

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7597235号
(P7597235)

(45)発行日 令和6年12月10日(2024.12.10)

(24)登録日 令和6年12月2日(2024.12.2)

(51)国際特許分類		F I			
H 0 1 G	4/30 (2006.01)	H 0 1 G	4/30	2 0 1 D	
H 0 1 B	1/22 (2006.01)	H 0 1 G	4/30	5 1 6	
		H 0 1 B	1/22	A	

請求項の数 5 (全15頁)

(21)出願番号	特願2023-550401(P2023-550401)	(73)特許権者	000006231 株式会社村田製作所 京都府長岡京市東神足1丁目10番1号
(86)(22)出願日	令和4年7月16日(2022.7.16)	(74)代理人	110001195 弁理士法人深見特許事務所
(86)国際出願番号	PCT/JP2022/027953	(74)代理人	100085143 弁理士 小柴 雅昭
(87)国際公開番号	WO2023/053675	(72)発明者	大西 英靖 日本国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
(87)国際公開日	令和5年4月6日(2023.4.6)	(72)発明者	大原 隆志 日本国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
審査請求日	令和6年2月1日(2024.2.1)	審査官	木下 直哉
(31)優先権主張番号	特願2021-160231(P2021-160231)		
(32)優先日	令和3年9月30日(2021.9.30)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 積層セラミックコンデンサ

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

セラミックからなる積層された複数の誘電体層と、前記誘電体層間の複数の界面に沿ってそれぞれ配置された複数の内部電極と、を有する、積層体を備え、

前記内部電極は、NiTiO₃およびMnTiO₃から選ばれる少なくとも1種を含む、積層セラミックコンデンサ。

【請求項2】

前記内部電極は、導電成分としてニッケルを含む、請求項1に記載の積層セラミックコンデンサ。

【請求項3】

前記内部電極は、1 μm以下の厚みを有する、請求項1または2に記載の積層セラミックコンデンサ。

【請求項4】

前記内部電極は、80%以上のカバレッジを有する、請求項1または2に記載の積層セラミックコンデンサ。

【請求項5】

前記誘電体層は、BaTiO₃、SrTiO₃およびCaZrO₃から選ばれる少なくとも1種を主成分とするセラミックからなり、前記内部電極は、前記誘電体層に含まれるBaTiO₃、SrTiO₃およびCaZrO₃から選ばれる少なくとも1種をさらに含む、請求項1または2に記載の積層セラミックコンデンサ。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

この発明は、積層セラミックコンデンサに関するもので、特に、積層セラミックコンデンサに備える内部電極の組成に関するものである。

【背景技術】**【0002】**

積層セラミックコンデンサは、通常、セラミックからなる積層された複数の誘電体層と、誘電体層間の複数の界面に沿ってそれぞれ配置された複数の内部電極と、を有する、積層体と、積層体の外表面に設けられ、内部電極と電気的に接続された、複数の外部電極と、を備える。内部電極は、積層体の積層方向に交互に配置された複数の第1内部電極と複数の第2内部電極とを備え、外部電極は、第1内部電極と電気的に接続された第1外部電極と、前記第2内部電極と電気的に接続された第2外部電極と、を備える。

10

【0003】

このような構造の積層セラミックコンデンサの小型かつ大容量化を図るためには、誘電体層および内部電極を薄層化するとともに、内部電極のカバレッジ（電極連続性）を高めることが求められる。一般に、積層セラミックコンデンサの製造に際しての焼成工程において、誘電体層を構成するセラミックが焼結する温度より、内部電極となるべき導電性ペースト膜に含まれる導電性金属粒子が焼結する温度の方が低いため、内部電極に含まれる金属粒子が先に焼結する。このことは、内部電極のカバレッジを低下させる原因となる。特に、たとえば厚み1 μm以下というように薄層化された内部電極にあっては、カバレッジが低下しやすく、このようなカバレッジの低下によって、大容量化が阻害されやすいという課題がある。

