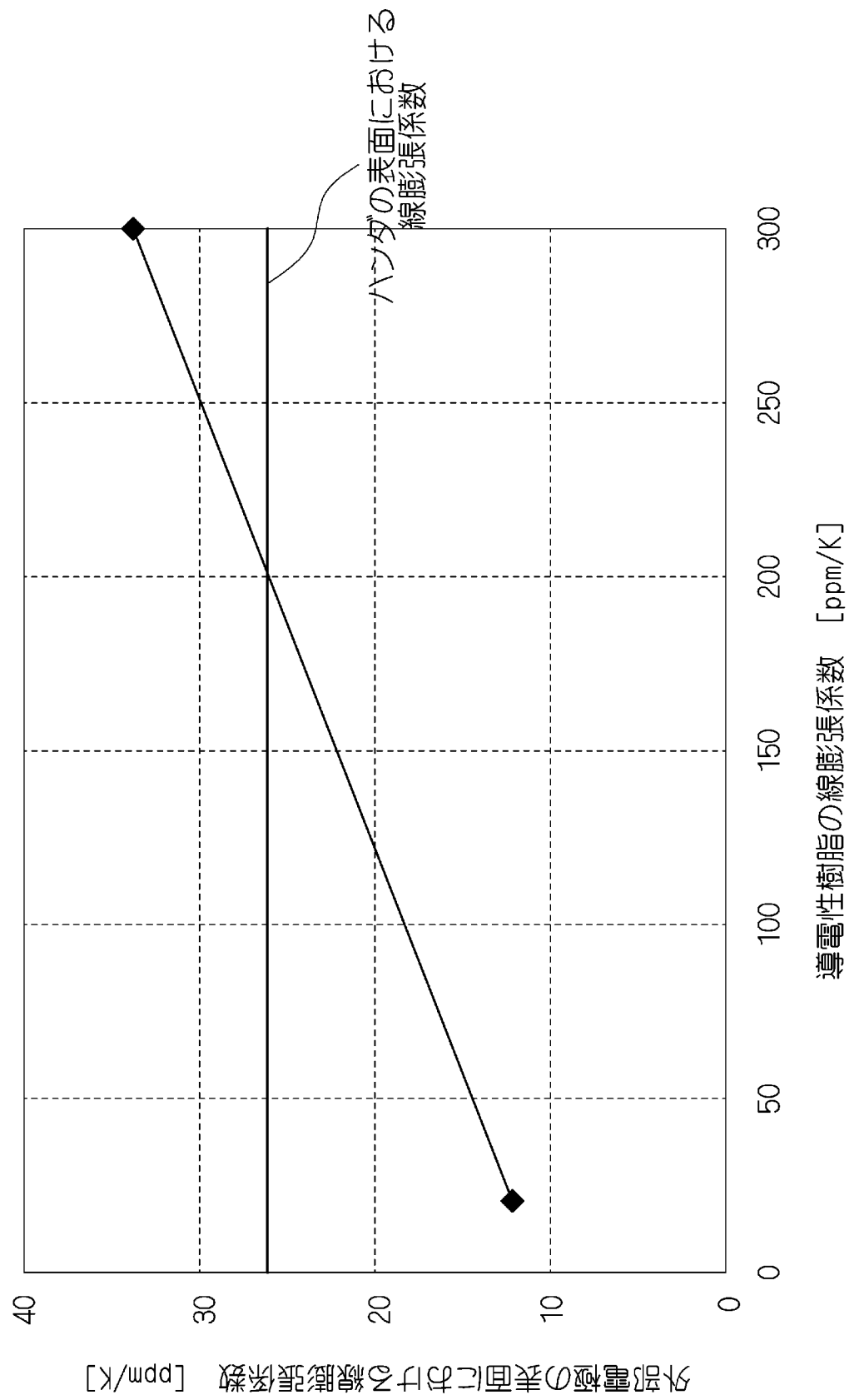
請求の範囲

- [請求項1] セラミック焼結体と、
該セラミック焼結体の外側に形成され、導電性樹脂を含む外部電極と
と
を備えるセラミック電子部品であって、
他の基板とハンダで接合される前記外部電極の表面における線膨張係数と、前記ハンダの表面における線膨張係数とが一致していることを特徴とするセラミック電子部品。
- [請求項2] 他の基板とハンダで接合される前記導電性樹脂のヤング率が、 1 GPa 以上、 19 GPa 以下の範囲で、他の基板とハンダで接合される前記外部電極の表面における線膨張係数が、 