

(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
2023年10月5日(05.10.2023)



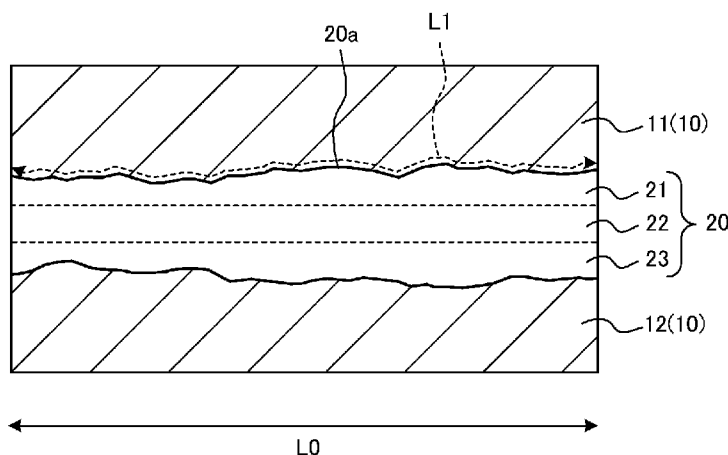
(10) 国際公開番号

WO 2023/189338 A1

- (51) 国際特許分類:
H05K 1/09 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2023/008933
- (22) 国際出願日: 2023年3月8日(08.03.2023)
- (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 2022-057452 2022年3月30日(30.03.2022) JP
- (71) 出願人: 京セラ株式会社 (KYOCERA CORPORATION) [JP/JP]; 〒6128501 京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町6番地 Kyoto (JP).
- (72) 発明者: 佐野 裕明(SANO, Hiroaki); 〒6128501 京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町6番地 京セラ株式会社内 Kyoto (JP). 東 登志文(HIGASHI, Toshifumi); 〒6128501 京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町6番地 京セラ株式会社内 Kyoto (JP). 井本 晃(IMOTO, Akira); 〒6128501 京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町6番地 京セラ株式会社内 Kyoto (JP). 山口 貴史(YAMAGUCHI, Takafumi); 〒6128501 京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町6番地 京セラ株式会社内 Kyoto (JP). 山元 泉太郎(YAMAMOTO, Sentarou); 〒6128501 京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町6番地 京セラ株式会社内 Kyoto (JP).
- (74) 代理人: 弁理士法人酒井国際特許事務所 (SAKAI INTERNATIONAL PATENT OFFICE); 〒1000013 東京都千代田区霞が関3丁目8番1号 虎の門三井ビルディング Tokyo (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, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH,

(54) Title: WIRING BOARD

(54) 発明の名称: 配線基板



(57) Abstract: This wiring board includes an insulating layer made of a ceramic material, and a conductor layer extending in a plane direction inside the insulating layer. The conductor layer is composed of a sintered body of a plurality of crystallites containing metal as a main component, and has a layered structure in which a dense layer, a non-dense layer and a dense layer are layered in this order in the thickness direction.

(57) 要約: 配線基板は、セラミックスで構成される絶縁層と、絶縁層の内部において平面方向に延びる導体層と、を備える。導体層は、金属を主成分とする複数の結晶子の焼結体によって構成され、厚み方向に緻密質層、非緻密質層および緻密質層がこの順に層状に積層される層状構造である。



WO 2023/189338 A1

PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG,
SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ,
UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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, CV, GH, GM, KE, LR, LS,
MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG,
ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, 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, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT,
RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF,
CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE,
SN, TD, TG).

添付公開書類 :

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

明 細 書

発明の名称：配線基板

技術分野

[0001] 開示の実施形態は、配線基板に関する。

背景技術

[0002] 従来、セラミックスを主成分とする絶縁層と、金属を主成分とする導体層とを有する配線基板が知られている。かかる配線基板は、たとえば、銅粉末に金属酸化物を添加した導体材料と、絶縁層材料としてのガラスセラミックスとを同時に焼成することによって得られる（例えば、特許文献1参照）。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2003-277852号公報

発明の概要

[0004] 本開示の配線基板は、セラミックスで構成される絶縁層と、前記絶縁層の内部において平面方向に延びる導体層と、を備える。前記導体層は、金属を主成分とする複数の結晶子の焼結体によって構成され、厚み方向に緻密質層、非緻密質層および緻密質層がこの順に層状に積層される層状構造である。

図面の簡単な説明

[0005] [図1]図1は、実施形態に係る配線基板の構成の一例を示す拡大断面図である。

[図2]図2は、図1に示す領域Aの拡大図である。

[図3]図3は、結晶子の評価方法を示す説明図である。

[図4]図4は、実施例に係る導体層のSEM観察写真を示す図である。

発明を実施するための形態

[0006] 以下、添付図面を参照して、本願の開示する配線基板の実施形態について説明する。なお、以下に示す実施形態により本開示が限定されるものではない。また、各実施形態は、処理内容を矛盾させない範囲で適宜組み合わせる

