

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5349714号  
(P5349714)

(45) 発行日 平成25年11月20日 (2013.11.20)

(24) 登録日 平成25年8月30日 (2013.8.30)

(51) Int.Cl.		F I			
<b>H05K</b>	<b>1/11</b>	<b>(2006.01)</b>	H05K	1/11	N
<b>H05K</b>	<b>1/09</b>	<b>(2006.01)</b>	H05K	1/09	Z
<b>H01L</b>	<b>23/13</b>	<b>(2006.01)</b>	H05K	1/09	A
			H01L	23/12	C

請求項の数 8 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2013-519455 (P2013-519455)	(73) 特許権者	000006633
(86) (22) 出願日	平成24年5月30日 (2012.5.30)		京セラ株式会社
(86) 国際出願番号	PCT/JP2012/063946		京都市伏見区竹田鳥羽殿町6番地
(87) 国際公開番号	W02012/169408	(72) 発明者	中村 清隆
(87) 国際公開日	平成24年12月13日 (2012.12.13)		京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町6番地
審査請求日	平成25年3月5日 (2013.3.5)		京セラ株式会社内
(31) 優先権主張番号	特願2011-128404 (P2011-128404)	(72) 発明者	大橋 嘉雄
(32) 優先日	平成23年6月8日 (2011.6.8)		京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町6番地
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		京セラ株式会社内
早期審査対象出願		(72) 発明者	阿部 裕一
			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	平野 央介
			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

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】

セラミック焼結体の厚み方向に貫通する貫通孔に金属からなる貫通導体を備えるとともに、前記セラミック焼結体の少なくとも一方主面側の前記貫通導体の表面を覆って接続されている金属配線層を備えた回路基板であって、前記貫通導体は、前記貫通孔の内壁側に前記セラミック焼結体の厚み方向に沿って前記貫通孔の一端から他端にかけて位置する第1の領域と、該第1の領域に隣接する第2の領域とを有し、該第2の領域における平均結晶粒径が、前記第1の領域における平均結晶粒径よりも大きいことを特徴とする回路基板。

【請求項2】

前記第2の領域に、前記貫通孔の最小径の4%以上10%以下の結晶粒径の粒子が50面積%以上存在してい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1の領域における平均結晶粒径が、前記貫通孔の最小径の1.5%以上4%未満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】

前記第2の領域における平均結晶粒径が、前記金属配線層における平均結晶粒径よりも大きい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】

前記貫通導体がガラスを含有しており、前記第2の領域におけるガラスの含有量が、前

記第 1 の領域におけるガラスの含有量より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】

前記貫通導体に含有されるガラスが、Bi を含んでいることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 5 のいずれかに記載の回路基板。

【請求項 7】

前記セラミック焼結体の一方主面に開口している前記貫通孔の開口面積よりも、他方主面に開口している前記貫通孔の開口面積が大きいことを特徴とする請求項 1 乃至請求項 6 のいずれかに記載の回路基板。

【請求項 8】

請求項 1 乃至請求項 7 のいずれかに記載の回路基板の前記金属配線層上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】

回路基板上に接合された金属配線層等を介して、半導体素子、発熱素子、ペルチェ素子等の各種電子部品が搭載された電子装置が用いられている。そして、これらの電子部品は作動時に熱を生じるものであり、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は大きくなっていることから、接合が剥れないことに加えて、放熱特性の高い回路基板が求められている。

【0003】

そのため、回路基板を構成する支持基板において、電子部品の直下にあたる部位に貫通孔を形成し、この貫通孔内に設けた導体（以降、貫通導体と記載する。）を利用して放熱特性を向上させることが行なわれている。しかし、貫通導体の形成を、金属めっきで埋める場合には、貫通孔の内壁から金属めっきが成長することから、貫通導体の表面中央に窪みが生じる。また、金属ペーストを充填する場合にも、焼成する際の収縮によって貫通導体の表面中央に窪みが生じる。そして、この貫通導体の表面を覆って形成される金属配線層は、貫通導体の表面性状に倣った表面性状となることから、金属配線層の表面にも窪みを生じることとなり、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たとき、各部材間において接合不良が生じたり、接合面積が少なく放熱特性が低下したりするという問題があった。

【0004】

このような、問題を解決すべく、例えば、特許文献 1 には、セラミック基板に形成されたスルーホールに充填した後、焼成するための導体ペーストであって、金属粉末を主成分とする導電粉末と、膨張剤と、展色剤と、を含む無収縮性スルーホール充填用導体ペーストが提案されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献 1】特開平 9 - 46013 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、特許文献 1 に記載された無収縮性スルーホール充填用導体ペーストを使用して作製された回路基板の場合、貫通導体の焼成時の収縮性は改善できるものの、膨張剤の熱伝導性は低いものであるため、放熱特性の高い回路基板とすることはできなかった

10

20

30

40

50

。

## 【0007】

本発明は、接合強度が高く、放熱特性に優れているとともに、貫通導体上に形成される金属配線層の窪みを小さくすることによって、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、セラミック焼結体の厚み方向に貫通する貫通孔に金属からなる貫通導体を備えるとともに、前記セラミック焼結体の少なくとも一方主面側の前記貫通導体の表面を覆って接続されている金属配線層を備えた回路基板であって、前記貫通導体は、前記貫通孔の内壁側に前記セラミック焼結体の厚み方向に沿って前記貫通孔の一端から他端にかけて位置する第1の領域と、該第1の領域に隣接する第2の領域とを有し、該第2の領域における平均結晶粒径が、前記第1の領域における平均結晶粒径よりも大きいことを特徴とするものである。

