

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2017-191943

(P2017-191943A)

(43) 公開日 平成29年10月19日(2017.10.19)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
H05K 3/20 (2006.01)	H05K 3/20	Z 5E343
H01L 23/15 (2006.01)	H01L 23/14	C
B23K 1/00 (2006.01)	B23K 1/00	33OE
B23K 1/19 (2006.01)	B23K 1/19	H
	B23K 1/19	Z

審査請求 有 請求項の数 6 O L (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願2017-101086 (P2017-101086)
 (22) 出願日 平成29年5月22日 (2017.5.22)
 (62) 分割の表示 特願2016-75911 (P2016-75911) の分割
 原出願日 平成22年9月15日 (2010.9.15)
 (31) 優先権主張番号 特願2009-213511 (P2009-213511)
 (32) 優先日 平成21年9月15日 (2009.9.15)
 (33) 優先権主張国 日本国(JP)

(71) 出願人 303058328
 東芝マテリアル株式会社
 神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地
 (71) 出願人 000003078
 株式会社東芝
 東京都港区芝浦一丁目1番1号
 (74) 代理人 110001737
 特許業務法人スズエ国際特許事務所
 (72) 発明者 加藤 寛正
 神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 東芝マテリアル株式会社内
 Fターム(参考) 5E343 AA02 AA24 BB24 BB67 DD62
 EE21 ER13 FF02 GG16 GG20

(54) 【発明の名称】 セラミックス回路基板の製造方法

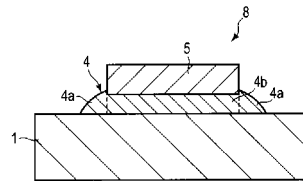
(57) 【要約】

【課題】 空隙等による欠陥の少ないろう材はみ出し部を有し、耐熱サイクルが向上されたセラミックス回路基板を提供すること。

【解決手段】 一実施形態に係るセラミックス回路基板は、セラミックス基板(1)と、銅回路板(5)と、ろう材はみ出し部(4a)とを備える。銅回路板(5)は、セラミックス基板(1)の少なくとも一方の面に、Ag、Cu及びTiを含むろう材層を介して接合されている。ろう材はみ出し部(4a)は、銅回路板(5)の側面から外側にはみ出したろう材層で形成されている。ろう材はみ出し部(4a)中のTi相およびTiN相の合計は3質量%以上で、かつセラミックス基板と銅回路板の間に介在されたろう材層4b中のTi相およびTiN相の合計量と異なっている。ろう材はみ出し部(4a)における1個当たりの面積が200μm²以下の空隙が1つ以下(0を含む)である。

【選択図】 図6

図6



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

セラミックス基板と、

前記セラミックス基板の少なくとも一方の面に、A g、C u及びT iを含むろう材層を介して接合された銅回路板と、

前記銅回路板の側面から外側にはみ出した前記ろう材層で形成されたるろう材はみ出し部とを備えるセラミックス回路基板であって、

前記ろう材はみ出し部中のT i相およびT i N相の合計は3質量%以上で、かつ前記セラミックス基板と前記銅回路板の間に介在された前記ろう材層中のT i相およびT i N相の合計量と異なり、前記ろう材はみ出し部における1個当たりの面積が $200\mu\text{m}^2$ 以下の空隙が1つ以下(0を含む)であることを特徴とするセラミックス回路基板。

10

【請求項 2】

前記ろう材はみ出し部中のT i相およびT i N相の合計は3質量%以上40質量%以下であることを特徴とする請求項1記載のセラミックス回路基板。

【請求項 3】

前記ろう材はみ出し部のはみ出し長さが0.01mm以上で、かつ前記銅回路板の間隔の30%以下であることを特徴とする請求項1または請求項2のいずれか1項に記載のセラミックス回路基板。

【請求項 4】

前記セラミックス基板が窒化珪素、窒化アルミニウムあるいはアルミナからなり、前記銅回路板の厚さが0.25mm以上であることを特徴とする請求項1ないし請求項3のいずれか1項に記載のセラミックス回路基板。

20

【請求項 5】

前記ろう材層は、A g:90~50重量%、S nおよび/またはI nからなる元素:5~15重量%、T i:0.1~6重量%、残部C uおよび不可避不純物からなる組成のろう材を用いて形成されることを特徴とする請求項1ないし請求項4のいずれか1項に記載のセラミックス回路基板。

【請求項 6】

セラミックス基板上における、銅回路パターン及びろう材はみ出し部となる領域以外の部分に第一のマスクングを施す工程と、

30

前記第一のマスクングが施されていない領域に、A g、C u及びT iを含むろう材層を形成する工程と、

前記ろう材層上に銅板を載せ、加熱により前記セラミックス基板と前記銅板を接合する工程と、

前記銅板上の銅回路パターンとなる領域に第二のマスクングを施す工程と、

エッチングにより銅回路パターンを形成する工程と

を備えることを特徴とするセラミックス回路基板の製造方法。

【請求項 7】

前記エッチングに用いるエッチング液が塩化第二鉄または塩化第二銅であることを特徴とする請求項6記載のセラミックス回路基板の製造方法。

40

【請求項 8】

前記セラミックス基板と前記銅板に位置合わせ用マーキングが施されていることを特徴とする請求項6または請求項7のいずれか1項に記載のセラミックス基板の製造方法。

【請求項 9】

前記第一のマスクング及び前記第二のマスクングの材料が印刷可能な有機インクレジストであることを特徴とする請求項6ないし請求項8のいずれか1項に記載のセラミックス回路基板の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

