

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5677585号
(P5677585)

(45) 発行日 平成27年2月25日(2015.2.25)

(24) 登録日 平成27年1月9日(2015.1.9)

(51) Int.Cl. F I
H05K 1/09 (2006.01) H05K 1/09 C

請求項の数 6 (全 15 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2013-540701 (P2013-540701) (86) (22) 出願日 平成24年9月28日 (2012.9.28) (86) 国際出願番号 PCT/JP2012/075166 (87) 国際公開番号 W02013/061727 (87) 国際公開日 平成25年5月2日 (2013.5.2) 審査請求日 平成26年4月8日 (2014.4.8) (31) 優先権主張番号 特願2011-237451 (P2011-237451) (32) 優先日 平成23年10月28日 (2011.10.28) (33) 優先権主張国 日本国(JP)</p>	<p>(73) 特許権者 000006633 京セラ株式会社 京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町6番地 (72) 発明者 中村 清隆 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 (72) 発明者 大橋 嘉雄 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 (72) 発明者 四方 邦英 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 審査官 小川 悟史</p>
---	--

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 回路基板およびこれを備える電子装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

酸化アルミニウム質焼結体、酸化ジルコニウム質焼結体、酸化アルミニウムと酸化ジルコニウムの複合焼結体、窒化珪素質焼結体、窒化アルミニウム質焼結体またはムライト質焼結体のいずれかからなるセラミック焼結体の少なくとも一方の主面に、主成分が銅からなる金属配線層を備えてなり、前記金属配線層は、前記主面に接し、ガラス成分を含有する第1の領域と、該第1の領域の上に位置し、ガラス成分を含有しない第2の領域とを有し、前記第1の領域の厚みが前記金属配線層の厚みの35%以上70%以下であり、前記第1の領域における銅の平均粒径が前記第2の領域における銅の平均粒径よりも小さいことを特徴とする回路基板。

【請求項2】

前記第1の領域における金属の平均粒径が3.0μm以上8.0μm以下であることを特徴とする請求項1に記載の回路基板。

【請求項3】

前記第2の領域における金属の平均粒径が9.0μm以上13.0μm以下であることを特徴とする請求項1または請求項2に記載の回路基板。

【請求項4】

前記金属配線層の表面に酸化銅が存在し、1000μm²の観察領域における粒界に、前記酸化銅が15個以上80個以下存在することを特徴とする請求項1乃至請求項3のいずれかに記載の回路基板。

【請求項 5】

前記第 1 の領域に含まれるガラス成分を構成する酸化珪素が、前記第 1 の領域における前記主面側よりも前記第 2 の領域側に多いことを特徴とする請求項 1 乃至請求項 4 のいずれかに記載の回路基板。

【請求項 6】

請求項 1 乃至請求項 5 のいずれかに記載の回路基板に電子部品を搭載してなることを特徴とする電子装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、回路基板およびこの回路基板に電子部品を搭載してなる電子装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

半導体素子、発熱素子、ペルチェ素子等の各種電子部品の搭載に用いられる回路基板は、セラミック焼結体の少なくとも一方の主面に金属配線層を備えてなるものであり、この回路基板における金属配線層上に電極パッド等を介して電子部品を搭載してなる電子装置が各種機器において使用されている。

【0003】

そして、このような回路基板においては、回路基板に搭載される電子部品の動作時に生じる熱によって、金属配線層がセラミック焼結体から剥離することを少なくするため、セラミック焼結体との密着強度を向上させるべく金属配線層となるペーストの材料開発や金属配線層の形成方法の検討がなされている。

【0004】

例えば、特許文献 1 には、銅導体ペーストを基板上に印刷し、焼成することにより銅膜を形成する厚膜回路基板の製造方法において、セラミック基板上にガラスフリットを含有する銅導体ペーストを印刷、乾燥した 1 層目の層を形成し、続いてその上にガラスフリットを含有しない銅導体ペーストを印刷、乾燥した層を少なくとも 1 層形成した後、焼成して厚膜の銅膜を形成することを特徴とする銅導体ペーストを用いた厚膜回路基板の製造方法が提案されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献 1】特開 2003 - 243804 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

近年の電子部品の高集積化、電子装置の小型化や薄型化によって、回路基板の体積当たりに加わる熱量が大きくなってきていることから、今般、回路基板を構成する金属配線層には、電子部品の動作によって生じる熱を素早く放熱可能な優れた放熱特性と、セラミック焼結体との高い密着強度とによって、電子部品の動作と非動作とを繰り返したときの冷熱サイクルによる剥離が少ないことが求められており、このような要求を満たす信頼性の高い回路基板が求められている。

【0007】

本発明は、上記要求を満たすべく案出されたものであり、長期間にわたって使用可能な信頼性の高い回路基板およびこの回路基板に電子部品を搭載してなる電子装置を提供するものである。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明の回路基板は、酸化アルミニウム質焼結体、酸化ジルコニウム質焼結体、酸化ア

10

20

30

40

50

ルミニウムと酸化ジルコニウムの複合焼結体、窒化珪素質焼結体、窒化アルミニウム質焼結体またはムライト質焼結体のいずれかからなるセラミック焼結体の少なくとも一方の主面に、主成分が銅からなる金属配線層を備えてなり、前記金属配線層は、前記主面に接し、ガラス成分を含有する第1の領域と、該第1の領域の上に位置し、ガラス成分を含有しない第2の領域とを有し、前記第1の領域の厚みが前記金属配線層の厚みの35%以上70%以下であり、前記第1の領域における銅の平均粒径が前記第2の領域における銅の平均粒径よりも小さいことを特徴とするものである。