10

## 【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の金属配線層上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、貫通孔の径の中心側に、大きい結晶粒径の金属粒子が存在していることにより、貫通孔の径の中心側の焼成時の金属ペーストの収縮が小さいので、貫通導体の窪みを小さくすることができる。また、平均結晶粒径の大きい第2の領域を貫通孔の径の中心側に有していることにより、貫通孔の一端側に伝わった電子部品の作動時に生じた熱を、素早く他端側に伝えることができるので放熱特性を高めることができる。さらに、貫通孔の内壁側にセラミック焼結体の厚み方向に沿って貫通孔の一端から他端にかけて平均結晶粒径の小さい第1の領域が位置していることから、貫通導体の接合強度を高いものとすることができる。

20

## 【0011】

また、本発明の電子装置によれば、本発明の回路基板の金属配線層上に電子部品を搭載してなることにより、信頼性の高い電子装置とすることができる。

30

## 【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。

【図2】図1に示す電子装置における回路基板を抜粋して示す、(a)は平面図であり、(b)は(a)のA-A'線における断面図である。

【図3】本実施形態の回路基板の他の例を示す、(a)は平面図であり、(b)は(a)のB-B'線における断面図である。

## 【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。

40

## 【0014】

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の厚み方向(図に貫通する貫通孔12に金属からなる貫通導体13を備えるとともに、セラミック焼結体11の一方主面側の貫通導体13の表面を覆って接続されている金属配線層14を備えた回路基板10を備えているものである。そして、この回路基板10を構成する金属配線層14上に、例えば、電極パッド16を設け、この電極パッド16上に電子部品15を実装し、ボンディングワイヤ17によって電氣的に接合することにより、本実施形態の電子装置1となる。

## 【0015】

ここで、電子部品15としては、例えば、絶縁ゲート・バイポーラ・トランジスタ(IG

50

B T) 素子、インテリジェント・パワー・モジュール ( I P M ) 素子、金属酸化膜型電界効果トランジスタ ( M O S F E T ) 素子、発光ダイオード ( L E D ) 素子、フリーホイールリングダイオード ( F W D ) 素子、ジャイアント・トランジスタ ( G T R ) 素子、ショットキー・バリア・ダイオード ( S B D ) 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。

【 0 0 1 6 】

次に、本実施形態の回路基板10について図面を用いて説明する。図2は、図1に示す電子装置における回路基板10を抜粋して示す、( a ) は平面図であり、( b ) は( a ) の A - A ' 線における断面図である。なお、以降の図において、同一の部材については図1と同一の符号を用いて説明するものとする。

10

【 0 0 1 7 】

本実施形態の回路基板10は、図2に示す例のように、セラミック焼結体11の厚み方向に貫通する貫通孔12に金属からなる貫通導体13を備えるとともに、セラミック焼結体11の少なくとも一方主面側の貫通導体13の表面を覆って接続されている金属配線層14を備え、貫通導体13は、貫通孔12の内壁側にセラミック焼結体11の厚み方向に沿って貫通孔12の一端から他端にかけて位置する第1の領域13 a と、第1の領域13 a に隣接する第2の領域13 b とを有し、第2の領域13 b における平均結晶粒径が、第1の領域13 a における平均結晶粒径よりも大きいことを特徴としている。

【 0 0 1 8 】

20

このように、貫通孔12の径の中心側に、平均結晶粒径の大きい第2の領域13 b を有している、すなわち、金属ペーストを焼成させてなる貫通導体13において、貫通孔12の径の中心側に、大きい結晶粒径の金属粒子が存在していることにより、貫通孔12の径の中心側の焼成時の金属ペーストの収縮が小さいので、貫通導体13の窪みを小さくすることができる。そのため、貫通導体13の表面を覆って接続されている金属配線層14の窪みも小さくすることができる、金属配線層14上に電極パッドを介して電子部品(図示せず)を搭載したとき、接触面積が少なくなると放熱特性が低下したり、電極パッドが外れて電子装置としての機能を果たさない等の不具合が起きることを少なくすることができる。さらに、平均結晶粒径の大きい第2の領域13 b を貫通孔12の径の中心側に有していることにより、貫通孔12の一端側に伝わった電子部品(図示せず)の作動時に生じた熱を、素早く他端側に伝えることができるので放熱特性を高めることができる。

30

【 0 0 1 9 】

また、第1の領域13 a と第2の領域13 b とにおいて、平均結晶粒径の小さい第1の領域13 a を貫通孔12の内壁側に有していることにより、貫通孔12内における貫通導体13の接合強度を高いものとすることができる。

【 0 0 2 0 】

なお、図2に示す例の回路基板10における貫通導体13において、第1の領域13 a および第2の領域13 b とは、例えば、図2( b ) に示す断面図の貫通孔12の径の中心から貫通孔12の内壁までの半径において、中心から半径の4 / 5 に当たる部分が第2の領域13 b であり、第2の領域13 b 以外の内壁側に当たる部分が第1の領域13 a である。例えば、貫通孔12の径の大きさ(直径)が130  $\mu$  m (半径で65  $\mu$  m) であるとき、貫通孔12の径の中心から内壁に向けて半径52  $\mu$  m の円に相当する部分が第2の領域13 b であり、第2の領域13 b 以外の内壁側に当たる部分が第1の領域13 a である。

40

【 0 0 2 1 】

そして、第1の領域13 a および第2の領域13 b を確認するためには、例えば、貫通導体13をセラミック焼結体11の厚み方向に切断し、クロスセクションポリッシャー( C P ) を用いて、セラミック焼結体11に開口する貫通孔12の直径が断面となるように研磨した面を、S E M ( 走査型電子顕微鏡 ) を用いて5000倍の倍率で確認すればよい。また、貫通導体13の第1の領域13 a および第2の領域13 b の平均結晶粒径を確認するためには、それぞれの第1の領域13 a および第2の領域13 b の任意の5点を選択して観察し、各観察画像につ