50

本発明の実施形態は、セラミックス回路基板及びその製造方法に関するもので、特に、高信頼性を要するパワーモジュール等に好適である。

【背景技術】

【0002】

近年、産業機器の高性能化や地球環境問題から電気自動車や電車などに大電流・大電圧を制御するためにパワーモジュールが使用されている。これらに実装される半導体素子から発生する熱も増加の一途をたどっている。このため、パワーモジュール用の回路基板では放熱性が重要となっている。高熱伝導セラミックス基板を用い、このセラミックス基板に銅やアルミニウム等の金属板を接合した、セラミックス-金属接合回路基板が広く用いられている。

10

【0003】

高熱伝導セラミックス基板は、高熱伝導性と高電気絶縁性を有する窒化珪素や窒化アルミニウム基板が用いられ、Ag-Cuを含む活性金属ろう材を用いて金属板と接合したセラミックス-金属接合回路基板が広く用いられている。金属板としては、アルミニウムよりも電気伝導性および熱伝導性に優れる銅を使用することが一般的である。銅は、アルミニウムよりも高い降伏応力を有し、さらにセラミックスとの熱膨張差が大きいことから、銅板厚が厚くなるにしたがって、セラミックス-金属接合回路基板の耐熱サイクル性・耐熱衝撃性が低下し、セラミックス基板へのクラック発生が生じやすくなるため信頼性が低下する問題点がある。

【0004】

20

上記問題点は、特許文献1, 2等で報告されている。特許文献1, 2は、ろう材層を銅回路板よりも外側にはみ出させることでセラミックス基板に生じる銅回路基板の端面部分での応力集中を緩和させることで信頼性を向上させるものである。

【0005】

セラミックス-金属接合回路基板においては、半導体素子の搭載および接続のために、銅回路板に所定の回路パターンが形成される。この回路パターンは、位置および形状に対して高精細が要求され、高精細パターンを得るために、セラミックス基板に1枚の銅板を接合した後にエッチング加工によって回路パターンを形成する方法が一般的に用いられている。

【先行技術文献】

30

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開平10-190176号公報

【特許文献2】特開平11-340598号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

しかしながら、銅回路板よりも外側にはみ出さるろう材層を設ける際、このはみ出した部分と回路パターンとをエッチング加工により形成した場合には、銅回路板からはみ出したろう材層に空隙が発生し、ろう材層をはみ出させることにより期待できる銅回路板端部の応力集中緩和となる熱応力の均一分散が起こらなくなり、セラミックス基板のクラック発生などが生じ易くなってしまいう問題点があることを本発明者らは究明した。

40

【0008】

本発明の実施形態は、このような技術的課題に鑑みてなされたもので、空隙等による欠陥の少ないろう材はみ出し部を有し、耐熱サイクルが向上されたセラミックス回路基板及びその製造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】

【0009】

本発明の実施形態によれば、セラミックス基板と、銅回路板と、ろう材はみ出し部とを備えるセラミックス回路基板が提供される。銅回路板は、セラミックス基板の少なくとも

50

一方の面に、A g、C u及びT iを含むろう材層を介して接合されている。ろう材はみ出し部は、銅回路板の側面から外側にはみ出したろう材層で形成されている。ろう材はみ出し部中のT i相およびT i N相の合計は3質量%以上で、かつセラミックス基板と銅回路板の間に介在されたるろう材層中のT i相およびT i N相の合計量と異なっている。ろう材はみ出し部における1個当たりの面積が $200\mu\text{m}^2$ 以下の空隙が1つ以下(0を含む)である。

【0010】

本発明の実施形態によれば、セラミックス回路基板の製造方法が提供される。当該製造方法は、セラミックス基板上における、銅回路パターン及びろう材はみ出し部となる領域以外の部分に第一のマスキングを施す工程と、

第一のマスキングが施されていない領域に、A g、C u及びT iを含むろう材層を形成する工程と、

ろう材層上に銅板を載せ、加熱によりセラミックス基板と銅板を接合する工程と、

銅板上の銅回路パターンとなる領域に第二のマスキングを施す工程と、

エッチングにより銅回路パターンを形成する工程と

を備える。

【発明の効果】

【0011】

本発明の実施形態によれば、空隙等による欠陥の少ないろう材はみ出し部を有し、耐熱サイクルが向上されたセラミックス回路基板及びその製造方法を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】第2の実施形態における第一マスキング工程を模式的に示す断面図。

【図2】第2の実施形態におけるろう材の塗布・印刷工程を模式的に示す断面図。

【図3】第2の実施形態における銅板の積層工程を模式的に示す断面図。

【図4】第2の実施形態における第二マスキング工程を模式的に示す断面図。

【図5】第2の実施形態におけるエッチング工程を模式的に示す断面図。

【図6】第1の実施形態のセラミックス回路基板を模式的に示す断面図。

【図7】試料17の回路基板の銅回路板を厚さ方向に切断した際に得られる断面の光学顕微鏡写真。

【発明を実施するための形態】

【0013】

(第1の実施形態)

第1の実施形態のセラミックス回路基板は、セラミックス基板と、セラミックス基板の少なくとも一方の面にろう材層を介して接合された銅回路板と、銅回路板の側面から外側にはみ出したろう材層で形成されたるろう材はみ出し部とを有する。ろう材層はA g、C u及びT iを含むろう材から形成される。本発明者らは、ろう材はみ出し部中のT i相およびT i N相の合計を3質量%以上にし、かつその合計量を銅回路板とセラミックス基板の間に介在されたるろう材層(以下、接合層と称する)中のT i相およびT i N相の合計量と異なるものにし、さらに、ろう材はみ出し部における1個当たりの面積が $200\mu\text{m}^2$ 以下の空隙を1つ以下(0を含む)にすることにより、銅回路板と電子部品との熱膨張差による熱ストレスが緩和されると共に接合欠陥が極めて少なくなるため、信頼性の高いセラミックス-金属接合回路基板を実現できることを初めて見出した。