20

【0004】

そこで、薄層化された内部電極を高いカバレッジをもって形成するには、積層セラミックコンデンサの製造に際しての焼成工程において、内部電極となるべき導電性ペースト膜に含まれる導電性金属粒子が焼結する温度をより高くする必要がある。これによって、内部電極となるべき導電性ペースト膜に含まれる金属粒子が焼結する温度を、誘電体層を構成するセラミックが焼結を開始する温度に近づけることができ、内部電極と誘電体層との間で焼結時の収縮タイミングを近づけることができる。その結果、内部電極のカバレッジが高くなり、大容量化を実現できる。

30

【0005】

上述した方法により、内部電極のカバレッジを高くし、大容量化を実現するため、たとえば特許文献1（特開2016-31807号公報）の段落0004等に記載されるように、内部電極形成用の導電性ペーストに、誘電体層を構成するセラミックの組成に類似した組成のセラミック材料、すなわち共材を添加することが知られている。共材を添加することにより、内部電極となるべき導電性ペースト膜に含まれる金属粒子の焼結タイミングをより高温側にシフトすることができ、導電性ペースト膜に含まれる金属粒子が焼結する温度を、誘電体層を構成するセラミックが焼結する温度に近づけることができる。

【先行技術文献】

40

【特許文献】**【0006】**

【文献】特開2016-31807号公報

【発明の概要】**【発明が解決しようとする課題】****【0007】**

しかしながら、内部電極形成用の導電性ペーストに共材をたとえ添加しても、導電性ペーストに含まれる金属粒子が焼結する温度は、誘電体層を構成するセラミックが焼結する温度より、なお低いことは否めず、さらなる改善が望まれる。特に、たとえば厚み1 μm以下というように薄層化された内部電極に関しては、大容量化を阻害するカバレッジの低

50

下の問題に対する有効な解決策が強く求められる。

【0008】

そこで、この発明は、かかる課題に鑑みてなされたものであって、薄層化されても、カバレッジを比較的高く維持できる、内部電極を備える積層セラミックコンデンサを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0009】

この発明に係る積層セラミックコンデンサは、セラミックからなる積層された複数の誘電体層と、誘電体層間の複数の界面に沿ってそれぞれ配置された複数の内部電極と、を有する、積層体を備える。

10

【0010】

上述した技術的課題を解決するため、この発明では、内部電極は、 $NiTiO_3$ および $MnTiO_3$ から選ばれる少なくとも1種を含むことを特徴としている。

【発明の効果】

【0011】

この発明によれば、内部電極に含まれる $NiTiO_3$ および $MnTiO_3$ から選ばれる少なくとも1種が、内部電極のカバレッジを高めることに寄与する。したがって、内部電極が薄層化されても、内部電極のカバレッジが低下せず、積層セラミックコンデンサの大容量化が阻害されないようにすることができる。

【図面の簡単な説明】

20

【0012】

【図1】この発明の一実施形態による積層セラミックコンデンサ1を模式的に示す断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0013】

図1を参照して、この発明の一実施形態による積層セラミックコンデンサ1の構造について説明する。

【0014】

積層セラミックコンデンサ1は、積層体2を備えている。積層体2は、セラミックからなる積層された複数の誘電体層3と、複数の誘電体層3間の界面に沿って配置された複数の内部電極4および5と、を備えている。内部電極4および5は、積層体3の積層方向に交互に配置された複数の第1内部電極4と複数の第2内部電極5とに分類される。積層体2の外表面、より具体的には、相対向する各端面には、第1外部電極6および第2外部電極7がそれぞれ設けられる。第1外部電極6は、第1内部電極4と電氣的に接続され、第2外部電極7は、第2内部電極5と電氣的に接続される。