50

いて画像解析ソフトを用いて結晶粒径を求め、各結晶粒径の値から平均結晶粒径を算出すればよい。

【0022】

また、貫通導体13の表面を覆って接続されている金属配線層14の窪みは、表面粗さ計やレーザー変位計を用いることで測定することができる。例えば、レーザー変位計で測定するときには、貫通導体13の表面を覆っていないところに位置する金属配線層14の表面と、貫通導体13の表面を覆っているところ位置している金属配線層14の表面について数カ所測定し、測定値の最大値と最小値との差を窪みの値とすればよい。

【0023】

また、本実施形態の回路基板10において、第2の領域13bに、貫通孔12の最小径の4%以上10%以下の結晶粒径の粒子が50面積%以上存在していることが好ましい。なお、貫通孔12の最小径とは、前述した平均結晶粒径の算出時と同様の研磨した面を、SEMを用いて2000倍の倍率で確認すればよい。そして、第2の領域13bに、貫通孔12の最小径の4%以上10%以下の結晶粒径の粒子が50面積%以上存在しているときには、窪みを小さくすることができるとともに、貫通孔12の一端側に伝わった電子部品の作動時に生じた熱を、より素早く他端側に伝えることができ、放熱特性を高めることができる。

【0024】

なお、第2の領域13bにおいて、貫通孔12の最小径の4%以上10%以下の結晶粒径の粒子の面積占有率は、例えば、平均結晶粒径の算出時と同様に、観察画像について画像解析ソフトを用いて第2の領域13bにおける貫通孔12の最小径の4%以上10%以下の結晶粒径の面積占有率を算出すればよい。また、第2の領域13bにおける平均結晶粒径は、貫通孔12の最小径の3.1%以上5.8%以下であることが好ましい。

【0025】

また、第2の領域13bに、貫通孔12の最小径の4%以上10%以下の結晶粒径の粒子が50面積%以上存在しているとき、本実施形態の回路基板10構成する貫通導体13の第2の領域13bには、貫通孔12の最小径の1%以上4%以下の平均径を有するボイドが3面積%以上5面積%以下の範囲で存在する。この第2の領域13bに存在するボイドは、熱伝導性を低下させることなく、貫通導体13の窪みを小さくすることに寄与するものである。

【0026】

なお、第2の領域13bにおける平均ボイド径およびボイド率を確認するためには、例えば、平均結晶粒径の算出時と同様に、観察画像について画像解析ソフトを用いて2値化処理を行なうことによってボイドを抽出し、平均ボイド径およびボイド率を算出すればよい。

【0027】

また、本実施形態の回路基板10において、第1の領域13aにおける平均結晶粒径が、貫通孔12の最小径の1.5%以上4%未満であることが好ましい。第1の領域13aにおける平均結晶粒径が、貫通孔12の最小径の1.5%以上4%未満であるときには、貫通孔12内における貫通導体13の接合強度を高いものとすることができるとともに、第1の領域13bにおいても、貫通孔12の一端側に伝わった電子部品の作動時に生じた熱を、素早く他端側に伝えることができる。

【0028】

また、本実施形態の回路基板10において、第2の領域13bにおける平均結晶粒径が、金属配線層14における平均結晶粒径よりも大きいことが好ましい。第2の領域13bにおける平均結晶粒径が、金属配線層14における平均結晶粒径よりも大きいときには、電子部品15の作動時に生じた熱の流れが、金属配線層14から貫通導体13の第2の領域13bへとスムーズに流れるため、放熱特性を向上させることができる。ここで、金属配線層14の平均結晶粒径を確認するためには、まず、金属配線層14をセラミック焼結体11の厚み方向に切断し、クロスセクションポリッシャー(CP)を用いて研磨する。次に、SEMを用いて5000倍の倍率で確認し、任意の5点を選択して観察し、各観察画像について画像解析ソフトを用いて結晶粒径を求め、各結晶粒径の値から平均結晶粒径を算出すればよい。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 2 9 】

なお、セラミック焼結体11の厚み方向に切断した断面において、セラミック焼結体11の表面の延線であり、貫通孔12の開口部を結ぶ線を、貫通導体13と金属配線層14との境界とする。

## 【 0 0 3 0 】

また、本実施形態の回路基板10において、貫通導体13がガラスを含有しており、第2の領域13bにおけるガラスの含有量が、第1の領域13aにおけるガラスの含有量よりも多いことが好ましい。第2の領域13bにおけるガラスの含有量が、第1の領域13aにおけるガラスの含有量よりも多いときには、貫通導体13の占有体積率の高い第2の領域13bの熱膨張を緩和することができるため、電子部品15の作動と停止を繰り返したときの冷熱サイクルの際の貫通導体13の形状変化が小さくなり、貫通孔12と貫通導体13との接合の剥がれを生じにくくすることができる。

10

## 【 0 0 3 1 】

なお、第1の領域13aおよび第2の領域13bにおけるガラスの含有量の測定方法は、例えば、貫通導体13をセラミック焼結体11の厚み方向に切断し、クロスセクションポリッシャー（CP）を用いて研磨した面を測定面とする。次に、上述した方法により、第1の領域13aおよび第2の領域13bの境界を確認し、第1の領域13aおよび第2の領域13bのそれぞれについて、SEMに付設のEDS（エネルギー分散型X線分析装置）を用いて2000倍の倍率で確認し、任意の5点を選択して観察する。そして、各観察画像について画像解析ソフトを用いてガラスの含有量を求め、それぞれ平均値を算出したものを第1の領域13aおよび第2の領域13bにおけるガラスの含有量とすればよい。