【0014】

ここで、接合層とセラミックス基板または銅回路板との境界は、A gの分布によって決定され、A gの存在している部分を接合層として境界を定める。また、1個当たりの面積が $200\mu\text{m}^2$ 以下の空隙数は、例えば、ろう材はみ出し部における面積が $200\mu\text{m}^2$ の断面中の空隙を計測することで得られる。

【0015】

ろう材はみ出し部中のT i相およびT i N相の合計は、接合層中のT i相およびT i N

10

20

30

40

50

相の合計量よりも多いことが望ましい。これにより、熱ストレスを緩和する効果をより大きくすることができる。

【0016】

ろう材はみ出し部中のTi相およびTiN相の合計は3質量%以上40質量%以下であることがより好ましい。Ti相およびTiN相の合計が40質量%を超えると、Ti相およびTiN相が多くなり過ぎることになり、ろう材はみ出し部が硬くなり熱サイクル特性(TCT特性)の低下を招く恐れがある。

【0017】

ろう材層中のTi相及びTiN相の合計量は、例えば、電子プローブ微量分析(EPMA)もしくはエネルギー分散性X線回折(EDX)により測定可能である。

10

【0018】

ろう材層は、Ag:90~50重量%、Snおよび/またはInからなる元素:5~15重量%、Ti:0.1~6重量%、残部Cuおよび不可避不純物からなる組成のろう材を用いて形成されることが好ましい。この組成であるときに十分な効果が得られる。特にTi含有量が2~5重量%であることが好ましい。なお、上記組成は、セラミックス基板に塗布・印刷する前のろう材組成であり、接合後の接合層の組成は、塗布・印刷工程後に行われる活性金属接合工程(熱処理)等によって変化する。

【0019】

ろう材はみ出し部のはみ出し長さが0.01mm以上で、かつ銅回路板の間隔の30%以下であることが好ましい。はみ出し長さを0.01mm以上にすることにより、ろう材はみ出し部による応力集中緩和効果を十分に得ることができる。はみ出し長さを銅回路板の間隔の30%以下にすることにより、銅回路板間の電機絶縁性を確保することができ、かつファインパターン化に対応することができる。はみ出し長さのより好ましい範囲は、銅回路板の間隔の0.01%以上20%以下である。

20

【0020】

セラミックス基板は、例えば、窒化珪素(Si_3N_4)、窒化アルミニウム(AlN)あるいはアルミナ(Al_2O_3)から形成することができる。窒化珪素基板は、耐熱サイクル特性と耐熱衝撃性の双方に優れたセラミックス回路基板が得られるため、好ましい。

【0021】

特に、窒化珪素(Si_3N_4)基板は熱伝導率 $80\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$ 以上かつ3点曲げ強度 600MPa 以上の基板が好ましい。また、窒化アルミニウム(AlN)は熱伝導率 $150\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$ 以上かつ3点曲げ強度 400MPa 以上が好ましい。また、アルミナ(Al_2O_3)基板は熱伝導率 $20\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$ 以上かつ3点曲げ強度 400MPa 以上のものが好ましい。

30

【0022】

銅回路板は、銅もしくは銅合金から形成される。銅回路板の厚さは、0.25mm以上が好ましい。銅回路板の厚さが厚いほど、セラミックス基板と銅回路板端部に生じる応力が大きくなるため、ろう材はみ出し部による応力緩和を必要とするからである。銅回路板の厚さは0.25mm以上0.8mm以下にすることがより好ましい。銅回路板の厚さが0.8mmを超えると、銅回路板にはんだ付けにより搭載される電子部品と銅回路板との間に生じる応力が増加するため、ろう材はみ出し部による効果が十分に得られない恐れがある。

40

【0023】

十分な耐熱サイクル改善効果を得るため、セラミックス基板が窒化珪素、窒化アルミニウムあるいはアルミナから形成され、かつ銅回路板の厚さを0.25mm以上にすることが望ましい。

【0024】

(第2の実施形態)

第1の実施形態のセラミックス回路基板は、第2の実施形態の製造方法が一例として示される。

50

【 0 0 2 5 】

第 2 の実施形態の方法は、セラミックス基板上における銅回路パターンとろう材はみ出し部となる領域以外の部分に第一のマスキングを施す工程と、

第一のマスキングが施されていない領域に、A g、C u 及び T i を含むろう材を塗布または印刷することによりろう材層を形成する工程と、

ろう材層上に銅板を載せ、加熱によりセラミックス基板と銅板を接合する工程と、

銅板上の銅回路パターンとなる領域に第二のマスキングを施す工程と、

エッチングにより銅回路パターンを形成する工程と

を有する。

【 0 0 2 6 】

以下、図 1 ~ 図 6 を参照して製造方法を説明する。

【 0 0 2 7 】

図 1 に示すように、セラミックス基板 1 上に第一のマスキング 2 を施す。第一のマスキング 2 は、銅回路パターン及びろう材はみ出し部になる領域 3 以外の部分に形成される。第一のマスキング 2 を行わない場合、銅回路間隔に必要以上にはみ出したろう材による導通の恐れがあるため、ろう材はみ出し部を、ろう材除去用のフッ酸やアルカリ液でエッチングする必要がある。このエッチングによりろう材はみ出し部に空隙が発生するため、銅回路板端部の応力集中緩和となる熱応力の均一分散が起こらなくなり、セラミック基板のクラック発生などが生じ易くなってしまふことを本発明者らは究明したのである。第一のマスキング工程を行うことにより、ろう材はみ出し部のエッチングが不要になるため、ろう材はみ出し部の気孔を少なくすることができ、大きな気孔の形成を防止できる。

