

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5870895号  
(P5870895)

(45) 発行日 平成28年3月1日(2016.3.1)

(24) 登録日 平成28年1月22日(2016.1.22)

(51) Int. Cl.	F I				
<b>HO 1 G</b>	<b>4/30</b>	<b>(2006.01)</b>	HO 1 G	4/30	3 O 1 B
<b>HO 1 G</b>	<b>4/232</b>	<b>(2006.01)</b>	HO 1 G	4/12	3 6 1
<b>HO 1 G</b>	<b>4/12</b>	<b>(2006.01)</b>	HO 1 G	4/12	3 5 2
			HO 1 G	4/12	3 6 4
			HO 1 G	4/30	3 1 1 E

請求項の数 8 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2012-228686 (P2012-228686)	(73) 特許権者	000006231
(22) 出願日	平成24年10月16日(2012.10.16)		株式会社村田製作所
(65) 公開番号	特開2013-118358 (P2013-118358A)		京都府長岡京市東神足1丁目10番1号
(43) 公開日	平成25年6月13日(2013.6.13)	(74) 代理人	110001232
審査請求日	平成26年4月7日(2014.4.7)		特許業務法人 宮▲崎▼・目次特許事務所
(31) 優先権主張番号	特願2011-239330 (P2011-239330)	(72) 発明者	善哉 孝太
(32) 優先日	平成23年10月31日(2011.10.31)		京都府長岡京市東神足1丁目10番1号
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		株式会社村田製作所内
前置審査		(72) 発明者	大森 久義
			京都府長岡京市東神足1丁目10番1号
			株式会社村田製作所内
		(72) 発明者	金山 貴史
			京都府長岡京市東神足1丁目10番1号
			株式会社村田製作所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 セラミック電子部品及びその製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

セラミック素体と、

前記セラミック素体の内部に配されており、端部が前記セラミック素体の表面に向かって引き出されている内部電極と、

前記セラミック素体の表面の上に、前記内部電極の端部を覆うように配されており、樹脂及び金属を含む外部電極と、

前記外部電極内から前記セラミック素体内に至るように設けられている接続部と、を備え、

前記外部電極は、熱硬化性樹脂と、第1の金属成分と、前記第1の金属成分よりも融点が高い第2の金属成分とを含み、

前記接続部は、前記内部電極に含まれる金属と前記第1の金属成分との合金を含み、前記セラミック素体の内部電極が引き出されている表面の内側から外側に延びており、前記内側の部分よりもセラミック素体の前記表面より外側の部分の幅が広がっており、

前記セラミック素体の表面の前記外部電極が設けられた部分の、前記内部電極が引き出される方向における前記接続部の長さが2.4 μm以上であり、

前記外部電極は、前記接続部の外側に配されており、前記第1及び第2の金属成分と前記熱硬化性樹脂とを含む導電層と、

前記第1の金属成分と、前記第2の金属成分との合金を含む第2の部分と、を有し、第2の部分が前記セラミック素体の前記表面上の前記接続部間に位置している、セラミック

10

20

電子部品。

【請求項 2】

前記第 1 の金属成分が S n を含み、

前記第 2 の金属成分が A g を含む、請求項 1 に記載のセラミック電子部品。

【請求項 3】

前記内部電極が N i を含み、

前記接続部が S n - N i 合金を含む、請求項 2 に記載のセラミック電子部品。

【請求項 4】

内部に内部電極が配されており、前記内部電極の端部が表面に向かって引き出されたセラミック素体を準備する工程と、

前記セラミック素体の表面の上に、前記内部電極の端部を覆うように、熱硬化性樹脂、第 1 の金属成分を含む第 1 の金属フィラー、及び、前記第 1 の金属成分よりも融点が高い第 2 の金属成分を含む第 2 の金属フィラーを含む電極層を形成する工程と、

前記セラミック素体の表面の上に、前記内部電極の端部を覆うように配されており、前記熱硬化性樹脂並びに前記第 1 及び第 2 の金属成分を含む外部電極と、前記第 1 の金属成分との合金とを含み、前記内部電極の端部が引き出されている前記セラミック素体の前記表面の内側から外側に延び、前記セラミック素体の前記表面の内側に位置している部分よりも外側に位置している部分の幅が広がっている接続部とを形成するように、かつ前記第 1 の金属成分と、前記第 2 の金属成分との合金を含む第 2 の部分が、前記接続部間に位置するように前記電極層を加熱する、セラミック電子部品の製造方法。

【請求項 5】

前記加熱工程において、前記電極層を、非酸化性雰囲気下において、480 以上に加熱する、請求項 4 に記載のセラミック電子部品の製造方法。

【請求項 6】

前記加熱工程において、前記電極層を 800 未満の温度に加熱する、請求項 5 に記載のセラミック電子部品の製造方法。

【請求項 7】

前記第 1 の金属成分が S n を含み、

前記第 2 の金属成分が A g を含む、請求項 4 に記載のセラミック電子部品の製造方法。

【請求項 8】

前記内部電極が N i を含む、請求項 4 に記載のセラミック電子部品の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、セラミック電子部品及びその製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、積層セラミックコンデンサに代表されるセラミック電子部品は、従来に比べてより過酷な環境下で使用されるようになってきている。