20

## 【 0 0 3 2 】

また、本実施形態の回路基板10において、貫通導体13が、Biを含むガラスを含有していることが好ましい。貫通導体13が、Biを含むガラスを含有しているときには、セラミック焼結体11との濡れ性が良いので、貫通孔12内における貫通導体13の接合強度をより高いものとすることができる。これは、貫通孔12内における貫通導体13の接合強度が高いものであるとき、Biは、貫通孔12の内壁との界面に多く存在していることに基づく。そして、Biを含むガラスとしては、例えば、 $SiO_2 - B_2O_3 - Bi_2O_3$ 系ガラスや $R_2O - SiO_2 - B_2O_3 - Bi_2O_3$ 系ガラス（R：アルカリ金属）等があり、Biの確認については、例えば、TEM（透過型電子顕微鏡）やSEMに付設のEDSを用いて確認すればよい。ここで、ガラスの厚みは、例えば0.5 $\mu m$ 以上5.0 $\mu m$ 以下である。

30

## 【 0 0 3 3 】

図3は、本実施形態の回路基板の他の例を示す、(a)は平面図であり、(b)は(a)のB-B'線における断面図である。

## 【 0 0 3 4 】

図3の回路基板10は、セラミック焼結体11の一方主面（電子部品が搭載される側の面）に開口している貫通孔12の開口面積よりも、他方主面に開口している貫通孔12の開口面積が大きい例として、一方主面から他方主面に向かって貫通孔12の径が大きくなっている例を示している。このように、セラミック焼結体11の一方主面に開口している貫通孔12の開口面積よりも、他方主面に開口している貫通孔12の開口面積が大きいときには、貫通孔12の一端側に伝わった電子部品（図示せず）の作動時に生じた熱を他端側で効率よく放熱することができるので、放熱特性をより高めることができる。

40

## 【 0 0 3 5 】

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、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から選択される1種もしくは混合焼結体を用いることができる。また、貫通導体13の主成分が銅であるときは、セラミック焼結体11が酸化アルミニウム質焼結体または窒化アルミニウム質焼結体であれば、貫通孔12の内壁と貫通導体13との界面でアルミン酸銅（ $CuAl_2O_4$ または $CuAlO_2$ ）が生成されることで、貫通孔12と貫通導体13との接合強度を高くすることができる。なお、貫通孔12の形成など加工性の観点

50

から、セラミック焼結体11が酸化アルミニウム質焼結体からなることが好ましい。

【0036】

また、本実施形態の回路基板10を構成する貫通導体13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。貫通導体13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、貫通導体13となる金属ペーストが、銅を主成分とし、軟化点が600 以上700 以下のガラスを含有するものであるとき、銅の融点近傍の温度で焼成することにより、高い接合強度を得ることができる。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、貫通導体13の主成分とは、貫通導体13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

【0037】

また、本実施形態の回路基板10を構成する金属配線層14は、貫通導体13と同じく、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。なお、金属配線層14は、金属配線層14の露出した表面上に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、電極パッドやボンディングワイヤなどの接合処理がしやすくなり、さらに金属配線層14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。

【0038】

以下、本実施形態の回路基板の製造方法について説明する。

20

【0039】

まず、主成分として、酸化アルミニウム ( $Al_2O_3$ )、焼結助剤として、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。次に、マイクロドリル、サンドブラスト、マイクロブラストおよびレーザー加工などにより、貫通孔12の形成を行なう。なお、貫通孔12の形成方法としては、バリやカケの発生が少なく、発振出力を変えることによりセラミック焼結体11の厚み方向における貫通孔12の形状を自由に変更することが可能であることから、レーザー加工で行なうことが好ましい。

【0040】

次に、貫通導体13となる金属ペーストを準備する。この金属ペーストは、金属粉末、ガラス粉末、有機ビヒクルを含有する。また、必要に応じて金属酸化物を加えても良い。そして、金属粉末としては、例えば、平均粒径が  $1\mu m$  未満の金属粉末と、 $1\mu m$  以上  $3\mu m$  未満の金属粉末と、 $3\mu m$  以上  $10\mu m$  未満の金属粉末とを用いる。このように、粒径を異ならせた金属粉末を用いれば、平均粒径の小さい  $1\mu m$  未満の金属粉末の存在によって、貫通導体13の焼結性を向上させることができる。また、平均粒径の大きい  $3\mu m$  以上  $10\mu m$  未満の金属粉末の存在によって、熱伝導性を高めることができる。

30

【0041】

ここで、第1の領域13aとなる金属ペーストに含有する第1の金属粉末の配合比としては、第1の金属粉末の合計100質量%のうち、例えば、平均粒径が  $1\mu m$  未満の金属粉末が40質量%以上65質量%以下、 $1\mu m$  以上  $3\mu m$  未満の金属粉末が20質量%以上45質量%以下、 $3\mu m$  以上  $10\mu m$  未満の金属粉末が10質量%以上35質量%以下である。

40

【0042】

また、第2の領域13bとなる金属ペーストに含有する第2の金属粉末の配合比としては、第2の金属粉末の合計100質量%のうち、例えば、平均粒径が  $1\mu m$  未満の金属粉末が15質量%以上35質量%以下、 $1\mu m$  以上  $3\mu m$  未満の金属粉末が20質量%以上45質量%以下、 $3\mu m$  以上  $10\mu m$  未満の金属粉末が40質量%以上65質量%以下である。

【0043】

また、ガラス粉末は、特に限定されるものではないが、軟化点が400 以上700 以下のものを用いることが好ましい。特に、軟化点が600 以上700 以下ならば、焼成において金属粉末が焼結する際に結晶の粒成長を妨げることができ、結晶粒径を小さくすることが

50

でき、貫通孔12内における貫通導体13の接合強度を向上させることができる。このガラスの種類としては、例えば、 $\text{SiO}_2$ 系、 $\text{R}_2\text{O}-\text{SiO}_2$ 系（R：アルカリ金属元素）、 $\text{SiO}_2-\text{B}_2\text{O}_3$ 系、 $\text{R}_2\text{O}-\text{SiO}_2-\text{B}_2\text{O}_3$ 系、 $\text{SiO}_2-\text{B}_2\text{O}_3-\text{Bi}_2\text{O}_3$ 系、 $\text{R}_2\text{O}-\text{SiO}_2-\text{B}_2\text{O}_3-\text{Bi}_2\text{O}_3$ 系などが挙げられる。中でも、Biを含むガラスを用いることが貫通孔12の内壁と貫通導体13との接合強度を向上させる点で好ましい。

