

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6524780号
(P6524780)

(45) 発行日 令和1年6月5日(2019.6.5)

(24) 登録日 令和1年5月17日(2019.5.17)

(51) Int.Cl.	F I					
H05K	3/10	(2006.01)	H05K	3/10	C	
H05K	1/09	(2006.01)	H05K	1/09	A	
H05K	3/00	(2006.01)	H05K	3/00	W	
H05K	1/03	(2006.01)	H05K	1/03	G10R	
			H05K	1/03	G10L	

請求項の数 12 (全 40 頁)

(21) 出願番号	特願2015-86199 (P2015-86199)	(73) 特許権者	000002369
(22) 出願日	平成27年4月20日 (2015.4.20)		セイコーエプソン株式会社
(65) 公開番号	特開2016-207787 (P2016-207787A)		東京都新宿区新宿四丁目1番6号
(43) 公開日	平成28年12月8日 (2016.12.8)	(74) 代理人	100091292
審査請求日	平成30年3月9日 (2018.3.9)		弁理士 増田 達哉
		(74) 代理人	100091627
			弁理士 朝比 一夫
		(72) 発明者	中村 英文
			青森県八戸市大字河原木字海岸4-4-4
			エプソンアトミックス株式会社内
		(72) 発明者	川崎 琢
			青森県八戸市大字河原木字海岸4-4-4
			エプソンアトミックス株式会社内
		審査官	鹿野 博司

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電気配線部材の製造方法、電気配線部材形成用材料、電気配線部材、電気配線基板の製造方法、電気配線基板形成用材料、電気配線基板、振動子、電子機器および移動体

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

電気配線を含む電気配線部材を製造する方法であって、
導電性を有する金属粒子と、前記金属粒子の表面に位置しガラス材料を主材料とする表面絶縁層と、で構成された絶縁層付き金属粒子と、
樹脂材料と、
を含む混合物を加圧しつつ成形し、成形体を得る工程と、
前記成形体に対してエネルギー線を照射し、照射領域に前記電気配線を形成する工程と、
を有することを特徴とする電気配線部材の製造方法。

10

【請求項2】

前記絶縁層付き金属粒子は、前記金属粒子の表面に前記ガラス材料を固着させることにより製造されたものである請求項1に記載の電気配線部材の製造方法。

【請求項3】

前記金属粒子は、水アトマイズ法または高速回転水流アトマイズ法により製造されたものである請求項1または2に記載の電気配線部材の製造方法。

【請求項4】

前記樹脂材料は、エポキシ系樹脂を含む請求項1ないし3のいずれか1項に記載の電気配線部材の製造方法。

【請求項5】

20

導電性を有する金属粒子と、前記金属粒子の表面に位置しガラス材料を主材料とする表面絶縁層と、で構成された絶縁層付き金属粒子と、

樹脂材料と、

を含み、加圧されているとともに所定の形状に成形されている材料であって、

一部にエネルギー線が照射されることにより、照射領域に導電性が発現し、電気配線を形成し得ることを特徴とする電気配線部材形成用材料。

【請求項 6】

導電性を有する金属粒子と前記金属粒子の表面に位置しガラス材料を主材料とする表面絶縁層とで構成された絶縁層付き金属粒子と、樹脂材料と、を含み、加圧されている絶縁領域と、

導電性を有する金属粒子同士が結合している粒子結合体を含む電気配線と、を有し、

前記絶縁領域と前記電気配線とが一体に形成されていることを特徴とする電気配線部材。

【請求項 7】

基板と、前記基板の一方の面側に設けられた電気配線を含む電気配線部材と、を有する電気配線基板を製造する方法であって、

前記基板上において、導電性を有する金属粒子と前記金属粒子の表面に位置しガラス材料を主材料とする表面絶縁層とで構成された絶縁層付き金属粒子と、樹脂材料と、を含む組成物を加圧しつつ成形し、成形体を得る工程と、

前記成形体に対してエネルギー線を照射し、照射領域に前記電気配線を形成し、前記電気配線部材を得る工程と、

を有することを特徴とする電気配線基板の製造方法。

【請求項 8】

基板と、

前記基板の一方の面側に設けられ、導電性を有する金属粒子と前記金属粒子の表面に位置しガラス材料を主材料とする表面絶縁層とで構成された絶縁層付き金属粒子と、樹脂材料と、を含み、加圧されている成形体と、

を有し、

前記成形体の一部にエネルギー線が照射されることにより、照射領域に導電性が発現し、電気配線を形成し得る材料であることを特徴とする電気配線基板形成用材料。

【請求項 9】

基板と、

前記基板の一方の面側に設けられ、導電性を有する金属粒子と前記金属粒子の表面に位置しガラス材料を主材料とする表面絶縁層とで構成された絶縁層付き金属粒子と樹脂材料とを含み、加圧されている絶縁領域と、導電性を有する金属粒子同士が結合している粒子結合体を含む電気配線と、を含む電気配線部材と、

を有し、

前記電気配線部材において前記絶縁領域と前記電気配線とが一体に形成されていることを特徴とする電気配線基板。

【請求項 10】

請求項 6 に記載の電気配線部材または請求項 9 に記載の電気配線基板と、前記電気配線部材または前記電気配線基板に接合された蓋部材と、を備えるパッケージと、

前記パッケージ内に収納された振動片と、

を有することを特徴とする振動子。

【請求項 11】

請求項 6 に記載の電気配線部材または請求項 9 に記載の電気配線基板を備えることを特徴とする電子機器。

【請求項 12】

請求項 6 に記載の電気配線部材または請求項 9 に記載の電気配線基板を備えることを特

10

20

30

40

50

徴とする移動体。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、電気配線部材の製造方法、電気配線部材形成用材料、電気配線部材、電気配線基板の製造方法、電気配線基板形成用材料、電気配線基板、振動子、電子機器および移動体に関するものである。

【背景技術】

【0002】

セラミック配線基板は、熱伝導性、耐熱性、化学的安定性等の観点において有機配線基板よりも優れているため、配線基板の高密度化を可能にし、電子機器の小型化に寄与している。

【0003】

このようなセラミック配線基板は、例えば、セラミック基板と、セラミック基板の表面に敷設されたWまたはMoからなる下地パターンと、下地パターンの表面に設けられたCuからなる配線パターンと、を備えるものが知られている（例えば、特許文献1参照。）

。

【0004】

特許文献1に記載されているセラミック配線基板は、セラミック粉体原料と有機質バインダーとを混合してなるセラミック成形体の表面または裏面に、WまたはMoを主成分とする導電ペーストを塗布する工程と、セラミック成形体と導電ペーストとを同時に焼成して、下地パターンが形成されたセラミック基板を得る工程と、下地パターンの表面に対し、めっき法によりCuを成膜し、配線パターンを得る工程と、を経て製造される。

【0005】

このようなセラミック配線基板では、セラミック基板と配線パターンとの間に下地パターンが設けられ、両者の密着性を確保している。しかしながら、下地パターンを形成する必要がある分、製造工程数が多くなり、製造効率が低いという問題がある。

【0006】

また、下地パターンがないと、セラミック基板と配線パターンとの密着性が低下し、配線パターンが剥離するといった不具合が懸念される。

【0007】

一方、特許文献2には、熱可塑性絶縁材料中に導電性粒子を分散させた加熱導電性絶縁材料を除去加工用電極（トリミング用電極）に用いたコンデンサーが提案されている。このコンデンサーでは、除去加工用電極にレーザーを照射すると、熱可塑性絶縁材料および導電性粒子が溶融し、さらに導電性粒子同士が接続することにより、照射領域の導通をとることができる。すなわち、除去加工用電極では、当初は導電性粒子同士が熱可塑性絶縁材料で絶縁されているが、レーザーを照射することにより、照射領域の導通が図られる。このため、レーザーを照射することで、コンデンサーの静電容量を調整することができる旨、記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0008】

【特許文献1】特開2009-295661号公報

【特許文献2】特開平10-303061号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

そこで、特許文献2に記載された加熱導電性絶縁材料を用いてセラミック基板上に被膜を形成し、その被膜に対してレーザーを照射することにより、照射痕に対応した配線パターンを形成することができる。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 0 】

しかしながら、特許文献 2 には、熱可塑性絶縁材料として松ヤニ、各種ゴム、熱可塑性剛性樹脂等が用いられる旨、記載されている。これらの材料は耐熱性が小さいため、例えば形成した配線パターンにはんだ付けを行う場合、加熱導電性絶縁材料がはんだ付けの温度に耐えられない。このため、はんだ付けに伴い、レーザーを照射していない領域の加熱導電性絶縁材料も導通してしまい、配線パターン間の絶縁性が低下したりする等の不具合が発生する。

【 0 0 1 1 】

本発明の目的は、所望のパターンの電気配線が形成されている電気配線部材、この電気配線部材を効率よく製造可能な電気配線部材の製造方法、前記電気配線部材の形成に好適に用いられる電気配線部材形成用材料、基板上に設けられた所望のパターンの電気配線を備える電気配線基板、この電気配線基板を効率よく製造可能な電気配線基板の製造方法、および前記電気配線基板の形成に好適に用いられる電気配線基板形成用材料、ならびに、前記電気配線部材または前記電気配線基板を備える振動子、電子機器および移動体を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 2 】

上記目的は、下記の本発明により達成される。

本発明の電気配線部材の製造方法は、電気配線を含む電気配線部材を製造する方法であって、

導電性を有する金属粒子と、前記金属粒子の表面に位置しガラス材料を主材料とする表面絶縁層と、で構成された絶縁層付き金属粒子と、

樹脂材料と、

を含む混合物を加圧しつつ成形し、成形体を得る工程と、

前記成形体に対してエネルギー線を照射し、照射領域に前記電気配線を形成する工程と、
を有することを特徴とする。

【 0 0 1 3 】

これにより、エネルギー線の照射領域を適宜選択することで、所望のパターンの電気配線を容易に形成することができる。このため、電気配線部材を効率よく製造することができる。また、非照射領域には絶縁領域が得られるが、この絶縁領域は金属粒子を含んでいることから、金属材料に由来する高い熱伝導性を有している。したがって、本発明で製造される電気配線部材は、放熱性に優れたものとなる。

【 0 0 1 4 】

本発明の電気配線部材の製造方法では、前記絶縁層付き金属粒子は、前記金属粒子の表面に前記ガラス材料を固着させることにより製造されたものであることが好ましい。

【 0 0 1 5 】

これにより、乾燥下で、かつ不活性ガス中で、絶縁層付き金属粒子を製造することができるので、金属粒子と表面絶縁層との間に水分等が介在するおそれが小さくなり、金属粒子の変質、劣化を長期にわたって抑制することができる。また、機械的に固着させることにより、仮に金属粒子の表面に異物や酸化被膜等が付着していても、それらを除去したり、破壊したりしながら表面絶縁層を形成することができる。このため、絶縁層付き金属粒子は、清浄性の高いものとなり、導電性の高い電気配線が得られる。さらには、軟化点が高く取り扱いが難しいガラス材料についても、表面絶縁層として被膜化することができる。このため、幅広い種類のガラス材料を用いることができる。

【 0 0 1 8 】

本発明の電気配線部材の製造方法では、前記金属粒子は、水アトマイズ法または高速回転水流アトマイズ法により製造されたものであることが好ましい。

【 0 0 1 9 】

これにより、極めて微小な粉末を効率よく製造することができ、また、得られた粉末の

10

20

30

40

50

粒子形状が表面張力の作用により球形状に近くなるので、成形した際に充填率を高め得る金属粒子が得られる。

【0020】

本発明の電気配線部材の製造方法では、前記樹脂材料は、エポキシ系樹脂を含むことが好ましい。

【0021】

これにより、絶縁領域の絶縁性が高く、かつ機械的特性に優れた電気配線部材を製造することができる。

【0022】

本発明の電気配線部材形成用材料は、導電性を有する金属粒子と、前記金属粒子の表面に位置しガラス材料を主材料とする表面絶縁層と、で構成された絶縁層付き金属粒子と、樹脂材料と、

を含み、加圧されているとともに所定の形状に成形されている材料であって、

一部にエネルギー線が照射されることにより、照射領域に導電性が発現し、電気配線を形成し得ることを特徴とする。

【0023】

これにより、単にエネルギー線を任意の領域に照射するのみで、所望のパターンの電気配線を容易に形成することができる。このため、電気配線部材の形成に好適に用いられる電気配線部材形成用材料が得られる。

【0024】

本発明の電気配線部材は、導電性を有する金属粒子と前記金属粒子の表面に位置しガラス材料を主材料とする表面絶縁層とで構成された絶縁層付き金属粒子と、樹脂材料と、を含み、加圧されている絶縁領域と、

導電性を有する金属粒子同士が結合している粒子結合体を含む電気配線と、を有し、

前記絶縁領域と前記電気配線とが一体に形成されていることを特徴とする。

【0025】

これにより、絶縁領域と電気配線とが互いに強固に接続されており、電気配線と絶縁領域との境界における機械的強度が十分に高くなるので、電気配線の剥離といった不具合の発生を十分に抑制し得る電気配線部材が得られる。

【0026】

本発明の電気配線基板の製造方法は、基板と、前記基板の一方の面側に設けられた電気配線を含む電気配線部材と、を有する電気配線基板を製造する方法であって、

前記基板上において、導電性を有する金属粒子と前記金属粒子の表面に位置しガラス材料を主材料とする表面絶縁層とで構成された絶縁層付き金属粒子と、樹脂材料と、を含む組成物を加圧しつつ成形し、成形体を得る工程と、

前記成形体に対してエネルギー線を照射し、照射領域に前記電気配線を形成し、前記電気配線部材を得る工程と、

を有することを特徴とする。

【0027】

これにより、エネルギー線の照射領域を適宜選択することで、所望のパターンの電気配線を容易に形成することができる。このため、電気配線基板を効率よく製造することができる。また、非照射領域には絶縁領域が得られるが、この絶縁領域は金属粒子を含んでいることから、金属材料に由来する高い熱伝導性を有している。したがって、本発明で製造される電気配線基板は、放熱性に優れたものとなる。

【0028】

本発明の電気配線基板形成用材料は、基板と、

前記基板の一方の面側に設けられ、導電性を有する金属粒子と前記金属粒子の表面に位置しガラス材料を主材料とする表面絶縁層とで構成された絶縁層付き金属粒子と、樹脂材料と、を含み、加圧されている成形体と、

10

20

30

40

50

を有し、

前記成形体の一部にエネルギー線が照射されることにより、照射領域に導電性が発現し、電気配線を形成し得る材料であることを特徴とする。

【0029】

これにより、単にエネルギー線を任意の領域に照射するのみで、所望のパターンの電気配線を容易に形成することができる。このため、電気配線基板の形成に好適に用いられる電気配線基板形成用材料が得られる。

【0030】

本発明の電気配線基板は、基板と、

前記基板の一方の面側に設けられ、導電性を有する金属粒子と前記金属粒子の表面に位置しガラス材料を主材料とする表面絶縁層とで構成された絶縁層付き金属粒子と樹脂材料とを含み、加圧されている絶縁領域と、導電性を有する金属粒子同士が結合している粒子結合体を含む電気配線と、を含む電気配線部材と、