【0009】

また、本発明の電子装置は、上記構成の本発明の回路基板に電子部品を搭載してなることを特徴とするものである。

【発明の効果】

【0010】

本発明の回路基板は、金属配線層がセラミック焼結体に対する高い密着強度と優れた放熱特性とを併せ持つことから、電子部品の動作と非動作とを繰り返したときの冷熱サイクルによって、セラミック焼結体から金属配線層が剥離することの少ない、信頼性の高い回路基板とすることができる。

【0011】

また、本発明の電子装置によれば、上記構成の本発明の回路基板に電子部品を搭載してなることにより、長期間にわたって使用可能な信頼性の高い電子装置とすることができる。

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】本実施形態の回路基板を備える電子装置の一例を示す断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0013】

以下、本実施形態の一例について図面を参照しながら説明する。図1は、本実施形態の回路基板を備える電子装置の一例を示す断面図である。本実施形態の電子装置1は、セラミック焼結体11の一方の主面に金属配線層12を備えてなる回路基板10上に、電子部品13を搭載してなるものである。なお、図1において、電子部品13は、金属配線層12上の電極パッド14を介して搭載された例を示している。

【0014】

そして、本実施形態の回路基板10において、金属配線層12は、セラミック焼結体11の一方の主面に接し、ガラス成分を含有する第1の領域12aと、第1の領域12aの上に位置し、ガラス成分を含有しない第2の領域12bとを有してなる。また、第1の領域の厚み12aが金属配線層12の厚みの35%以上70%以下であり、第1の領域12aにおける金属の平均粒径が第2の領域12bにおける金属の平均粒径よりも小さいものである。

【0015】

本実施形態の回路基板10は、金属配線層12がセラミック焼結体11に対する高い密着強度と優れた放熱特性とを併せ持つことから、電子部品13の動作と非動作とを繰り返したときの冷熱サイクルによって、セラミック焼結体11から金属配線層12が剥離することの少ない、信頼性の高い回路基板10とすることができる。

【0016】

以下に、金属配線層12がセラミック焼結体11に対する高い密着強度と優れた放熱特性とを併せ持つことができる理由について説明する。

【0017】

まず、第1の領域12aに含まれるガラス成分が、第1の領域12aの形成時において、金属粒子の成長を抑制するため、第1の領域12aを緻密に形成することができる。そして、このように緻密であることによって、金属粒子間に存在するガラス成分を強固に支えることができるため、セラミック焼結体11に対する密着強度を向上させることができる。また、第2の領域12bは、ガラス成分を含んでいないため、電気抵抗が高くなって放熱特性を

10

20

30

40

50

低下させることがない。

【0018】

また、金属配線層12の厚みに対する第1の領域12aの厚みを35%以上70%以下としたのは、金属配線層12の厚みに対する第1の領域12aの厚みが35%未満では、セラミック焼結体11に対する密着強度を高めることができないからであり、また、金属配線層12の厚みに対する第1の領域12aの厚みが70%を超えるときには、第2の領域12bの厚みが薄くなり、放熱特性を高めることができなくなるからである。

【0019】

また、第1の領域12aにおける金属の平均粒径が、第2の領域12bにおける金属の平均粒径よりも小さいことにより、セラミック焼結体11に対する密着強度を向上させることができる。そして、第2の領域12bにおける金属の平均粒径が、第1の領域aにおける金属の平均粒径よりも大きいことにより金属配線層12の放熱特性を高めることに寄与するのである。

【0020】

次に、第1の領域12aと第2の領域12bとの境界は、例えば、以下の方法で確認することができる。まず、セラミック焼結体11の主面に金属配線層12を備える回路基板10を厚み方向に切断した面を測定面とする。そして、この測定面について、電子線マイクロアナライザ分析装置(E.P.M.A)を用いることによってマッピング化し、このマッピングを確認することにより、第1の領域12aと第2の領域12bとの境界を確認できる。具体的には、ガラス成分として酸化珪素を含むものであるとき、SiのマッピングとOのマッピングとにおいて、各存在領域の重なるところが第1の領域12aであり、それ以外が第2の領域12bである。なお、Oのマッピングと重ねずとも、Siのマッピングのみで、存在領域の境界が確認できれば、その境界は、第1の領域12aと第2の領域12bとの境界ということができる。

【0021】

また、平均粒径の測定方法については、まず、セラミック焼結体11上の金属配線層12にめっき銅線等を半田付けした後にこのめっき銅線を引っ張って金属配線層12をセラミック焼結体11から剥離する。ここで、剥離面が第1の領域12aにおける金属の平均粒径測定用の測定面となり、剥離面の反対側の面が第2の領域12bにおける金属の平均粒径測定用の測定面となる。なお、前処理としては、各測定面につき、走査型電子顕微鏡(SEM)を用いて3000倍の倍率で観察し、画像解析ソフト「A像くん」(登録商標、旭化成エンジニアリング(株)製)を用いることにより平均粒径を算出することができる。

【0022】

そして、第1の領域12aにおける金属の平均粒径が $3.0\mu\text{m}$ 以上 $8.0\mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。第1の領域12aにおける平均粒径が $3.0\mu\text{m}$ 以上 $8.0\mu\text{m}$ 以下であるときには、密着強度を向上させることができるとともに、第1の領域12aにおける放熱特性を向上させることができる。

【0023】

また、第2の領域12bにおける平均粒径が $9.0\mu\text{m}$ 以上 $13.0\mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。第2の領域12bにおける平均粒径が $9.0\mu\text{m}$ 以上 $13.0\mu\text{m}$ 以下であるときには、優れた放熱特性を有しつつ、電子部品13の搭載面となる金属配線層12の表面、すなわち第2の領域12bの表面の算術平均粗さ(Ra)の値を小さくすることができる。なお、以下の記載において、金属配線層12の表面とは、図1において第2の領域の上面のことを指す。