【0044】

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との比率は、有機バインダ1に対し、有機溶剤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。

10

【0045】

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。

【0046】

そして、金属ペーストとなる、金属粉末、ガラス粉末、有機ビヒクルの配合比としては、金属ペースト100質量%のうち、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%以下の範囲とすることが好ましい。また、貫通孔12へスムーズに金属ペーストを充填するには、粘度が、 $0.8\text{Pa}\cdot\text{s}$ 以上 $1.3\text{Pa}\cdot\text{s}$ 以下であることが好ましい。

20

【0047】

また、金属ペーストに金属酸化物を含有させるときには、セラミック焼結体11が酸化アルミニウム質焼結体または窒化アルミニウム質焼結体であれば、酸化銅（ $\text{CuO}$ または $\text{Cu}_2\text{O}$ ）であることが好ましい。このように、金属ペーストに金属酸化物である酸化銅を含有しているときには、アルミン酸銅（ $\text{CuAl}_2\text{O}_4$ または $\text{CuAlO}_2$ ）が生成されやすくなり、貫通孔12の内壁と貫通導体13との接合強度をさらに高くすることができる。

30

【0048】

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るとき、金属ペーストに含有される金属酸化物が酸化アルミニウム（ $\text{Al}_2\text{O}_3$ ）であれば、金属ペーストを焼成してなる貫通導体13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と貫通導体13との熱膨張係数差によって、接合の剥がれが生じる等の不具合を少なくすることができる。

【0049】

そして、上述した第1の金属粉末、ガラス粉末、有機ビヒクルを用いて、第1の領域13aとなる第1の金属ペースト、第2の金属粉末、ガラス粉末、有機ビヒクルを用いて、第2の領域13bとなる第2の金属ペーストを作製する。そして、貫通孔12の内壁側に第1の金属ペースト、貫通孔12の径の中心側に第2の金属ペーストを同時に充填可能なノズルを用いて、貫通孔12内に充填する。

40

【0050】

なお、第1の金属ペーストおよび第2の金属ペーストにおけるガラス粉末の配合比を異ならせることによって、第1の領域13aと第2の領域13bのガラスの存在量を調整することができる。

【0051】

次に、貫通孔12に充填した金属ペーストを80 以上150 以下で乾燥する。この温度範囲ならば、金属ペースト中の有機成分が多量に揮発することなく、放熱特性を低下させる

50

ことなく、窪みを少なくすることに寄与するポイドを形成することができる。その後、金属ペーストを構成する金属粉末が銅であるときには、最高温度850 以上1050 以下、銀であるときには、最高温度800 以上1000 以下、アルミニウムであるときには、最高温度500 以上600 以下とし、保持時間0.5時間以上3時間以下で焼成する。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非酸化雰囲気焼成する。

【0052】

次に、金属配線層14をセラミック焼結体11の一方主面側の貫通導体13の表面に形成する。金属配線層14を形成するために用いる金属ペーストは導電性および熱伝導性に優れたものを用いれば良いが、貫通導体13となるいずれかの金属ペーストと同じ金属ペーストを用いれば、製造工程が簡略化されるとともに、貫通導体13と金属配線層14との熱膨張係数差がないので、焼結の際にクラックなどが起こりにくくなり好ましい。

10

【0053】

金属配線層14は、公知のスクリーン印刷法を用いて金属ペーストを印刷した後、乾燥して焼成することによって作製することができる。また、金属配線層14の厚みは40 $\mu$ m以上であることが好ましく、金属配線層14の厚みが40 $\mu$ m以上であれば、導電性を有しつつ優れた放熱特性を示すことができる。また、金属配線層14は、数回に分けて印刷、乾燥、焼成を行なって所望の厚みになるまで繰り返して形成しても良い。また、金属配線層14は、セラミック焼結体11の他方主面側の貫通導体13の表面に形成して放熱特性をさらに向上させてもよいことはいうまでもない。

【0054】

20

また、金属配線層14の作製において、金属配線層14の必要領域外となる部分にまで金属ペーストを印刷して乾燥し焼成した後、金属配線層14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14を作製してもよい。このように、エッチングにより金属配線層14を作製するときには、厚みは100 $\mu$ m以下であることが好ましい。

【0055】

以上の手順により、セラミック焼結体11の厚み方向に貫通する貫通孔12に金属からなる貫通導体13を備えるとともに、セラミック焼結体11の少なくとも一方主面側の貫通導体13の表面を覆って接続されている金属配線層14を備えた回路基板10であって、貫通導体13は、貫通孔12の内壁側にセラミック焼結体11の厚み方向に沿って貫通孔12の一端から他端にかけて位置する第1の領域13aと、第1の領域13aに隣接する第2の領域13bとを有し、第2の領域における平均結晶粒径が、第1の領域における平均結晶粒径よりも大きい回路基板10を得ることができる。

30

【0056】

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、上述した方法で本実施形態の回路基板10を多数個形成し、その後分割すれば、効率よく作製可能である。

【0057】

そして、金属配線層14上に、例えば、電極パッド16を設け、この電極パッド16上に電子部品15を実装することにより、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、本実施形態の回路基板10に電子部品15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1とすることができる。なお、より放熱特性に優れた電子装置1とするには、セラミック焼結体11の一方主面側の貫通導体13の表面上となる部分に、金属配線層14等を介して電子部品15が位置していることが好ましい。