【 0 0 2 8 】

次いで、図 2 に示すように、第一のマスキングが施されていない領域 3 に、A g、C u 及び T i を含むろう材 4 を印刷又は塗布する。印刷又は塗布されるろう材層 4 の面積は、銅回路板形状よりもはみ出す長さ分だけ大きくする。なお、はみ出させる方法は、予め銅回路板形状よりもはみ出す長さ分だけ大きくろう材を印刷・塗布する方法に限定されず、例えば、銅回路板形状と同形状に印刷・塗布したろう材を接合によりはみ出させる方法を採用することが可能である。また、ろう材層の厚さは 1 0 ~ 4 0 μ m が好ましい。1 0 μ m 未満では十分な接合強度が得られないおそれがあり、4 0 μ m を超えるとこれ以上の効果が得られずコストアップの要因となる。

【 0 0 2 9 】

図 3 に示すように、ろう材層 4 上に銅板 5 を載せ、加熱によりセラミックス基板と銅板を接合する（活性金属接合法）。活性金属接合の条件は、真空中や窒素雰囲気のような不活性雰囲気中にて温度 7 0 0 ~ 9 0 0 で 1 0 ~ 1 2 0 分間の加熱であることが望ましい。この活性金属接合により、ろう材層 4 中に T i 相および T i N 相が生成する。生成量は、例えば、使用するろう材の組成、活性金属接合の条件等により調整可能である。また、セラミック基板が窒化物セラミック基板（A l N、S i ₃ N₄ など）の場合、T i N 相はろう材中の T i と窒化物セラミック基板の窒素が反応してできるので、この点も考慮して調整する。

【 0 0 3 0 】

セラミック基板 1 と銅板 5 には、位置合わせ用のマーキングが施されていることが望ましい。例えば、セラミック基板 1 に位置合わせ用の穴もしくは溝を形成し、一方、銅板 5 にこの穴や溝と対応する突起を設けることができる。

【 0 0 3 1 】

次いで、図 4 に示すように、銅回路パターンとなる領域の銅板 5 上に第二のマスキング 6 を施す。その後、図 5 に示すように、銅板 5 における第二のマスキング 6 がなされていない箇所 7 をエッチングにより除去し、銅回路パターンを形成する。エッチング液は、銅板エッチング用のエッチング液を使用することができ、具体例は、塩化第二鉄、塩化第二銅等が挙げられる。銅板エッチング用のエッチング液を使用しているため、ろう材はみ出し部が必要以上にエッチング液にさらされると、ろう材中の C u がエッチングされてしま

10

20

30

40

50

う。この現象が気孔の原因となる。

【0032】

引き続き、第一、第二のマスキング2, 6を除去することにより、図6に示すような第1の実施形態のセラミック回路基板8が得られる。なお、第一、第二のマスキングは、印刷可能な有機インクレジスト等から形成することができる。

【0033】

上記エッチングの際、銅回路パターン5の側面から外側にはみ出しているろう材層(ろう材はみ出し部)4a中のCu成分の一部と一緒に除去されるため、ろう材はみ出し部4a中のTi相およびTiN相の合計量のろう材はみ出し部4a全体に対する比率が増加する。一方、銅回路パターン5とセラミック基板1の間に介在されているろう材層(接合層)4bの組成は、エッチングによる影響を受けない。その結果、ろう材はみ出し部4a中のTi相およびTiN相の合計は、3質量%以上に増加し、かつ接合層4b中のTi相およびTiN相の合計量と異なるものになる。また、銅回路パターン形成のためのエッチングであるため、ろう材はみ出し部4を必要以上にエッチング液にさらさないで済むことから、ろう材はみ出し部4aに空隙が発生せず、ろう材はみ出し部4a中の1個当たりの面積が $200\mu\text{m}^2$ 以下の空隙が1つ以下(0を含む)になる。なお、 $200\mu\text{m}^2$ を超える空隙が存在しないことは言うまでもない。

【0034】

ろう材はみ出し部4a中のTi相およびTiN相の合計量は、ろう材はみ出し部の長さ、エッチング条件等により調整可能である。また、1個当たりの面積が $200\mu\text{m}^2$ 以下の空隙数は、エッチング条件等により調整可能である。例えば、エッチング液中の塩化第二鉄や塩化第二銅の濃度を15wt%以下と少なめにすることなどが挙げられる。なお、エッチング液中の塩化第二鉄や塩化第二銅の濃度の下限は特に限定されるものではないが、あまり少ないとエッチングの進行が遅くなり製造時間が長くなるので5wt%以上が好ましい。また、ろう材はみ出し部4aの形状は図6に示した断面R形状に限られるものではなく、断面長方形形状であってもよい。

【0035】

また、エッチング処理後の銅回路パターン5の端面は断面R形状、斜面形状(銅回路パターン5の上面からろう材層4側に向かう下り斜面、例えば、富士山の裾野のような裾野形状)であることが好ましい。このような形状であれば、銅回路板の端面の応力を緩和し易い。

【実施例】

【0036】

以下、実施例で更に具体的に本発明の実施形態を説明する。

【0037】

(試料1~9)