【0024】

次に、本実施形態の回路基板10を構成する金属配線層12は、銅、銀またはアルミニウムを主成分とすることが好ましく、特に銅を主成分とすることが好ましい。金属配線層12が銅を主成分とするときには、銅は熱伝導性が高いため放熱特性を高めることができる。また、副成分として、ジルコニウム、チタン、モリブデン、スズまたは亜鉛のうち少なくとも1種を含有してもよい。なお、金属配線層12の主成分とは、金属配線層12を構成する成分のうち、50質量%を超える成分のことをいう。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 5 】

また、金属配線層12の表面に酸化銅が存在し、 $1000\mu\text{m}^2$ の観察領域における粒界に、この酸化銅が15個以上80個以下存在することが好ましい。金属配線層12が気孔を有するものであるとき、金属配線層12の表面にめっき処理を施した際、めっき液が気孔を伝って浸透すれば、ガラス成分が侵食されてセラミック焼結体11に対する密着強度低が低下することとなる。特に、ガラス成分にBiが含まれる場合に侵食が顕著である。これに対し、金属配線層12の表面に酸化銅が存在し、 $1000\mu\text{m}^2$ の視野における粒界に、この酸化銅が15個以上80個以下存在することにより、粒界に存在する酸化銅によって気孔が埋められることから気孔を減らすことができるため、めっき処理後においても高い密着強度を維持することができる。また、酸化銅が15個以上80個以下であれば、電気抵抗が高くなるおそれも少ないため、めっき処理後においても高い密着強度を維持することができるのと同時に、低い電気抵抗を維持することができる。

10

【 0 0 2 6 】

なお、酸化銅のカウント方法は、SEMを用いて金属配線層12の表面を3000倍の倍率で観察し、観察領域における粒界の存在箇所を確認する。次に、EPMAを用いて得られたCuのマッピングとOのマッピングとにおいて、各存在領域の重なるところが酸化銅の存在箇所となる。そして、粒界の存在箇所と酸化銅の存在箇所とを照らし合わせ、各存在箇所の重なるところが粒界に存在する酸化銅であり、この数をカウントすればよい。

【 0 0 2 7 】

また、観察領域が $1000\mu\text{m}^2$ よりも小さいもしくは大きい場合は、実際の測定における観察領域で得られた酸化銅の数を、 $1000\mu\text{m}^2$ の観察領域における酸化銅の数に換算すればよい。

20

【 0 0 2 8 】

また、第1の領域12aに含まれるガラス成分を構成する酸化珪素が、第1の領域12aにおける主面側よりも第2の領域12b側に多いことが好ましい。このような構成であるときには、金属配線層12の表面にめっき処理を施した際、金属配線層12の内部にめっき液が浸透したとしても、第1の領域12aにおける第2の領域12b側に耐薬品性の高い酸化珪素が多く存在していることから、セラミック焼結体11に対する金属配線層12の密着強度に大きな影響を及ぼす第1の領域12aにおける主面側のガラス成分が侵食されるおそれは少なくなるため、めっき処理後においても高い密着強度を維持することができる。

30

【 0 0 2 9 】

なお、第1の領域12aにおける主面側とは、セラミック焼結体11の主面から第1の領域12aの厚みの $1/5$ にあたる部分までのことであり、第2の領域12b側とは、第1の領域12aと第2の領域12bとの境界から第1の領域12aの厚みの $1/5$ にあたる部分までのことである。また、主面側および第2の領域12b側における酸化珪素の含有量は、セラミック焼結体11の主面に金属配線層12を備える回路基板10を厚み方向に切断し、クロスセクションポリッシュ加工を行なった後、第1の領域12aにおける主面側および第2の領域12b側について、SEMを用いて3000倍の倍率で観察し、付設のエネルギー分散型分析装置(EDS)を用いて求めればよい。

【 0 0 3 0 】

また、本実施形態の回路基板10を構成するセラミック焼結体11は、酸化アルミニウム質焼結体、酸化ジルコニウム質焼結体、酸化アルミニウムと酸化ジルコニウムの複合焼結体、窒化珪素質焼結体、窒化アルミニウム質焼結体またはムライト質焼結体を用いることができる。なお、原料コストを含めた作製コストや基板の加工性の観点から、セラミック焼結体11は酸化アルミニウム質焼結体からなることが好ましい。

40

【 0 0 3 1 】

また、回路基板10に搭載される電子部品13としては、例えば、絶縁ゲート・バイポーラ・トランジスタ(IGBT)素子、インテリジェント・パワー・モジュール(IPM)素子、金属酸化膜型電界効果トランジスタ(MOSFET)素子、発光ダイオード(LED)素子、フリーホイールリングダイオード(FWD)素子、ジャイアント・トランジスタ(

50

GTR)素子、ショットキー・バリア・ダイオード(SBD)等の半導体素子、昇華型サーマルプリンタヘッドまたはサーマルインクジェットプリンタヘッド用の発熱素子、ペルチェ素子等を用いることができる。

【0032】

以下、本実施形態の回路基板10の製造方法の一例について説明する。

【0033】

まず、酸化アルミニウム(Al_2O_3)の粉末と、焼結助剤である酸化珪素(SiO_2)、酸化マグネシウム(MgO)、酸化カルシウム(CaO)等の粉末とを用いて公知の方法により酸化アルミニウム質焼結体を作製する。

【0034】

次に、金属配線層12となる金属ペーストを準備する。なお、この金属ペーストとしては、第1の領域12aを形成する第1の金属ペーストと、第2の領域12bを形成する第2の金属ペーストとを準備する。第1の金属ペーストは、銅、銀またはアルミニウムを主成分とする金属粉末と、ガラス粉末と、有機ビヒクルとを含有する。また、第2の金属ペーストは、銅、銀またはアルミニウムの少なくとも1種を主成分とする金属粉末と、有機ビヒクルとを含有する。また、必要に応じて各金属ペーストには、金属酸化物粉末を加えても良い。