ことが可能である。また、以下の各実施形態において同一の部位には同一の符号を付し、重複する説明は省略される。

[0007] また、以下に示す実施形態では、「平行」といった表現が用いられる場合があるが、これらの表現は、厳密に「平行」であることを要しない。すなわち、上記した表現は、例えば製造精度、設置精度などのずれを許容するものとする。

[0008] 従来、セラミックスを主成分とする絶縁層と、金属を主成分とする導体層とを有する配線基板が知られている。かかる配線基板は、たとえば、銅粉末に金属酸化物を添加した導体材料と、絶縁層材料としてのガラスセラミックスとを同時に焼成することによって得られる。

[0009] しかしながら、従来技術では、たとえば絶縁層と導体層との間の密着性が十分でない場合などに、絶縁層と導体層との間が剥離する恐れがあった。そこで、上述の問題点を克服し、配線基板において絶縁層と導体層との間の剥離を低減することができる技術の実現が期待されている。

[0010] 図1は、実施形態に係る配線基板1の一例を示す拡大断面図であり、図2は、図1に示す領域Aの拡大図である。図1および図2に示すように、実施形態に係る配線基板1は、絶縁層10と、導体層20とを備える。

[0011] 絶縁層10は、たとえば、ガラスセラミックス焼結体を一例として挙げるることができる。酸化アルミニウム、窒化アルミニウム、炭化珪素、窒化珪素またはムライトなどのセラミックスをフィラーとして含んでもよい。

[0012] 絶縁層10は、たとえば、ガラスセラミックスで構成されてもよい。これにより、絶縁層10の原料であるグリーンシートと、導体層20の原料である導電ペーストとを同時に焼成して配線基板1を製造することができる。したがって、実施形態によれば、配線基板1の製造コストを低減することができる。

[0013] 絶縁層10は、導体層20を挟んで向かい合う第1層11と第2層12とを有してもよい。第1層11および第2層12は、たとえば、導体層20の厚み方向の両面をそれぞれ挟むように位置している。

- [0014] 導体層20は、導電性を有し、絶縁層10の内部において平面方向（図1では横方向）に延びる。導体層20は、たとえば、第1層11と第2層12との間に所定のパターン形状で配置される。なお、本開示では、導体層20が配線基板1の表面に露出して位置してもよい。
- [0015] 導体層20は、複数の結晶子24（図4参照）の焼結体によって構成される。かかる結晶子24は、銅、銀、パラジウム、金、白金タングステン、モリブデンもしくはマンガンなどの金属材料、またはこれらの金属材料を主成分とする合金材料もしくは混合材料などによって構成される。
- [0016] ここで、実施形態では、図2に示すように、導体層20が、厚み方向（図2では縦方向）に緻密質層21、非緻密質層22および緻密質層23がこの順に層状に積層される層状構造である。
- [0017] 非緻密質層22は、複数の空隙25（図4参照）を有し、緻密質層21、23よりも緻密でない部位である。一方で、緻密質層21、23は、空隙25をほとんど有さず、非緻密質層22よりも緻密な部位である。
- [0018] これにより、導体層20と絶縁層10との間で両者のヤング率や熱膨張率の違いにより応力が発生したとしても、非緻密質層22の見かけのヤング率が低い（すなわち、見かけの剛性が低い）ことから、この非緻密質層22の部分で応力緩和を起こすことができる。
- [0019] したがって、実施形態によれば、絶縁層10と導体層20との間の剥離を低減することができる。
- [0020] また、実施形態では、断面視において導体層20の特定範囲（たとえば、領域A）を指定し、平面方向（図2では横方向）の直線長さをL0とし、導体層20の輪郭20aの長さ（すなわち、導体層20と絶縁層10との界面長さ）をL1とした場合に、 $L1/L0$ が1.04～1.14の範囲であってもよい。
- [0021] このように、実施形態では、導体層20の輪郭20aの凹凸を比較的小さくすることで、導体層20の界面導電率を高めることができる。
- [0022] また、実施形態では、導体層20を構成する焼結体がナノサイズのシリカ

粒子（図示せず）を含んでいてもよい。そして、かかるシリカ粒子は、結晶子24の表面に位置してもよい。言い換えると、この配線基板1では、シリカが粒子状の状態で導体層20の表面に存在してもよい。

[0023] ここで、「導体層20の表面」とは、導体層20が絶縁層10の表面に形成された場合に、絶縁層10と導体層20との界面付近のことである。この「界面付近」とは、導体層20の表面から導体層20の内部にかけてのわずかな幅の範囲までを含む。この「わずかな幅」とは、たとえば、導体層20の表面から1 μ m以内の範囲である。

[0024] 実施形態では、導体層20の表面にナノサイズのシリカ粒子が存在することで、導体層20と絶縁層10との間の密着性を高めることができる。なお、シリカ粒子は、絶縁層10に面する導体層20の全面にわたって存在してもよく、導体層20の表面の一部にのみ存在してもよい。導体層20の表面に複数個のシリカ粒子が存在する場合、これらのシリカ粒子は互いに個々の粒子が孤立して存在してもよい。