10

を有し、

前記電気配線部材において前記絶縁領域と前記電気配線とが一体に形成されていることを特徴とする。

【0031】

これにより、絶縁領域と電気配線とが互いに強固に接続されており、電気配線と絶縁領域との境界における機械的強度が十分に高くなるので、電気配線の剥離といった不具合の発生を十分に抑制し得る電気配線基板が得られる。

20

【0032】

本発明の振動子は、本発明の電気配線部材または本発明の電気配線基板と、前記電気配線部材または前記電気配線基板に接合された蓋部材と、を備えるパッケージと、

前記パッケージ内に収納された振動片と、

を有することを特徴とする。

これにより、小型化および低コスト化が図られた振動子が得られる。

【0033】

本発明の電子機器は、本発明の電気配線部材または本発明の電気配線基板を備えることを特徴とする。

【0034】

これにより、信頼性の高い電気配線部材または電気配線基板を備える電子機器が得られる。

30

【0035】

本発明の移動体は、本発明の電気配線部材または本発明の電気配線基板を備えることを特徴とする。

【0036】

これにより、信頼性の高い電気配線部材または電気配線基板を備える移動体が得られる。

【図面の簡単な説明】

【0037】

【図1】本発明の振動子の第1実施形態を示す平面図である。

【図2】図1中のA-A線断面図である。

【図3】図1に示す振動子が有する振動片の平面図である。

【図4】図2に示す振動子に含まれるベース（本発明の電気配線部材の実施形態）のX部分拡大図である。

【図5】本発明の電気配線部材の製造方法の実施形態を含む図1に示す振動子を製造する方法を説明するための断面図である。

【図6】本発明の電気配線部材の製造方法の実施形態を含む図1に示す振動子を製造する方法を説明するための断面図である。

【図7】本発明の電気配線部材の製造方法の実施形態を含む図1に示す振動子を製造する

40

50

方法を説明するための断面図である。

【図 8】本発明の電気配線部材の製造方法の実施形態を含む図 1 に示す振動子を製造する方法を説明するための断面図である。

【図 9】本発明の電気配線部材の製造方法の実施形態を含む図 1 に示す振動子を製造する方法を説明するための断面図である。

【図 10】本発明の電気配線部材の第 2 実施形態を示す斜視図である。

【図 11】本発明の電気配線部材の第 2 実施形態を示す斜視図である。

【図 12】本発明の電気配線基板の実施形態を示す斜視図である。

【図 13】本発明の電気配線基板の実施形態を示す斜視図である。

【図 14】本発明の電気配線基板の製造方法の実施形態を示す断面図である。

10

【図 15】本発明の電気配線部材を備える電子機器を適用したモバイル型（またはノート型）のパーソナルコンピュータの構成を示す斜視図である。

【図 16】本発明の電気配線部材を備える電子機器を適用した携帯電話機（PHS も含む）の構成を示す斜視図である。

【図 17】本発明の電気配線部材を備える電子機器を適用したデジタルスチルカメラの構成を示す斜視図である。

【図 18】本発明の移動体の一例としての自動車を概略的に示す斜視図である。

【発明を実施するための形態】

【0038】

以下、本発明の電気配線部材の製造方法、電気配線部材形成用材料、電気配線部材、電気配線基板の製造方法、電気配線基板形成用材料、電気配線基板、振動子、電子機器および移動体について、添付図面に示す好適実施形態に基づいて詳細に説明する。

20

【0039】

[振動子および電気配線部材]

第 1 実施形態

まず、本発明の電気配線部材が適用されたデバイスの一例として振動子（本発明の振動子の第 1 実施形態）について説明するとともに、それに含まれる本発明の電気配線部材の第 1 実施形態について説明する。

【0040】

図 1 は、本発明の振動子の第 1 実施形態を示す平面図、図 2 は、図 1 中の A - A 線断面図、図 3 は、図 1 に示す振動子が有する振動片の平面図である。なお、以下の説明では、図 2 中の上側を「上」、下側を「下」として説明する。

30

【0041】

図 1、2 に示すように、振動子 1 は、パッケージ 110 と、パッケージ 110 内に収容された振動片 190 と、を有している。なお、図 1 では、説明の便宜のため、パッケージ 110 の一部を切り欠いて内部を露出させるように図示している。

【0042】

（振動片）

図 3（a）、（b）に示すように、振動片 190 は、平面視形状が長方形（矩形）の板状をなす圧電基板（振動基板）191 と、圧電基板 191 の表面に形成された導電性を有する一対の電極層 193、195 と、を有している。なお、図 3（a）は、振動片 190 の上面を上方から見た平面図であり、図 3（b）は、振動片 190 の下面を上方から透過したときの透過図（平面図）である。

40

【0043】

圧電基板 191 は、主として厚み滑り振動をする水晶素板である。

本実施形態では、圧電基板 191 として AT カットと呼ばれるカット角で切り出された水晶素板を用いている。なお、AT カットとは、水晶の結晶軸である X 軸と Z 軸とを含む平面（Y 面）を X 軸回りに Z 軸から反時計方向に約 35 度 15 分程度回転させて得られる主面（X 軸と Z' 軸とを含む主面）を有するように切り出されていることをいう。

また、圧電基板 191 は、その長手方向が水晶の結晶軸である X 軸と一致している。

50

【 0 0 4 4 】

電極層 1 9 3 は、圧電基板 1 9 1 の上面に形成された励振電極 1 9 3 a と、圧電基板 1 9 1 の下面に形成されたボンディングパッド 1 9 3 b と、励振電極 1 9 3 a とボンディングパッド 1 9 3 b とを電氣的に接続する配線 1 9 3 c と、を有している。

【 0 0 4 5 】

一方、電極層 1 9 5 は、圧電基板 1 9 1 の下面に形成された励振電極 1 9 5 a と、圧電基板 1 9 1 の下面に形成されたボンディングパッド 1 9 5 b と、励振電極 1 9 5 a とボンディングパッド 1 9 5 b とを電氣的に接続する配線 1 9 5 c と、を有している。

【 0 0 4 6 】

励振電極 1 9 3 a および励振電極 1 9 5 a は、圧電基板 1 9 1 を介して互いに対向して設けられ、互いにほぼ同じ形状をなしている。すなわち、圧電基板 1 9 1 を平面視したとき、励振電極 1 9 3 a および励振電極 1 9 5 a は、互いに重なるように位置し、かつ、互いの輪郭がほぼ一致するように形成されている。

10

【 0 0 4 7 】

また、ボンディングパッド 1 9 3 b、1 9 5 b は、圧電基板 1 9 1 の下面の図 3 中右側の端部に互いに離間して形成されている。

【 0 0 4 8 】

なお、上記説明では、A T カットの水晶素板を例に説明しているが、このカット角は特に限定されるものではなく、Z カットや B T カット等であってもよい。また、圧電基板 1 9 1 の形状は、特に限定されず、二脚音叉、H 型音叉、三脚音叉、くし歯型、直交型、角柱型等の形状であってもよい。

20

【 0 0 4 9 】

また、圧電基板 1 9 1 の構成材料は、水晶に限定されず、その他の圧電材料やシリコン等であってもよい。

【 0 0 5 0 】

さらに、振動子 1 は、タイミング源として用いられるものの他、圧力、加速度、角速度等の物理量を検出するセンサーとして用いられるのもであってもよい。

【 0 0 5 1 】

(パッケージ)

図 1 および図 2 に示すように、パッケージ 1 1 0 は、板状のベース 1 2 0 と、下方に開口する凹部 1 3 1 を有するリッド 1 3 0 (蓋体) と、を有している。このようなパッケージ 1 1 0 では、ベース 1 2 0 によって凹部 1 3 1 が塞がれており、これにより画成された凹部 1 3 1 の内側の空間が、前述した振動片 1 9 0 を収納する収納空間 S として用いられる。なお、図 1 では、リッド 1 3 0 の一部を切り欠いて図示している。

30

【 0 0 5 2 】

ベース 1 2 0 は、厚さ方向に貫通する貫通電気配線 1 4 3、1 5 3 と、これらの貫通電気配線 1 4 3、1 5 3 の周囲に設けられた絶縁領域 1 2 5 と、を有している。このベース 1 2 0 が、本発明の電気配線部材の一実施形態である。

【 0 0 5 3 】

また、ベース 1 2 0 の上面には、一对の接続電極 1 4 1、1 5 1 が設けられている。一方、ベース 1 2 0 の下面には、一对の外部実装電極 1 4 2、1 5 2 が形成されている。

40

【 0 0 5 4 】

ベース 1 2 0 には、前述したように、貫通電気配線 1 4 3、1 5 3 が設けられている。このうち、貫通電気配線 1 4 3 を介して接続電極 1 4 1 と外部実装電極 1 4 2 とが電氣的に接続され、貫通電気配線 1 5 3 を介して接続電極 1 5 1 と外部実装電極 1 5 2 とが電氣的に接続されている。

【 0 0 5 5 】

接続電極 1 4 1、1 5 1 および外部実装電極 1 4 2、1 5 2 の構成材料としては、特に限定されず、例えば、金 (A u)、白金 (P t)、アルミニウム (A l)、銀 (A g)、クロム (C r)、ニッケル (N i)、銅 (C u)、モリブデン (M o)、ニオブ (N b)

50

、タングステン(W)、鉄(Fe)、チタン(Ti)、コバルト(Co)、亜鉛(Zn)、ジルコニウム(Zr)等の金属元素の単体またはこれらの金属元素を含む合金や複合体等が挙げられる。

なお、貫通電気配線143、153および絶縁領域125については、後に詳述する。

【0056】

また、ベース120の上面の外縁部には、図示しない棒状のメタライズ層が設けられている。このメタライズ層は、ベース120と後述するろう材180との密着性を高めるものである。これにより、ろう材180によるベース120とリッド130との接合強度を高めることができる。

【0057】

メタライズ層の構成材料としては、ろう材180との密着性を高めることができるものであれば、特に限定されないが、例えば、金(Au)、白金(Pt)、アルミニウム(Al)、銀(Ag)、クロム(Cr)、ニッケル(Ni)、銅(Cu)、モリブデン(Mo)、ニオブ(Nb)、タングステン(W)、鉄(Fe)、チタン(Ti)、コバルト(Co)、亜鉛(Zn)、ジルコニウム(Zr)等の金属元素の単体またはこれらの金属元素を含む合金や化合物等が挙げられる。

【0058】

リッド130は、板状の基部133と、基部133の下面に設けられた棒状の側壁134と、を有し、これにより前述した凹部131が形成されている。このようなリッド130は、例えば金属平板を箱状に加工することにより形成される。

【0059】

リッド130の構成材料は、特に限定されず、例えばセラミックス材料やガラス材料であってもよいが、好ましくはコパール等のFe-Ni-Co系合金、42アロイ等のFe-Ni系合金等の合金が用いられる。

【0060】

また、リッド130の側壁134の下面にも、必要に応じて図示しない棒状のメタライズ層が設けられている。このメタライズ層も、リッド130と後述するろう材180との密着性を高めるためのものであり、その構成材料としては、例えば、前述した接続電極141、151等の構成材料として挙げたような金属材料が挙げられる。

【0061】

リッド130をベース120に対して接合する方法としては、特に限定されないが、例えば、リッド130をベース120上に載置した状態で、リッド130の縁部にレーザーを照射し、ろう材180を加熱、熔融させることによって、リッド130とベース120との間にろう材180を浸透させる方法が挙げられる。

【0062】

ろう材180としては、特に限定されず、例えば、金ろう、銀ろうなどを用いることができるが、銀ろうを用いるのが好ましい。また、ろう材180の融点は、特に限定されないが、例えば、800 以上1000 以下程度であるのが好ましい。

【0063】

このようなパッケージ110の収納空間Sには、前述した振動片190が収納されている。収納空間Sに収納された振動片190は、一対の導電性接着剤161、162を介してベース120に片持ち支持されている。

【0064】

導電性接着剤161は、接続電極141とボンディングパッド193bとに接触するよう設けられており、これにより、接続電極141とボンディングパッド193bとを電氣的に接続している。同様に、導電性接着剤162は、接続電極151とボンディングパッド195bとに接触するよう設けられており、これにより、接続電極151とボンディングパッド195bとを電氣的に接続している。すなわち、これらの導電性接着剤161、162は、パッケージ110内に形成された電気配線の一部を担う。

【0065】

10

20

30

40

50

なお、導電性接着剤 161、162 は、それぞれ導電性金属材料で代替することもできる。導電性金属材料としては、特に限定されないが、例えば、前述した接続電極 141、151 等の構成材料として挙げたような金属材料が挙げられる。

【0066】

また、導電性接着剤 161、162 は、例えばボンディングワイヤー等で代替することもできる。

【0067】

ここで、貫通電気配線 143、153 および絶縁領域 125 について詳述する。なお、貫通電気配線 143 と貫通電気配線 153 の構成は互いに同じであるため、以下の説明では貫通電気配線 143 について説明し、貫通電気配線 153 についての説明は省略する。

【0068】

図4は、図2に示す振動子に含まれるベース（本発明の電気配線部材の実施形態）のX部分拡大図である。

【0069】

図2のX部分は、貫通電気配線 143 とそれに隣接する絶縁領域 125 とを跨ぐように設定されている。このうち、貫通電気配線 143 は、図4に示すように、金属粒子 31 同士が結合してなる粒子結合体 32 と、粒子結合体 32 の表面を覆うように（位置するように）設けられた表面絶縁層 33 と、粒子結合体 32 や表面絶縁層 33 の隙間を埋めるように設けられた粒子間絶縁部 34 と、を備えている。

【0070】

貫通電気配線 143 では、図4に示すように、導電性を有する金属粒子 31 同士が3次元のネットワーク状に結合してなる粒子結合体 32 を構築している。このため、貫通電気配線 143 は、その全体でほぼ均一な導電性を有するものとなり、ベース 120 を厚さ方向に貫通する電気配線として機能する。

【0071】

一方、絶縁領域 125 は、金属粒子 31 とその表面を覆うように設けられた表面絶縁層 33 とで構成された絶縁層付き金属粒子 35 を含んでいる。そして、絶縁層付き金属粒子 35 同士の間には、粒子間絶縁部 34 が設けられている。この粒子間絶縁部 34 により、絶縁層付き金属粒子 35 同士が固定され、絶縁領域 125 の機械的強度を確保している。このような絶縁領域 125 は、貫通電気配線 143 と貫通電気配線 153 とを絶縁する絶縁体として機能する。

【0072】

上述した貫通電気配線 143 は、絶縁領域 125 と同様の構造物にエネルギー線を照射し、この構造物中の金属粒子 31 同士を結合することにより形成された部位である。換言すれば、エネルギー線を照射する前の貫通電気配線 143 の領域は、絶縁領域 125 と同じ構成を有しており、この領域にエネルギー線が照射することで、所望の領域を貫通電気配線 143 に転化させることができる。また、絶縁領域 125 は、絶縁層付き金属粒子 35 を含む混合粉体を加圧成形してなる圧粉成形体で構成されている。したがって、このような圧粉成形体にエネルギー線を照射することで、貫通電気配線 143 と絶縁領域 125 が得られる。