【0035】

ここで、第1の領域12aを形成する第1の金属ペーストの一例について、銅を主成分とする場合について説明する。まず金属粉末としては、平均粒径が $1.0\mu m$ 以上 $3.5\mu m$ 以下であり、第1の金属粉末と、平均粒径が第1の金属粉末の平均粒径の13.5%以上16.5%以下であり、第2の金属粉末とを準備する。そして、第1の金属粉末を65質量%以上75質量%以下、第2の金属粉末を25質量%以上35質量%以下とした混合金属粉末を用いる。特に、第1の金属粉末を68質量%以上72質量%以下、第2の金属粉末を28質量%以上32質量%以下で混合した金属粉末を用いることが好ましい。なお、銀やアルミニウムを主成分とする場合も同様に混合した金属粉末を用いることが好ましい。

【0036】

このような割合の混合金属粉末を用いれば、平均粒径の大きい第1の金属粉末の粒子同士の隙間に、平均粒径が第1の金属粉末の平均粒径の13.5%以上16.5%以下である第2の金属粉末が入ることによって、第1の金属粉末の粒子同士の隙間を埋めるとともに、第1の金属ペーストの焼結性を向上させることができるため、第1の領域12aを緻密に形成することができる。

【0037】

次に、ガラス粉末としては、軟化点が600以上700以下のものを用いることが好ましい。軟化点が600以上700以下であるときには、第1の金属のペーストの焼成において、軟化点が600未満のものよりも金属粉末の粒子の成長を抑制することによって第1の領域12aを緻密にすることができるとともに、軟化点が700を超えるものよりもセラミック焼結体11と第1の領域12aとの界面に密着強度を向上させるガラス成分が存在しやすくなることから、セラミック焼結体11と第1の領域12aとの密着強度を向上させることができる。

【0038】

このガラス粉末の種類としては、例えば、 SiO_2 系、 ZnO 系、 R_2O-SiO_2 系(R :アルカリ金属元素)、 $R_2O-ZnO-SiO_2$ 系、 $SiO_2-B_2O_3$ 系、 $SiO_2-ZnO-B_2O_3$ 系、 $R_2O-SiO_2-B_2O_3$ 系、 $R_2O-ZnO-SiO_2-B_2O_3$ 系、 $SiO_2-B_2O_3-Bi_2O_3$ 系、 $SiO_2-ZnO-B_2O_3-Bi_2O_3$ 系、 $R_2O-SiO_2-B_2O_3-Bi_2O_3$ 系、 $R_2O-SiO_2-ZnO-B_2O_3-Bi_2O_3$ 系などが挙げられる。特に、 Bi_2O_3 を含有するガラス粉末を用いることが好ましい。これは、 Bi_2O_3 を含有するガラス粉末を用いたときには、セラミック焼結体11に対する第1の金属ペーストの濡れ性が良好となり、セラミック焼結体11と第1の領域12aとの密着強度を高められるからである。

10

20

30

40

50

【0039】

また、ガラス粉末の平均粒径は $0.5\mu\text{m}$ 以上 $4.0\mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。特に、第1の金属ペーストに用いる金属粉末の構成が上述した範囲であるとき、ガラス粉末の平均粒径が $0.5\mu\text{m}$ 以上 $4.0\mu\text{m}$ 以下であれば、第1の領域12aをより緻密にすることができるとともに、セラミック焼結体11と第1の領域12aとの密着強度をさらに向上させることができる。

【0040】

また、有機ビヒクルは、有機バインダを有機溶剤に溶解したものであり、例えば、有機バインダと有機溶剤の比率は、有機バインダ1に対し、有機溶剤が2～6である。そして、有機バインダとしては、例えば、ポリブチルメタクリレート、ポリメチルメタクリレート等のアクリル類、ニトロセルロース、エチルセルロース、酢酸セルロース、ブチルセルロース等のセルロース類、ポリオキシメチレン等のポリエーテル類、ポリブタジエン、ポリイソプレン等のポリビニル類から選択される1種もしくは2種以上を混合して用いることができる。

【0041】

また、有機溶剤としては、例えば、カルピトール、カルピトールアセテート、テルピネオール、メタクレゾール、ジメチルイミダゾール、ジメチルイミダゾリジノン、ジメチルホルムアミド、ジアセトンアルコール、トリエチレングリコール、パラキシレン、乳酸エチル、イソホロンから選択される1種もしくは2種以上を混合して用いることができる。

【0042】

そして、第1の金属ペーストにおける金属粉末、ガラス粉末、有機ビヒクルの配合比としては、第1の金属ペーストを100質量%としたとき、金属粉末を77.0質量%以上87.0質量%以下、ガラス粉末を0.5質量%以上5質量%以下、有機ビヒクルを10質量%以上20質量%以下の範囲とする。

【0043】

また、セラミック焼結体11が酸化アルミニウム質焼結体であり、第1の金属ペーストに含有させる金属酸化物が酸化銅(CuO または Cu_2O)であるときには、アルミン酸銅(CuAl_2O_4 または CuAlO_2)が生成されやすくなり、セラミック焼結体11と第1の領域12aとの密着強度を高くすることができる。また、第1の金属ペーストに含有させる金属酸化物が酸化アルミニウム(Al_2O_3)であるときには、第1の領域12aの熱膨張係数を酸化アルミニウム質焼結体の熱膨張係数に近づけることができ、セラミック焼結体11と第1の領域12aとの熱膨張係数差によって、セラミック焼結体11と第1の領域12aとが剥離するおそれを少なくすることができる。

【0044】

次に、第2の領域12bを形成する第2の金属ペーストについて説明する。金属粉末としては、平均粒径が $2.0\mu\text{m}$ 以上 $4.5\mu\text{m}$ 以下である金属粉末を用いる。また、有機ビヒクルおよび有機溶剤は、第1の金属ペーストで用いたものと同じものを使用すれば良い。