30

【0015】

誘電体層3は、たとえば、 ABO_3 (Aは、Ba、CaおよびSrのうちの少なくとも1種であり、Bは、TiおよびZrのうちの少なくとも一方である。)を主成分とするセラミックからなる。また、セラミックは、上記 ABO_3 を主成分とし、さらに、Mn、Mg、Si、Y、DyおよびGdのうち少なくとも1種を副成分として含んでもよい。

40

【0016】

内部電極4および5は、導電成分として、Niを含むことが好ましい。さらに、特徴的な組成として、内部電極4および5は、 $NiTiO_3$ および $MnTiO_3$ から選ばれる少なくとも1種を含む。 $NiTiO_3$ および $MnTiO_3$ は、イルミナイト結晶構造を有している。

【0017】

なお、後述する実験例からわかるように、好ましい実施形態では、誘電体層3は、 $BaTiO_3$ 、 $SrTiO_3$ および $CaZrO_3$ から選ばれる少なくとも1種を主成分とするセラミックからなり、内部電極4および5は、ニッケルを導電成分として含み、セラミック材料として、 $NiTiO_3$ および $MnTiO_3$ から選ばれる少なくとも1種を含むとともに

50

に、必要に応じて、誘電体層3に含まれるBaTiO₃、SrTiO₃およびCaZrO₃から選ばれる少なくとも1種をさらに含んでいる。

【0018】

外部電極6および7は、たとえば、AgまたはCuを導電成分の主成分とする導電性ペーストを積層体2の端面に塗布し、これを焼き付けることによって形成される。必要に応じて、焼付けによって形成された上記厚膜上に、たとえば、Niめっきおよびその上にSnめっきが施されてもよい。

【0019】

積層セラミックコンデンサ1は、たとえば、次のような工程を経て製造される。まず、上記のような組成となるセラミックの原料粉末を含むセラミックスラリーを作製する。次いで、セラミックスラリーに適宜のシート成形法を適用して、セラミックグリーンシートを成形する。次いで、複数のセラミックグリーンシートのうち所定のセラミックグリーンシート上に、内部電極4および5の各々となるべき導電性ペーストを印刷等で塗布する。次いで、複数のセラミックグリーンシートを積層した後に圧着して、生の積層体を得る。次いで、生の積層体を焼成する。この焼成する工程で、セラミックグリーンシートが誘電体層3となる。その後、積層体3の端面に外部電極6および7を形成する。

【0020】

上述した積層セラミックコンデンサ1の製造に際して用いられる内部電極4および5となるべき導電性ペーストは、好ましくは、以下のように作製される。

【0021】

導電性ペーストの作製にあたっては、セラミック粉末、有機溶剤および分散剤を含むセラミック粉末スラリーを準備する第1工程と、導電性金属粉末、有機溶剤および分散剤を含む金属粉末スラリーを準備する第2工程と、有機樹脂成分および有機溶剤を含む有機ビヒクルを準備する第3工程と、上記セラミック粉末スラリー、金属粉末スラリーおよび有機ビヒクルを混合する第4工程とが実施される。

【0022】

より詳細には、第1工程では、セラミック粉末および分散剤を有機溶剤に混合することによって、セラミック粉末スラリーが作製される。

【0023】

上記セラミック粉末としては、たとえば、ABO₃酸化物としてのNiTiO₃およびMnTiO₃から選ばれる少なくとも1種からなるものが用いられ、さらに、これに加えて、共材としてのBaTiO₃、SrTiO₃およびCaZrO₃から選ばれる少なくとも1種からなるものが用いられることがある。

【0024】

後述する第2工程で作製される金属粉末スラリーに含まれる導電性金属粉末がニッケルを含むとき、上述のABO₃酸化物としてのNiTiO₃およびMnTiO₃は、ニッケルの6配位でのイオン半径に対する、ABO₃におけるAサイトの元素の6配位でのイオン半径の比率が0.97以上かつ1.04以下となる、特定イオン半径のABO₃型の酸化物となる。