【0073】

金属粒子 31 は、導電性を有する金属材料の粒子である。金属粒子 31 の構成材料は、例えば、金 (Au)、白金 (Pt)、アルミニウム (Al)、銀 (Ag)、クロム (Cr)、ニッケル (Ni)、銅 (Cu)、モリブデン (Mo)、ニオブ (Nb)、タングステン (W)、鉄 (Fe)、チタン (Ti)、コバルト (Co)、亜鉛 (Zn)、ジルコニウム (Zr) 等の金属元素の単体またはこれらの金属元素を含む合金や複合体等が挙げられる。

【0074】

絶縁領域 125 における金属粒子 31 の含有率は、エネルギー線が照射されることによって貫通電気配線 143 に転化可能な比率であって、かつ、粒子間絶縁部 34 によって十

10

20

30

40

50

分な保形性が確保可能な比率に設定される。一例としては、40質量%以上99.5質量%以下であるのが好ましく、50質量%以上99質量%以下であるのがより好ましい。これにより、絶縁領域125においては十分な絶縁性が確保され、一方、その絶縁領域125にエネルギー線が照射された場合には、十分な導電性が発現する。

【0075】

また、金属粒子31のビッカース硬度は、30以上500以下であるのが好ましく、50以上400以下であるのがより好ましい。金属粒子31のビッカース硬度が前記範囲内であれば、前述したように圧粉成形体を形成した際、金属粒子31同士が押し付け合うことによって適度に変形することができる。このため、圧粉成形体の充填率が高くなり、また、金属粒子31の変形に伴って表面絶縁層33を損なうことなく、絶縁層付き金属粒子35同士の密着性も高くなるため、成形体としての保形性も高くなる。その結果、ベース120（電気配線部材）の機械的強度を高めることができ、かつ、エネルギー線の照射に伴って金属粒子31同士を容易に結合することができるので、貫通電気配線143の導電性を高めることができる。

10

【0076】

このような金属粒子31のビッカース硬度は、JIS Z 2244に規定された試験方法に準拠して測定される。

【0077】

粒子結合体32は、金属粒子31同士が結合してなるものである。金属粒子31同士の結合は、エネルギー線の照射に基づく焼結により行われる。焼結においては、金属粒子31同士で物質の相互移動が起こり、最終的には金属粒子31同士が3次元のネットワーク状に結合し、粒子結合体32を形成する。

20

【0078】

一方、金属粒子31同士の結合においては、金属粒子31を覆っていた表面絶縁層33は、金属粒子31を構成する物質の移動に伴って押し退けられることとなり、粒子結合体32を覆うように分布することとなる。また、一部の表面絶縁層33は、粒子結合体32の内部に残留する。

【0079】

さらに、粒子間絶縁部34は、金属粒子31を構成する物質の移動に伴って押し退けられ、粒子結合体32の外側に出ていくものもあるが、一部は粒子結合体32の内部に残留する。

30

【0080】

その結果、図4に示すように、粒子結合体32と表面絶縁層33と粒子間絶縁部34とを含む貫通電気配線143が得られる。

【0081】

このようにして得られた貫通電気配線143は、金属粒子31の構成材料のバルク体と同程度かそれに匹敵する程度の導電性を有するものとなり、一方、その周囲を絶縁する絶縁領域125は、十分な絶縁性を有するものとなる。これにより、振動子1は、優れた周波数特性と低消費電力とを両立させたものとなる。

【0082】

40

表面絶縁層33は、金属粒子31の表面の少なくとも一部を覆う（位置する）ように設けられればよいが、金属粒子31の表面全体を覆うように設けられているのが好ましい。このような表面絶縁層33を設けることにより、絶縁層付き金属粒子35が得られる。絶縁層付き金属粒子35では、導電性を有する金属粒子31同士の間表面絶縁層33が介在するため、絶縁層付き金属粒子35同士は確実に絶縁されることとなる。

【0083】

表面絶縁層33の構成材料としては、例えば、 B_2O_3 、 SiO_2 、 Al_2O_3 、 Bi_2O_3 、 ZnO 、 SnO 、 P_2O_5 等を主成分として含む各種ガラス材料が挙げられる。また、ガラス材料には、これらの成分の他に、 PbO 、 Li_2O 、 Na_2O 、 K_2O 、 MgO 、 CaO 、 SrO 、 BaO 、 Gd_2O_3 、 Y_2O_3 、 La_2O_3 、 Yb_2O_3 等の副

50

成分が含まれていてもよい。

【0084】

また、表面絶縁層33の構成材料としては、より具体的には、例えば、ケイ酸ソーダガラス、ソーダ石灰ガラス、ホウケイ酸ガラス、鉛ガラス、アルミノケイ酸ガラス、ホウ酸塩ガラス、リン酸塩ガラス、硫酸塩ガラス、バナジン酸塩ガラスのような各種ガラス材料が挙げられる。

【0085】

上述したようなガラス材料は、有機系材料に比べて化学的安定性および絶縁性に優れていることから、長期にわたって高い絶縁性を維持し得る表面絶縁層33が得られる。

【0086】

また、このようなガラス材料のうち、軟化点が650以下のものが好ましく用いられ、100以上600以下のものがより好ましく用いられ、300以上500以下のものがさらに好ましく用いられる。ガラス材料を軟化点が前記範囲内に収まるように選択することで、エネルギー線が照射されたとき溶融したガラス材料が十分な流動性を有することになるため、金属粒子31同士が結合し易くなり(ガラス材料が押し退けられ易くなり)、導電性の高い貫通電気配線143が得られる。

【0087】

なお、ガラス材料の軟化点は、JIS R 3103-1に規定された軟化点の測定方法により測定されたものである。

【0088】

また、表面絶縁層33を構成するガラス材料としては、特に、 $\text{SnO} - \text{P}_2\text{O}_5 - \text{MgO}$ 、 $\text{SnO} - \text{P}_2\text{O}_5$ 、 $\text{Bi}_2\text{O}_3 - \text{B}_2\text{O}_3 - \text{ZnO}$ 、 $\text{Bi}_2\text{O}_3 - \text{ZnO} - \text{B}_2\text{O}_3$ 、 $\text{SiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{B}_2\text{O}_3$ 、 $\text{SiO}_2 - \text{B}_2\text{O}_3 - \text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{SiO}_2 - \text{B}_2\text{O}_3 - \text{ZnO}$ 、 $\text{Bi}_2\text{O}_3 - \text{B}_2\text{O}_3$ 、 $\text{ZnO} - \text{B}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$ 等が好ましく用いられる。

【0089】

また、表面絶縁層33を構成するガラス材料には、その他に、ガラス材料の特性を損なわない程度のセラミックス材料、シリコン材料等の非導電性無機材料が添加されていてもよい。その場合の添加量は、例えば10質量%以下程度とされる。

【0090】

表面絶縁層33の平均厚さは、特に限定されないが、金属粒子31の平均粒径の0.1%以上5%以下程度であるのが好ましく、0.3%以上3%以下程度であるのがより好ましい。金属粒子31に対して表面絶縁層33の厚さを前記範囲内に設定することで、金属粒子31の表面の凹凸を表面絶縁層33によって十分に吸収することができる。これにより、絶縁層付き金属粒子35は、それ同士が接触しても十分な絶縁性を確保することができる。

【0091】

より具体的には、表面絶縁層33の平均厚さは、50nm以上3000nm以下であるのが好ましく、100nm以上2000nm以下であるのがより好ましい。表面絶縁層33の平均厚さを前記範囲内に設定することで、絶縁領域125において仮に絶縁層付き金属粒子35同士が接触した場合でも、金属粒子31同士が導通するのを防止し、絶縁領域125の絶縁性が低下するのを防止することができる。

【0092】

なお、表面絶縁層33の平均厚さが前記下限値を下回ると、金属粒子31の粒径や構成材料によっては、絶縁領域125が加圧されたとき等に、表面絶縁層33を金属粒子31が貫通して金属粒子31同士が導通してしまうおそれがある。一方、表面絶縁層33の平均厚さが前記上限値を上回ると、金属粒子31の粒径や構成材料によっては、金属粒子31同士が結合しようとする際、表面絶縁層33がそれを阻害する確率が高くなる。このため、焼結のためにより高いエネルギーが必要になる等、貫通電気配線143の形成効率が低下するおそれがある。

10

20

30

40

50

【0093】

表面絶縁層33の平均厚さは、1つの絶縁層付き金属粒子35の断面を顕微鏡で観察し、ほぼ等間隔に設定した10点における表面絶縁層33の厚さの平均値である。なお、絶縁層付き金属粒子35の製造時に使用した金属粒子31の粒径と使用量、表面絶縁層33の使用量がわかる場合には、これらの情報から表面絶縁層33の平均厚さを計算によって導出することもできる。

【0094】

粒子間絶縁部34は、絶縁領域125において絶縁層付き金属粒子35同士の間を介在するとともに、貫通電気配線143の内部にも一部残留する。このような粒子間絶縁部34は、絶縁領域125において、絶縁層付き金属粒子35を固定することにより、絶縁領域125の機械的強度を確保している。このため、絶縁領域125はベース120として必要な機械的強度を有するものとなる。

10

【0095】

粒子間絶縁部34の構成材料は、樹脂材料を含み、必要に応じて、その他の材料、例えばガラス材料、セラミックス材料、シリコン材料等の無機系の絶縁性材料を含んでいてもよい。

【0096】

粒子間絶縁部34が含む樹脂材料としては、例えば、シリコン系樹脂、エポキシ系樹脂、フェノール系樹脂、ポリアミド系樹脂、ポリイミド系樹脂、シリケート系樹脂、ウレタン系樹脂、アクリル系樹脂、ポリエステル系樹脂、ポリオレフィン系樹脂、フッ素系樹脂、液晶ポリマー樹脂、ポリフェニレンサルファイド系樹脂、ワックス類、高級脂肪酸、アルコール類、脂肪酸金属、非イオン界面活性剤、シリコン系滑剤等が挙げられる。

20

【0097】

このうち、ワックス類としては、例えば、キャンデリラワックス、カルナバワックス、ライスワックス、木ろう、ホホバ油のような植物系ワックス、みつろう、ラノリン、鯨ろうのような動物系ワックス、モンタンワックス、オゾケライト、セレシンのような鉱物系ワックス、パラフィンワックス、マイクロクリスタリンワックス、ペトロラタムのような石油系ワックス等の天然ワックス、ポリエチレンワックスのような合成炭化水素、モンタンワックス誘導体、パラフィンワックス誘導体、マイクロクリスタリンワックス誘導体のような変性ワックス、硬化ひまし油、硬化ひまし油誘導体のような水素化ワックス、12-ヒドロキシステアリン酸のような脂肪酸、ステアリン酸アミドのような酸アミド、無水フタル酸イミドのようなエステル等の合成ワックスが挙げられる。

30

【0098】

また、高級脂肪酸としては、例えば、ステアリン酸、オレイン酸、リノール酸等が挙げられ、特に、ラウリン酸、ミリスチン酸、パルミチン酸、ステアリン酸、アラキジン酸のような飽和脂肪酸が好ましく用いられる。

【0099】

また、アルコール類としては、例えば、多価アルコール、ポリグリコール、ポリグリセロール等が挙げられ、特に、セチルアルコール、ステアリルアルコール、オレイルアルコール、マンニトール等が好ましく用いられる。

40

【0100】

また、脂肪酸金属としては、例えば、ラウリン酸、ステアリン酸、コハク酸、ステアリル乳酸、乳酸、フタル酸、安息香酸、ヒドロキシステアリン酸、リシノール酸、ナフテン酸、オレイン酸、パルミチン酸、エルカ酸のような高級脂肪酸と、Li、Na、Mg、Ca、Sr、Ba、Zn、Cd、Al、Sn、Pb、Cdのような金属との化合物が挙げられ、特に、ステアリン酸マグネシウム、ステアリン酸カルシウム、ステアリン酸ナトリウム、ステアリン酸亜鉛、オレイン酸カルシウム、オレイン酸亜鉛、オレイン酸マグネシウム等が好ましく用いられる。

【0101】

また、非イオン界面活性剤系滑剤としては、例えば、エレクトロストリッパ-TS-2

50

、エレクトロストリッパ - T S - 3 (いずれも花王株式会社製) 等が挙げられる。

【0102】

また、シリコーン系滑剤としては、例えば、ジメチルポリシロキサンおよびその変性物、カルボキシル変性シリコーン、メチルスチレン変性シリコーン、オレフィン変性シリコーン、ポリエーテル変性シリコーン、フッ素変性シリコーン、親水性特殊変性シリコーン、オレフィンポリエーテル変性シリコーン、エポキシ変性シリコーン、アミノ変性シリコーン、アミド変性シリコーン、アルコール変性シリコーン等が挙げられる。

【0103】

そして、粒子間絶縁部 3 4 には、上記の樹脂材料のうちの 1 種または 2 種以上が含まれる。

10

【0104】

このうち、粒子間絶縁部 3 4 が含む樹脂材料としてはエポキシ系樹脂が好ましく用いられる。エポキシ系樹脂は、絶縁性が高くかつ機械的特性も良好であるため、粒子間絶縁部 3 4 に含まれる樹脂材料として好適である。

【0105】

また、粒子間絶縁部 3 4 がガラス材料を含む場合、その組成は、表面絶縁層 3 3 を構成するガラス材料の組成と異なってもよいが、同じであるのが好ましい。粒子間絶縁部 3 4 を構成するガラス材料の組成が表面絶縁層 3 3 を構成するガラス材料の組成と同じであることにより、金属粒子 3 1 同士が焼結により結合する際、表面絶縁層 3 3 と粒子間絶縁部 3 4 とが同じ軟化点で軟化して相互に混合し得るため、ガラス材料によって金属粒子 3 1 同士の結合が阻害され難い。このため、金属粒子 3 1 同士が円滑にかつムラなく結合し、導電性の高い貫通電気配線 1 4 3 を形成することができる。

20

【0106】

また、エネルギー線を照射したとき、金属粒子 3 1 同士の結合に至るエネルギー量と至らないエネルギー量との境目(しきい値)が明確になり易い。このため、貫通電気配線 1 4 3 を形成すべき領域にエネルギー線が照射されたとき、貫通電気配線 1 4 3 と絶縁領域 1 2 5 との境界が明確になり易く、したがって平面視における精細度の高い貫通電気配線 1 4 3 を形成することができる。

【0107】

加えて、絶縁領域 1 2 5 は、絶縁性を有する一方、金属粒子 3 1 を含んでいることから、金属材料に由来する高い熱伝導性を有している。したがって、ベース 1 2 0 は、高い熱伝導性を有するものとなる。このようなベース 1 2 0 は、熱源となる素子を実装した場合であっても、放熱性に優れるため、素子の温度上昇を抑えることに寄与し、素子の長寿命化および高性能化を図ることができる。