17 ppm/K 以上、 24 ppm/K 以下の範囲であることを特徴とする請求項1に記載のセラミック電子部品。
- [請求項3] セラミック焼結体と、
該セラミック焼結体の外側に形成され、導電性樹脂を含む外部電極と
と
を備えるセラミック電子部品を設計する方法であって、
他の基板とハンダで接合される前記外部電極の表面における線膨張係数と、前記ハンダの表面における線膨張係数とが一致するように、前記導電性樹脂におけるヤング率及び線膨張係数を決定することを特徴とするセラミック電子部品の設計方法。

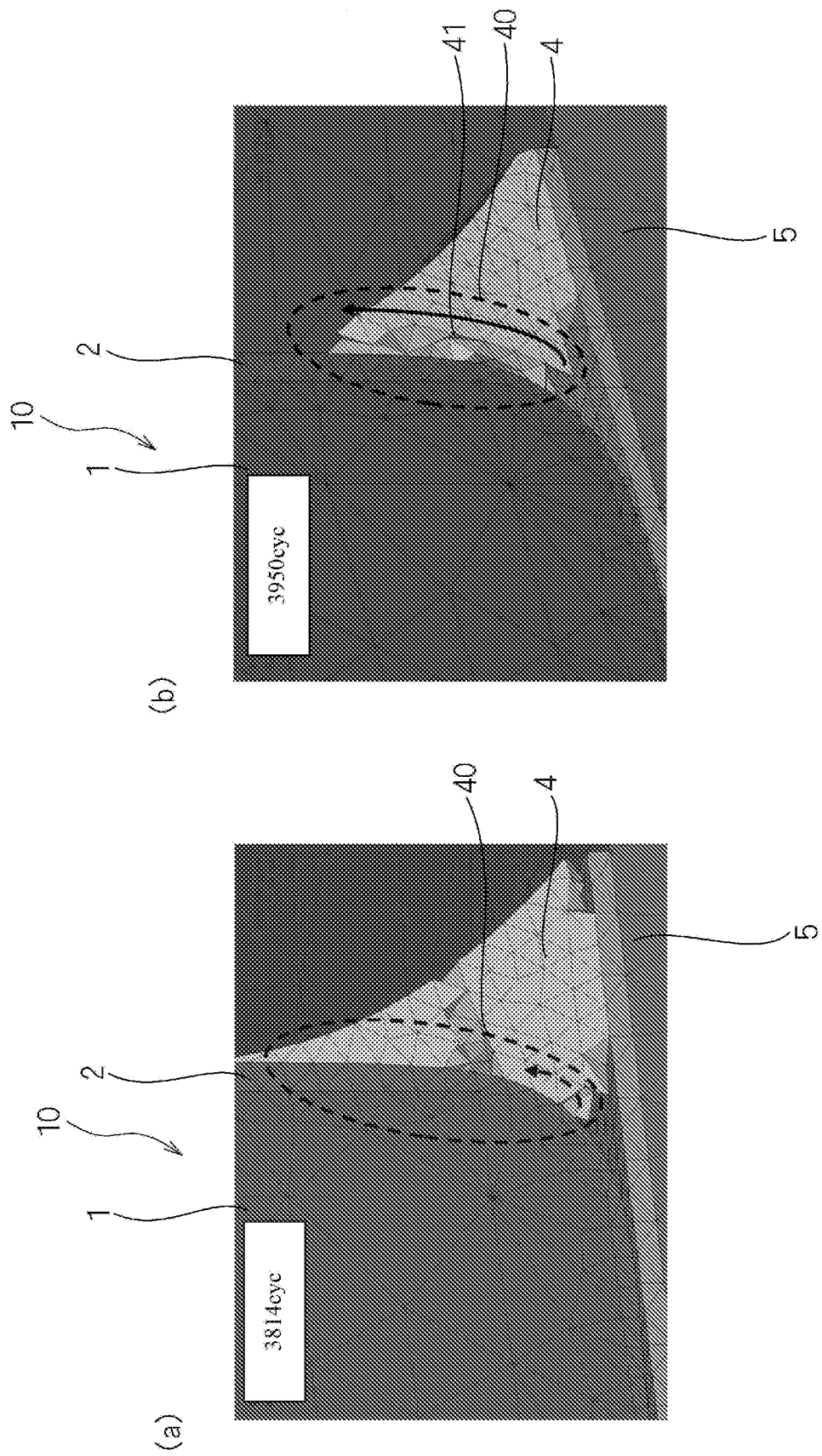
[図1]