40

【0058】

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】

50

## 【0059】

第1の領域13aと第2の領域13bとにおける平均結晶粒径を異ならせた試料を作製し、貫通導体13の窪み、放熱特性および信頼性に関する試験を行なった。

## 【0060】

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。

## 【0061】

そして、セラミック焼結体11に、レーザー加工を施して、一端から他端にかけて直径が130 $\mu\text{m}$ の貫通孔12を形成した。次いで、各試料の作製のために使用する金属ペーストについては、銅からなり、平均粒径が0.5 $\mu\text{m}$ 、2 $\mu\text{m}$ 、6 $\mu\text{m}$ の金属粉末の混合比率を異ならせて表2に示す平均結晶粒径となるように調整した金属混合粉末を86質量%と、 $\text{R}_2\text{O}-\text{SiO}_2-\text{B}_2\text{O}_3$ 系のガラス粉末を3質量%と、有機ビヒクルとして11質量%（有機バインダ：アクリル樹脂を2.5質量%、有機溶剤：テルピネオールを8.5質量%、アクリル樹脂に対するテルピネオールの比率3.4）とし、第1の金属ペーストおよび第2の金属ペーストを調合した。各金属ペーストの粘度は、0.8 $\text{Pa}\cdot\text{s}$ 以上1.3 $\text{Pa}\cdot\text{s}$ 以下の範囲内であった。

## 【0062】

次いで、貫通孔12の内壁側に第1の金属ペースト、貫通孔12の径の中心側に第2の金属ペーストを同時に充填可能なノズルを用いて、貫通孔12内に充填した。次いで、セラミック焼結体11の一方主面の貫通導体13の表面を覆って貫通導体13と接する金属配線層14となるように、試料No. 2の第2の金属ペーストと同じ金属ペーストを用いてスクリーン印刷を行なった。なお、金属配線層14の厚みは40 $\mu\text{m}$ となるように形成した。そして、大気雰囲気にて乾燥させた後、酸素濃度を5ppmに調整した窒素雰囲気の中で、焼成温度を900、焼成時間を1時間で焼成して貫通導体13および金属配線層14を形成し、試料No. 1~18を得た。

## 【0063】

次に、各試料の一部を切断し、クロスセクションポリッシャー（CP）を用いて、セラミック焼結体11に開口する貫通孔12の直径の切断線が断面となるように研磨した後、公知のエッチング溶液を用いてこの貫通導体13の断面をエッチングした。その後、SEM（走査型電子顕微鏡）を用いて5000倍の倍率でそれぞれの第1の領域13aおよび第2の領域13bの任意の5点を選択して観察し、各観察画像について画像解析ソフトを用いて結晶粒径を求め、各結晶粒径の値から平均結晶粒径を算出した。また、貫通孔12の最小径130 $\mu\text{m}$ に対する平均結晶粒径の比率を算出した。また、観察した画像について画像解析ソフトを用いて、貫通導体13の第2の領域13bにおける貫通孔12の最小径の4%以上10%以下の結晶粒径の面積占有率を算出した。

## 【0064】

次に、レーザー変位計を用いて、貫通導体13上に位置していない金属配線層14の表面と、貫通導体13上に位置している金属配線層14の表面について数カ所測定し、測定値の最大値と最小値との差を窪みの値とした。

## 【0065】

次に、放熱特性試験として、各試料に電子部品15を搭載し、30Aの電流を流した。そして、電流を流してから5分間放置後に電子部品15の表面温度をサーモグラフィー（日本電子株式会社製、型番：JTG-7200）で測定した。なお、測定距離は20cmとした。

## 【0066】

次に、ヒートサイクル試験として、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に降温して15分保持してから、昇温して125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、各試料の試料数は20個とし、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一つずつ取出し、貫通孔12の内壁と貫通導体13との界面の観察を行ない、剥離が確認され

10

20

30

40

50

たときのサイクル回数を表1に示した。剥離の確認は、SEMを用いて1000倍の倍率で観察して行なった。以上の算出値、測定値等の結果を表1に示す。

【0067】

【表1】

試料 No.	第1の領域		第2の領域			窪み $\mu\text{m}$	表面温度 $^{\circ}\text{C}$	サイクル 回数
	平均結晶粒径		平均結晶粒径		面積占有率			
	$\mu\text{m}$	%	$\mu\text{m}$	%	面積%			
1	1.3	1.0	3.8	2.9	28	12.0	72.0	2200
2	1.3	1.0	4.0	3.1	30	11.5	70.8	2300
3	1.3	1.0	4.3	3.3	35	10.9	70.2	2350
4	1.3	1.0	4.6	3.5	40	10.3	70.0	2400
5	1.3	1.0	4.8	3.7	45	9.7	69.2	2400
6	1.4	1.1	5.2	4.0	50	9.2	67.4	2500
7	1.4	1.1	5.5	4.2	58	8.8	66.4	2600
8	1.4	1.1	7.0	5.4	75	8.5	65.7	2650
9	1.4	1.1	7.5	5.8	90	8.4	65.1	2600
10	1.4	1.1	8.0	6.2	95	8.2	65.7	2550
11	1.5	1.2	5.6	4.3	64	8.5	65.8	2650
12	1.9	1.5	5.6	4.3	64	8.4	64.4	2750
13	3.1	2.4	5.7	4.4	65	8.4	64.1	2850
14	4.3	3.3	5.9	4.5	66	8.4	63.6	2950
15	5.1	3.9	6.0	4.6	67	8.3	63.3	2800
16	5.2	4.0	6.1	4.7	67	8.3	63.1	2700
17	2.5	1.9	2.1	1.6	20	15.5	80.2	2000
18	3.1	2.4	3.1	2.4	24	14.7	78.2	2050