30

【0108】

また、粒子間絶縁部 3 4 に前述した無機系の絶縁性材料が含まれる場合、その添加量は、例えば粒子間絶縁部 3 4 の 1 質量%以上 5 0 質量%以下程度とされる。

【0109】

また、これらのガラス材料の熱膨張係数は、 2×10^{-6} [/] 以上 15×10^{-6} [/] 以下であり、金属粒子 3 1 の構成材料の熱膨張係数は、 4×10^{-6} [/] 以上 20×10^{-6} [/] 以下であるのが好ましい。ガラス材料や金属材料の熱膨張係数がそれぞれ前記範囲内に収まるように各材料を選択することで、ベース 1 2 0 に温度変化が生じた場合でも、金属粒子 3 1 と表面絶縁層 3 3 や粒子間絶縁部 3 4 との間に隙間が生じ難くなる。これにより、温度変化によるパッケージ 1 1 0 の気密性の低下を抑制することができる。

40

なお、この熱膨張係数は、温度 3 0 から 3 0 0 の範囲内におけるものである。

【0110】

以上、本発明の電気配線部材の実施形態を適用したベース 1 2 0、およびそれを含むパッケージ 1 1 0 について説明したが、本発明の電気配線基板の実施形態は上記のものに限定されず、例えば、I C や L S I のような能動素子や抵抗、コンデンサー、コイルのよう

50

な受動素子を搭載するための電気回路基板およびインターポザー基板等に適用することもできる。

【0111】

また、本実施形態に係るベース120は、金属粒子31の充填率を高めた場合には、厚さ方向における気密性を有するものとなる。すなわち、絶縁層付き金属粒子35同士の間粒子間絶縁部34が充填されているため、ベース120のガス透過性は十分に小さくなっている。

【0112】

ベース120の厚さ方向のリーク量（漏れ量）は、 $1 \times 10^{-4} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3 / \text{s}$ 以下であるの好ましく、 $1 \times 10^{-8} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3 / \text{s}$ 以下であるのがより好ましい。このようなリーク量のベース120は、振動子1のパッケージ110に用いられるものとして、十分な気密性を有するものとなる。

【0113】

なお、このリーク量は、リークディテクター（真空法）により測定される。このとき、測定ガスには、ヘリウムガスが用いられる。

【0114】

また、本発明の電気配線部材の形状は、平板に限定されず、エネルギー線を照射可能な面を有する任意の立体的な形状であってもよい。

【0115】

[振動子の製造方法および電気配線部材の製造方法]

次に、本発明の振動子を製造する方法、および、それに含まれる本発明の電気配線部材の製造方法の実施形態について説明する。

【0116】

図5～9は、本発明の電気配線部材の製造方法の実施形態を含む図1に示す振動子を製造する方法を説明するための断面図である。

【0117】

図5～9に示す振動子の製造方法は、[1]絶縁層付き金属粒子35を含む粉体4を加圧しつつ成形し、圧粉成形層41を得る工程と、[2]圧粉成形層41に対してエネルギー線を照射し、照射領域に貫通電気配線143、153を形成する工程と、を有する。以下、各工程について順次説明する。

【0118】

[1]成形工程

[1-1]

まず、絶縁層付き金属粒子35の集合体（絶縁層付き金属粒子35の粉体）と、粒子間絶縁部34を形成するための絶縁材料と、を混合し、粉体4（組成物）を用意する。

【0119】

絶縁層付き金属粒子35は、金属粒子31の表面にガラス材料を付着させることにより形成される。この付着方法としては、例えば、ガラス粉末を含む液体を金属粒子31に塗布する方法、ガラス粉末を含む液体を噴霧しつつ金属粒子31を造粒する方法のような湿式法、金属粒子31の表面にガラス材料を固着させる方法のような乾式法等が挙げられる。このうち、金属粒子31の表面にガラス材料を機械的に固着させる方法が好ましく用いられる。このような方法は、乾燥下で行うことができ、しかも必要に応じて不活性ガス中で行うこともできる。このため、金属粒子31と表面絶縁層33との間に水分等が介在するおそれが小さくなり、金属粒子31の変質、劣化を長期にわたって抑制することができる。また、機械的に固着させることにより、仮に金属粒子31の表面に異物や酸化被膜等が付着していても、それらを除去したり、破壊したりしながら表面絶縁層33を形成することができる。このため、表面絶縁層33で覆われた金属粒子31は、清浄性の高いものとなり、エネルギー線の照射によって金属粒子31同士が結合してなる粒子結合体32は、導電性の高いものとなる。

【0120】

また、この方法によれば、軟化点が高く取り扱いが難しいガラス材料についても、表面絶縁層33として被膜化することができる。このため、幅広い種類のガラス材料を用いることができる点で有用である。

【0121】

金属粒子31の表面にガラス材料を機械的に固着させる方法としては、例えば、金属粒子31とガラス粉末との混合粉体に対して機械的な圧縮作用および摩擦作用を生じさせる装置を用いる方法が挙げられる。かかる装置としては、例えば、ハンマーミル、ディスクミル、ローラーミル、ボールミル、遊星ミル、ジェットミル等の各種粉碎機や、オングミル（登録商標）、高速楕円型混合機、ミックスマラー（登録商標）、ヤコブソンミル、メカノフュージョン（登録商標）、ハイブリダイゼーション（登録商標）等の各種摩擦混合機等が挙げられる。これらの装置では、金属粒子31の表面にガラス粉末が押し付けられ、互いの粒子表面同士が融合すると考えられる。その結果、金属粒子31の表面にガラス材料が固着してなる絶縁層付き金属粒子35が得られる。

10

【0122】

なお、以下の説明では、絶縁層付き金属粒子35を形成するために用いるガラス材料を「第1ガラス材料」ともいい、その第1ガラス材料の粉末を「第1ガラス粉末」ともいう。そして、粒子間絶縁部34に含まれてもよいガラス材料を「第2ガラス材料」ともいい、その第2ガラス材料の粉末を「第2ガラス粉末」ともいう。

【0123】

金属粒子31の平均粒径は、特に限定されないが、特に限定されないが、 $0.5\ \mu\text{m}$ 以上 $30\ \mu\text{m}$ 以下程度であるのが好ましく、 $1\ \mu\text{m}$ 以上 $20\ \mu\text{m}$ 以下程度であるのがより好ましい。金属粒子31の平均粒径を前記範囲内に設定することにより、貫通電気配線143の高い導電性と貫通電気配線143の高い位置精度（精細度）とを両立させることができる。なお、金属粒子31の平均粒径が前記下限値を下回ると、金属粒子31の構成材料にもよるが、金属粒子31同士が結合した際の体積減少率が比較的大きくなるおそれがある。このため、貫通電気配線143の位置精度が低下したり、内部に空孔が生じ易くなったりするおそれがある。また、金属粒子31が小さ過ぎて十分な圧縮作用、摩擦作用が生じないため、絶縁層付き金属粒子35の製造効率が低下するおそれがある。一方、金属粒子31の平均粒径が前記上限値を上回ると、例えば線幅の狭い貫通電気配線143を形成しようとするとき、線幅を十分に狭くすることができず、貫通電気配線143の高密度化が難しくなるおそれがある。また、金属粒子31が大き過ぎて表面絶縁層33が剥離し易くなるおそれがある。

20

30

【0124】

なお、金属粒子31の平均粒径は、レーザー回折式粒度分布測定装置により取得された粒度分布において、質量基準で小径側からの累積量が50%になるときの粒径として求められる。

【0125】

また、金属粒子31の平均粒径が前記範囲内であれば、金属粒子31の最大粒径は $200\ \mu\text{m}$ 以下であるのが好ましく、 $150\ \mu\text{m}$ 以下であるのがより好ましい。金属粒子31の最大粒径を前記範囲内に設定することにより、貫通電気配線143の精細度を高めつつ、金属粒子31と表面絶縁層33との間が剥離し難くなるので絶縁領域125の絶縁性を十分に確保することができる。

40

【0126】

なお、金属粒子31の最大粒径は、レーザー回折式粒度分布測定装置により取得された粒度分布において、質量基準で小径側からの累積量が99.9%になるときの粒径として求められる。

【0127】

この方法に用いられる第1ガラス粉末としては、その平均粒径が金属粒子31の平均粒径より大きいものでもよいが、小さいものが好ましく用いられる。具体的には、第1ガラス粉末の平均粒径は、金属粒子31の平均粒径の1%以上60%以下であるのが好ましく

50

、10%以上50%以下であるのがより好ましい。金属粒子31の平均粒径に対する第1ガラス粉末の平均粒径の割合を前記範囲内にすることで、前述した圧縮作用や摩擦作用が、第1ガラス粉末に対して十分に生じることとなる。このため、金属粒子31の表面に対して第1ガラス粉末をムラなく均一に固着させることができる。

【0128】

なお、第1ガラス粉末の平均粒径は、レーザー回折式粒度分布測定装置により取得された粒度分布において、質量基準で小径側からの累積量が50%になるときの粒径として求められる。

【0129】

また、絶縁層付き金属粒子35の製造に用いる第1ガラス粉末の量は、形成しようとする絶縁層付き金属粒子35における金属粒子31の粒径と表面絶縁層33の厚さとの関係に基づいて適宜設定される。

【0130】

また、金属粒子31は、いかなる方法で製造されたものであってもよい。その製造方法としては、例えば、アトマイズ法（例えば、水アトマイズ法、ガスアトマイズ法、高速回転水流アトマイズ法等）、還元法、カルボニル法、粉碎法等の各種粉末化法が挙げられる。

【0131】

このうち、アトマイズ法により製造されたものであるのが好ましく用いられ、水アトマイズ法または高速回転水流アトマイズ法により製造されたものであるのがより好ましく用いられる。アトマイズ法は、熔融金属（溶湯）を、高速で噴射された流体（液体または気体）に衝突させることにより、溶湯を微粉化するとともに冷却して、金属粉末を製造する方法である。金属粒子31をこのようなアトマイズ法によって製造することにより、極めて微小な粉末を効率よく製造することができる。また、得られる粉末の粒子形状が表面張力の作用により球形状に近くなる。このため、成形した際に充填率の高いものが得られる。すなわち、本実施形態に係るベース120は、高い機械的強度と高い導電性とを両立したものである。

【0132】

なお、このようにして得られた金属粒子31に対し、必要に応じて、分級を行ってもよい。分級の方法としては、例えば、ふるい分け分級、慣性分級、遠心分級のような乾式分級、沈降分級のような湿式分級等が挙げられる。

【0133】

また、製造した絶縁層付き金属粒子35を、必要に応じて造粒してもよい。造粒の方法としては、例えば、噴霧乾燥法（スプレードライ法）、転動造粒法、流動造粒法、転動流動造粒法、攪拌混合造粒法、押出造粒法、破碎造粒法、圧縮造粒法等が挙げられる。

【0134】

一方、粒子間絶縁部34を形成するための絶縁材料は、前述した樹脂材料の他、必要に応じて添加される無機系の絶縁材料、硬化剤、硬化促進剤、充填材、難燃剤等を混練し、冷却固化後、解砕することによって粉末状または粒状に調製される。

【0135】

このようにして得られた絶縁材料の粉末と絶縁層付き金属粒子35とを混合し、粉体4が得られる。

【0136】

なお、粒子間絶縁部34が第2ガラス材料を含む場合には、粉体4に対し、絶縁層付き金属粒子35とともに第2ガラス粉末を混合すればよい。混合される第2ガラス粉末の平均粒径は、特に限定されないが、金属粒子31より小径であるのが好ましい。具体的には、第2ガラス粉末の平均粒径は、金属粒子31の平均粒径の1%以上60%以下であるのが好ましく、10%以上50%以下であるのがより好ましい。金属粒子31の平均粒径に対する第2ガラス粉末の平均粒径の割合を前記範囲内にすることで、保形性に優れた圧粉成形層41を得ることができる。

10

20

30

40

50

【 0 1 3 7 】

粉体 4 に混合される第 2 ガラス粉末の量は、形成しようとするベース 1 2 0 における絶縁層付き金属粒子 3 5 の量と粒子間絶縁部 3 4 の量との比率に応じて適宜設定される。具体的には、粉体 4 における絶縁層付き金属粒子 3 5 の体積と第 2 ガラス粉末の体積との合計を 1 0 0 としたとき、粉体 4 に混合される第 2 ガラス粉末の体積は、0 超 6 5 以下であるのが好ましく、5 以上 5 0 以下であるのがより好ましく、1 0 以上 4 0 以下であるのがさらに好ましい。第 2 ガラス粉末の体積を前記範囲内に設定することで、貫通電気配線 1 4 3、1 5 3 における導電性と絶縁領域 1 2 5 における絶縁性とを両立させつつ、さらにベース 1 2 0 の機械的強度を高めることができる。

【 0 1 3 8 】

[1 - 2]

次いで、用意した粉体 4 を加圧しつつ成形する。このような成形は、いかなる方法で行われてもよく、例えば、図 6 に示すようなプレス成形機 5 を用いて行われる。

【 0 1 3 9 】

図 6 に示すプレス成形機 5 は、キャビティー 5 1 を備える成形型 5 0 を有している。この成形型 5 0 は、上下に貫通した貫通孔 5 2 1 を備えたダイ 5 2 と、ダイ 5 2 の下方に設けられ、貫通孔 5 2 1 の下面を塞ぎ得るように構成された下パンチ 5 3 と、貫通孔 5 2 1 の下パンチ 5 3 とは反対側に設けられ、貫通孔 5 2 1 の上面を塞ぎ得るように構成された上パンチ 5 4 と、を有している。これらのダイ 5 2、下パンチ 5 3 および上パンチ 5 4 で囲まれた空間が、キャビティー 5 1 となる。

【 0 1 4 0 】

このようなプレス成形機 5 では、下パンチ 5 3 および上パンチ 5 4 が、それぞれダイ 5 2 に対して相対的に移動可能になっている。これにより、キャビティー 5 1 の体積は、下パンチ 5 3 および上パンチ 5 4 の移動に応じて変化し、体積が最小となる図 6 (b) に示す型閉め状態と、キャビティー 5 1 が開放される図 6 (a) に示す型開き状態とをとり得る。

【 0 1 4 1 】

粉体 4 の成形は、まず、成形型 5 0 を型開き状態にして、キャビティー 5 1 内に粉体 4 を充填する。このとき、キャビティー 5 1 内に充填される粉体 4 の体積を適宜設定することにより、最終的に得られるベース 1 2 0 の厚さを調整することができる。

【 0 1 4 2 】

次いで、上パンチ 5 4 を下して、キャビティー 5 1 内の粉体 4 を加圧しつつ成形する。これにより、粉体 4 が板状に成形され、図 7 (c) に示す圧粉成形層 4 1 が得られる。この際、絶縁層付き金属粒子 3 5 同士、あるいは、絶縁層付き金属粒子 3 5 と絶縁材料とが、互いに密着し、充填される。このため、圧粉成形層 4 1 中における金属粒子 3 1 同士の距離が近くなり、後述する工程においてエネルギー線を照射したとき、照射領域と非照射領域との境界の分解能が高くなる。その結果、高精細な電気配線を形成することができる。