【0025】

ABO₃酸化物としてのNiTiO₃およびMnTiO₃から選ばれる少なくとも1種からなるセラミック粉末によれば、焼成時において、第2工程で作製される金属粉末スラリーに含まれる導電性金属粉末との間で生じ得る反応を抑えることができる。セラミック粉末は、上記ABO₃酸化物を主成分とし、さらに、Mn、Mg、Si、Y、DyおよびGdの少なくとも1種を副成分として含んでもよい。このような副成分を含んでいる場合、セラミック粒子の粒成長が抑制され、金属粒子の焼結を効果的に抑制することができることがある。

【0026】

第1工程でセラミック粉末に混合される分散剤としては、たとえば、アニオン系高分子分散剤を用いることができ、有機溶剤としては、たとえば、ジヒドロターピネオールを用

10

20

30

40

50

いることができる。

【0027】

第2工程では、導電性金属粉末および分散剤を有機溶剤に混合することによって、金属粉末スラリーが作製される。導電性金属粉末としては、たとえば、ニッケルまたはその合金からなる粉末が用いられる。第2工程で用いられる分散剤および有機溶剤としては、第1工程で用いられるものと同様のものを用いることができる。

【0028】

第3工程では、有機樹脂成分を有機溶剤に混合することによって、有機ビヒクルが作製される。有機樹脂成分としては、たとえば、エチルセルロース樹脂を用いることができる。第3工程で用いられる有機溶剤についても、第1工程で用いられるものと同様のものを用いることができる。

10

【0029】

第4工程では、上述したセラミック粉末スラリー、金属粉末スラリーおよび有機ビヒクルが混合される。これによって、内部電極4および5となるべき導電性ペーストが得られる。この導電性ペーストは、セラミック粉末スラリーを含み、セラミック粉末スラリーは、前述したように、特定イオン半径の ABO_3 酸化物としての $NiTiO_3$ および $MnTiO_3$ から選ばれる少なくとも1種からなるセラミック粉末を含むので、焼成工程を経て製造された積層セラミックコンデンサ1に備える内部電極4および5は、 $NiTiO_3$ および $MnTiO_3$ から選ばれる少なくとも1種を含むことになる。

【0030】

20

[実験例]

次に、この発明による効果を確認するために実施した実験例について説明する。実験例では、内部電極形成用導電性ペーストに含まれるセラミック粉末を構成する ABO_3 酸化物の1つとして、 $MgTiO_3$ を用いているが、 $MgTiO_3$ はこの発明の範囲から除かれる。

【0031】

この実験例では、内部電極形成用導電性ペーストに含まれる導電性金属粉末として、ニッケル粉末を用意した。

【0032】

他方、内部電極形成用導電性ペーストに含まれるセラミック粉末を構成する特定イオン半径の ABO_3 酸化物として、 $NiTiO_3$ 、 $MgTiO_3$ および $MnTiO_3$ に加えて、 $CuTiO_3$ 、 $BaTiO_3$ 、 $CaZrO_3$ および $SrTiO_3$ を用意した。表1には、これら ABO_3 酸化物について、「結晶構造」、「配位数」、「Aサイト元素」および「イオン半径」が示されている。なお、Ba、CaおよびSrは、元のペロブスカイト構造のときには12配位であるが、Ba、CaおよびSrについても、イルメナイト構造の6配位の元素(Ni, Mg, Mn)のサイトに固溶していくときには6配位であるため、表1の「イオン半径」は、6配位での値を示している。

30

【0033】

40

50

【表 1】

表1

ABO ₃ 酸化物	結晶 構造	配位数	Aサイト 元素	イオン半径 〔Å〕
NiTiO ₃	イルミナイト	6	Ni	0.69
MgTiO ₃	イルミナイト	6	Mg	0.72
MnTiO ₃	イルミナイト	6	Mn	0.67
CuTiO ₃	イルミナイト	6	Cu	0.73
BaTiO ₃	ペロブスカイト	12	Ba	1.35
CaZrO ₃	ペロブスカイト	12	Ca	1.00
SrTiO ₃	ペロブスカイト	12	Sr	1.18