【0068】

表1から、第1の領域13aにおける平均結晶粒径が、第2の領域13bにおける平均結晶粒径よりも大きい、または、第1の領域13aにおける平均結晶粒径と第2の領域13bにおける平均結晶粒径とが同じである試料No. 17および18は、窪みが $14.7\mu\text{m}$ 以上、表面温度が $78.2$ 以上、サイクル数が2050以下であった。

【0069】

これに対し、第2の領域13bにおける平均結晶粒径が、第1の領域13aにおける平均結晶粒径よりも大きい試料No. 1~16は、窪みが $12\mu\text{m}$ 以下、表面温度が $72$ 以下、サイクル数が2200以上の結果が得られており、放熱特性および信頼性に優れた回路基板であることがわかった。

【0070】

また、第2の領域13bに、貫通孔12の最小径の4%以上10%以下の結晶粒径の粒子が50面積%以上存在している試料No. 6~16は、窪みが $9.2\mu\text{m}$ 以下、表面温度が $67.4$ 以下、サイクル数が2500以上の結果が得られており、より優れた回路基板であることがわかった。

【0071】

さらに、第1の領域13aにおける平均結晶粒径が、貫通孔12の最小径の1.5%以上4%未満である試料No. 12~15は、窪みが $8.4\mu\text{m}$ 以下、表面温度が $64.4$ 以下、サイクル数が2750以上の結果が得られており、さらに優れた回路基板であることがわかった。

## 【実施例 2】

## 【0072】

次に、貫通導体13における第2の領域13bおよび金属配線層14の平均結晶粒径を異ならせた試料を作製し、放熱特性および信頼性に関する試験を行なった。製造方法としては、実施例1の試料No.14と同じ構成の貫通導体13上に、金属配線層14の平均結晶粒径を異ならせるべく、実施例1の試料No.4, 8, 14で第2の領域13bの形成に用いた金属ペーストを用いて金属配線層14を形成した。なお、金属配線層14の構成が実施例1の試料No.4の第2の領域13bと同じであるのが試料No.19であり、同様に試料No.14と同じであるのが試料No.20であり、試料No.8と同じであるのが試料No.21である。また、使用した金属ペーストを変更したこと以外は、実施例1と同様の方法で行なった。

10

## 【0073】

そして、実施例1と同様の方法で、放熱特性試験およびヒートサイクル試験を行なった。結果を表2に示す。

## 【0074】

## 【表2】

試料 No.	第2の領域 平均結晶粒径 $\mu\text{m}$	金属配線層 平均結晶粒径 $\mu\text{m}$	表面温度 $^{\circ}\text{C}$	サイクル 回数
19	5.9	3.8	63.0	3000
20	5.9	5.9	63.9	2800
21	5.9	7.0	64.7	2700

20

## 【0075】

表2から、試料No.19は、試料No.20, 21よりもサイクル数が上回った結果が得られており、第2の領域13bにおける平均結晶粒径を、金属配線層14における平均結晶粒径よりも大きくすることによって、電子部品15の作動時に生じた熱の流れが、金属配線層14から貫通導体13の第2の領域13bへとスムーズに流れ、放熱特性の向上が図れることがわかった。

30

## 【実施例 3】

## 【0076】

次に、第1の領域13aにおけるガラスの含有量と、第2の領域13bにおけるガラスの含有量を異ならせた試料を作製し、放熱特性および信頼性に関する試験を行なった。製造方法としては、第2の金属ペーストの配合比を変更し、試料No.22はガラス粉末を2.0質量%、試料No.23はガラス粉末を3.0質量%、試料No.24はガラス粉末を4.0質量%として変更した。なお、ガラス粉末を増減した量の分だけ、アクリル樹脂に対するテルピネオールを3.4に固定しつつ、有機ビヒクルの添加量を増減した。また、使用した第2の金属ペーストを変更したこと以外は、実施例1と実施例2と同様の方法で行なった。

40

## 【0077】

そして、実施例1と同様の方法で、放熱特性試験およびヒートサイクル試験を行なった。また、第1の領域13aおよび第2の領域13bにおけるガラスの含有量の測定方法は、まず、貫通導体13をセラミック焼結体11の厚み方向に切断し、クロスセクションポリッシャー(CP)を用いて研磨した面を測定面とした。次に、第1の領域13aおよび第2の領域13bについて、SEMに付設のEDSを用いて2000倍の倍率で確認し、任意の5点を選択して観察した。そして、各観察画像を画像解析ソフトを用いてガラスの含有量を求めて、それぞれ平均値を算出したものを第1の領域13aおよび第2の領域13bにおけるガラスの含有量とした。結果を表3に示す。

50

【 0 0 7 8 】

【表 3】

試料 No.	第1の領域における ガラス含有量 面積%	第2の領域における ガラス含有量 面積%	表面温度 ℃	サイクル 回数
22	7.4	4.9	63.0	2800
23	8.0	8.0	63.6	2950
24	7.8	10.3	63.9	3100

10

【 0 0 7 9 】

表 3 から、試料 No. 24 は、試料 No. 22, 23 よりもサイクル数が上回った結果が得られており、第 2 の領域 13 b におけるガラスの含有量を、第 1 の領域 13 a におけるガラスの含有量よりも多くすることによって、貫通導体 13 の占有体積率の高い第 2 の領域 13 b の熱膨張を緩和することができるため、電子部品 15 の作動と停止を繰り返したときの冷熱サイクルの際の貫通導体 13 の形状変化を小さくすることができ、貫通孔 12 と貫通導体 13 との接合の剥がれを生じにくくすることがわかった。