【 0 1 4 3 】

このときの成形圧力は、特に限定されないが、1 MP a 以上 3 0 0 0 MP a 以下 (0 . 0 1 t / c m ² 以上 3 0 t / c m ² 以下) であるのが好ましい。

【 0 1 4 4 】

また、得られる圧粉成形層 4 1 の厚さも、特に限定されないが、0 . 1 mm 以上 3 0 mm 以下であるのが好ましく、0 . 3 mm 以上 1 5 mm 以下であるのがより好ましい。

【 0 1 4 5 】

加圧成形後、得られた圧粉成形層 4 1 を加熱する。これにより、絶縁材料中の樹脂材料が熔融し、その後固化または硬化することにより、絶縁領域 1 2 5 において絶縁層付き金属粒子 3 5 同士が固定される。その結果、圧粉成形層 4 1 の機械的強度が確保される。

【 0 1 4 6 】

このときの加熱温度は、1 3 0 以上 1 8 0 以下であるのが好ましく、加熱時間は、

10

20

30

40

50

5分以上2時間以下であるのが好ましい。なお、この加熱は、成形と同時に進行するようにしてもよい、成形時と成形後の双方で行うようにしてもよい。

【0147】

また、加熱雰囲気も、特に限定されず、酸化性ガス雰囲気、還元性ガス雰囲気等であってもよいが、金属粒子31や表面絶縁層33の変質、劣化を考慮すると、窒素ガス、アルゴンガスのような不活性ガス雰囲気あるいは減圧雰囲気であるのが好ましく、特に不活性ガス雰囲気であるのがより好ましい。

【0148】

さらに、加熱温度は、金属粒子31の焼結温度よりも低いことが好ましい。これにより、本工程で金属粒子31同士が意図せずに結合してしまい、後述するエネルギー線Eの照射による金属粒子31同士を結合が阻害されてしまうのを防止することができる。

10

【0149】

なお、金属粒子31の焼結温度とは、金属粒子31の構成材料の融点より10%低い温度とする。

【0150】

以上のようにして得られた圧粉成形層41は、後述するエネルギー線の照射により、導電性を発現し、電気配線を形成し得るものであり、本発明の電気配線部材形成用材料の実施形態に相当する。換言すれば、圧粉成形層41は、単にエネルギー線を任意の領域に照射するのみで、所望のパターンの電気配線を形成し得る電気配線形成能を有するものである。

20

【0151】

なお、圧粉成形層41の形状は、前述した板状に限定されず、ブロック状、球状のような立体的な形状を含む、あらゆる形状をとり得る。

【0152】

[2]配線形成工程

[2-1]

次に、得られた圧粉成形層41のうち、貫通電気配線153を形成すべき領域421にエネルギー線Eを照射する(図7(d)参照)。これにより、圧粉成形層41の領域421にある金属粒子31同士が結合し、粒子結合体32が形成される。その結果、領域421の導電性が付与され、図7(e)に示す貫通電気配線153が形成される。

30

【0153】

続いて、貫通電気配線143を形成すべき領域422にエネルギー線Eを照射する(図7(e)参照)。これにより、領域422にも導電性が付与され、図8(f)に示す貫通電気配線143が形成される。

【0154】

エネルギー線Eとしては、例えば、ランプ光、レーザー、放射光、電子線、イオン線等が挙げられ、特にレーザーが好ましく用いられる。レーザーは、指向性が高いので、マスク等を用いることなく、所望の領域に対して選択的にエネルギーを付与することができる。このため、ベース120の製造効率をより高めることができる。レーザー以外のエネルギー線であって、指向性が低いものを用いる場合には、マスクを用いて照射するようにすればよい。

40

【0155】

エネルギー線Eの波長は、特に限定されないが、100nm以上1300nm以下程度であるのが好ましく、300nm以上1200nm以下程度であるのがより好ましい。エネルギー線Eの波長を前記範囲内に設定することで、圧粉成形層41のエネルギー吸収性が高くなり、効率よく貫通電気配線143、153を形成することができる。

【0156】

また、エネルギー線Eの照射時間は、エネルギー線Eの種類や波長、強度によって異なり、これらに基づいて適宜設定される。

【0157】

50

さらに、エネルギー線Eが走査されるときには、その走査速度の一例として、1mm/秒以上300mm/秒以下が挙げられる。

【0158】

また、エネルギー線Eがレーザーであるとき、レーザーの種類としては、例えばエキシマーレーザー、炭酸ガスレーザー、YAGレーザー、YVO₄レーザー等が用いられる。

【0159】

以上のようにして、貫通電気配線143、153および絶縁領域125が形成されたベース120が得られる。このような貫通電気配線143、153および絶縁領域125は、1つの圧粉成形層41の一部を改質することにより形成されたものであるため、一体で形成されているといえる。このため、互いに強固に接続されており、貫通電気配線143、153と絶縁領域125との境界における機械的強度は十分に高くなり、貫通電気配線143、153の剥離といった不具合の発生を抑制することができる。したがって、信頼性の高い振動子1を製造することができる。また、ベース120中の貫通電気配線143、153を狭ピッチで形成することも容易なため、振動子1の小型化および低コスト化を図ることができる。

10

【0160】

なお、以下の工程では、さらに、このベース120に対して接続電極141、151や外部実装電極142、152を設ける。

【0161】

[2-2]

20

まず、図8(g)に示すように、圧粉成形層41の上面にマスク61を配置する。マスク61は、後述する工程において接続電極141、151を形成する領域に対応する窓部を有するステンシルマスクである。

【0162】

次に、図8(g)に示すように、マスク61上に導電ペースト62を置き、スキージー63で導電ペースト62を塗り広げる。これにより、導電ペースト62の膜が貫通電気配線143、153の上方に形成されることとなる。

【0163】

このような導電ペースト62は、導電性材料の粉末と有機バインダーとこれらを溶解または分散させる分散媒とを含む液状組成物である。導電ペースト62は、後述する焼成工程により、分散媒が揮発するとともに有機バインダーが除去され、導電膜を形成する。

30

【0164】

次に、圧粉成形層41を表裏反転させ、図8(h)に示すように、別のマスク64を配置して導電ペースト62を塗り広げる。これにより、導電ペースト62の膜が貫通電気配線143、153の上方に形成されることとなる。

【0165】

その後、導電ペースト62の膜を形成した圧粉成形層41を焼成する。これにより、導電ペースト62中の有機バインダーおよび分散媒が除去されるとともに、導電ペースト62中の導電材料が焼結し、図9(i)に示すように、接続電極141、151および外部実装電極142、152が形成される。

40

【0166】

なお、この焼成は、第1ガラス材料の軟化点および第2ガラス材料の軟化点の双方を下回る温度で行うのが好ましい。すなわち、導電ペースト62には、焼結温度がこれらのガラス材料の軟化点よりも低いものが選択されるのが好ましい。

【0167】

[2-3]

次に、図9(j)に示すように、接続電極141、151上に導電性接着剤161、162を載置する。続いて、導電性接着剤161、162上に振動片190を載置する。

【0168】

次に、ベース120上に図示しないメタライズ層を形成する。同様に、リッド130の

50

側壁 134 の下端面にも図示しないメタライズ層を形成する。なお、これらのメタライズ層は、本工程よりも前に形成されていてもよい。また、メタライズ層は、必要に応じて設けるようにすればよく、リッド 130 の構成材料が金属材料の場合、省略することもできる。

【0169】

次に、ベース 120 上にリッド 130 を配置し、ろう材 180 を介してベース 120 とリッド 130 とをろう付けする。これにより、リッド 130 の凹部 131 内が封じ切れ、外部から隔離される。これにより、図 9 (m) に示す振動子 1 が得られる。なお、この際、作業環境を不活性ガスで満たしたり、減圧下に置いたりすることで、収納空間 S を不活性ガス充填状態や減圧状態に保つことができる。その結果、振動片 190 の経時劣化を抑制することができる。

10

【0170】

このようにして製造された振動子 1 は、前述したように、導電性の高い貫通電気配線 143、153 を備えているため、優れた周波数特性と低消費電力とを両立したものとなる。

【0171】

第 2 実施形態

次に、本発明の電気配線部材の第 2 実施形態について説明する。

図 10、11 は、それぞれ本発明の電気配線部材の第 2 実施形態を示す斜視図である。

【0172】

20

以下、第 2 実施形態について説明するが、以下の説明では、前述した第 1 実施形態との相違点を中心に説明し、同様の事項についてはその説明を省略する。また、図において、前述した実施形態と同様の構成については、同一符号を付している。

【0173】

第 2 実施形態は、ベース 120 における貫通電気配線 143、153、163 の平面視形状が異なる以外、第 1 実施形態と同様である。

【0174】

図 10 に示す貫通電気配線 143、153、163 は、それぞれベース 120 の長手方向に沿って直線状に延伸しているとともに、長手方向と直交する方向に沿って並列している。このような貫通電気配線 143、153、163 は、それぞれ長手方向に離間した 2 点間を電氣的に接続することができる。

30

【0175】

このような貫通電気配線 143、153、163 を形成するには、圧粉成形層 41 のうち、これらの配線を形成すべき領域に対してエネルギー線 E を直線状に走査すればよい。そして、走査経路を適宜選択することで、所望のパターンの貫通電気配線 143、153、163 を容易に製造することができる。

【0176】

なお、このようなベース 120 を他の絶縁性基板上に載置し、電気配線基板として使用することもできる。

【0177】

40

また、図 11 に示す貫通電気配線 143、153、163 は、それぞれ長手方向の一部がベース 120 を貫通し、他部が貫通しないように構成されている以外、図 10 に示す貫通電気配線 143、153、163 と同様である。

【0178】

なお、図 11 では、図示の都合上、貫通電気配線 143 のみ、貫通部 1431 と非貫通部 1432 とを備えているように図示している。貫通部 1431 を形成することにより、ベース 120 の表裏面間で電氣的接続を図ることができる。

【0179】

また、これらの貫通部 1431 および非貫通部 1432 は、圧粉成形層 41 に対してエネルギー線 E を照射する際、その照射エネルギーを部位ごとに異ならせることによってそ

50

れぞれを形成することができる。

【0180】

具体的には、貫通部1431を形成する際には、金属粒子31同士の結合の進行が圧粉成形層41の裏面側まで達するように照射エネルギーが調整される。一方、非貫通部1432を形成する際には、金属粒子31同士の結合の進行が圧粉成形層41の厚さ方向の途中までで止まるように照射エネルギーが調整される。

このような本実施形態においても、第1実施形態と同様の作用、効果が得られる。

【0181】

[電気配線基板]

次に、本発明の電気配線基板の実施形態について説明する。

図12、13は、それぞれ本発明の電気配線基板の実施形態を示す斜視図である。

【0182】

図12に示す電気配線基板10は、絶縁性基板7と、その一方の面に設けられた電気配線部材11と、を備えている。電気配線基板10は、本発明の電気配線基板の実施形態に相当し、電気配線部材11は、本発明の電気配線部材の実施形態に相当する。

【0183】

以下、本実施形態に係る電気配線基板について説明するが、以下の説明では、前述した実施形態に係る電気配線部材との相違点を中心に説明し、同様の事項についてはその説明を省略する。また、図において、前述した実施形態と同様の構成については、同一符号を付している。

【0184】

電気配線部材11は、長尺状の形状を有している。そして、電気配線部材11には、電気配線121、122、123と、電気配線121、122、123の間を埋める絶縁領域125と、を備えている。このうち、電気配線部材11は、前述した実施形態に係るベース120と同じ構成を有しており、電気配線121、122、123は、前述した実施形態に係る貫通電気配線143、153、163と同じ構成を有している。

【0185】

電気配線121、122、123は、それぞれ電気配線部材11の長手方向に沿って直線状に延伸しているとともに、長手方向と直交する方向に沿って並列している。このような電気配線121、122、123は、それぞれ長手方向に離間した2点間を電氣的に接続することができる。

【0186】

また、電気配線基板10では、絶縁性基板7と電気配線部材11とが接着されている。これにより、電気配線基板10は、絶縁性基板7によって支持されるため、優れた機械的強度を有するものとなる。

【0187】

絶縁性基板7の構成材料は、特に限定されず、樹脂材料であってもよいが、好ましくはセラミックス材料またはガラス材料で構成される。これにより、耐熱性が高くガス吸着性（ガス放出性）が低い電気配線基板10が得られる。

【0188】

このうち、セラミックス材料としては、例えば、アルミナ、シリカ、チタニア、ジルコニア等の酸化物系セラミックス、窒化珪素、窒化アルミ、窒化チタン等の窒化物系セラミックス、炭化珪素等の炭化物系セラミックス等の各種セラミックス等が挙げられる。

また、ガラス材料としては、前述したものが用いられる。

【0189】

また、電気配線基板10は、絶縁性基板7によって電気配線部材11を支持している。このため、電気配線部材11の厚さを薄くしても、電気配線基板10全体の機械的強度を確保することができる。

【0190】

絶縁性基板7の厚さは、電気配線部材11の厚さに応じて適宜設定されるが、20 μm

10

20

30

40

50

以上 3000 μm 以下程度であるのが好ましい。

【0191】

また、得られた電気配線基板 10 を複数枚積層することにより、積層型の電気配線基板を得ることもできる。

【0192】

また、図 13 に示す電気配線基板 10 は、電気配線 121、122、123 が電気配線部材 11 の厚さ方向を貫通するとともに、絶縁性基板 7 にも貫通電気配線 71 が形成されていること以外、図 12 に示す電気配線基板 10 と同様である。

【0193】

すなわち、図 13 に示す電気配線 121、122、123 は、それぞれ電気配線部材 11 の厚さ方向を貫通するように構成されている。また、各電気配線 121、122、123 の位置に合わせて、絶縁性基板 7 には貫通電気配線 71 が設けられている。これにより、電気配線基板 10 は、一方の主面と他方の主面との間で導電経路を有するものとなる。

【0194】

貫通電気配線 71 は、絶縁性基板 7 に埋め込まれた導電性材料で構成される。この導電性材料は、例えば、前述した金属粒子 31 の構成材料と同じものから適宜選択される。

【0195】

そして、図 13 に示すような電気配線基板 10 を用いることにより、層間の電氣的接続が可能になり、積層型の電気配線基板の製造に際して好適である。

【0196】

以上のようにして、電気配線 121、122、123 および絶縁領域 125 が形成された電気配線部材 11 と、絶縁性基板 7 とを備える電気配線基板 10 が得られる。電気配線部材 11 における電気配線 121、122、123 および絶縁領域 125 は、1つの圧粉成形層 41 の一部を改質することにより形成されたものであるため、一体に形成されているといえる。このため、互いに強固に接続されており、電気配線 121、122、123 と絶縁領域 125 との境界における機械的強度は十分に高くなり、電気配線 121、122、123 の剥離といった不具合の発生を抑制することができる。

【0197】

[電気配線基板の製造方法]