【0045】

そして、第2の金属ペーストにおける金属粉末、有機ビヒクルの配合比としては、第2の金属ペーストを100質量%としたとき、金属粉末を80質量%以上90質量%以下、有機ビヒクルを10質量%以上20質量%以下の範囲とする。第2の金属ペーストを上述した構成とし、第2の金属ペーストにはガラス粉末を含まないことで、金属粉末の粒子の成長が抑制されないことから、第2の領域12bの平均粒径は、第1の領域12aの平均粒径よりも大きくなり、第2の領域12bは放熱特性に優れたものとすることができる。

【0046】

次に、第1の金属ペーストおよび第2の金属ペーストを用いた金属配線層12の形成方法について説明する。まず、公知のスクリーン印刷法により第1の金属ペーストをセラミック焼結体11の主面に印刷し、乾燥させた後に焼成することにより、第1の領域12aを形成する。次に、第1の領域12aの上に、第2の金属ペースト2を印刷し、乾燥させた後に焼成することによって、第2の領域12bを形成することができ、これにより、第1の領域12

10

20

30

40

50

aと第2の領域12bとからなる金属配線層12が形成されることとなる。

【0047】

なお、第1の金属ペーストおよび第2の金属ペーストは、所望の厚みとするために、印刷、乾燥のサイクルを複数回行って焼成してもよいが、ガラス粉末を含む第1の金属ペーストと、第2の金属のペーストとを同時に焼成したときには、第1の金属ペーストに含まれていたガラス成分が移動して、第2の領域12bにガラス成分が残存するおそれが生じる。そのため、第2の金属ペーストの印刷は、焼成を終えた第1の領域12aの上に行なうことが好ましい。これにより、第2の領域12bにガラス成分が残存することはないため、放熱特性を十分に発揮することができる。

【0048】

また、印刷した毎に乾燥させて焼成すれば、金属ペースト中に含まれる有機ビヒクルを十分に蒸発させて取り除くことができるので、形成された金属配線層12に膨れが生じることは少なく、有機物の残存も少ないことから、放熱特性の低下を招くおそれを少なくすることができる。

【0049】

そして、上述した第1の金属ペーストおよび第2の金属ペーストの乾燥は、80 以上150 以下の温度で行ない、焼成については、850 以上1050 以下の最高温度で0.5時間以上3時間以下保持して焼成する。なお、金属粉末がアルミニウムであるときには、500 以上600 以下の最高温度で0.5時間以上3時間以下保持して焼成すればよい。また、金属粉末が銀であるときには、800 以上1000 以下の最高温度で0.5時間以上3時間以下保持して焼成すればよい。なお、この焼成時の雰囲気は、金属ペーストの酸化を抑制すべく例えば、酸素濃度の低い窒素雰囲気中で焼成する。そして、以上の製造方法により、セラミック焼結体11の主面に金属配線層12を備えた回路基板10を得ることができる。

【0050】

また、金属配線層12の表面の部分的もしくは全面にめっき処理を行なってもよい。このようにめっき処理を行なうことによって、電極パッド14やボンディングワイヤ15などの密着処理がしやすくなり、金属配線層12が酸化腐蝕するのを抑制することができる。めっきの種類としては公知のめっきであればよく、例えば、金めっき、銀めっきまたはニッケル-金めっきなどが挙げられる。

【0051】

また、金属配線層12の形成において、セラミック焼結体11の主面の例えば全面に第1の領域12aと第2の領域12bとを有する金属配線層12を形成してから、金属配線層12の必要領域にレジスト膜を形成し、塩化第二鉄、塩化第二銅またはアルカリからなるエッチング液等を用いてエッチングし、その後、水酸化ナトリウム水溶液等を用いてレジスト膜を除去することで、必要領域に金属配線層12を形成してもよい。

【0052】

また、金属配線層12の厚みは30 μm 以上80 μm 以下であることが好ましい。金属配線層12の厚みが30 μm 以上80 μm 以下であるときには、電子部品13の動作による熱を放熱することができるとともに、セラミック焼結体11との高い密着強度が得られ、エッチングによる金属配線層12の形成において、金属配線層12の間隔を狭くすることができ、狭ピッチ化および細線化を図ることができる。

【0053】

また、セラミック焼結体11に貫通孔を設けて、貫通孔内に例えば第1の金属ペーストを用いて貫通導体を形成して、金属配線層12と繋げて放熱特性を向上させてもよい。また、セラミック焼結体11の他方主面にも金属配線層12を形成し、貫通導体と繋げることによってさらに放熱特性を向上させてもよい。

【0054】

また、金属配線層12の表面に酸化銅を存在させるには、用いる金属粉末を銅とし、焼成時における焼成雰囲気中の酸素濃度を調整すればよい。金属配線層12の表面の1000 μm^2 の観察領域における粒界に、15個以上80個以下の酸化銅を存在させるには、用いる金属粉

10

20

30

40

50

末として、粒度分布における d_{10} が $1 \sim 2 \mu\text{m}$ のものを用い、焼成雰囲気中の酸素濃度を $30 \sim 120 \text{ppm}$ とすればよい。

【0055】

また、第1の領域12aに含まれるガラス成分を構成する酸化珪素が、第1の領域12における主面側より第2の領域12b側で多いものとするには、第1の領域12を形成する第1の金属ペーストとして、酸化珪素の含有量の異なる2種類のペーストを用意し、主面側に酸化珪素の含有量の少ない方、第2の領域12b側に酸化珪素の含有量の多い方のペーストを用いて第1の領域12aを形成すればよい。