【実施例 4】

【 0 0 8 0 】

20

次に、Bi を含むガラスを添加した金属ペーストを用いて作製した試料（以下、Bi 有り試料と）および Bi を含まないガラスを添加した金属ペーストを用いて作製した試料（以下、Bi 無し試料）について、ヒートサイクル試験を行なった。なお、ガラス粉末として、 $R_2O - SiO_2 - B_2O_3$  系または  $R_2O - SiO_2 - B_2O_3 - Bi_2O_3$  系を用いたこと以外は、製造方法、試験方法ともに実施例 1 と同様の方法で行なった。なお、貫通孔 12 の内壁と貫通導体 13 との界面を TEM にて観察し、Bi を含むガラスを添加した金属ペーストを用いて作製した試料については、Bi の存在が確認された。

【 0 0 8 1 】

ヒートサイクル試験の結果、Bi 無し試料に対し、Bi 有り試料はサイクル数で 10% の向上が見られ、Bi を含むガラスを含有していることにより、貫通孔 12 の内壁と貫通導体 13 との接合強度を高めることができ、繰り返し掛かる熱によって貫通導体 13 が剥離することが少ない信頼性の高い回路基板とできることがわかった。

30

【実施例 5】

【 0 0 8 2 】

次に、セラミック焼結体 11 の両主面における貫通孔 12 の開口径を異ならせた試料を作製し、放熱特性および信頼性に関する試験を行なった。なお、製造方法としては、レーザー加工の発振出力の調整によって、表 2 に示すように、セラミック焼結体 11 の一方主面側および他方主面側の貫通孔 12 の径を異ならせたこと以外は実施例 1 と同様の方法で行なった。なお、貫通導体 13 および金属配線層 14 となる金属ペーストの構成は、実施例 1 の試料 No. 14 と同じとした。

40

【 0 0 8 3 】

そして、実施例 1 と同様の方法で、放熱特性試験およびヒートサイクル試験を行なった。結果を表 4 に示す。

【 0 0 8 4 】

【表 4】

試料 No.	セラミック焼結体		表面温度 °C	サイクル 回数
	一方主面 貫通孔径 $\mu\text{m}$	他方主面 貫通孔径 $\mu\text{m}$		
25	130	130	63.6	2950
26	130	140	62.6	3000
27	130	150	59.4	3250

10

## 【 0 0 8 5 】

表 2 から、試料 No. 25 に比べて試料 No. 26, 27 は、電子部品 15 が搭載されるセラミック焼結体 11 の一方主面に開口している貫通孔 12 の開口面積よりも、他方主面に開口している貫通孔 12 の開口面積が大きいので、放熱特性放熱性および信頼性がさらに優れた回路基板とできることがわかった。

## 【符号の説明】

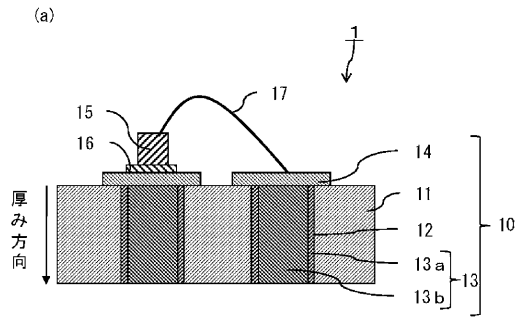
## 【 0 0 8 6 】

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

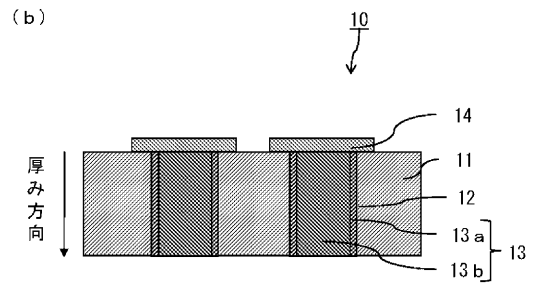
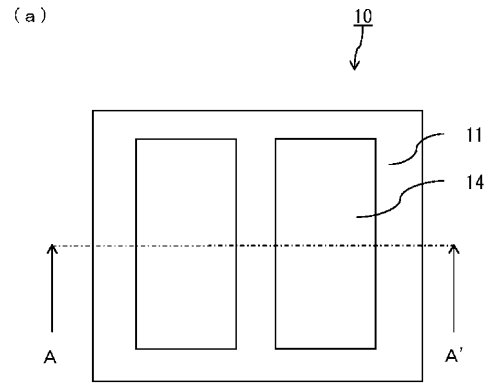
20

30

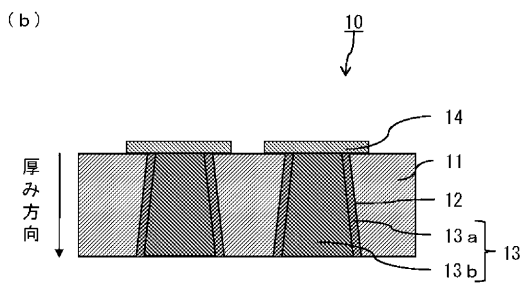
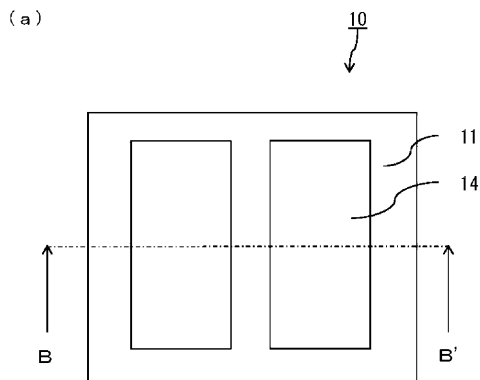
【図 1】



【図 2】



【図 3】



---

フロントページの続き

- (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
- (72)発明者 関口 敬一  
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 中田 誠二郎

- (56)参考文献 特開平11-251700(JP,A)  
特開2003-110241(JP,A)  
特開2004-134467(JP,A)  
特開2009-54773(JP,A)  
国際公開第2005/27606(WO,A1)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- |      |       |
|------|-------|
| H05K | 1/11  |
| H01L | 23/13 |
| H05K | 1/09  |