次に、本発明の電気配線基板の製造方法の実施形態について説明する。

図 14 は、本発明の電気配線基板の製造方法の実施形態を示す断面図である。

【0198】

本実施形態に係る電気配線基板の製造方法は、プレス成形機のキャビティ内に絶縁性基板を配置するようにした以外は、前述した本発明の電気配線部材の製造方法の実施形態と同様である。

【0199】

以下、本実施形態に係る電気配線基板の製造方法について説明するが、以下の説明では、前述した実施形態に係る電気配線部材の製造方法との相違点を中心に説明し、同様の事項についてはその説明を省略する。また、図において、前述した実施形態と同様の構成については、同一符号を付している。

【0200】

本実施形態では、まず、図 14 (a) に示すように、キャビティ 51 内に絶縁性基板 7 を配置する。そして、加圧しつつ成形することにより、図 14 (b) に示すように、絶縁性基板 7 に付着した圧粉成形層 41 が得られる。

【0201】

離型後または成形中、絶縁性基板 7 に付着した圧粉成形層 41 を加熱すると、圧粉成形層 41 中の絶縁層付き金属粒子 35 同士が固定されるとともに、絶縁性基板 7 と圧粉成形層 41 との間が接着される。この接着は、例えば、絶縁性基板 7 に含まれる樹脂材料の接着力に基づいて行われる。

【0202】

10

20

30

40

50

その後、前述した実施形態と同様、圧粉成形層 4 1 にエネルギー線が照射されることにより、電気配線 1 2 1、1 2 2、1 2 3 が形成される。

【 0 2 0 3 】

すなわち、絶縁性基板 7 に付着した圧粉成形層 4 1 は、エネルギー線の照射により、導電性を発現し、電気配線を形成し得るものであり、本発明の電気配線基板形成用材料の実施形態に相当する。換言すれば、絶縁性基板 7 に付着した圧粉成形層 4 1 は、単にエネルギー線を任意の領域に照射するのみで、所望のパターンの電気配線を形成し得る電気配線形成能を有するものである。

【 0 2 0 4 】

[電子機器]

次いで、本発明の電気配線部材を備える電子機器（本発明の電子機器）について、図 1 5 ~ 1 7 に基づき、詳細に説明する。

【 0 2 0 5 】

図 1 5 は、本発明の電気配線部材を備える電子機器を適用したモバイル型（またはノート型）のパーソナルコンピュータの構成を示す斜視図である。この図において、パーソナルコンピュータ 1 1 0 0 は、キーボード 1 1 0 2 を備えた本体部 1 1 0 4 と、表示部 1 0 0 を備えた表示ユニット 1 1 0 6 とにより構成され、表示ユニット 1 1 0 6 は、本体部 1 1 0 4 に対しヒンジ構造部を介して回動可能に支持されている。このようなパーソナルコンピュータ 1 1 0 0 には、電気回路が形成されたベース 1 2 0（電気配線部材）が内蔵されている。

【 0 2 0 6 】

図 1 6 は、本発明の電気配線部材を備える電子機器を適用した携帯電話機（PHS も含む）の構成を示す斜視図である。この図において、携帯電話機 1 2 0 0 は、複数の操作ボタン 1 2 0 2、受話口 1 2 0 4 および送話口 1 2 0 6 を備え、操作ボタン 1 2 0 2 と受話口 1 2 0 4 との間には、表示部 1 0 0 が配置されている。このような携帯電話機 1 2 0 0 には、電気回路が形成されたベース 1 2 0（電気配線部材）が内蔵されている。

【 0 2 0 7 】

図 1 7 は、本発明の電気配線部材を備える電子機器を適用したデジタルスチルカメラの構成を示す斜視図である。なお、この図には、外部機器との接続についても簡易的に示されている。ここで、通常のカメラは、被写体の光像により銀塩写真フィルムを感光するのに対し、デジタルスチルカメラ 1 3 0 0 は、被写体の光像を CCD（Charge Coupled Device）等の撮像素子により光電変換して撮像信号（画像信号）を生成する。

【 0 2 0 8 】

デジタルスチルカメラ 1 3 0 0 におけるケース（ボディー）1 3 0 2 の背面には、表示部 1 0 0 が設けられ、CCD による撮像信号に基づいて表示を行う構成になっており、表示部 1 0 0 は、被写体を電子画像として表示するファインダーとして機能する。また、ケース 1 3 0 2 の正面側（図中裏面側）には、光学レンズ（撮像光学系）や CCD などを含む受光ユニット 1 3 0 4 が設けられている。

【 0 2 0 9 】

撮影者が表示部 1 0 0 に表示された被写体像を確認し、シャッターボタン 1 3 0 6 を押下すると、その時点における CCD の撮像信号が、メモリー 1 3 0 8 に転送・格納される。また、このデジタルスチルカメラ 1 3 0 0 においては、ケース 1 3 0 2 の側面に、ビデオ信号出力端子 1 3 1 2 と、データ通信用の入出力端子 1 3 1 4 とが設けられている。そして、図示されるように、ビデオ信号出力端子 1 3 1 2 にはテレビモニター 1 4 3 0 が、データ通信用の入出力端子 1 3 1 4 にはパーソナルコンピュータ 1 4 4 0 が、それぞれ必要に応じて接続される。さらに、所定の操作により、メモリー 1 3 0 8 に格納された撮像信号が、テレビモニター 1 4 3 0 や、パーソナルコンピュータ 1 4 4 0 に出力される構成になっている。このようなデジタルスチルカメラ 1 3 0 0 には、電気回路が形成されたベース 1 2 0（電気配線部材）が内蔵されている。

【 0 2 1 0 】

10

20

30

40

50

なお、本発明の電気配線部材を備える電子機器は、図15のパーソナルコンピューター（モバイル型パーソナルコンピューター）、図16の携帯電話機、図17のデジタルスチルカメラの他にも、例えば、スマートフォン、タブレット端末、時計、インクジェット式吐出装置（例えばインクジェットプリンター）、ラップトップ型パーソナルコンピューター、テレビ、ビデオカメラ、ビデオテープレコーダー、カーナビゲーション装置、ページャー、電子手帳（通信機能付も含む）、電子辞書、電卓、電子ゲーム機器、ワードプロセッサ、ワークステーション、テレビ電話、防犯用テレビモニター、電子双眼鏡、POS端末、医療機器（例えば電子体温計、血圧計、血糖計、心電図計測装置、超音波診断装置、電子内視鏡）、魚群探知機、各種測定機器、計器類（例えば、車両、航空機、船舶の計器類）、フライトシミュレーター等に適用することができる。

10

【0211】

〔移動体〕

次に、本発明の電気配線部材を備える移動体（本発明の移動体）について説明する。

【0212】

図18は、本発明の移動体の一例としての自動車を概略的に示す斜視図である。自動車1500には、電気回路が形成されたベース120（電気配線部材）が搭載されている。ベース120は、キーレスエントリー、イモビライザー、カーナビゲーションシステム、カーエアコン、アンチロックブレーキシステム（ABS）、エアバック、タイヤ・プレッシャー・モニタリング・システム（TPMS：Tire Pressure Monitoring System）、エンジンコントロール、ハイブリッド自動車や電気自動車の電池モニター、車体姿勢制御システム等の電子制御ユニット（ECU：electronic control unit）に広く適用できる。

20

【0213】

以上、本発明について、好適な実施形態に基づいて説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく、各部の構成は、同様の機能を有する任意の構成のものに置換することができる。

【0214】

また、本発明においては、上述した実施形態に任意の構成物が付加されていてもよく、各実施形態が適宜組み合わせられていてもよい。

【0215】

また、本発明の電気配線部材は、気密性が求められる用途のもの、すなわち振動子の用途に限定されない。

30

【実施例】

【0216】

次に、本発明の具体的実施例について説明する。

1. サンプルの製造

（サンプル1）

〔1〕まず、水アトマイズ法により製造されたFe-3.5Si-4.5Cr系合金の金属粉末（金属粒子）を用意した。この金属粉末は、Crを4.5質量%、Siを3.5質量%の割合でそれぞれ含むFe基合金粉末である。なお、この金属粉末の平均粒径は10 μ mであった。

40

【0217】

また、酸化スズを含むリン酸塩系ガラス（第1ガラス材料）の粉末（第1ガラス粉末）を用意した。この粉末は、SnO-P₂O₅-MgO系ガラスの粉末である。なお、この第1ガラス粉末の平均粒径は3 μ m、第1ガラス材料の軟化点は390であった。

【0218】

次に、これら金属粉末と第1ガラス粉末を摩擦混合機に投入し、機械的な圧縮摩擦作用を生じさせた。これにより、第1ガラス材料を金属粒子の表面に固着させ、絶縁層付き金属粒子を得た。

計算により求めた表面絶縁層の平均厚さは60nmであった。

【0219】

50

次に、得られた絶縁層付き金属粒子と、エポキシ樹脂と、トルエンとを混合して、混合物を得た。なお、エポキシ樹脂の添加量は、金属粒子100質量部に対して1質量部とした。

混合物を乾燥させた後、解砕し、混合粉末を得た。

【0220】

[2]次に、得られた混合粉体をプレス成形機により成形した。これにより、板状の圧粉成形層を得た。得られた圧粉成形層は、円盤状をなしており、直径が40mm、厚さが1mmであった。また、成形圧力は、10MPa(0.1t/cm²)であった。

【0221】

次いで、得られた圧粉成形層を加熱した。これにより、樹脂材料を溶融させ、その後、樹脂材料を硬化させることにより圧粉成形層を固化させた。このときの加熱温度は150、加熱時間は0.75時間、加熱雰囲気は大気雰囲気であった。

10

【0222】

[3]次に、得られた圧粉成形層のうち、貫通電気配線を形成すべき領域(2カ所)にレーザーを照射した。また、この2カ所を繋ぐ線状の領域にもレーザーを照射した。これにより、照射領域の金属粒子同士を結合させ、導電性を発現させた。その結果、2つの貫通電気配線およびそれらを電氣的に接続する電気配線を形成した。

【0223】

なお、貫通電気配線の平面視形状は、1辺が15mmの正方形とした。そして、このような平面視形状の領域にレーザーを照射し、金属粒子同士の結合が圧粉成形層を貫通するまで進行させることにより、貫通電気配線を得た。また、これらの貫通電気配線同士の間には、20mmの間隔を設けた。

20

【0224】

一方、これらの貫通電気配線同士を繋ぐ電気配線の平面視形状は、長さ20mm、幅0.5mmの長方形とした。

【0225】

また、レーザー発振源としてYAGレーザーを用い、発振させたレーザーの波長は1064nmとした。

以上のようにして貫通電気配線を備えるサンプルを得た。

【0226】

30

(サンプル2~5)

エポキシ樹脂の添加量を変えることにより、粒子間絶縁部における絶縁材料の対金属粉末の質量比を変えるようにした以外は、それぞれサンプル1と同様にして貫通電気配線を備えるサンプルを得た。

【0227】

(サンプル6、7)

エポキシ樹脂に代えて、表1に示す質量比のシリコン樹脂を用いるようにした以外は、それぞれサンプル1と同様にして貫通電気配線を備えるサンプルを得た。

【0228】

(サンプル8)

40

第1ガラス材料をBi₂O₃-B₂O₃-ZnO系ガラスに変更した以外は、サンプル2と同様にして貫通電気配線を備えるサンプルを得た。

【0229】

(サンプル9)

第1ガラス材料を水ガラス(Na₂O-SiO₂)に変更した以外は、サンプル2と同様にして貫通電気配線を備えるサンプルを得た。

【0230】

(サンプル10)

第1ガラス材料を水ガラス(Na₂O-SiO₂)に変更した以外は、サンプル7と同様にして貫通電気配線を備えるサンプルを得た。

50

【0231】

(サンプル11)

金属粒子の材質をCuに変更するとともに、第1ガラス材料を $\text{Bi}_2\text{O}_3 - \text{B}_2\text{O}_3 - \text{ZnO}$ 系ガラスに変更した以外は、サンプル1と同様にして貫通電気配線を備えるサンプルを得た。なお、金属粒子の平均粒径は $5.5 \mu\text{m}$ であった。

【0232】

(サンプル12～15)

エポキシ樹脂の添加量を変えることにより、粒子間絶縁部における絶縁材料の対金属粉末の質量比を変えるようにした以外は、それぞれサンプル11と同様にして貫通電気配線を備えるサンプルを得た。

10

【0233】

(サンプル16、17)

エポキシ樹脂に代えて、表1に示す質量比のシリコン樹脂を用いるようにした以外は、それぞれサンプル11と同様にして貫通電気配線を備えるサンプルを得た。

【0234】

(サンプル18)

第1ガラス材料を $\text{SnO} - \text{P}_2\text{O}_5 - \text{MgO}$ 系ガラスに変更した以外は、サンプル12と同様にして貫通電気配線を備えるサンプルを得た。

【0235】

(サンプル19)

第1ガラス材料を水ガラス($\text{Na}_2\text{O} - \text{SiO}_2$)に変更した以外は、サンプル12と同様にして貫通電気配線を備えるサンプルを得た。

20

【0236】

(サンプル20)

第1ガラス材料を水ガラス($\text{Na}_2\text{O} - \text{SiO}_2$)に変更した以外は、サンプル17と同様にして貫通電気配線を備えるサンプルを得た。

【0237】

(サンプル21)

平均粒径 $8 \mu\text{m}$ のCu粒子を用い、第1ガラス材料を $\text{SiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{B}_2\text{O}_3$ 系ガラスに変更するとともに、粒子間絶縁部を、金属粉末100質量部に対して0.5質量部のエポキシ樹脂と、0.25質量部の第2ガラス粉末とで構成するようにした以外は、サンプル1と同様にして貫通電気配線を備えるサンプルを得た。

30

なお、第2ガラス粉末には、第1ガラス粉末と同種のものを用いた。

【0238】

(サンプル22)

エポキシ樹脂の添加量を変えることにより、粒子間絶縁部における絶縁材料の対金属粉末の質量比を変えるようにした以外は、サンプル21と同様にして貫通電気配線を備えるサンプルを得た。

【0239】

(サンプル23)

エポキシ樹脂の添加量を変えることにより、粒子間絶縁部における絶縁材料の対金属粉末の質量比を変えるとともに、第1ガラス粉末とは材質の異なる第2ガラス粉末を用いるようにした以外は、サンプル21と同様にして貫通電気配線を備えるサンプルを得た。

40

【0240】

なお、第2ガラス粉末には、平均粒径 $3 \mu\text{m}$ の $\text{SnO} - \text{P}_2\text{O}_5 - \text{MgO}$ 系ガラスの粉末を用いた。

【0241】

(サンプル24)

平均粒径 $12 \mu\text{m}$ のCu粒子を用い、第1ガラス材料を $\text{SiO}_2 - \text{B}_2\text{O}_3 - \text{ZnO}$ 系ガラスに変更するとともに、粒子間絶縁部を、金属粉末100質量部に対して8質量部の