【0056】

そして、上述した製造方法により得られた本実施形態の回路基板10は、金属配線層12が電子部品の動作によって生じる熱を素早く放熱可能な優れた放熱特性を有しているとともに、セラミック焼結体との高い密着強度によって、電子部品13の動作と非動作とを繰り返したときの冷熱サイクルによる金属配線層12の剥離が少ないことから、長期間にわたって使用可能な信頼性の高い回路基板10とすることができる。

【0057】

また、本実施形態の回路基板10の製造方法は上述した製造方法に限るものではない。なお、回路基板10は、分割溝が形成されたセラミック焼結体11を用いて、上述した方法で金属配線層12を形成した後分割すれば、本実施形態の回路基板10を効率よく作製可能である。

【0058】

そして、金属配線層12上に、例えば電極パッド14を介して電子部品13を搭載することにより、本実施形態の電子装置1とすることができる。この本実施形態の電子装置1は、上述したように長期間にわたって使用可能な信頼性の高い本実施形態の回路基板10に電子部品13を搭載してなることから、本実施形態の電子装置1についても、長期間にわたって使用可能な信頼性の高いものとなる。

【0059】

以下、本発明の実施例を具体的に説明するが、本発明は以下の実施例に限定されるものではない。

【実施例1】

【0060】

第1の領域および第2の領域の金属の平均粒径と金属配線層における厚みの割合とを異ならせた試料を作製し、密着強度および熱伝導率の測定、ならびにヒートサイクル試験を行なった。

【0061】

まず、酸化珪素および酸化マグネシウムを焼結助剤とし、酸化アルミニウムの含有量が96質量%の酸化アルミニウム質焼結体を作製した。なお、セラミック焼結体11には、試料を多数個取りできるように、溝加工を施した。

【0062】

次に、試料No. 1~7の第1の領域を形成する第1の金属ペーストは、銅からなり、平均粒径の異なる金属粉末を混合した混合金属粉末（平均粒径が $2.8 \mu\text{m}$: 平均粒径が $0.4 \mu\text{m} = 7 : 3$ ）を82質量%と、平均粒径が $2.5 \mu\text{m}$ であり、軟化点が630の $\text{Bi}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2 - \text{B}_2\text{O}_3$ 系ガラス粉末を3質量%と、有機ビヒクル（有機バインダであるアクリル樹脂：有機溶剤であるテルピネオール = 1 : 4）を15質量%とを調合して作製した。

【0063】

また、試料No. 1~7の第2の領域を形成する第2の金属ペーストは、平均粒径が $2.8 \mu\text{m}$ の銅からなる金属粉末を85質量%と、有機ビヒクル（有機バインダであるアクリル樹脂：有機溶剤であるテルピネオール = 1 : 4）を15質量%とを調合して作製した。

【0064】

そして、得られた第1の金属ペーストを用いてスクリーン印刷法によりセラミック焼結体11の一方の主面に印刷を行なった。なお、印刷の回数は、表1に示す第1の領域の厚み

10

20

30

40

50

となるように調整し、印刷するごとに乾燥および焼成を行なった。そして、第1の領域の上に、第2の金属ペーストを印刷した。また、印刷の回数は、表1に示す第1の領域の厚みとなるように調整し、印刷するごとに乾燥および焼成を行なった。

【0065】

なお、金属配線層12の厚みは70 μ mとなるように形成した。また、乾燥は100 $^{\circ}$ Cにて行ない、その後、酸素濃度を5ppmに調整した窒素雰囲気において、900 $^{\circ}$ Cの最高温度で0.8時間保持することにより焼成した。これにより、セラミック焼結体11の一方の主面に金属配線層12を備えた試料No. 1~7の回路基板を得た。

【0066】

また、試料No. 8については、第1の金属ペーストにおいて、平均粒径が5.9 μ mを7、平均粒径が0.84 μ mを3の比率の金属粉末を用い、第2の金属ペーストにおいて、平均粒径が1.3 μ mの金属粉末を用いたこと以外は、試料No. 1~7の作製時と同様の方法で作製した。

【0067】

次に、各試料を厚み方向に切断した面を測定面とし、この測定面について、EPMAを用いることによってSiのマッピングを確認することにより、第1の領域と第2の領域との境界を確認し、主面から境界までの距離を第1の領域の厚み、境界から表面までの距離を第2の領域の厚みとして表1に示した。

【0068】

また、熱伝導率の測定方法は、各試料からセラミック焼結体11と金属配線層12とが密着された直径が10mmの試験片を切り出し、アルキメデス法で密度を求めた後、JIS R 1611-2100に準拠したレーザーフラッシュ法によって求め、表1に示した。

【0069】

次に、密着強度の測定方法について説明する。まず、密着強度を測定するための準備として、SnとPbの6:4の共晶半田に、全体に対して2質量%のAgを含む半田16を用い、フラックスには、ロジン系合成樹脂にケトンとアルコール系溶剤とを混合したものをを用いて、2mm \times 2mmの大きさの金属配線層12の表面に、半田付け装置(例えば、タムラ化研株式会社製XA-100)により、225 \pm 5 $^{\circ}$ Cの温度で径が0.6mmのSnめっき銅線を半田付けした。

【0070】

次に、ANZATECH社製のダイ・シェアリング・テスタ(型番:520D)を使用し、Snめっき銅線を7.62mm/分の速度で引っ張り、金属配線層がセラミック焼結体から剥離するときの強度を測定してセラミック焼結体に対する金属配線層の密着強度を測定した。なお、測定数は各試料につき10個とし、その平均値を表1に示した。

【0071】

また、密着強度の測定において剥離した金属配線層を用いて、剥離面(剥離前の主面側)を第1の領域における金属の平均粒径測定用の測定面とし、剥離面の反対側の面(剥離前の金属配線層の表面)を第2の領域における金属の平均粒径測定用の測定面としたSEMを用いて3000倍の倍率で観察し、画像解析ソフト「A像くん」(登録商標、旭化成エンジニアリング(株)製)を用いることにより平均粒径を算出し、表1に示した。