【0003】

例えば、携帯電話、携帯音楽プレーヤーなどのモバイル機器に用いられるセラミック電子部品に対しては、落下時の衝撃に耐え得ることが求められている。具体的には、落下衝撃を受けても、実装基板から電子部品が脱落し難く、電子部品にクラックが生じ難くする必要がある。

【0004】

また、E C U などの車載機器に用いられる電子部品に対しては、熱サイクルの衝撃に耐え得ることが求められている。具体的には、熱サイクルを受けて実装基板が熱膨張収縮することにより発生するたわみ応力を受けても、セラミック電子部品や、実装用の半田にクラックが生じ難くする必要がある。

【0005】

10

20

30

40

50

このような要求を満足するために、従来の焼成型導電ペーストに替えて、熱硬化性導電ペーストを用いて、樹脂を含む外部電極を形成することが提案されている。例えば特許文献1には、高融点の導電粒子、各々、融点が300以下である金属粉末及び樹脂を含む熱硬化性導電ペーストを用いて形成された外部電極を有するセラミック電子部品が記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】WO2004/053901号公報

【発明の概要】

10

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

近年、内部電極と外部電極との接合強度をさらに高めたいという要望が高まってきている。

【0008】

本発明は、内部電極と外部電極との接合強度が高いセラミック電子部品を提供することを主な目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明に係るセラミック電子部品は、セラミック素体と、内部電極と、外部電極と、接続部とを備えている。内部電極は、セラミック素体の内部に配されている。内部電極の端部がセラミック素体の表面に引き出されている。外部電極は、セラミック素体の表面の上に、内部電極の端部を覆うように配されている。外部電極は、樹脂及び金属を含む。接続部は、外部電極内からセラミック素体内に至るように設けられている。セラミック素体の表面の外部電極が設けられた部分の、内部電極が引き出される方向における接続部の長さが2.4 μm以上である。

20

【0010】

本発明に係るセラミック電子部品のある特定の局面では、接続部が、外部電極に含まれる金属と同種の金属と、内部電極に含まれる同種の金属とを含む。

【0011】

30

本発明に係るセラミック電子部品の他の特定の局面では、外部電極が、第1の金属成分と、第1の金属成分よりも融点が高い第2の金属成分とを含む。接続部が、第1の金属成分を含む。

【0012】

本発明に係るセラミック電子部品の別の特定の局面では、第1の金属成分がSnを含む。第2の金属成分がAgを含む。

【0013】

本発明に係るセラミック電子部品のさらに他の特定の局面では、内部電極がNiを含む。接続部がSn-Ni合金を含む。

【0014】

40

本発明に係るセラミック電子部品のさらに別の特定の局面では、接続部の外部電極内に位置する部分の幅が、接続部のセラミック素体内に位置する部分の幅よりも大きい。

【0015】

本発明に係るセラミック電子部品の製造方法では、内部に内部電極が配されており、内部電極の端部が表面に引き出されたセラミック素体を準備する。セラミック素体の表面の上に、内部電極の端部を覆うように、樹脂、第1の金属成分を含む第1の金属フィラー、及び、第1の金属成分よりも融点が高い第2の金属成分を含む第2の金属フィラーを含む電極層を形成する。電極層を加熱し、セラミック素体の表面の上に、内部電極の端部を覆うように配されており、樹脂並びに第1及び第2の金属成分を含む外部電極と、外部電極内からセラミック素体内に至るように設けられており、第1の金属成分と内部電極に含

50

れていた金属とを含む接続部とを形成する。

【0016】

本発明に係るセラミック電子部品の製造方法のある特定の局面では、加熱工程において、電極層を、非酸化性雰囲気下において、480 以上に加熱する。

【0017】

本発明に係るセラミック電子部品の製造方法の他の特定の局面では、加熱工程において、電極層を800 未満の温度に加熱する。

【0018】

本発明に係るセラミック電子部品の製造方法の別の特定の局面では、第1の金属成分がSnを含む。第2の金属成分がAgを含む。

10

【0019】

本発明に係るセラミック電子部品の製造方法のさらに他の特定の局面では、内部電極がNiを含む。

【発明の効果】

【0020】

本発明によれば、内部電極と外部電極との接合強度が高いセラミック電子部品を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0021】

【図1】本発明の一実施形態に係るセラミック電子部品の略図的斜視図である。

20

【図2】本発明の一実施形態に係るセラミック電子部品の長さ方向L及び厚み方向Tに沿った略図的断面図である。

【図3】図2のIII部分の略図的断面図である。

【図4】図2のIV部分の略図的断面図である。

【図5】図2のV部分の略図的断面図である。

【図6】本発明の一実施形態におけるセラミック電子部品の製造工程を説明するための略図的断面図である。

【図7】実験例8において作製したセラミック電子部品の一部分を拡大した断面写真である。具体的には、図7は、実験例8において作製したセラミック電子部品の一部分を加速電圧15.0kV、倍率×5000の条件で観察した走査型電子顕微鏡写真である。