[0025] 導体層20の表面、あるいは絶縁層10と導体層20との界面付近にシリカ粒子が存在することで、絶縁層10と導体層20との間の密着性が高まる理由は、導体層20に用いられている金属材料（たとえば、銅）の焼成時の収縮挙動と、シリカ粒子の収縮挙動とが近いことが一因として考えられる。

[0026] また、導体層20に用いられている金属材料の焼成時の収縮挙動と、シリカ粒子の収縮挙動とが近くなる要因は、シリカ粒子のサイズが微小（ナノサイズ）であることが考えられる。

[0027] 仮にナノサイズよりも大きいシリカ粒子を用いた場合には、サイズに基づく粒度分布の広がりや、サイズに起因する熱容量の増加がある。そして、これらの要因が焼結挙動や密着性を変化させる要因となる。

[0028] なお、ナノサイズのシリカ粒子に換えて、複合酸化物のガラス粉末を用いた場合には、ガラス粉末が複数の成分を含むことから、ガラス粉末の熔融状態となる温度の範囲がナノサイズのシリカ粒子の場合よりも広くなる。

[0029] たとえば、ガラス粉末では、ナノサイズのシリカ粒子に比べて、熔融温度

が低温から始まる場合がある。また、ガラス粉末は広い粒度分布を有している場合が多い。これらの性状を有するガラス粉末を用いた場合には、ガラス粉末が焼成中に導体層 20 となる印刷パターン内で焼結に伴う凝集や移動が起きやすくなる。

[0030] その結果、導体層 20 を形成する際に、金属粒子が粒成長しやすく、また、導体層 20 中に空隙が発生しやすい。これは、ガラス粉末が印刷パターンの部分から絶縁層 10 となる領域に拡散しやすいからである。

[0031] 一方で、ナノサイズのシリカ粒子を用いた場合は、単一の組成であることから、熔融状態となる温度の範囲がガラス粉末の場合よりも狭い。その結果、導体層 20 は緻密質となり、絶縁層 10 に沿う面にゆるやかな形状の凹部が形成されやすくなる。

[0032] 実施形態に係るシリカ粒子の粒径は、平均粒径が 1 (nm) ~ 50 (nm) であるのがよい。この中で、シリカ粒子は、平均粒径が 20 (nm) であるものがよい。さらに、シリカ粒子は、下限 10 (nm)、上限 30 (nm) の積算量の割合が 70 (%) 以上であるのがよい。

[0033] 開示の導体層 20 は、後述するように、シリカ粒子と複合酸化物のガラス粉末とを金属粉末と混合した複合粉末を導体ペーストの固形分として用いることにより形成される。この場合、シリカ粒子は導体層 20 と絶縁層 10 との界面付近の導体層 20 側に存在する傾向があるが、複合酸化物のガラス粉末は導体層 20 中には見られない。複合酸化物のガラス粉末は、焼成中に導体層 20 から絶縁層 10 側へ拡散していると考えられる。こうして、導体層 20 中の非緻密質層 22 は、元々複合酸化物のガラス粉末が存在していた部分であると考えられる。

[0034] 緻密質層 21、23 は、導体層 20 の平面方向に帯状に空隙 25 を有しない部分を有する。特に、絶縁層 10 との界面から 2 (μm) 以下の範囲には空隙 25 がほとんど見られない。空隙 25 の割合としては、緻密質層 21、23 のうちの一方の所定の長さにおける面積を 100 (%) としたときに、空隙 25 の面積の割合は 3% 以下であるのが良い。空隙 25 の面積の割合が

3 (%) 以下の緻密質層 2 1 と空隙 2 5 の面積の割合が 3 (%) 以下の緻密質層 2 3 とが非緻密質層 2 2 を挟んだ構造である。

[0035] 非緻密質層 2 2 における空隙 2 5 の割合は、所定の長さにおける面積を 100 (%) としたときに 5 (%) 以上かつ 40 (%) 以下であるのがよい。この場合、所定の長さをさらに分割して計測を行った場合に、非緻密質層 2 2 には、空隙率が 5 (%) 以上かつ 10 (%) 以下の部分、10 (%) を超えて 30 (%) 以下の部分、30 (%) を超えて 40 (%) 以下の部分が平面方向に分布している状態となってもよい。

[0036] 導体層 2 0 における緻密質層 2 1 および緻密質層 2 3 と、非緻密質層 2 2 とを区別する方法としては、各部分の空隙率の差を用いるのがよい。この場合、緻密質層 2 1、緻密質層 2 3 と、非緻密質層 2 2 との間で、空隙率の差として 2 (%) 以上を目安にするとよい。空隙率の差は 5 (%) 以上、さらには 10 (%) 以上であってもよい。例えば、緻密質層 2 1、緻密質層 2 3 は空隙率が 3 (%) 以下である。一方、非緻密質層 2 2 は導体層 2 0 の厚み方向の中央に位置し、空隙率が 5 (%) 以上である。