各試料を以下に説明する方法で製造した。まず、 $50\times 60\text{mm}$ のセラミック基板の銅回路パターン形成面に第一のマスキングを行った。第一のマスキングは、銅回路パターンとろう材はみ出し部となる所定のサイズの領域を除いて行った。次に、第一のマスキングを形成していない領域にAg-Cu-Ti系ろう材(Ag67重量%-Cu20重量%-Sn10重量%-Ti3重量%)を厚さ $15\mu\text{m}$ で印刷、また裏面にも厚さ $15\mu\text{m}$ で印刷し、セラミック基板の両面に銅板を配置し、真空中 10^{-3}Pa 、800で40分間の加熱によりセラミック基板と接合した。銅回路板は、 $20\times 20\text{mm}$ の銅板を1m間隔で2枚配置した。

【0038】

次に、銅板上にパターン形状の第二のマスキング(エッチングレジスト)を印刷し、塩化第二鉄液(塩化第二鉄の濃度5~15wt%)によってエッチング処理を行って回路パターンを形成した後、レジストを剥離して回路基板を得た。なお、試料1, 2で用いるAlN基板および試料3, 4の Al_2O_3 基板の厚さは0.635mm、試料5~9で用いる Si_3N_4 基板の厚さは0.32mmとした。また、AlN基板は熱伝導率 $170\text{W}/$

10

20

30

40

50

m・Kかつ3点曲げ強度450MPa、 Al_2O_3 基板は熱伝導率25W/m・Kかつ3点曲げ強度450MPa、 Si_3N_4 基板は熱伝導率90W/m・Kかつ3点曲げ強度700MPaのものを用了。

【0039】

銅回路板厚さ、セラミックス基板材種、銅回路板の側面から外側へのはみ出し量(mm単位及び銅回路間隔を100%とした際の割合)、接合層中におけるTi相およびTiN相の合計量、はみ出しろう材中におけるTi相およびTiN相の合計量、はみ出しろう材中の1個当たりの面積 $200\mu m^2$ 以下の空隙数を下記表1に示す。

【0040】

また、得られたセラミックス回路基板について、目視及び超音波探傷による接合不良とろう接欠陥を検査し、-50、30分 室温、10分 155、30分 室温、10分を1サイクルとして熱サイクル試験を実施した。試験後の回路基板については、目視や超音波探傷により、回路板の剥離やセラミックス基板のクラック発生等、異常の有無を検査した。検査した後の結果を下記表1に示す。

【表 1】

表 1

試料	銅回路板 厚さ (mm)	セラミックス基板 種類	ろう材はみ出し 部長さ (mm)	ろう材はみ出し部の 銅板間隔との比 (%)	接合層中の Ti相およびTiN相 の合計量(質量%)	ろう材はみ出し部中の Ti相およびTiN相 の合計量(質量%)	ろう材はみ出し部中の 面積 $200\mu\text{m}^2$ 以下の 空隙数	耐熱サイクル (回)
1	0.4	AlN	0.01	1	10	16	0	300
2	0.4	AlN	0.12	12	6	36	1	400
3	0.4	Al ₂ O ₃	0.03	3	7	10	1	300
4	0.4	Al ₂ O ₃	0.02	2	7	30	0	400
5	0.6	Si ₃ N ₄	0.06	5	3	5	1	3000
6	0.6	Si ₃ N ₄	0.06	8	5	28	0	5000
7	0.8	Si ₃ N ₄	0.03	3	5	10	0	2000
8	0.8	Si ₃ N ₄	0.01	1	7	20	0	3000
9	0.8	Si ₃ N ₄	0.20	20	7	40	1	3500

10

20

30

40

【0041】

AlN基板を用いた試料1と試料2の結果から、はみ出しろう材中のTi相およびTiN相の合計が3質量%以上かつ接合層中のTi相およびTiN相の合計量と異なり、はみ出しろう材中の1個当たりの面積が $200\mu\text{m}^2$ 以下の空隙が1つ以下である試料1, 2は、耐熱サイクルに優れていることがわかる。

【0042】

Al₂O₃基板を用いた試料3と試料4の結果から、はみ出しろう材中のTi相および

50

TiN相の合計が3質量%以上かつ接合層中のTi相およびTiN相の合計量と異なり、はみ出しろう材中の1個当たりの面積が $200\mu\text{m}^2$ 以下の空隙が1つ以下である試料3、4は、耐熱サイクルに優れていることがわかる。

【0043】

Si_3N_4 基板を用いた試料5~9の結果から、はみ出しろう材中のTi相およびTiN相の合計が3質量%以上かつ接合層中のTi相およびTiN相の合計量と異なり、はみ出しろう材中の1個当たりの面積が $200\mu\text{m}^2$ 以下の空隙が1つ以下である試料5~9は、耐熱サイクルに優れていることがわかる。なお、試料1~9は面積 $200\mu\text{m}^2$ を超える空隙は存在しなかった。また、試料1~9は銅回路板の端面は傾斜形状(裾野形状)となっていた。

10

【0044】

(比較例1)

セラミックス基板(AlN基板)の全面に試料1~9で用いるのと同様な組成のAg-Cu-Ti系ろう材を厚さ $15\mu\text{m}$ で塗布し、その上に銅板を接合し、加熱接合した。その後、塩化第二鉄で銅板をパターン形状にエッチングし、さらにフッ酸を用いてはみ出しろう材をエッチングした。はみ出し量は試料2と同様に 0.12mm とした。はみ出しろう材中の1個当たりの面積 $200\mu\text{m}^2$ 以下の空隙数をカウントしたところ、8個であった。また、試料1~9と同様の熱サイクル試験を行ったところ、340回となった。