30

【発明を実施するための形態】

【0022】

以下、本発明を実施した好ましい形態の一例について説明する。但し、下記の実施形態は、単なる例示である。本発明は、下記の実施形態に何ら限定されない。

【0023】

また、実施形態等において参照する各図面において、実質的に同一の機能を有する部材は同一の符号で参照することとする。また、実施形態等において参照する図面は、模式的に記載されたものであり、図面に描画された物体の寸法の比率などは、現実の物体の寸法の比率などとは異なる場合がある。図面相互間においても、物体の寸法比率等が異なる場合がある。具体的な物体の寸法比率等は、以下の説明を参酌して判断されるべきである。

40

【0024】

(セラミック電子部品1の構成)

図1は、本実施形態に係るセラミック電子部品の略図的斜視図である。図2は、本実施形態に係るセラミック電子部品の長さ方向L及び厚み方向Tに沿った略図的断面図である。図3は、図2のIII部分の略図的断面図である。図4は、図2のIV部分の略図的断面図である。図5は、図2のV部分の略図的断面図である。まず、図1～図5を参照しながら、本実施形態に係るセラミック電子部品1の構成について説明する。

【0025】

セラミック電子部品1は、セラミック素体10を備えている。セラミック素体10は、直方体状である。セラミック素体10は、長さ方向L及び幅方向Wに沿って延びる第1及

50

び第2の主面10a、10bと、厚み方向T及び長さ方向Lに沿って延びる第1及び第2の側面10c、10dと、厚み方向T及び幅方向Wに沿って延びる第1及び第2の端面10e、10fを有する。

【0026】

なお、本発明において、「直方体状」には、角部や稜線部が丸められた直方体が含まれるものとする。すなわち、「直方体状」の部材とは、第1及び第2の主面、第1及び第2の側面並びに第1及び第2の端面とを有する部材全般を意味する。また、主面、側面、端面の一部または全部に凹凸などが形成されていてもよい。

【0027】

セラミック素体10は、適宜のセラミックスからなる。セラミック素体10を構成するセラミックスの種類は、所望するセラミック電子部品1の特性に応じて適宜選択することができる。

10

【0028】

例えば、セラミック電子部品1が、コンデンサ(積層セラミックコンデンサ)である場合は、セラミック素体10を誘電体セラミックスにより形成することができる。誘電体セラミックスの具体例としては、例えば、 $BaTiO_3$ 、 $CaTiO_3$ 、 $SrTiO_3$ 、 $CaZrO_3$ 、 $MgTiO_3$ 、 $MgTiO_3 - CaTiO_3$ 、 $TiO_2$ 、 $CaTiO_3$ 、 $SrTiO_3$ 、 $BaTiO_3 - Nd_2O_3 - TiO_2$ などが挙げられる。

【0029】

例えば、セラミック電子部品1が、圧電部品である場合は、セラミック素体10を圧電セラミックスにより形成することができる。圧電セラミックスの具体例としては、例えば、PZT(チタン酸ジルコン酸鉛)系セラミックなどが挙げられる。

20

【0030】

例えば、セラミック電子部品1が、サーミスタである場合は、セラミック素体10を半導体セラミックスにより形成することができる。半導体セラミックスの具体例としては、例えば、スピネル系セラミックなどが挙げられる。

【0031】

例えば、セラミック電子部品1が、インダクタである場合は、セラミック素体10を磁性体セラミックスにより形成することができる。磁性体セラミックスの具体例としては、例えば、フェライトセラミックなどが挙げられる。

30

【0032】

図2~図4に示されるように、セラミック素体10の内部には、略矩形状の複数の第1及び第2の内部電極25、26が厚み方向Tに沿って等間隔に交互に配置されている。第1及び第2の内部電極25、26のそれぞれは、第1及び第2の主面10a、10bと平行である。第1及び第2の内部電極25、26は、厚み方向Tにおいて、セラミック層10gを介して、互いに対向している。なお、セラミック層10gの厚みは、例えば、 $0.5\mu m \sim 10\mu m$ 程度であることが好ましい。

【0033】

第1及び第2の内部電極25、26は、端部がセラミック素体10の表面に引き出されている。詳細には、第1の内部電極25は、第1の端面10eに露出しており、第1及び第2の主面10a、10b、第2の端面10f並びに第1及び第2の側面10c、10dには露出していない。第2の内部電極26は、第2の端面10fに露出しており、第1及び第2の主面10a、10b、第1の端面10e並びに第1及び第2の側面10c、10dには露出していない。詳細には、第1及び第2の内部電極25、26の端部は、第1または第2の端面10e、10fから少しだけ後退している。

40

【0034】

第1及び第2の内部電極25、26は、例えば、Ni、Cu、Ag、Pd、Auなどの金属や、Ag-Pd合金等の、それらの金属の少なくとも一種を含む合金などの適宜の導電材料により構成することができる。なかでも、第1及び第2の内部電極25、26は、Niを含むことが好ましい。具体的には、第1及び第2の内部電極25、26は、例えば

50

、Niや、Ni-CuなどのNiを含む合金により構成されていることが好ましい。

【0035】

第1及び第2の内部電極25、26のそれぞれの厚みは、例えば、 $0.2\mu\text{m} \sim 2.0\mu\text{m}$ 程度であることが好ましい。