[0037] 導体層 2 0 から緻密質層 2 1、緻密質層 2 3 および非緻密質層 2 2 を同定する場合、単に、導体層 2 0 を厚み方向に 3 等分してもよい。または、絶縁層 1 0 の主面に平行な直線を導体層 2 0 にそのまま平行になるように任意の位置に当てて、目視で緻密質層 2 1、2 3 と非緻密質層 2 2 とを指定してもよい。この場合、非緻密質層 2 2 の上下に位置する緻密質層 2 1、2 3 は厚み差が 1 (μm) 以下とするのがよい。

[0038] また、実施形態では、結晶子 2 4 が銅を主成分として構成され、複数の結晶子 2 4 は、直線状の辺を含む多角形状の結晶子 2 4 を含み、かかる辺を粒界として接していてもよい。これにより、高周波領域における界面導電率を高めることができるため、高周波領域で高い界面導電率を示す配線基板 1 を得ることができる。

[0039] ここで、結晶子 2 4 が有する「直線状の辺」の評価方法について、図 3 を用いて説明する。図 3 は、結晶子 2 4 の評価方法を示す説明図である。図 3

に示すように、結晶子24は、多角形状の断面を有している。例として図3に示す結晶子24は、辺S01～S08を有する八角形状の輪郭を有している。

[0040] かかる断面を含む導体層20を撮影した画像について、たとえばスケール（または物差し）30を用意して辺S01に沿うように位置させる。辺S01のうち、スケール（または物差し）30に沿っている部分の長さが、結晶子24の最長径 d_{MAX} の $1/2$ 以上であれば、「直線状の辺」と規定する。

[0041] また、その他の辺S02～S08についても、辺S01と同様に「直線状の辺」であるか否かをそれぞれ評価する。図3に示す例では、長さL01を有する辺S01および長さL07を有する辺S07が、「直線状の辺」と評価される。すなわち、図3に示す結晶子24は、2つの「直線状の辺」を有する。結晶子24の最長径 d_{MAX} は、 $1(\mu m)$ 以上 $10(\mu m)$ 以下であるのがよい。

[0042] たとえば、実施形態に係る導体層20につき、複数の結晶子24がそれぞれ有する各辺に対し、上記した評価を繰り返す。かかる場合、複数の結晶子24は、直線状の辺が2以上の結晶子24を個数割合で70(%)以上有してもよい。

[0043] このように、直線状の辺を2以上有する結晶子24が個数割合で70(%)以上となる導体層20を有する配線基板1では、高周波領域（たとえば、 $1(GHz) \sim 49(GHz)$ ）における界面導電率の低下を小さくすることができる。したがって、実施形態によれば、高周波領域における導体層20の界面導電率を高めることができる。

実施例

[0044] 以下、本開示の実施例を具体的に説明する。なお、以下に説明する実施例では、ガラスセラミックスで構成される絶縁層と、銅を主成分とする導体層とを有する配線基板について示すが、本開示は以下の実施例に限定されるものではない。

[0045] <実施例>

まず、絶縁層の材料として、アルミナ粒子40 (wt%) と、ホウケイ酸ガラス60 (wt%) との混合物を用意した。かかる混合物は、焼成温度が900 (°C) ~1000 (°C) のガラスセラミックス原料である。

[0046] また、有機バインダとして、ガラスセラミックス原料100 (質量部) に対して20 (質量部) のメタクリル酸イソブチル樹脂とフタル酸ジブチルを使用し、ドクターブレード成形により厚みが100 (μm) のグリーンシートを作製した。

[0047] また、導体層の原料として、平均粒径が2 (μm) の銅粉末 (純度99.9 (wt%)) と、平均粒径が20 (nm) のシリカ粒子と、平均粒径が2 (μm) のホウケイ酸ガラス粉末とを用意した。シリカ粒子は、下限10 (nm)、上限30 (nm) の積算量の割合が70 (%) 以上であった。

[0048] シリカ粒子の添加量は、銅粉末100 (質量部) に対して、1 (質量部) (すなわち、シリカ粒子の含有率1 (wt%)) とした。また、ガラス粉末の添加量は、銅粉末100 (質量部) に対して、1 (質量部) (すなわち、ガラス粉末の含有率1 (wt%)) とした。

[0049] また、有機バインダには、メタクリル酸イソブチル樹脂および、ブチルカルビトールアセテート、ジブチルフタレートの混合溶媒を用いた。そして、銅粉末100 (質量部) に対して5 (質量部) の割合でメタクリル酸イソブチル樹脂を添加し、さらにブチルカルビトールアセテート、ジブチルフタレートの混合溶媒を添加して銅粉末、シリカ粒子およびガラス粉末を含有する導体ペーストを調製した。

[0050] 次に、作製したグリーンシートの両表面に導体ペーストを所定の面積で印刷し、焼成した。焼成は、水素-窒素の混合ガスを用いた還元雰囲気中にて、最高温度を930 (°C)、保持時間を2時間として行った。グリーンシートは、複数枚を重ねて、厚みを500 (μm) とした。これにより、実施例の配線基板1を得た。