50

エポキシ樹脂と、0.25質量部の第2ガラス粉末とで構成するようにした以外は、サンプル1と同様にして貫通電気配線を備えるサンプルを得た。

なお、第2ガラス粉末には、第1ガラス粉末と同種のものを用いた。

【0242】

(サンプル25)

第2ガラス粉末の添加量を表2に示すように変更した以外は、サンプル24と同様にして貫通電気配線を備えるサンプルを得た。

【0243】

(サンプル26)

第2ガラス粉末を平均粒径3 μm の $\text{SnO} - \text{P}_2\text{O}_5 - \text{MgO}$ 系ガラスの粉末に変更した以外は、サンプル24と同様にして貫通電気配線を備えるサンプルを得た。

10

【0244】

(サンプル27)

平均粒径10 μm のCu粒子を用い、第1ガラス材料を $\text{SnO} - \text{P}_2\text{O}_5 - \text{MgO}$ 系ガラスに変更するとともに、粒子間絶縁部を、金属粉末100質量部に対して15質量部のエポキシ樹脂と、0.25質量部の第2ガラス粉末とで構成するようにした以外は、サンプル1と同様にして貫通電気配線を備えるサンプルを得た。

なお、第2ガラス粉末には、第1ガラス粉末と同種のものを用いた。

【0245】

(サンプル28)

第2ガラス粉末として平均粒径2 μm の $\text{Bi}_2\text{O}_3 - \text{B}_2\text{O}_3 - \text{ZnO}$ 系ガラスの粉末を用いるとともに、その添加量を表2に示すように変更した以外は、サンプル27と同様にして貫通電気配線を備えるサンプルを得た。

20

【0246】

(サンプル29)

第1ガラス粉末に代えて、ポリプロピレン粒子を投入し、絶縁層付き金属粒子を得た。絶縁層の平均厚さは200nm、ポリプロピレンの軟化点は150であった。

次に、この絶縁層付き金属粒子をサンプル1と同様にプレス成形機により成形した。

【0247】

次に、得られた圧粉成形層のうち、貫通電気配線を形成すべき領域にレーザーを照射した。これにより、貫通電気配線を備えるサンプルを得た。

30

なお、製造条件の詳細は、表2に示す通りである。

【0248】

(サンプル30)

製造条件を表2に示すように変更した以外は、サンプル29と同様にして貫通電気配線を備えるサンプルを得た。

【0249】

(サンプル31)

第1ガラス粉末に代えて、ポリプロピレン粒子を投入し、絶縁層付き金属粒子を得た。絶縁層の平均厚さは350nm、ポリプロピレンの軟化点は150であった。

40

【0250】

次に、この絶縁層付き金属粒子とポリプロピレン粒子との混合粉体をサンプル1と同様にプレス成形機により成形した。

【0251】

次に、得られた圧粉成形層のうち、貫通電気配線を形成すべき領域にレーザーを照射した。これにより、貫通電気配線を備えるサンプルを得た。

なお、製造条件の詳細は、表2に示す通りである。

【0252】

(サンプル32)

製造条件を表2に示すように変更した以外は、サンプル31と同様にして貫通電気配線

50

を備えるサンプルを得た。

【0253】

(サンプル33)

表面絶縁層の形成を省略するようにした以外は、サンプル2と同様にして貫通電気配線を備えるサンプルを得た。

【0254】

(サンプル34)

表面絶縁層の形成を省略するようにした以外は、サンプル7と同様にして貫通電気配線を備えるサンプルを得た。

【0255】

以上、各サンプルの製造条件を表1、2に示す。なお、表1、2には、各サンプルのうち、本発明に相当するものを「実施例」、本発明に相当しないものを「比較例」としている。

【0256】

【表1】

表1

		貫通電気配線を備えるサンプルの製造条件								
		金属粒子		表面絶縁層			粒子間絶縁部		備考	
サンプル	実施例	材質	平均粒径 μm	材質	第1ガラス材料の軟化点	第1ガラス粉末の平均粒径	平均厚さ nm	材質		質量比
					°C	μm				質量部
サンプル1	実施例	Fe-Si-Cr	10	SnO-P ₂ O ₅ -MgO	390	3.0	60	エポキシ樹脂	1	
サンプル2	実施例	Fe-Si-Cr	10	SnO-P ₂ O ₅ -MgO	390	3.0	60	エポキシ樹脂	2	
サンプル3	実施例	Fe-Si-Cr	10	SnO-P ₂ O ₅ -MgO	390	3.0	60	エポキシ樹脂	5	
サンプル4	実施例	Fe-Si-Cr	10	SnO-P ₂ O ₅ -MgO	390	3.0	60	エポキシ樹脂	10	
サンプル5	実施例	Fe-Si-Cr	10	SnO-P ₂ O ₅ -MgO	390	3.0	60	エポキシ樹脂	20	
サンプル6	実施例	Fe-Si-Cr	10	SnO-P ₂ O ₅ -MgO	390	3.0	60	シリコーン樹脂	2	
サンプル7	実施例	Fe-Si-Cr	10	SnO-P ₂ O ₅ -MgO	390	3.0	60	シリコーン樹脂	5	
サンプル8	実施例	Fe-Si-Cr	10	Bi ₂ O ₃ -B ₂ O ₃ -ZnO	405	2.0	30	エポキシ樹脂	2	
サンプル9	実施例	Fe-Si-Cr	10	水ガラス	600	50	100	エポキシ樹脂	2	
サンプル10	実施例	Fe-Si-Cr	10	水ガラス	600	50	100	シリコーン樹脂	5	
サンプル11	実施例	Cu	5.5	Bi ₂ O ₃ -B ₂ O ₃ -ZnO	405	2.0	45	エポキシ樹脂	1	
サンプル12	実施例	Cu	5.5	Bi ₂ O ₃ -B ₂ O ₃ -ZnO	405	2.0	45	エポキシ樹脂	2	
サンプル13	実施例	Cu	5.5	Bi ₂ O ₃ -B ₂ O ₃ -ZnO	405	2.0	45	エポキシ樹脂	5	
サンプル14	実施例	Cu	5.5	Bi ₂ O ₃ -B ₂ O ₃ -ZnO	405	2.0	45	エポキシ樹脂	10	
サンプル15	実施例	Cu	5.5	Bi ₂ O ₃ -B ₂ O ₃ -ZnO	405	2.0	45	エポキシ樹脂	20	
サンプル16	実施例	Cu	5.5	Bi ₂ O ₃ -B ₂ O ₃ -ZnO	405	2.0	45	シリコーン樹脂	2	
サンプル17	実施例	Cu	5.5	Bi ₂ O ₃ -B ₂ O ₃ -ZnO	405	2.0	45	シリコーン樹脂	5	
サンプル18	実施例	Cu	5.5	SnO-P ₂ O ₅ -MgO	390	3.0	60	エポキシ樹脂	2	
サンプル19	実施例	Cu	5.5	水ガラス	600	50	100	エポキシ樹脂	2	
サンプル20	実施例	Cu	5.5	水ガラス	600	50	100	シリコーン樹脂	5	

【0257】

10

20

30

40

【表 2】

表2

		貫通電気配線を備えるサンプルの製造条件								備考
		金属粒子		表面絶縁層			粒子間絶縁部		質量比 質量部	
		材質	平均 粒径 μm	材質	第1ガラス 材料の 軟化点	第1ガラス 粉末の 平均粒径	平均 厚さ nm	材質		
					$^{\circ}\text{C}$	μm				
サンプル21	実施例	Cu	8	$\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-B}_2\text{O}_3$	660	3.5	55	エポキシ樹脂	0.5	第2ガラス粉末入り 同種、0.25質量部
サンプル22	実施例	Cu	8	$\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-B}_2\text{O}_3$	660	3.5	55	エポキシ樹脂	0.75	第2ガラス粉末入り 同種、0.25質量部
サンプル23	実施例	Cu	8	$\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-B}_2\text{O}_3$	660	3.5	55	エポキシ樹脂	1.5	第2ガラス粉末入り 異種、0.25質量部
サンプル24	実施例	Cu	12	$\text{SiO}_2\text{-B}_2\text{O}_3\text{-ZnO}$	540	4.5	120	エポキシ樹脂	8	第2ガラス粉末入り 同種、0.25質量部
サンプル25	実施例	Cu	12	$\text{SiO}_2\text{-B}_2\text{O}_3\text{-ZnO}$	540	4.5	120	エポキシ樹脂	8	第2ガラス粉末入り 同種、0.5質量部
サンプル26	実施例	Cu	12	$\text{SiO}_2\text{-B}_2\text{O}_3\text{-ZnO}$	540	4.5	120	エポキシ樹脂	8	第2ガラス粉末入り 異種、0.25質量部
サンプル27	実施例	Cu	10	$\text{SnO-P}_2\text{O}_5\text{-MgO}$	390	3.0	60	エポキシ樹脂	15	第2ガラス粉末入り 同種、0.25質量部
サンプル28	実施例	Cu	10	$\text{SnO-P}_2\text{O}_5\text{-MgO}$	390	3.0	60	エポキシ樹脂	15	第2ガラス粉末入り 異種、0.5質量部
サンプル29	比較例	Fe-Si-Cr	10	ポリプロピレン	150	—	200	—	0	
サンプル30	比較例	Cu	5.5	ポリプロピレン	150	—	100	—	0	
サンプル31	比較例	Fe-Si-Cr	10	ポリプロピレン	150	—	350	ポリプロピレン	10	
サンプル32	比較例	Cu	5.5	ポリプロピレン	150	—	175	ポリプロピレン	10	
サンプル33	比較例	Fe-Si-Cr	10	—	—	—	—	エポキシ樹脂	2	
サンプル34	比較例	Cu	5.5	—	—	—	—	シリコーン樹脂	5	

【0258】

2. サンプルの評価

2.1 導電性の評価

まず、各実施例および各比較例で得られたサンプルについて、貫通電気配線の抵抗値を四端子法により測定した。そして、以下の評価基準にしたがって導電性を評価した。なお、測定には、デジタルマルチメーターを用い、印加電流は1mAとした。

【0259】

< 導電性の評価基準 >

- A：抵抗値が非常に小さい（5m 未満）
- B：抵抗値が小さい（5m 以上25m 未満）
- C：抵抗値がやや小さい（25m 以上50m 未満）
- D：抵抗値がやや大きい（50m 以上75m 未満）
- E：抵抗値が大きい（75m 以上100m 未満）
- F：抵抗値が非常に大きい（100m 以上）

【0260】

2.2 絶縁性の評価

次に、各実施例および各比較例で得られたサンプルについて、貫通電気配線にPb-Sn共晶はんだ（融点：186）を用いたはんだ付け作業を行った。そして、作業後の貫通電気配線の近傍に対し、テスターにより絶縁領域の絶縁抵抗を測定した。そして、以下の評価基準にしたがって絶縁性を評価した。

【0261】

< 絶縁性の評価基準 >

- A：抵抗値が非常に大きい（ 1×10^{13} 以上）
- B：抵抗値が大きい（ 1×10^{12} 以上 1×10^{13} 未満）
- C：抵抗値がやや大きい（ 1×10^{11} 以上 1×10^{12} 未満）

10

20

30

40

50

D：抵抗値がやや小さい（ 1×10^{10} 以上 1×10^{11} 未満）

E：抵抗値が小さい（ 1×10^9 以上 1×10^{10} 未満）

F：抵抗値が非常に小さい（ 1×10^9 未満）

【0262】

2.3 機械的強度の評価

次に、各実施例および各比較例で得られたサンプルについて、JIS C 5016に規定された試験方法に準拠して耐折強さを測定した。そして、サンプル29の耐折強さを1とし、各サンプルの耐折強さの相対値を求め、以下の評価基準にしたがって評価した。

【0263】

< 機械的強度の評価基準 >

A：耐折強さの相対値が5以上

B：耐折強さの相対値が4以上5未満

C：耐折強さの相対値が3以上4未満

D：耐折強さの相対値が2以上3未満

E：耐折強さの相対値が1超2未満

F：耐折強さの相対値が1以下

以上の評価結果を表3、4に示す。

【0264】

【表 3】

表3

		評価結果		
		導電性	絶縁性	機械的強度
サンプル1	実施例	A	A	A
サンプル2	実施例	A	A	A
サンプル3	実施例	A	A	A
サンプル4	実施例	B	A	B
サンプル5	実施例	B	A	C
サンプル6	実施例	A	A	A
サンプル7	実施例	A	A	A
サンプル8	実施例	A	A	A
サンプル9	実施例	A	A	A
サンプル10	実施例	A	A	A
サンプル11	実施例	A	A	A
サンプル12	実施例	A	A	A
サンプル13	実施例	A	A	A
サンプル14	実施例	B	A	B
サンプル15	実施例	B	A	C
サンプル16	実施例	A	A	A
サンプル17	実施例	A	A	A
サンプル18	実施例	A	A	A
サンプル19	実施例	A	A	A
サンプル20	実施例	A	A	A

10

20

30

【 0 2 6 5 】

【表 4】

表4

		評価結果		
		導電性	絶縁性	機械的強度
サンプル21	実施例	A	B	B
サンプル22	実施例	A	A	B
サンプル23	実施例	A	A	A
サンプル24	実施例	A	A	A
サンプル25	実施例	B	A	A
サンプル26	実施例	A	A	A
サンプル27	実施例	B	A	A
サンプル28	実施例	B	A	A
サンプル29	比較例	B	F	F
サンプル30	比較例	B	F	F
サンプル31	比較例	B	F	E
サンプル32	比較例	B	F	E
サンプル33	比較例	A	F	B
サンプル34	比較例	A	F	B

10

20

【 0 2 6 6 】

30

表 3、4 から明らかなように、実施例で得られた各サンプルでは、電気配線部材として優れた特性を有していることが認められた。

【符号の説明】

【 0 2 6 7 】

1	振動子
1 0	電気配線基板
1 1	電気配線部材
1 0 0	表示部
1 1 0	パッケージ
1 2 0	ベース
1 2 1、1 2 2、1 2 3	電気配線
1 2 5	絶縁領域
1 3 0	リッド
1 3 1	凹部
1 3 3	基部
1 3 4	側壁
1 4 1	接続電極
1 4 2	外部実装電極
1 4 3	貫通電気配線
1 4 3 1	貫通部