【0045】

(試料11~15)

Ag63重量%、Cu32重量%及びTi5重量%を含む活性金属ろう材組成を用いて、銅板と窒化珪素基板(板厚 0.32mm)を接合したセラミックス回路基板を製造した。マスキング及び活性金属接合は、試料1~9で説明したのと同様な条件で行った。

20

【0046】

銅回路板厚さ、セラミックス基板材種、銅回路板の側面から外側へのはみ出し量(mm単位及び銅回路間隔を100%とした際の割合)、接合層中におけるTi相およびTiN相の合計量、はみ出しろう材中におけるTi相およびTiN相の合計量、はみ出しろう材中の1個当たりの面積 $200\mu\text{m}^2$ 以下の空隙数を下記表2に示す。

【0047】

また、試料1~9で説明したのと同様な条件の熱サイクル試験を実施して測定した耐熱サイクル数を下記表2に示す。

30

【表 2】

試料	銅回路板 厚さ (mm)	セラミック基板 種類	ろう材はみ出し 部長さ (mm)	ろう材はみ出し部 の銅板間隔との比 (%)	接合層中の Ti相およびTiN相 の合計量(質量%)	ろう材はみ出し部中の Ti相およびTiN相 の合計量(質量%)	ろう材はみ出し部中の 面積 $200\mu\text{m}^2$ 以下の 空隙数	耐熱サイクル (回)
11	0.3	Si_3N_4	0.03	3	6	28	1	5000以上
12	0.3	Si_3N_4	0.08	9	10	37	0	5000以上
13	0.5	Si_3N_4	0.02	2	8	22	0	4000
14	0.5	Si_3N_4	0.1	10	10	34	0	5000以上
15	0.6	Si_3N_4	0.12	12	6	29	0	5000以上

表2

10

20

30

40

【0048】

表2の結果から、活性金属ろう材の組成を変更した場合にも、はみ出しろう材中のTi相およびTiN相の合計が3質量%以上かつ接合層中のTi相およびTiN相の合計量と異なり、はみ出しろう材における1個当たりの面積が $200\mu\text{m}^2$ 以下の空隙が1つ以下である試料11~15は、耐熱サイクル特性に優れていることがわかる。また、セラミック基板として窒化珪素を用いた場合は3000回の熱サイクル後も、接合欠陥がなく、セラミック基板と銅回路板端部の間にクラックが認められず、耐熱衝撃性にも優れていた

50

。なお、試料 11 ~ 15 は面積 $200 \mu\text{m}^2$ を超える空隙は存在しなかった。また、試料 11 ~ 15 は銅回路板の端面は傾斜形状（裾野形状）となっていた。

【0049】

（試料 16 ~ 19）

40 × 60 × 0.32 mm の窒化珪素 (Si_3N_4) 基板の銅回路パターン形成面に第一のマスキングを行った。第一のマスキングは、銅回路パターンとろう材はみ出し部となる所定のサイズの領域を除いて行った。次に、第一のマスキングを形成していない領域に Ag - Cu - Ti 系ろう材を印刷、また裏面にも印刷し、窒化珪素基板の両面に銅板を配置し、真空中 10^{-3}Pa 、760 ~ 810 で 20 ~ 50 分間の加熱により窒化珪素基板と接合した。銅回路板は、15 × 20 × 0.3 mm の銅板を 1 mm 間隔で 2 枚配置した。なお、Ag - Cu - Ti 系ろう材の組成およびろう材層厚さは表 3 の通りとした。なお、窒化珪素 (Si_3N_4) 基板は熱伝導率 $85 \text{W/m}\cdot\text{K}$ かつ 3 点曲げ強度 750MPa のものを用いた。

10

【0050】

次に、銅板上にパターン形状の第二のマスキング（エッチングレジスト）を印刷し、塩化第二銅液（塩化第二銅の濃度 5 ~ 15 wt %）によってエッチング処理を行って回路パターンを形成した後、レジストを剥離して回路基板を得た。

【0051】

得られた窒化珪素回路基板に対し、試料 1 と同様の測定を行った。その結果を表 4 に示す。

20

【表 3】

表3

試料	Ag-Cu-Ti ろう材組成 (wt%)	ろう材層厚さ (μm)
16	Ag (68)、Cu (25)、In (5)、Ti (2)	40
17	Ag (60)、Cu (25)、In (10)、Ti (5)	40
18	Ag (68)、Cu (29)、Ti (3)	20
19	Ag (60)、Cu (22)、Sn (15)、Ti (3)	10

【 0 0 5 2 】

10

20

30

40

【表 4】

試料	ろう材はみ出し部長さ (mm)	ろう材はみ出し部の銅板間隔との比 (%)	接合層中の Ti 相と TiN 相の合計量 (質量%)	ろう材はみ出し部中の Ti 相と TiN 相の合計量 (質量%)	ろう材はみ出し部中の面積 $200\mu\text{m}^2$ 以下の空隙数	耐熱サイクル (回)
16	0.01	1	3	38	0	5000以上
17	0.05	2	6	35	0	5000以上
18	0.10	10	4	18	0	5000以上
19	0.15	15	4	10	0	5000以上

表 4

10

20

30

40

50

【0053】

表 3、表 4 から分かる通り、ろう材組成やろう材層厚さを変えても優れた特性を示すことが確認された。また、窒化珪素基板を用いているので 5000 回の熱サイクル後も、接合欠陥がなく、窒化珪素基板と銅回路板端部の間にクラックが認められず、耐熱衝撃性にも優れていた。なお、試料 16 ~ 19 は面積 $200\mu\text{m}^2$ を超える空隙は存在しなかった。また、試料 17 は、図 7 の銅回路板 5 の厚さ方向の断面の光学顕微鏡写真に示す通り、銅回路板 5 の端面は傾斜形状（裾野形状）となっていた。また、他の試料に関しても同様