[0051] <参考例>

導体ペーストの作製工程における導電ペーストの組成以外は、上述の実施例と同様の手法および条件によって、参考例の配線基板1を得た。

[0052] なお、参考例では、導体ペーストの作製工程において、シリカ粒子は添加しなかった。また、ガラス粉末の添加量は、銅粉末100（質量部）に対して、1（質量部）（すなわち、ガラス粉末の含有率1（wt%））とした。

[0053] <各種評価>

次に、上記にて得られた実施例および参考例の配線基板1を切断し、かかる切断面を鏡面研磨して、断面を走査型電子顕微鏡（SEM）で観察した。図4は、実施例に係る導体層20のSEM観察写真を示す図である。

[0054] 図4に示すように、実施例の配線基板1では、導体層20が、金属を主成分とする複数の結晶子24の焼結体によって構成されることがわかる。また、実施例の配線基板1では、導体層20が、緻密質層21、非緻密質層22および緻密質層23が層状に積層される層状構造であることがわかる。

[0055] 導体層20から緻密質層21、非緻密質層22、緻密質層23を指定する場合、絶縁層10の主面に平行な直線を導体層20の任意の位置に平行に当てて、目視で緻密質層21、23と非緻密質層22とを指定した。この場合、非緻密質層22の上下に位置する緻密質層21、23は厚み差が1（ μm ）以下であった。

[0056] なお、作製した配線基板1では、図4に見られるように、導体層20の厚みが、その長手方向（図4では絶縁層10と導体層20との界面の方向）に異なる状態であったため、導体層20の厚みが1（ μm ）以内となるように分割して、その分割した部分からそれぞれ緻密質層21、23および非緻密質層22を同定するようにした。各層の空隙率は電子顕微鏡により撮影した写真を画像解析して求めた。

[0057] なお、図示はしていないが、参考例の配線基板1では、導体層20が緻密質層21、非緻密質層22および緻密質層23が積層される層状構造ではなかった。

[0058] すなわち、本開示では、導電ペーストにシリカ粒子およびガラス粉末を両

方添加することで、導体層20の厚み方向における中央部において、空隙25の形成が促進されると推測される。

[0059] また、上記にて得られたSEM観察写真を用いて、実施例および参考例における平面方向の直線長さL0に対する導体層20の輪郭20aの長さL1の割合L1/L0をそれぞれ測定した。

[0060] 具体的には、まず、断面写真に写った導体層20に対して、1つの輪郭20aの両端にA点およびB点を付して、かかるA点とB点との間に直線を引き、かかる直線の長さをL0とした。次に、画像処理装置を用いて、A点からB点までの輪郭20aの長さを求め、かかる長さをL1とした。最後に、両方の長さの比として、L1/L0を求めた。

[0061] また、上記にて得られたSEM観察写真を用いて、実施例における複数の結晶子24の辺の数を評価したところ、直線状の辺を2以上有する結晶子24が個数割合で70（%）以上あることを確認した。

[0062] また、上記にて得られた実施例および参考例の配線基板1の界面導電率をそれぞれ測定した。界面導電率は、以下に示す誘電体円柱共振器法にて測定した。また、測定用の試料としては、直径が50（mm）、両面のほぼ全面にわたって導体層20が形成されたものを用いた。

[0063] 誘電体円柱共振器法を利用した界面導電率の測定方法は、比誘電率、誘電損失が既知の誘電体材料からなる誘電体円柱の両端面または一方の端面に、上記導体が内部に形成された絶縁層を所定の関係になるように取り付けて誘電体共振器を形成することにより、導体と絶縁層との界面、すなわち導体界面での導電率を測定する方法である。

[0064] この測定方法の原理は、所定の寸法比（高さh/直径d）を有する誘電体円柱の両端面に、縁端効果が無視できる程度に充分大きな導体板（通常は、誘電体円柱の直径dの3倍程度の直径Dを有する導体板）を平行に設けて挟持した電磁界共振器を構成した場合、TE_{0mn}共振モード（以下、TE_{0mn}モードと称する）によって導体板に流れる高周波電流は短絡面、即ち、誘電体と導体との対向面だけに分布していることによるものである。

[0065] 誘電体共振器においては、TE_{omn}モード（ $m=1, 2, 3 \dots, n=1, 2, 3, \dots$ ）によって導体に流れる高周波電流は、導体と誘電体円柱と接する誘電体基板の界面だけに分布することを利用して、測定されたTE_{omn}モード（ $m=1, 2, 3 \dots, n=1, 2, 3, \dots$ ）の共振周波数 f_0 と無負荷 Q 、 Q_u から界面導電率を算出することができる。界面導電率は、周波数10（GHz）において測定した。

[0066] また、上記にて得られた実施例および参考例の配線基板1における絶縁層10と導体層20との間の密着性評価を、温度サイクル試験によって行った。この温度サイクル試験は、最高温度を125（℃）、最低温度を-55（℃）とし、最高温度および最低温度に各30分間放置した後、30秒間かけて温度を変化させる条件とし、1000サイクル行った。そして、温度サイクル試験後の試料について、絶縁層10と導体層20との間の剥離の有無を確認した。