【0072】

また、冷熱衝撃試験装置を用いて各試料の環境温度を、室温から-45 $^{\circ}$ Cに降温して15分保持してから、昇温して125 $^{\circ}$ Cで15分保持した後、室温まで降温するというサイクルを1サイクルとしたヒートサイクル試験を行なった。なお、各試料20個試験し、2000サイクル~3000サイクルの間で50サイクル毎に各試料につき1つずつ取出し、セラミック焼結体と金属配線層との界面について、SEMを用いて1000倍の倍率で観察を行ない、剥離が確認されたときのサイクル回数を表1に示した。

【0073】

10

20

30

40

【表 1】

試料 No.	金属配線層				密着強度 (N/2×2mm ²)	熱伝導率 (W/m·K)	サイクル回数 (回数)
	第1の領域		第2の領域				
	平均粒径 (μm)	厚み (%)	平均粒径 (μm)	厚み (%)			
1	4.2	30	8.8	70	28	113	2150
2	4.2	35	8.8	65	35	109	2250
3	4.2	40	8.8	60	42	104	2350
4	4.2	55	8.8	45	55	96	2500
5	4.2	60	8.8	40	58	91	2350
6	4.2	70	8.8	30	59	83	2250
7	4.2	75	8.8	25	60	74	2150
8	8.8	60	4.2	40	20	96	2100

【0074】

表1から、第1の領域の厚みが金属配線層の厚みの35%未満である試料No. 1は、密着強度が28N/2×2mm²と低かった。また、第1の領域の厚みが金属配線層の厚みの70%を超える試料No. 7は、熱伝導率が74W/m·Kと低かった。また、第2の領域よりも第1の領域の平均粒径が大きい試料No. 8は、密着強度が20N/2×2mm²と低かった。また、試料No. 1, 7, 8はヒートサイクル試験の結果が2150回以下であり、熱的信頼性が低かった。

【0075】

これに対し、試料No. 2~6は、密着強度が35N/2×2mm²以上であり、熱伝導率が83W/m·K以上であり、ヒートサイクル試験の結果が2250回以上であった。この結果、第1の領域の厚みが金属配線層の厚みの35%以上70%以下であり、第1の領域における金属の平均粒径が第2の領域における金属の平均粒径よりも小さいことにより、密着強度が高く、放熱特性に優れ、信頼性の高い回路基板となることがわかった。

【実施例2】

【0076】

次に、金属配線層12における第1の領域と第2の領域との厚みの割合と、第2の領域の平均粒径を同じとし、第1の領域の平均粒径を異ならせた試料を作製し、密着強度および熱伝導率の測定、ならびにヒートサイクル試験を行なった。

【0077】

なお、第1の領域の平均粒径は、第1の金属ペーストに用いる混合金属粉末の大きさを調整することにより行なった。また、各種測定および算出については実施例1と同様の方法で行なった。結果を表2に示す。

【0078】

【表2】

試料 No.	金属配線層				密着強度 (N/2×2mm ²)	熱伝導率 (W/m·K)	サイクル回数 (回数)
	第1の領域		第2の領域				
	平均粒径 (μm)	厚み (%)	平均粒径 (μm)	厚み (%)			
9	2.4	55	9.4	45	65	83	2300
10	3.0	55	9.4	45	60	91	2400
11	4.8	55	9.4	45	52	100	2500
12	5.9	55	9.4	45	50	108	2600
13	7.2	55	9.4	45	45	111	2450
14	8.0	55	9.4	45	40	117	2400
15	8.5	55	9.4	45	26	120	2250

【 0 0 7 9 】

表 2 から、試料 No. 10~14 は、試料 No. 9, 15 よりも、密着強度または熱伝導率が高く、ヒートサイクル試験の結果が上回っており、第 1 の領域の平均粒径が $3.0\mu\text{m}$ 以上 $8.0\mu\text{m}$ 以下であることにより、回路基板の信頼性を高められることがわかった。

【 実施例 3 】

【 0 0 8 0 】

次に、金属配線層 12 における第 1 の領域と第 2 の領域との厚みの割合と、第 1 の領域の平均粒径を同じとし、第 2 の領域の平均粒径を異ならせた試料を作製し、密着強度および熱伝導率の測定、ならびにヒートサイクル試験を行なった。

【 0 0 8 1 】

なお、第 2 の領域の平均粒径は、第 2 の金属ペーストに用いる金属粉末の大きさを調整することにより行なった。また、各種測定および算出については実施例 1 と同様の方法で行なった。また、接触式の表面粗さ計を用いて、金属配線層 12 の表面における算術平均粗さ (Ra) を、JIS B 0601 - 2001 に基づいて測定し、結果を表 3 に示す。

【 0 0 8 2 】

【 表 3 】

試料 No.	金属配線層				密着強度 ($\text{N}/2 \times 2\text{mm}^2$)	熱伝導率 ($\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$)	サイクル回数 (回数)	算術平均粗さ (μm)
	第1の領域		第2の領域					
	平均粒径 (μm)	厚み (%)	平均粒径 (μm)	厚み (%)				
16	6.1	55	8.5	45	49	96	2450	0.2
17	6.1	55	9.0	45	48	105	2550	0.2
18	6.1	55	10.7	45	48	114	2650	0.3
19	6.1	55	11.2	45	47	120	2800	0.5
20	6.1	55	12.1	45	47	123	2750	1.1
21	6.1	55	13.0	45	46	127	2650	1.9
22	6.1	55	13.5	45	41	130	2500	3.2