10

【0034】

以下に、誘電体層を構成するセラミック原料を変えて実施した実験例1、実験例2および実験例3について説明する。

【0035】

(実験例1) 誘電体層を構成するセラミックの主成分：BaTiO₃

20

1. 誘電体層を構成するBaTiO₃系セラミック原料の作製

出発原料として、主成分のBaCO₃およびTiO₂の各粉末を秤量し、ボールミルにより72時間混合した後、トップ温度1000で2時間熱処理し、熱処理粉末を得た。他方、副成分として、MnO、Dy₂O₃、MgO、SiO₂およびBaCO₃の各粉末を用意し、上記熱処理粉末に対し、副成分粉末が、100BaTiO₃+0.5Mn+1.0Dy+1.0Mg+1.0Si+2.0Baの組成比となるように秤量し、これら副成分粉末を上記熱処理粉末に加えてボールミルにより24時間混合した後、乾燥させ、BaTiO₃系セラミック原料粉末を得た。

【0036】

2. 内部電極形成用導電性ペーストの作製

30

後掲の表2に示す「ABO₃酸化物」の粉末と上記誘電体層のためのBaTiO₃系セラミック原料粉末とを、内部電極形成用導電性ペーストに含まれるセラミック粉末として用いた。

【0037】

これら「ABO₃酸化物」の粉末とBaTiO₃系セラミック原料粉末とを表2に示す「添加比率」となるように秤量し、これら粉末と、有機溶剤としてのジヒドロターピネオールと、分散剤としてのアニオン系高分子分散剤とを、無媒体攪拌式ミルで予備混合した後、媒体攪拌式ミルで分散処理し、セラミック粉末スラリーを作製した(第1工程)。

【0038】

他方、導電性金属粉末としてのニッケル粉末と、有機溶剤としてのジヒドロターピネオールと、分散剤としてのアニオン系高分子分散剤とを、3本ロールミルで分散処理し、金属粉末スラリーを作製した(第2工程)。

40

【0039】

さらに、有機樹脂成分としてのエチルセルロース樹脂と、有機溶剤であるジヒドロターピネオールとを混合して、有機ビヒクルを得た(第3工程)。

【0040】

その後、上記有機ビヒクルに、上記金属粉末スラリーと上記セラミック粉末スラリーとを加えて、混合・分散処理し、内部電極形成用導電性ペーストを作製した(第4工程)。

【0041】

表2には、内部電極に含まれるべきニッケルの6配位でのイオン半径に対する、Aサイ

50

ト元素の6配位でのイオン半径の比率、すなわち、「イオン半径比(Aサイト元素/金属ニッケル)」が示されている。なお、試料8については、Niの6配位でのイオン半径(0.69)に対する、Baの表1に示した6配位でのイオン半径(1.35)の比率が示されている。

【0042】

3. 積層セラミックコンデンサの作製

上記1で作製されたBaTiO₃系セラミック原料粉末を含むセラミックスラリーを作製し、次いで、セラミックスラリーにドクターブレード法を適用して、セラミックグリーンシートを成形した。次いで、複数のセラミックグリーンシートのうち所定のセラミックグリーンシート上に、上記2で作製された内部電極形成用導電性ペーストをスクリーン印刷により塗布した。次いで、複数のセラミックグリーンシートを積層した後に圧着して、生の積層体を得た。次いで、生の積層体を焼成した。その後、焼結した積層体の端面に外部電極を形成し、試料となる積層セラミックコンデンサを作製した。

【0043】

4. 評価

【0044】

【表2】

表2

試料	ABO ₃ 酸化物	添加比率〔体積%〕		イオン半径比 (Aサイト元素 /金属ニッケル)	カバレッジ 〔%〕	評価
		ABO ₃ 酸化物	BaTiO ₃			
1	NiTiO ₃	100	0	1.00	85	○
2	MgTiO ₃	100	0	1.04	85	○
3	MnTiO ₃	100	0	0.97	84	○
4	CuTiO ₃	100	0	1.06	75	×
5	NiTiO ₃	10	90	1.00	85	○
6	MgTiO ₃	10	90	1.04	85	○
7	MnTiO ₃	10	90	0.97	84	○
8	—	—	100	1.96	74	×