[0067] ここで、実施例および参考例について、導体層20におけるシリカ粒子およびガラス粉末の含有率と、導体層20における L_1/L_0 の値と、導体層20におけるシリカ粒子の面積割合と、周波数10（GHz）における界面導電率の測定結果と、密着性の評価結果とを表1に示す。なお、周波数10（GHz）における界面導電率の測定結果は、直流における界面導電率を100（%）とした場合の相対値である。

[0068] [表1]

(表1)

	実施例	参考例
ガラス粉末含有率	1(wt.%)	1(wt.%)
シリカ粒子含有率	1(wt.%)	添加無し
L1/L0	1.05	1.06
界面導電率 (10GHz)	89(%)	88(%)
密着性評価	剥離無し	剥離有り

- [0069] 表1に結果を示した。表1における実施例の導体層20は、緻密質層21、非緻密質層22および緻密質層23が層状に積層された層状構造であったが、参考例の導体層20は、全体的に緻密質層21、23に相当する微構造組織となっていた。表1に示す実施例のように、導体層20を、緻密質層21、非緻密質層22および緻密質層23が層状に積層される層状構造とすることで、絶縁層10と導体層20との間の剥離を低減できることがわかる。
- [0070] また、表1に示すように、導体層20における $L1/L0$ の値を1.04~1.14の範囲にすることで、導体層20の界面導電率を89(%)にまで高くできることがわかる。作製した実施例の導体層20は、シリカ粒子を含むものであった。また、導体層20は、複数の結晶子24が直線状の辺を含む多角形状の結晶子24を含み、辺を粒界として接している構造を成していた。導体層20は、 $L1/L0$ の値を長手方向に分割して評価したところ、平均値は表1に示すように、1.05であったが、個々には、1.04~1.14を示す部分を有するものであった。
- [0071] 以上、本開示の実施形態について説明したが、本開示は上記実施形態に限定されるものではなく、その趣旨を逸脱しない限りにおいて種々の変更が可能である。たとえば、上記の実施形態では、導体層20の原料である導電ペーストにシリカ粒子の微粉末を添加する例について示したが、本開示はかかる例に限られない。
- [0072] たとえば、シリカ以外のセラミックス微粉末（たとえば、アルミナ微粉末など）を導電ペーストに添加させてもよい。これによっても、上記の実施形態と同様の効果を得ることができる。
- [0073] さらに効果や他の態様は、当業者によって容易に導き出すことができる。このため、本開示のより広範な態様は、以上のように表しかつ記述した特定の詳細および代表的な実施形態に限定されるものではない。したがって、添付の請求の範囲およびその均等物によって定義される総括的な発明の概念の精神または範囲から逸脱することなく、様々な変更が可能である。

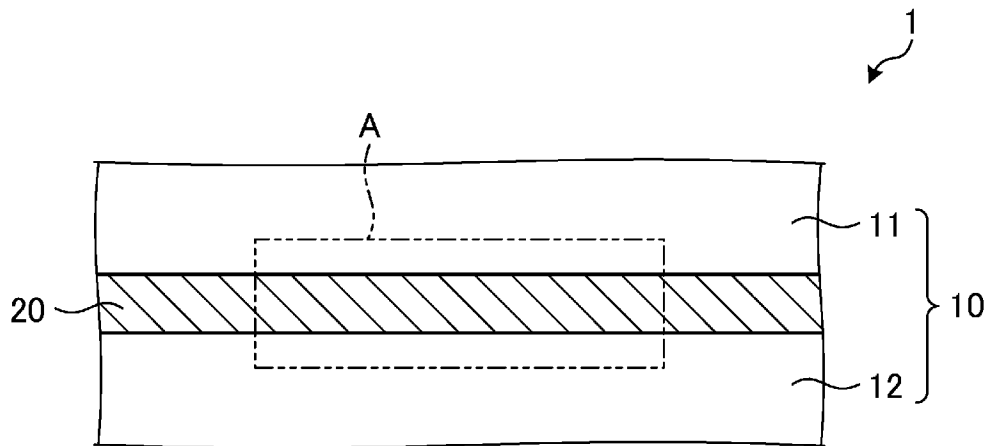
符号の説明

[0074]	1	配線基板
	1 0	絶縁層
	2 0	導体層
	2 0 a	輪郭
	2 1	緻密質層
	2 2	非緻密質層
	2 3	緻密質層
	2 4	結晶子
	2 5	空隙