の形状となっていた。

【 0 0 5 4 】

以上説明した通りに、本発明の実施形態及び実施例によると、信頼性の高いセラミック回路基板ができることから産業上極めて有効である。

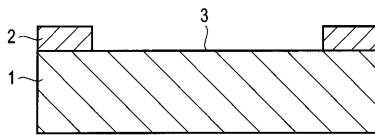
【 符号の説明 】

【 0 0 5 5 】

1 ... セラミックス基板、 2 ... 第一のマスキング、 3 ... 銅回路パターン及びろう材はみ出し部になる領域、 4 ... ろう材層、 5 ... 銅板、 6 ... 第二のマスキング、 8 ... セラミックス回路基板。

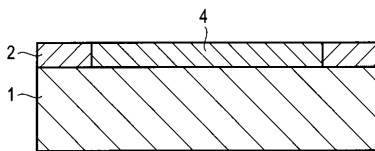
【 図 1 】

図1



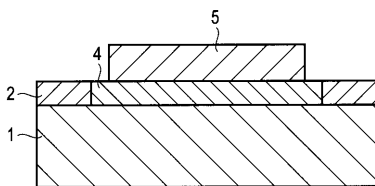
【 図 2 】

図2



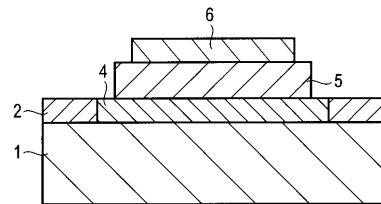
【 図 3 】

図3



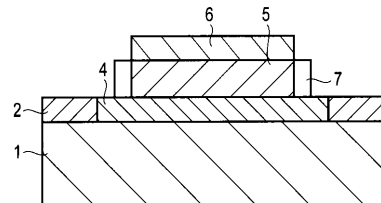
【 図 4 】

図4



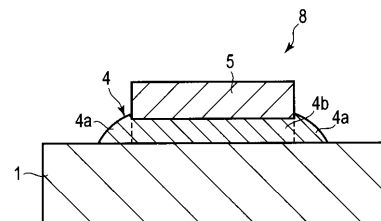
【 図 5 】

図5



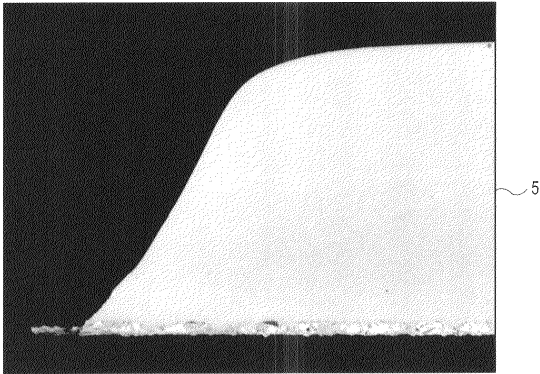
【 図 6 】

図6



【図 7】

図 7



【手続補正書】

【提出日】平成29年6月21日(2017.6.21)

【手続補正 1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

セラミックス基板の少なくとも一方の面に、Ag、Cu及びTiを含むろう材層を介して銅回路パターンとしての銅回路板を接合する工程、および前記銅回路板の側面から外側にはみ出した前記ろう材層で形成されたるろ材はみ出し部を形成する工程を含むセラミックス回路基板の製造方法であって、

前記ろう材層は、前記セラミックス基板と前記銅回路板との間に介在した接合層部から外側にはみ出した、長さが0.01mm以上で、かつ銅回路板の間隔の30%以下であるろ材はみ出し部を有し、前記ろう材層は、Ag：90～50重量%、Snおよび/またはInからなる元素：5～15重量%、Ti：0.1～6重量%、残部Cuおよび不可避不純物からなる組成を有し、

前記ろ材はみ出し部中のTi相およびTiN相の合計割合は、3質量%以上40質量%以下で、かつ前記ろう材層の接合層部中のTi相およびTiN相の合計割合よりも多く、前記ろ材はみ出し部において、1個当たりの面積が $200\mu\text{m}^2$ を超える空隙が存在せず、かつ1個当たりの面積が $200\mu\text{m}^2$ 以下の空隙が1つ以下(0を含む)であることを特徴とするセラミックス回路基板の製造方法。

【請求項 2】

前記セラミックス基板が窒化珪素、窒化アルミニウムあるいはアルミナからなり、前記

銅回路板の厚さが0.25mm以上であることを特徴とする請求項1に記載のセラミックス回路基板の製造方法。

【請求項3】

前記銅回路パターンとしての前記銅回路板を接合する工程および前記ろう材はみ出し部を形成する工程は、前記セラミックス基板上における、銅回路パターン及びろう材はみ出し部となる領域以外の部分に第一のマスキングを施すこと、前記第一のマスキングが施されていない領域に、前記ろう材層を形成すること、前記ろう材層上に銅板を載せ、加熱により前記セラミックス基板と前記銅板を接合すること、前記銅板上の銅回路パターンとなる領域に第二のマスキングを施すこと、およびエッチングにより前記銅回路パターンを形成することを含むことを特徴とする請求項1または2に記載のセラミックス回路基板の製造方法。