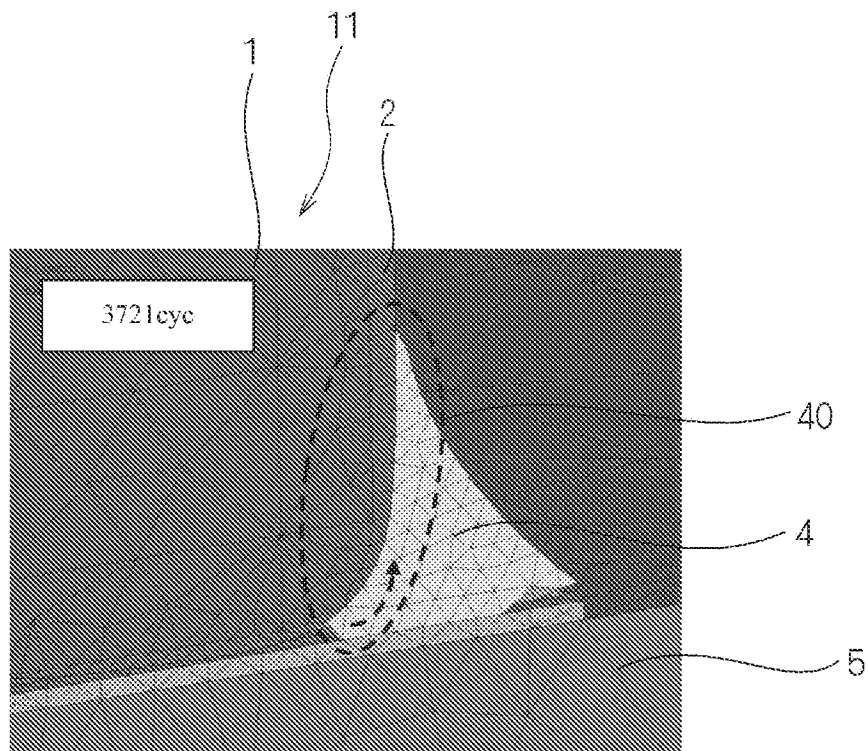
[図2]