【0036】

セラミック素体10の表面の上には、第1及び第2の外部電極13、14が配されている。具体的には、第1の外部電極13は、第1の内部電極25が露出した第1の端面10eを覆うように配されている。第1の外部電極13は、第1及び第2の主面10a、10b並びに第1及び第2の側面10c、10dに至るように設けられている。第1の外部電極13は、第1の内部電極25に電氣的に接続されている。

10

【0037】

第2の外部電極14は、第2の内部電極26が露出した第2の端面10fを覆うように配されている。第2の外部電極14は、第1及び第2の主面10a、10b並びに第1及び第2の側面10c、10dに至るように設けられている。第2の外部電極14は、第2の内部電極26に電氣的に接続されている。

【0038】

第1及び第2の外部電極13、14のそれぞれは、第1の導電層15と第2の導電層16とを有する。第1の導電層15は、セラミック素体10の表面の直上に設けられている。具体的には、第1の導電層15は、第1または第2の端面10e、10fを覆い、第1及び第2の主面10a、10b並びに第1及び第2の側面10c、10dに至るように設けられている。もっとも、第1の導電層15は、第1または第2の端面10e、10fの上のみに配されていてもよい。

20

【0039】

第1の導電層15の厚みは、例えば、 $5.0\mu\text{m} \sim 70.0\mu\text{m}$ 程度であることが好ましい。

【0040】

第2の導電層16は、第1の導電層15の上に配されている。第1の導電層15は、第2の導電層16により実質的に被覆されている。第2の導電層16は、めっき膜により構成されていることが好ましい。第2の導電層16は、単一のめっき膜により構成されていてもよいし、複数のめっき膜の積層体により構成されていてもよい。具体的には、例えば、第2の導電層16は、第1の導電層15の上に配されており、バリア層としても機能するNiめっき層と、Niめっき層の上に配されており、半田濡れ性に優れたSnやAuを含むめっき層との積層体により構成されていてもよい。第2の導電層16を構成するめっき層1層あたりの厚みは、例えば $1\mu\text{m} \sim 15\mu\text{m}$ 程度であることが好ましい。

30

【0041】

第1の導電層15は、第1の金属成分と、第2の金属成分と、樹脂とを含む。第1の導電層15において、第1及び第2の金属成分は、樹脂マトリクス中に配されており、これら第1及び第2の金属成分により第1の導電層15の導電性が確保されている。なお、第1及び第2の金属成分は合金化していてもよい。

【0042】

第1の導電層15は、樹脂を含むため、例えばめっき膜や導電性ペーストの焼成物からなる導電層よりも柔軟性に富んでいる。このため、セラミック電子部品1に物理的な衝撃や熱サイクルに起因する衝撃が加わった場合であっても、第1の導電層15が緩衝層として機能し、セラミック電子部品1が損傷しにくく、また、セラミック電子部品1を実装している半田も損傷しにくい。

40

【0043】

第1の導電層15に添加する好ましい樹脂の具体例としては、例えば、エポキシ樹脂、フェノール樹脂等の熱硬化性樹脂が挙げられる。

【0044】

硬化後の第1の導電層15における樹脂の含有量は、46体積%~77体積%であるこ

50

とが好ましい。

【0045】

第1の金属成分の融点が相対的に低く、第2の金属成分の融点が相対的に高い。第1の金属成分の融点は、例えば550以下であることが好ましく、180～340であることがさらに好ましい。第2の金属成分の融点は、例えば850～1050であることが好ましい。

【0046】

第1の金属成分は、例えばSn、In、Biや、これらの金属の少なくとも一種を含む合金からなることが好ましい。なかでも、第1の金属成分は、SnまたはSnを含む合金からなることがより好ましい。Snを含む合金の具体例としては、例えば、Sn-Ag、Sn-Bi、Sn-Ag-Cu等が挙げられる。

10

【0047】

硬化後の第1の導電層15における第1の金属成分の含有量は、8体積%～18体積%であることが好ましい。

【0048】

第2の金属成分は、例えばAg、Pd、Pt、Auなどの金属やこれらの金属のうちの少なくとも一種を含む合金からなることが好ましい。なかでも、第2の金属成分は、Agや、Ag-Pd合金などのAg合金からなることがより好ましい。

【0049】

硬化後の第1の導電層15における第2の金属成分の含有量は、19体積%～25体積%であることが好ましい。

20

【0050】

外部電極13, 14の第1の導電層15と、内部電極25, 26とは、接続部18によって接続されている。接続部18は、外部電極13, 14内からセラミック素体10内に至るように設けられている。セラミック素体10の表面の外部電極13, 14が設けられた部分(端面10e, 10f)の、内部電極25, 26が引出される方向(長さ方向)における接続部18の長さLは、2.4μm以上である。なお、接続部18の長さLは、9.6μm以下であることが好ましい。

【0051】

接続部18の外部電極13, 14内に設けられた部分の幅W1は、接続部18のセラミック素体10内に設けられた部分の幅W2よりも大きい。

30

【0052】

接続部18は、外部電極13, 14に含まれる金属と同種の金属と、内部電極25, 26に含まれる金属と同種の金属とを含むことが好ましい。接続部18は、融点が比較的低い第1の金属成分を含むことがより好ましい。例えば、第1の金属成分がSnを含み、内部電極25, 26がNiを含む場合は、接続部18は、Sn-Ni合金を含むことが好ましい。