【請求項4】

前記エッチングに用いるエッチング液が塩化第二鉄または塩化第二銅であることを特徴とする請求項3に記載のセラミックス回路基板の製造方法。

【請求項5】

前記セラミックス基板と前記銅板に位置合わせ用マーキングが施されていることを特徴とする請求項3または4に記載のセラミックス基板の製造方法。

【請求項6】

前記第一のマスキング及び前記第二のマスキングの材料が印刷可能な有機インクレジストであることを特徴とする請求項3ないし5のいずれか1項に記載のセラミックス回路基板の製造方法。

【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0001

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0001】

本発明の実施形態は、セラミックス回路基板の製造方法に関する。

【手続補正4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0008

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0008】

本発明の実施形態は、このような技術的課題に鑑みてなされたもので、空隙等による欠陥の少ないろう材はみ出し部を有し、耐熱サイクルが向上されたセラミックス回路基板の製造方法を提供することを目的とする。

【手続補正5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0009

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0009】

本発明の実施形態によれば、セラミックス基板の少なくとも一方の面に、Ag、Cu及びTiを含むろう材層を介して銅回路パターンとしての銅回路板を接合する工程、および前記銅回路板の側面から外側にはみ出した前記ろう材層で形成されたるろう材はみ出し部を形成する工程を含むセラミックス回路基板の製造方法である。前記ろう材層は、前記セラミックス基板と前記銅回路板との間に介在した接合層部から外側にはみ出した、長さが0.01mm以上で、かつ銅回路板の間隔の30%以下であるろう材はみ出し部を有し、前記ろう材層は、Ag：90～50重量%、Snおよび/またはInからなる元素：5～1

5重量%、Ti：0.1～6重量%、残部Cuおよび不可避不純物からなる組成を有する。前記ろう材はみ出し部中のTi相およびTiN相の合計割合は、3質量%以上40質量%以下で、かつ前記ろう材層の接合層部中のTi相およびTiN相の合計割合よりも多く、前記ろう材はみ出し部において、1個当たりの面積が $200\mu\text{m}^2$ を超える空隙が存在せず、かつ1個当たりの面積が $200\mu\text{m}^2$ 以下の空隙が1つ以下(0を含む)である。

【手続補正6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0010

【補正方法】削除

【補正の内容】

【手続補正7】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0011

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0011】

本発明の実施形態によれば、空隙等による欠陥の少ないろう材はみ出し部を有し、耐熱サイクルが向上されたセラミックス回路基板の製造方法を提供することができる。

【手続補正8】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0054

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0054】

以上説明した通り、本発明の実施形態及び実施例によると、信頼性の高いセラミックス回路基板ができることから産業上極めて有効である。

以下に、本願出願の当初の特許請求の範囲に記載された発明を付記する。

〔1〕セラミックス基板と、

前記セラミックス基板の少なくとも一方の面に、Ag、Cu及びTiを含むろう材層を介して接合された銅回路板と、

前記銅回路板の側面から外側にはみ出した前記ろう材層で形成されたるろう材はみ出し部とを備えるセラミックス回路基板であって、

前記ろう材はみ出し部中のTi相およびTiN相の合計は3質量%以上で、かつ前記セラミックス基板と前記銅回路板の間に介在された前記ろう材層中のTi相およびTiN相の合計量と異なり、前記ろう材はみ出し部における1個当たりの面積が $200\mu\text{m}^2$ 以下の空隙が1つ以下(0を含む)であることを特徴とするセラミックス回路基板。

〔2〕前記ろう材はみ出し部中のTi相およびTiN相の合計は3質量%以上40質量%以下であることを特徴とする上記〔1〕記載のセラミックス回路基板。

〔3〕前記ろう材はみ出し部のはみ出し長さが0.01mm以上で、かつ前記銅回路板の間隔の30%以下であることを特徴とする上記〔1〕または〔2〕のいずれか1項に記載のセラミックス回路基板。

〔4〕前記セラミックス基板が窒化珪素、窒化アルミニウムあるいはアルミナからなり、前記銅回路板の厚さが0.25mm以上であることを特徴とする上記〔1〕ないし上記〔3〕のいずれか1項に記載のセラミックス回路基板。

〔5〕前記ろう材層は、Ag：90～50重量%、Snおよび/またはInからなる元素：5～15重量%、Ti：0.1～6重量%、残部Cuおよび不可避不純物からなる組成のろう材を用いて形成されることを特徴とする請求項1ないし請求項4のいずれか1項に記載のセラミックス回路基板。

〔6〕セラミックス基板上における、銅回路パターン及びろう材はみ出し部となる領域以外の部分に第一のマスキングを施す工程と、

前記第一のマスキングが施されていない領域に、A g、C u及びT iを含むろう材層を形成する工程と、

前記ろう材層上に銅板を載せ、加熱により前記セラミックス基板と前記銅板を接合する工程と、

前記銅板上の銅回路パターンとなる領域に第二のマスキングを施す工程と、

エッチングにより銅回路パターンを形成する工程と

を備えることを特徴とするセラミックス回路基板の製造方法。

[7] 前記エッチングに用いるエッチング液が塩化第二鉄または塩化第二銅であることを特徴とする上記[6]記載のセラミックス回路基板の製造方法。

[8] 前記セラミックス基板と前記銅板に位置合わせ用マーキングが施されていることを特徴とする上記[6]または[7]のいずれか1項に記載のセラミックス基板の製造方法。

[9] 前記第一のマスキング及び前記第二のマスキングの材料が印刷可能な有機インクレジストであることを特徴とする上記[6]ないし上記[8]のいずれか1項に記載のセラミックス回路基板の製造方法。