【 0 0 8 3 】

表 3 から、試料 No. 17~21 は、試料 No. 16, 22 よりも、密着強度または熱伝導率が高く、ヒートサイクル試験の結果が上回っており、第 2 の領域の平均粒径が $9.0\mu\text{m}$ 以上 $13.0\mu\text{m}$ 以下であることにより、回路基板の信頼性を高められることがわかった。

【 0 0 8 4 】

また、第 2 の領域の平均粒径は、金属配線層の表面の算術平均粗さ (Ra) に影響を与えることから、上述した特性を含め、第 2 の領域の平均粒径は $9.0\mu\text{m}$ 以上 $13.0\mu\text{m}$ 以下であることが好ましいことがわかった。

【 実施例 4 】

【 0 0 8 5 】

次に、金属配線層の表面において、粒界に存在する酸化銅の個数の異ならせた試料を作製し、体積抵抗率およびめっき処理前後の密着強度の測定を行なった。

【 0 0 8 6 】

なお、作製にあたり、第 2 の金属ペーストに、粒度分布における d_{10} が $1.3\mu\text{m}$ の金属粉末を用い、焼成時の雰囲気を表 1 に示す酸素濃度に調整したこと以外については実施例 3 の試料 No. 19 と同じ方法により試料 No. 23~27 を作製した。なお、めっきについては、公知の無電解メッキ法でニッケル (Ni) 膜を $4\mu\text{m}$ 、パラジウム (Pd) 膜を $0.1\mu\text{m}$ 、金 (Au) 膜を $0.1\mu\text{m}$ 形成した。

【 0 0 8 7 】

そして、粒界に存在する酸化銅のカウントについては、まず、SEM を用いて金属配線層の表面を 3000 倍の倍率で観察し、観察領域における粒界の存在箇所を確認した。次に、EPM A を用いて得られた Cu のマッピングと O のマッピングとにおいて、各存在領域の重なるところを酸化銅の存在箇所とし、粒界の存在箇所と酸化銅の存在箇所とを照らし合

10

20

30

40

50

わせ、各存在箇所を重ねるところが粒界に存在する酸化銅としてカウントした。

【0088】

また、金属配線層の体積抵抗率については、JIS C 5012 - 1993に準拠し、4端子法で測定した。また、めっき前およびめっき後の密着強度の測定は、実施例1と同様の方法で行なった。結果を表4に示す。

【0089】

【表4】

試料 No.	焼成時における 酸素濃度(ppm)	粒界の酸化銅の個数 (個数)	体積抵抗率 ($\Omega \cdot m$)	密着強度 ($N/2 \times 2mm^2$)	
				めっき前	めっき後
23	5	0	10^{-7}	47	40
24	30	15	10^{-7}	47	43
25	80	50	10^{-8}	47	44
26	120	80	10^{-8}	47	45
27	150	100	10^{-9}	47	47

10

【0090】

表4から、試料No. 24~26は、試料No. 23と比較したとき、めっき前後の密着強度の差が小さく、試料No. 27と比較したとき、体積固有抵抗率が低かった。この結果より、 $1000 \mu m^2$ の観察領域における粒界に酸化銅が15個以上80個以下存在することにより、めっき処理後においても高い密着強度を維持することができるとともに、低い電気抵抗を維持できることがわかった。

20

【実施例5】

【0091】

次に、第1の領域における主面側と第2領域側との酸化珪素の含有量を異ならせた試料を作製し、めっき処理前後の密着強度の測定を行なった。

【0092】

まず、金属配線層の第1の領域を形成する第1の金属ペーストを2種類用意した。1つ目として、実施例3の試料No. 19を作製したときと同じ第1の金属ペースト(A)を用意し、2つ目として、ガラスの組成において、 Bi_2O_3 の含有量を減らし酸化珪素の含有量を増やした第1の金属ペースト(B)を用意した。そして、セラミック焼結体11の主面上に第1の金属ペースト(A)を印刷して乾燥した後、第1の金属ペースト(B)を印刷して乾燥した後に焼成することによって第1の領域を形成した。なお、2種類の金属ペーストを用いたこと以外は、実施例3の試料No. 19を作製したときと同じ方法により試料No. 29を作製した。なお、試料No. 28は、実施例3の試料No. 19と同じものである。

30

【0093】

そして、主面側および第2領域側の第1の領域に含まれる酸化珪素の含有量については、試料を厚み方向に切断し、クロスセクションポリリッシャ加工を行なった後、第1の領域における主面側および第2の領域側について、SEMを用いて3000倍の倍率で観察し、付設のEDSを用いて求めた。また、めっき前およびめっき後の密着強度の測定は、実施例1と同様の方法で行なった。結果を表5に示す。

40

【0094】

【表 5】

試料 No.	第1の領域内の酸化珪素含有量 (質量%)		密着強度 (N/2×2mm ²)	
	主面側	第2の領域側	メッキ前	メッキ後
28	14	14	47	40
29	14	30	47	47

10

【0095】

表5から、試料No.29は、試料No.28よりも、めっき前後の密着強度の差が無かった。この結果より、第1の領域に含まれるガラス成分を構成する酸化珪素が、主面側よりも第2の領域側に多いことにより、回路基板の信頼性を高められることがわかった。

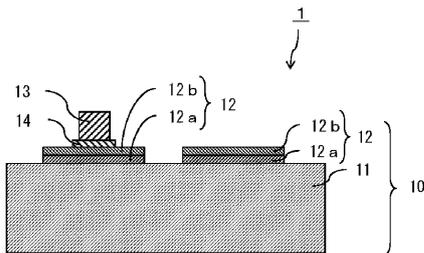
【符号の説明】

【0096】

- 1：電子装置
- 10：回路基板
- 11：セラミック焼結体
- 12：金属配線層
- 12a：第1の領域
- 12b：第2の領域
- 13：電子部品
- 14：電極パッド

20

【図1】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2003-224338(JP,A)
特開2003-243804(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H05K 1/09