【0053】

(セラミック電子部品1の製造方法)

次に、セラミック電子部品1の製造方法の一例について説明する。

40

【0054】

まず、第1及び第2の内部電極25, 26を有するセラミック素体10を準備する。具体的には、まず、セラミック粉末を含むセラミックペーストを、例えばスクリーン印刷法などによりシート状に塗布し、乾燥させることにより、セラミックグリーンシートを作製する。次に、セラミックグリーンシートの上に、内部電極形成用の導電ペーストを、例えばスクリーン印刷法などにより所定のパターンに塗布し、内部電極形成用導電パターンが形成されたセラミックグリーンシートと、内部電極形成用導電パターンが形成されていないセラミックグリーンシートとを用意する。なお、セラミックペーストや、内部電極形成用の導電ペーストには、例えば公知のバインダーや溶媒が含まれていてもよい。

【0055】

50

次に、内部電極形成用導電パターンが形成されていないセラミックグリーンシートを所定枚数積層し、その上に、内部電極形成用導電パターンが形成されたセラミックグリーンシートを順次積層し、さらに、内部電極形成用導電パターンが形成されていないセラミックグリーンシートを所定枚数積層することにより、マザー積層体を作製する。必要に応じて、静水圧プレスなどの手段により、マザー積層体を積層方向にプレスしてもよい。

【0056】

次に、マザー積層体を所定の形状寸法にカットし、生のセラミック素体を複数作製する。なお、生のセラミック素体に対してパレル研磨等を実施し、稜線部や角部を丸めてもよい。

【0057】

次に、生のセラミック素体を焼成することにより、内部に第1及び第2の内部電極25, 26が配されており、第1及び第2の内部電極25, 26の端部が第1または第2の端面10e、10fに引き出されたセラミック素体10を完成させる。なお、生のセラミック素体の焼成温度は、用いたセラミック材料や導電材料に応じて適宜設定することができる。生のセラミック素体の焼成温度は、例えば、900 ~ 1300 程度とすることができる。

【0058】

次に、熱硬化性樹脂などの樹脂17cと、第1の金属成分を含む第1の金属フィラー17aと、第1の金属成分よりも融点が高い第2の金属成分を含む第2の金属フィラー17bとを含む外部電極形成用のペーストを用意する。

【0059】

このペーストにおいて、第1の金属フィラー17a、第2の金属フィラー17b及び樹脂17cの合計重量に対する第1の金属フィラー17aの含有量は、20重量% ~ 40重量%であることが好ましく、22.0重量% ~ 37.2重量%であることがより好ましい。第1の金属フィラー17aの含有量が少なすぎると、接続部18の形成が不十分となる場合がある。第1の金属フィラー17aの含有量が多すぎると、外部電極13, 14に残存する、第2の金属フィラー17bと未反応の第1の金属フィラー17aが多くなり、例えばリフロー時に加わる熱等により外部電極13, 14が変形してしまう場合がある。

【0060】

なお、第1の金属フィラー17aの形状は、特に限定されない。第1の金属フィラー17aは、球状、扁平状等であってもよい。

【0061】

第1の金属フィラー17aの平均粒子径は、特に限定されない。第1の金属フィラー17aの平均粒子径は、例えば、1.0 ~ 10  $\mu\text{m}$ 程度であってもよい。

【0062】

このペーストにおいて、第1の金属フィラー17a、第2の金属フィラー17b及び樹脂17cの合計重量に対する第2の金属フィラー17bの含有量は、30重量% ~ 70重量%であることが好ましく、41.2重量% ~ 64重量%であることがより好ましい。第2の金属フィラー17bの含有量が少なすぎると、外部電極13, 14の導電率が低下し、セラミック電子部品1の等価直列抵抗(ESR)が高くなる場合がある。第2の金属フィラー17bの含有量が多すぎると、外部電極13, 14における樹脂17cの含有量が少なくなりすぎ、外部電極13, 14の応力緩和効果が低くなりすぎる場合がある。

【0063】

なお、第2の金属フィラー17bの形状は、特に限定されない。第2の金属フィラー17bは、球状、扁平状等であってもよい。

【0064】

第2の金属フィラー17bの平均粒子径は、特に限定されない。第2の金属フィラー17bの平均粒子径は、例えば、0.5 ~ 5.0  $\mu\text{m}$ 程度であってもよい。

【0065】

このペーストにおいて、第1の金属フィラー17a、第2の金属フィラー17b及び樹

10

20

30

40

50

脂 17c の合計重量に対する樹脂 17c の含有量は、5 重量% ~ 40 重量% であることが好ましく、9.8 重量% ~ 31.5 重量% であることがより好ましい。樹脂 17c の含有量が少なすぎると、外部電極 13, 14 の応力緩和効果が低くなりすぎ、外部から応力が加わった際に外部電極 13, 14 で十分に衝撃が吸収されなくなる場合がある。樹脂 17c の含有量が多すぎると、外部電極 13, 14 の導電率が低下し、セラミック電子部品 1 の等価直列抵抗 (ESR) が高くなる場合がある。