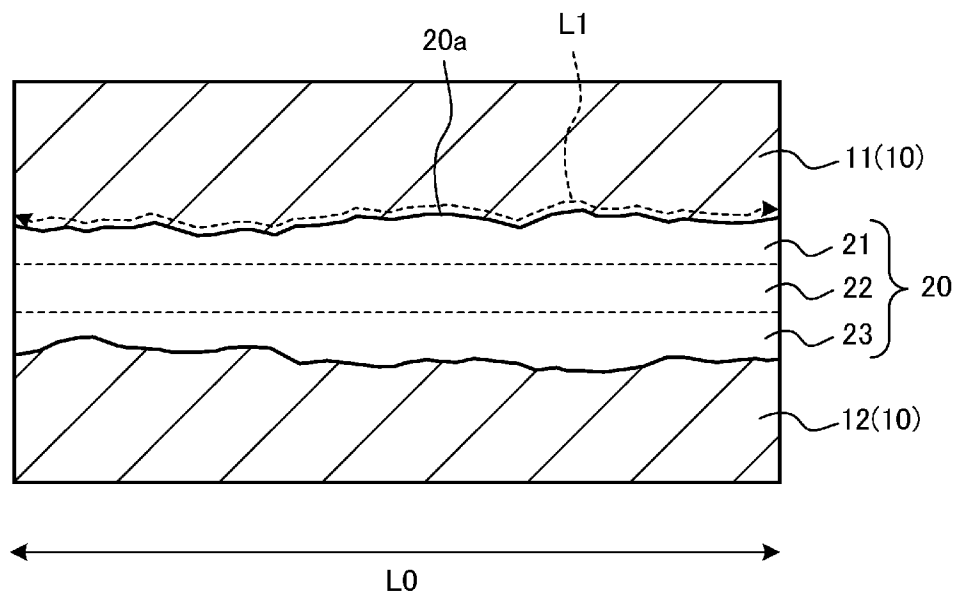
請求の範囲

- [請求項1] セラミックスで構成される絶縁層と、
前記絶縁層の内部において平面方向に延びる導体層と、
を備え、
前記導体層は、金属を主成分とする複数の結晶子の焼結体によって
構成され、厚み方向に緻密質層、非緻密質層および緻密質層がこの順
に層状に積層される層状構造である
配線基板。
- [請求項2] 断面視において前記導体層の特定範囲を指定し、前記平面方向の直
線長さを L_0 、前記導体層の輪郭の長さを L_1 とした場合に、 L_1 / L_0
は $1.04 \sim 1.14$ の範囲である
請求項1に記載の配線基板。
- [請求項3] 前記焼結体は、直径が $1 \text{ (nm)} \sim 50 \text{ (nm)}$ のシリカ粒子を含
む
請求項1または2に記載の配線基板。
- [請求項4] 前記結晶子は、銅を主成分として構成され、
複数の前記結晶子は、直線状の辺を含む多角形状の結晶子を含み、
前記辺を粒界として接している
請求項1～3のいずれか一つに記載の配線基板。
- [請求項5] 複数の前記結晶子は、前記辺が2以上の結晶子を個数割合で70（
%）以上有する
請求項4に記載の配線基板。

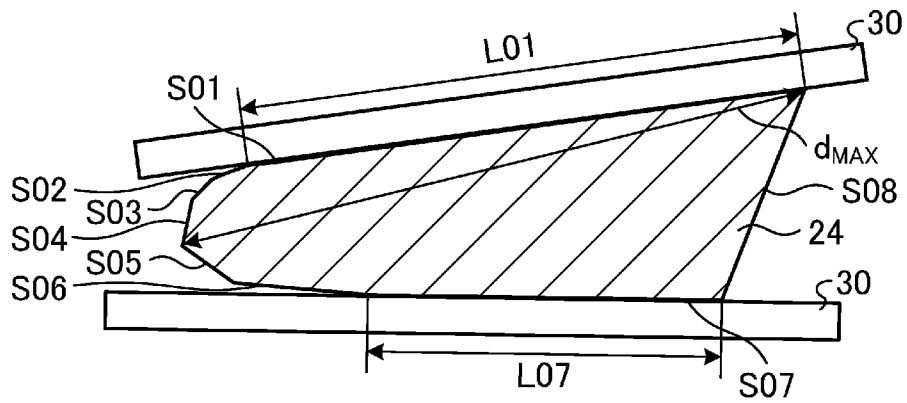
[図1]