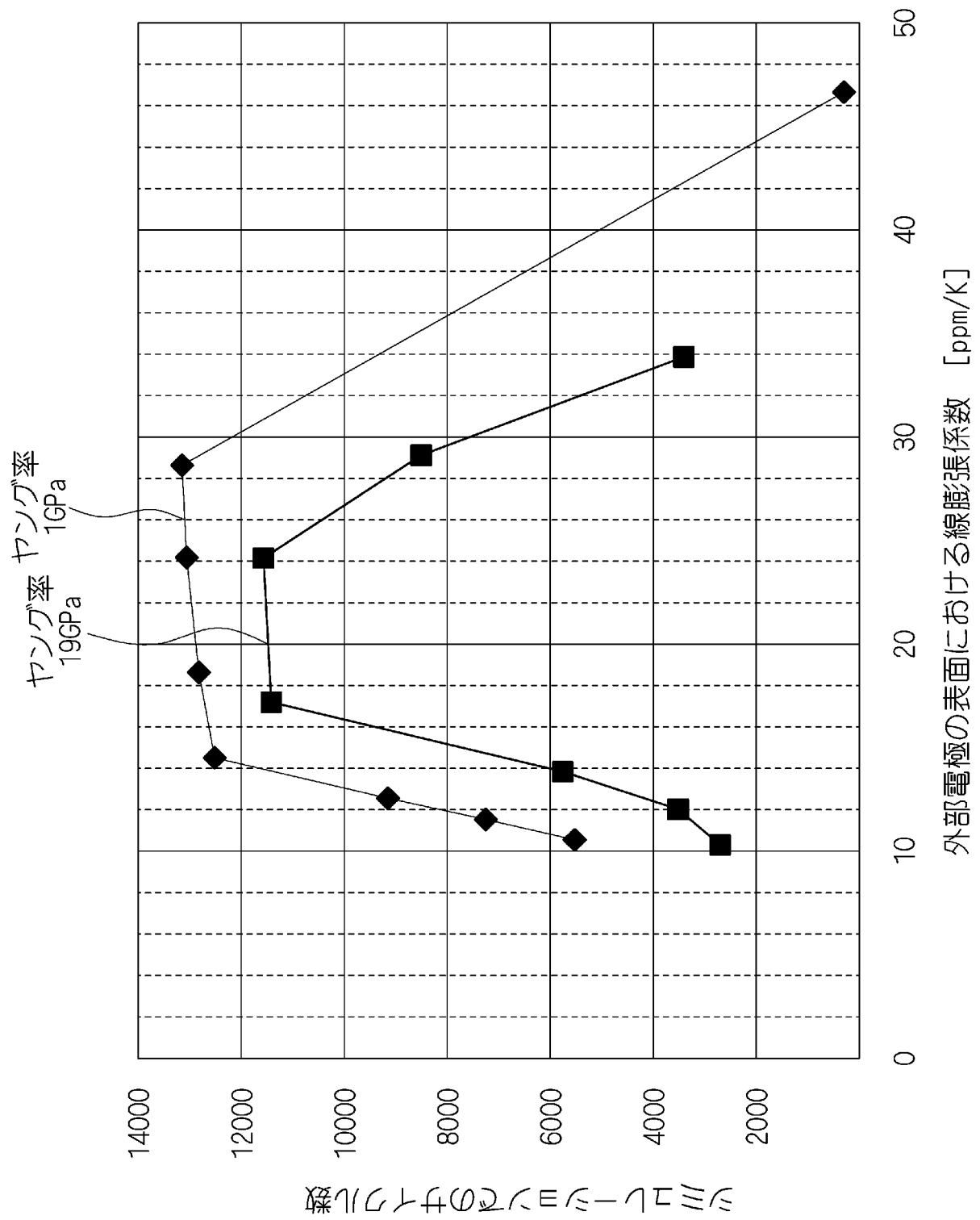
[図3]



[図4]



[図5]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/051592

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01G4/30(2006.01) i, H01G4/12(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)

H01G4/30, H01G4/12

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.
Y	JP 11-219849 A (Kyocera Corp.), 10 August 1999 (10.08.1999), paragraphs [0002] to [0010] (Family: none)	1-3
Y	JP 2-232914 A (Kyocera Corp.), 14 September 1990 (14.09.1990), page 2, upper right column, line 3 to page 3, upper left column, line 11 (Family: none)	1-3

☐ 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
12 April, 2012 (12.04.12)

Date of mailing of the international search report
24 April, 2012 (24.04.12)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H01G4/30(2006.01)i, H01G4/12(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. H01G4/30, H01G4/12

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
Y	JP 11-219849 A（京セラ株式会社）1999.08.10, 段落【0002】－【0010】 （ファミリーなし）	1-3
Y	JP 2-232914 A（京セラ株式会社）1990.09.14, 第2頁右上欄第3行－第3頁左上欄第11行（ファミリーなし）	1-3

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

1 2 . 0 4 . 2 0 1 2

国際調査報告の発送日

2 4 . 0 4 . 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）

田中 晃洋

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

5 D

3 8 0 0