#### 【0066】

次に、図 6 に示すように、上記ペーストをセラミック素体 10 の表面上に塗布することにより、電極層 17 を形成する。なお、ペーストの塗布は、例えば、各種印刷法やディップ法等により行うことができる。

10

#### 【0067】

次に、電極層 17 を加熱する。電極層 17 の加熱温度は、第 1 の金属成分と第 2 の金属成分との合金における結晶状態が熱力学的に変化する温度 (第 1 の金属成分の電極層 17 外部への拡散が促進される温度域) 以上であることが好ましい。電極層 17 の加熱温度は、例えば、480 以上であることが好ましい。電極層 17 の加熱は、還元性雰囲気または窒素ガス雰囲気等の中性雰囲気などの非酸化性雰囲気下で行うことが好ましい。電極層 17 の加熱は、酸素濃度が 100 ppm 以下の雰囲気下で行うことが好ましい。このような高温に電極層 17 を加熱することにより、セラミック素体 10 の表面の上に、内部電極 25, 26 の端部を覆うように配されており、樹脂並びに第 1 及び第 2 の金属成分を含む外部電極 13, 14 と、外部電極 13, 14 内からセラミック素体 10 内に至るように設けられており、第 1 金属成分及び内部電極に含まれていた金属とを含む接続部 18 を形成する。

20

#### 【0068】

なお、電極層 17 の加熱温度が高すぎると、樹脂 17c を含む第 1 の導電層 15 が好適に形成されなくなる場合がある。このため、電極層 17 の加熱温度は、800 未満であることが好ましく、650 以下であることがより好ましい。

#### 【0069】

最後に、めっき法等により、第 2 の導電層 16 を形成することにより、セラミック電子部品 1 を完成させることができる。

#### 【0070】

30

以上説明したように、本実施形態では、外部電極 13, 14 に樹脂 17c が含まれるため、セラミック電子部品 1 は、耐衝撃性や熱サイクル耐性に優れている。しかも、接続部 18 の長さ L が  $2.4 \mu\text{m}$  以上とされている。このため、内部電極 25, 26 と外部電極 13, 14 との高い接合強度が実現されている。

#### 【0071】

内部電極 25, 26 と外部電極 13, 14 との接合強度をさらに高める観点からは、接続部 18 が外部電極 13, 14 に含まれる金属と同種の金属と、内部電極 25, 26 に含まれる金属と同種の金属とを含むことが好ましく、第 1 の金属成分と、内部電極 25, 26 に含まれる金属と同種の金属とを含むことがより好ましい。

#### 【0072】

40

以下、本発明について、具体的な実験例に基づいて、さらに詳細に説明するが、本発明は以下の実験例に何ら限定されるものではなく、その要旨を変更しない範囲において適宜変更して実施することが可能である。

#### 【0073】

(実験例)

上記実施形態に係るセラミック電子部品 1 と同様の構成を有するセラミック電子部品を以下の条件で各条件につき、5000 個ずつ作製した。その後、以下の条件で外部電極と内部電極との間の絶縁抵抗を測定した。その結果、絶縁抵抗が  $100 \text{M}$  以下のサンプルを不良として、不良サンプルの数をカウントした。結果を下記の表 1 に示す。なお、この実験では、内部電極と外部電極との接合強度の指標として絶縁抵抗を用いた。これは、内

50

部電極と外部電極の接合強度が低い、すなわち内部電極と外部電極との間の接触抵抗が高い場合、コンデンサの充電速度が低下する現象を利用したものである。わずかな時間でコンデンサに充電を行った場合、接触抵抗が低い試料では充電が完了して電流が流れなくなるため、抵抗値が高く測定されるのに対し、接触抵抗が高い試料では充電が完了せず電流が流れ続けているため、抵抗値が低く測定される。

【0074】

また、接続部の長さについては、以下の通り測定した。まず、各試料群からそれぞれ3個ずつ試料を取り出し、図2に示したようなLT断面が露出するように、W方向1/2程度まで各試料を研磨した。次に、LT断面を電子顕微鏡で観察し、一方の外部電極でみて、T方向1/2程度に位置する任意の3つの接続部の長さを測定した。このように、各試料群について9個の測定値を求め、この平均値を接続部の長さとした。結果を下記の表1に示す。なお、一方の外部電極について測定したのは、一对の外部電極が対称に形成されているため接続部の形成状態に大きな違いはないと推定されるためであり、T方向1/2程度に位置する任意の3つの接続部について測定したのは、T方向に沿って接続部の長さに大きな違いはないと推定されるためである。