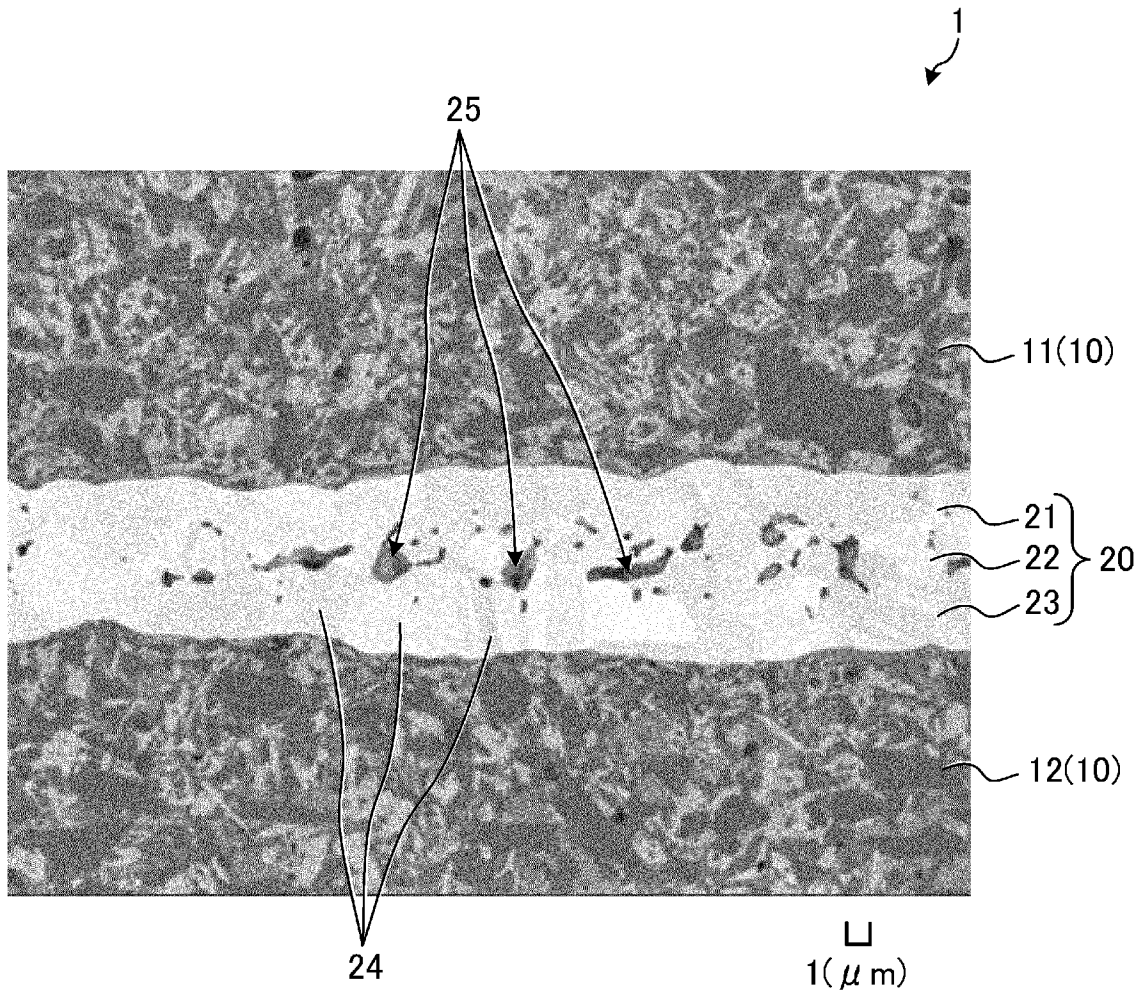
[図2]



[図3]



[図4]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/008933

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
<i>H05K 1/09</i> (2006.01)i FI: H05K1/09 A		
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) H05K1/09		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Published examined utility model applications of Japan 1922-1996 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2023 Registered utility model specifications of Japan 1996-2023 Published registered utility model applications of Japan 1994-2023		
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	JP 2002-43756 A (KYOCERA CORP) 08 February 2002 (2002-02-08) paragraphs [0015]-[0062], fig. 1-2	1-2
Y	paragraphs [0015]-[0062], fig. 1-2	2
A	paragraphs [0015]-[0062], fig. 1-2	3-5
Y	JP 2008-159726 A (KYOCERA CORP) 10 July 2008 (2008-07-10) paragraph [0031]	2
A	JP 2004-55559 A (NGK SPARK PLUG CO LTD) 19 February 2004 (2004-02-19) entire text, all drawings	1-5
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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 18 May 2023		Date of mailing of the international search report 30 May 2023
Name and mailing address of the ISA/JP Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2023/008933

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 2002-43756	A 08 February 2002	(Family: none)	
JP 2008-159726	A 10 July 2008	(Family: none)	
JP 2004-55559	A 19 February 2004	US 2004/0013860 A1 entire text, all drawings	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H05K 1/09(2006.01)i FI: H05K1/09 A		
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）） H05K1/09 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 - 2023年 日本国実用新案登録公報 1996 - 2023年 日本国登録実用新案公報 1994 - 2023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	JP 2002-43756 A（京セラ株式会社）08.02.2002（2002 - 02 - 08） 段落0015-0062, 図1-2	1-2
Y	段落0015-0062, 図1-2	2
A	段落0015-0062, 図1-2	3-5
Y	JP 2008-159726 A（京セラ株式会社）10.07.2008（2008 - 07 - 10） 段落0031	2
A	JP 2004-55559 A（日本特殊陶業株式会社）19.02.2004（2004 - 02 - 19） 全文, 全図	1-5
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> 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抵触するものではなく、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	18.05.2023	国際調査報告の発送日 30.05.2023
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官） 柴垣 宙央 5D 7895 電話番号 03-3581-1101 内線 3551	

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2023/008933

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2002-43756 A	08.02.2002	(ファミリーなし)	
JP 2008-159726 A	10.07.2008	(ファミリーなし)	
JP 2004-55559 A	19.02.2004	US 2004/0013860 A1 全文, 全図	