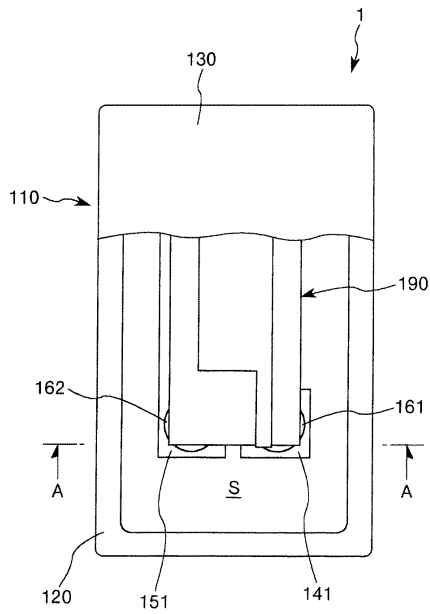
40

50

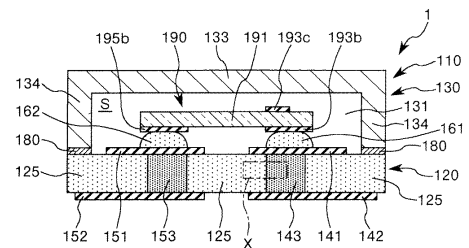
1 4 3 2	非貫通部	
1 5 1	接続電極	
1 5 2	外部実装電極	
1 5 3	貫通電気配線	
1 6 1	導電性接着剤	
1 6 2	導電性接着剤	
1 6 3	貫通電気配線	
1 8 0	ろう材	
1 9 0	振動片	
1 9 1	圧電基板	10
1 9 3	電極層	
1 9 3 a	励振電極	
1 9 3 b	ボンディングパッド	
1 9 3 c	配線	
1 9 5	電極層	
1 9 5 a	励振電極	
1 9 5 b	ボンディングパッド	
1 9 5 c	配線	
3 1	金属粒子	
3 2	粒子結合体	20
3 3	表面絶縁層	
3 4	粒子間絶縁部	
3 5	絶縁層付き金属粒子	
4	粉体	
4 1	圧粉成形層	
4 2 1	領域	
4 2 2	領域	
5	プレス成形機	
5 0	成形型	
5 1	キャビティ	30
5 2	ダイ	
5 2 1	貫通孔	
5 3	下パンチ	
5 4	上パンチ	
6 1	マスク	
6 2	導電ペースト	
6 3	スキージー	
6 4	マスク	
7	絶縁性基板	
7 1	貫通電気配線	40
1 1 0 0	パーソナルコンピューター	
1 1 0 2	キーボード	
1 1 0 4	本体部	
1 1 0 6	表示ユニット	
1 2 0 0	携帯電話機	
1 2 0 2	操作ボタン	
1 2 0 4	受話口	
1 2 0 6	送話口	
1 3 0 0	デジタルスチルカメラ	
1 3 0 2	ケース	50

- 1 3 0 4 受光ユニット
- 1 3 0 6 シャッターボタン
- 1 3 0 8 メモリー
- 1 3 1 2 ビデオ信号出力端子
- 1 3 1 4 入出力端子
- 1 4 3 0 テレビモニター
- 1 4 4 0 パーソナルコンピューター
- 1 5 0 0 自動車
- E エネルギー線
- S 収納空間

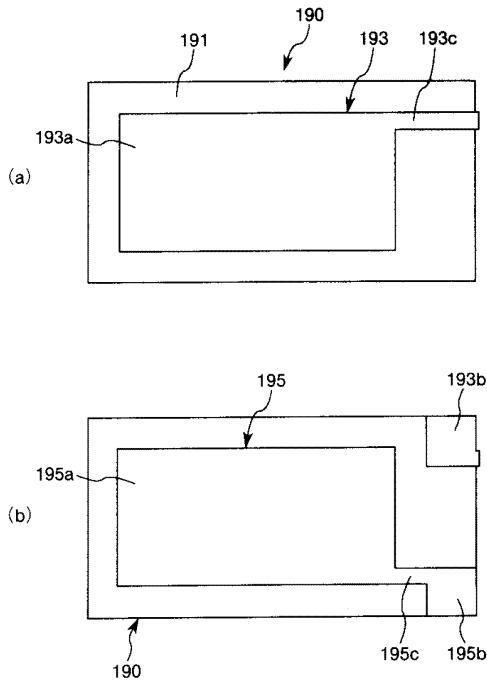
【図 1】



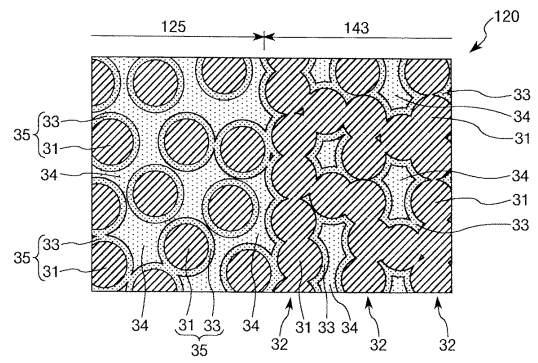
【図 2】



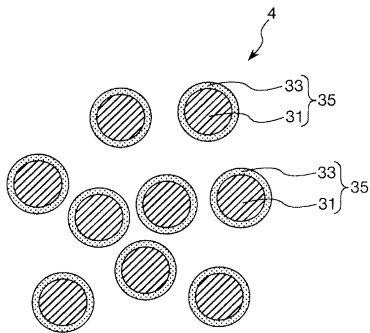
【 図 3 】



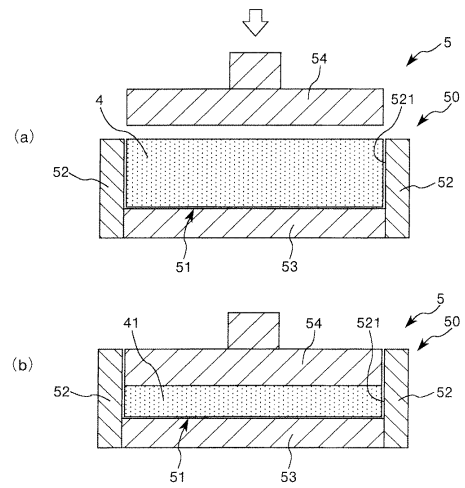
【 図 4 】



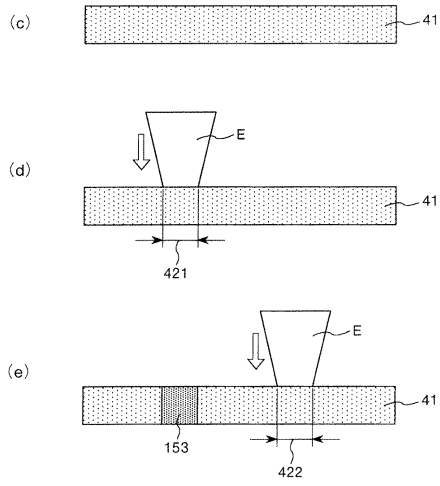
【 図 5 】



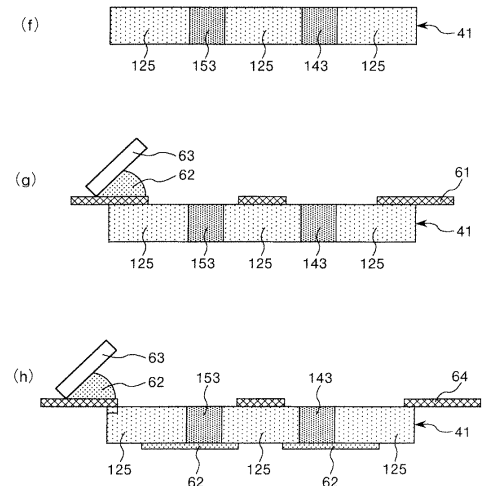
【 図 6 】



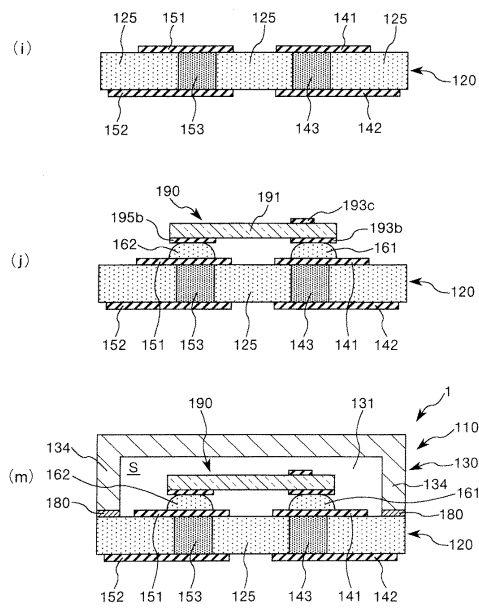
【 図 7 】



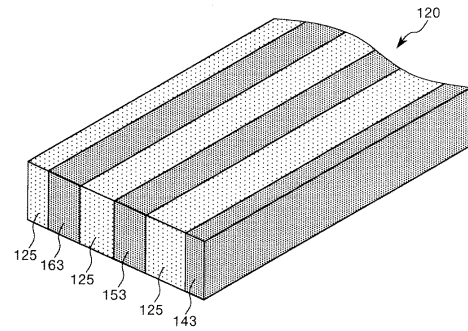
【 図 8 】



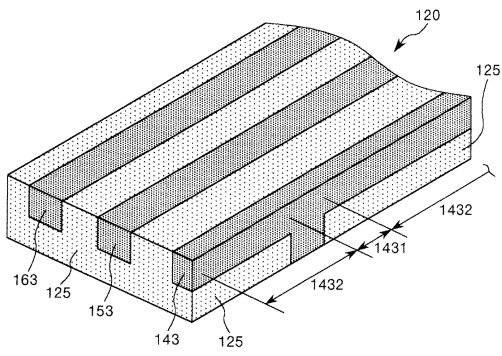
【 図 9 】



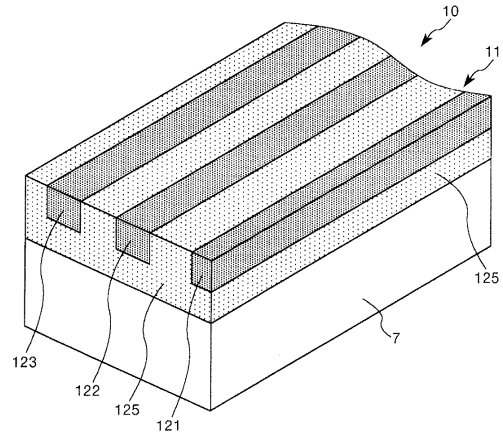
【 図 10 】



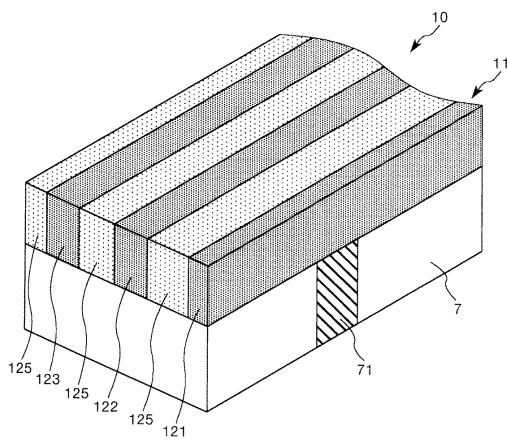
【図 1 1】



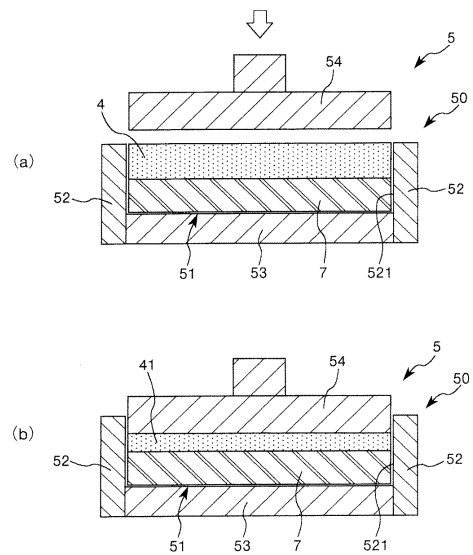
【図 1 2】



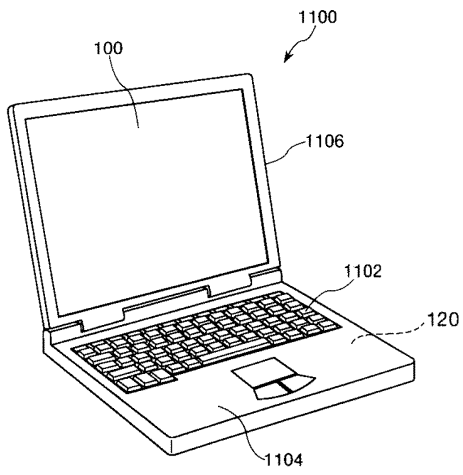
【図 1 3】



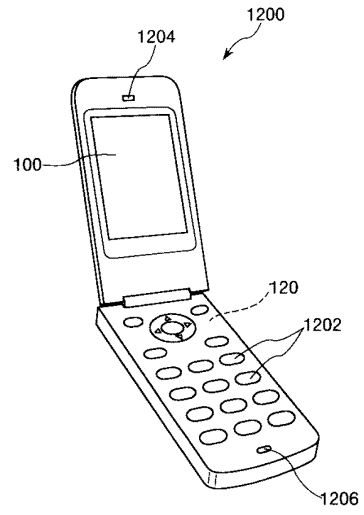
【図 1 4】



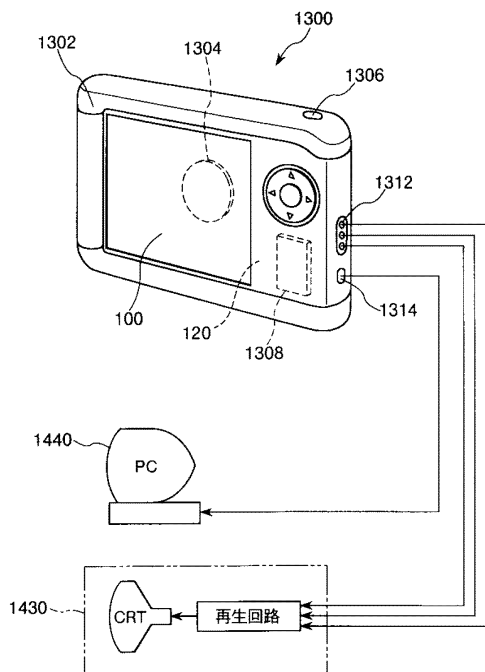
【図15】



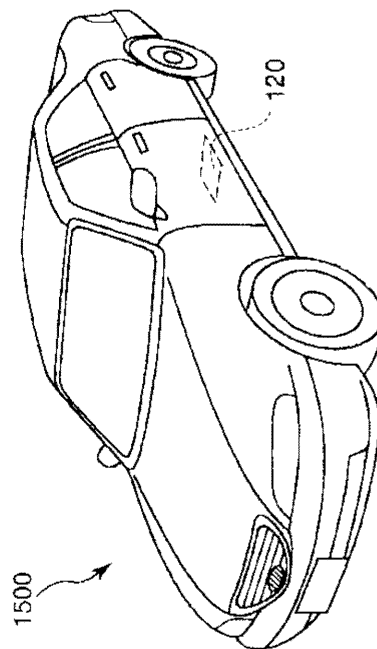
【図16】



【図17】



【図18】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2000-207936(JP,A)
特開2004-149817(JP,A)
特開平08-148804(JP,A)
特表2006-521264(JP,A)
特開2012-049203(JP,A)
特開2012-054569(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H05K	3/10
H05K	1/03
H05K	1/09
H05K	3/00
B22F	1/02