10

【0075】

また、図7に、実験例8において作製したセラミック電子部品の一部を拡大した断面写真を示す。

【0076】

セラミック素体10の寸法：1.0mm×0.5mm×0.5mm

20

セラミック材料：BaTiO<sub>3</sub>

セラミック層10gの厚み：1.90μm

内部電極25, 26の材料：Ni

内部電極25, 26の厚み：0.61μm

内部電極25, 26の枚数：156枚

最も外側の内部電極から主面までの距離（片側外層の厚み）：60μm

樹脂17c：熱硬化性のエポキシ樹脂

第1の導電性フィラーの材料：Sn

第2の導電性フィラーの材料：Ag

第1の導電性フィラーと第2の導電性フィラーと樹脂17cの合計量における第1の導電性フィラーの含有量：25.6重量%

30

第1の導電性フィラーと第2の導電性フィラーと樹脂17cの合計量における第2の導電性フィラーの含有量：60重量%

第1の導電性フィラーと第2の導電性フィラーと樹脂17cの合計量における樹脂17cの含有量：14.4重量%

熱処理雰囲気：窒素ガス雰囲気

熱処理時間：表1に示す通り。

熱処理温度：表1に示す通り。

第2の導電層16：Niめっき層とSnめっき層との積層体（Snめっき層が最外層を構成）

40

【0077】

（絶縁抵抗測定条件）

充電電圧：2.5V

充電時間：30m秒

放電時間：3m秒

【0078】

【表 1】

	熱処理温度	熱処理時間	接続部の長さ	不良数／サンプル数
実験例1	450°C	90分	1.8 μm	1055／5000
実験例2	450°C	120分	2.4 μm	606／5000
実験例3	480°C	30分	3.1 μm	661／5000
実験例4	500°C	13分	2.5 μm	798／5000
実験例5	500°C	18分	2.8 μm	645／5000
実験例6	500°C	30分	3.2 μm	457／5000
実験例7	550°C	13分	2.9 μm	596／5000
実験例8	550°C	18分	3.8 μm	606／5000
実験例9	550°C	30分	5.2 μm	635／5000
実験例10	550°C	90分	9.6 μm	386／5000
実験例11	600°C	13分	4.6 μm	582／5000
実験例12	600°C	18分	5.0 μm	600／5000
実験例13	600°C	30分	5.3 μm	546／5000
実験例14	650°C	18分	5.6 μm	463／5000
実験例15	650°C	90分	11.2 μm	2119／5000

10

## 【0079】

表1に示す結果から、接続部の長さが1.8 μmである実験例1では不良数が多くなっていることが分かる。また、接続部の長さが11.2 μmである実験例15でも不良数が多くなっていることが分かる。ただし、実験例15については、接続部が成長すぎた結果、接続部が第1の導電層を持ち上げてしまうことに起因する接触不良が生じているものと推測され、実験例1とはモードが異なると考えられる。なお、表1に示す実験例とは別に、熱処理温度を800とする実験を行ったが、その場合は、樹脂17cが飛散してしまい、外部電極に実質的に樹脂17cが含まれなくなった。

20

## 【符号の説明】

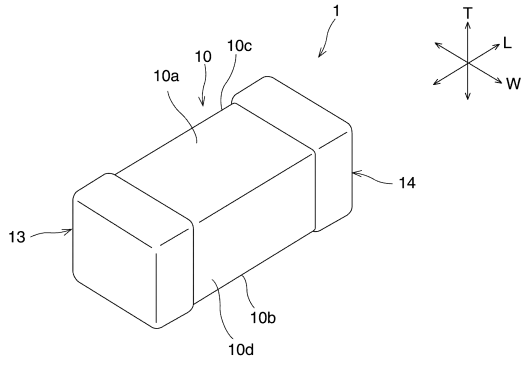
## 【0080】

- 1 ... セラミック電子部品
- 10 ... セラミック素体
- 10 a、10 b ... 主面
- 10 c、10 d ... 側面
- 10 e、10 f ... 端面
- 10 g ... セラミック層
- 13 ... 第1の外部電極
- 14 ... 第2の外部電極
- 15 ... 第1の導電層
- 16 ... 第2の導電層
- 17 ... 電極層
- 17 a ... 第1の金属フィラー
- 17 b ... 第2の金属フィラー
- 17 c ... 樹脂
- 18 ... 接続部
- 25 ... 第1の内部電極
- 26 ... 第2の内部電極

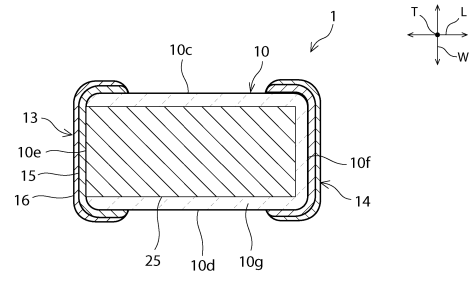
30

40

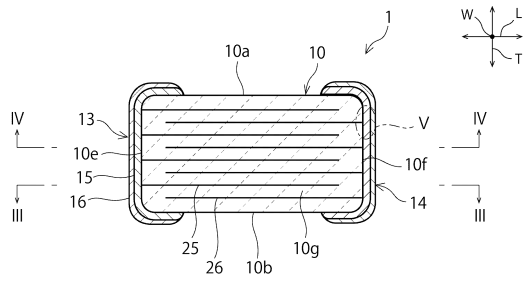
【 図 1 】



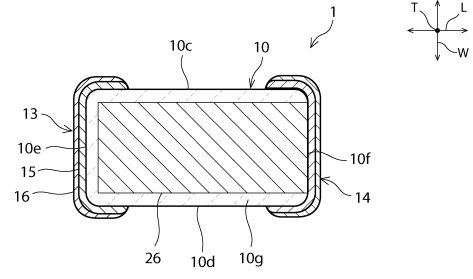
【 図 3 】



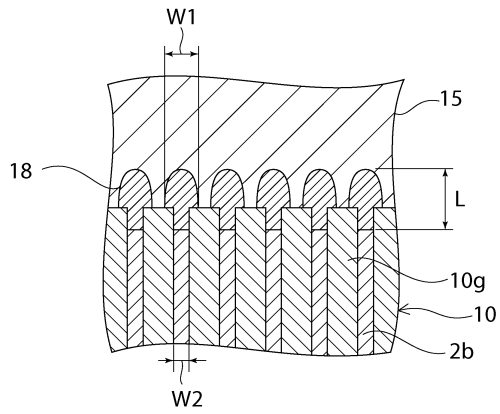
【 図 2 】



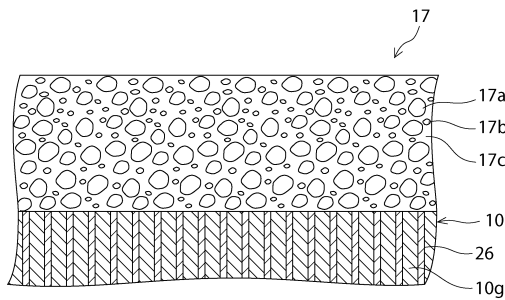
【 図 4 】



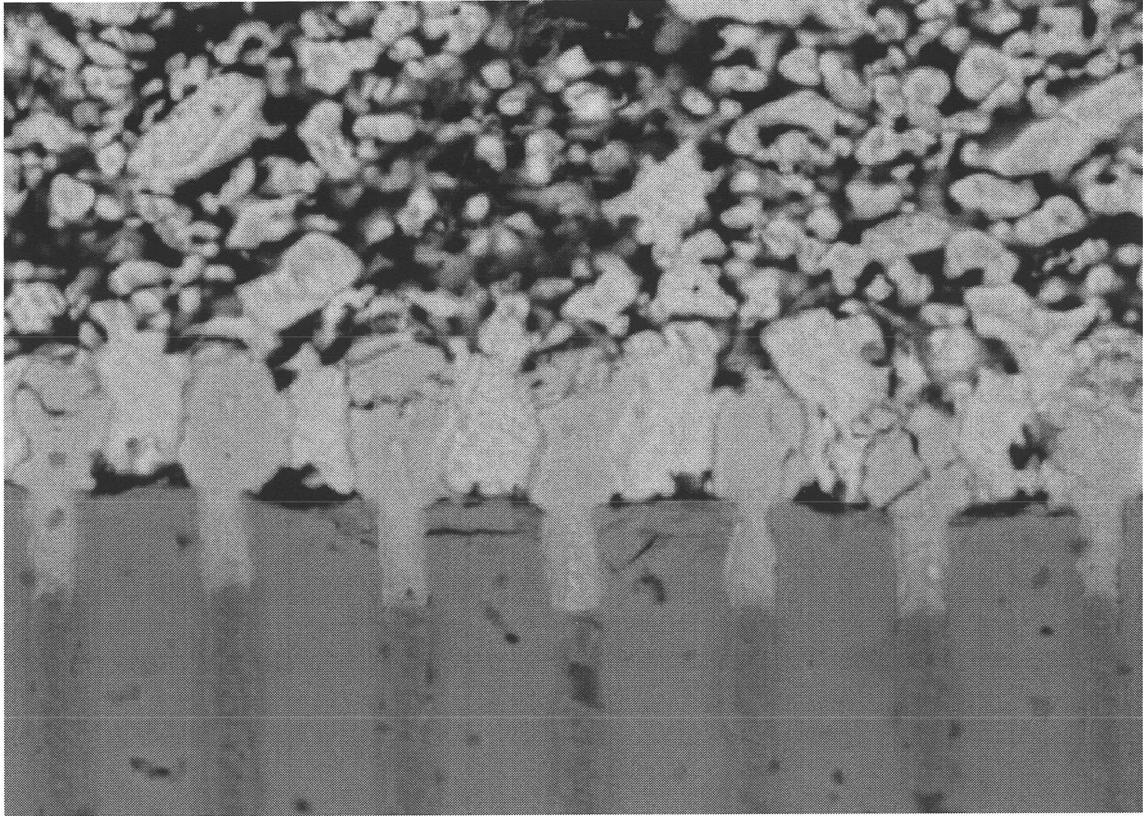
【 図 5 】



【 図 6 】



【図7】



## フロントページの続き

- (72)発明者 桜田 清恭  
京都府長岡京市東神足1丁目10番1号 株式会社村田製作所内
- (72)発明者 清水 直樹  
京都府長岡京市東神足1丁目10番1号 株式会社村田製作所内
- (72)発明者 勝田 誠司  
京都府長岡京市東神足1丁目10番1号 株式会社村田製作所内
- (72)発明者 大谷 真史  
京都府長岡京市東神足1丁目10番1号 株式会社村田製作所内

審査官 田中 晃洋

- (56)参考文献 特開2003-133158(JP,A)  
特開平03-094409(JP,A)  
特開平10-172346(JP,A)  
国際公開第2010/074119(WO,A1)  
国際公開第2007/072894(WO,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01G 4/30  
H01G 4/12  
H01G 4/232