【0045】

試料となる積層セラミックコンデンサに備える積層体の高さ方向における中央部に位置する内部電極と誘電体層とを電界剥離により互いに引き剥がした。

【0046】

次に、露出した内部電極の中央部(幅方向での1/2かつ長さ方向での1/2の位置)付近を、顕微鏡を用いて倍率100倍で観察した。そして、得られた画像を解析することにより、露出した部分における内部電極としての導体膜が占める面積の割合を表2に示した「カバレッジ」として求めた。「カバレッジ」が80%以上のものを良好と判定し、「評価」の欄に「○」を記入し、「カバレッジ」が80%より低いものを不良と判定し、「評価」の欄に「×」を記入した。

【0047】

5. 考察

表2の試料1~3および5~7は、「評価」が「○」である。これら試料1~3および5~7では、内部電極がABO₃酸化物としてNiTiO₃、MgTiO₃およびMnTiO₃のいずれかを含んでいる。また、内部電極は、導電成分として、ニッケルを含んでいる。

【 0 0 4 8 】

ここで、イオン半径について注目すると、まず、表 1 の「NiTiO₃」の項に示すように、ニッケルの 6 配位でのイオン半径は 0.69 である。他方、試料 1 ~ 3 および 5 ~ 7 における内部電極に含まれる AB₂O₃ 酸化物として NiTiO₃、MgTiO₃ および MnTiO₃ の各々の A サイトの元素の 6 配位でのイオン半径は、表 1 に示すように、それぞれ、0.69、0.72 および 0.67 である。

【 0 0 4 9 】

「 \square 」と評価された試料 1 ~ 3 および 5 ~ 7 では、導電性金属粒子に含まれる金属元素の 6 配位でのイオン半径に対する、AB₂O₃ における A サイトの元素の 6 配位でのイオン半径の比率、すなわち、「イオン半径比」が 0.97 以上かつ 1.04 以下である。

10

【 0 0 5 0 】

このように、試料 1 ~ 3 および 5 ~ 7 における AB₂O₃ 酸化物としての NiTiO₃、MgTiO₃ および MnTiO₃ は、AB₂O₃ における A サイトの元素の 6 配位でのイオン半径が、内部電極に含まれるべき導電性金属としてのニッケルの 6 配位でのイオン半径に等しいか、近いので、内部電極中のニッケルとのエネルギー差が 0 か、小さくなるため、内部電極部分から吐き出されずに残り、内部電極の耐熱性を向上させるように作用する。その結果、試料 1 ~ 3 および 5 ~ 7 では、カバレッジが 84% 以上と高くなったものと推測される。

【 0 0 5 1 】

また、試料 5 ~ 7 のように、NiTiO₃、MgTiO₃ および MnTiO₃ の添加比率は、必ずしも 100% ではなく、10% 以上であれば、NiTiO₃、MgTiO₃ および MnTiO₃ のいずれをも含まない場合に比べて、カバレッジ向上の効果が認められた。なお、実験例 1 では、NiTiO₃、MgTiO₃ および MnTiO₃ の添加比率が 10% である試料 5 ~ 7 のカバレッジは、添加比率が 100% である試料 1 ~ 3 のカバレッジと等しい値を示していることにも注目される。

20

【 0 0 5 2 】

これらに対して、「 \times 」と評価された試料 4 では、AB₂O₃ 酸化物として、CuTiO₃ が用いられ、AB₂O₃ における A サイトの元素である Cu の 6 配位でのイオン半径は、表 1 に示すように、0.73 である。したがって、ニッケルの 6 配位でのイオン半径に対する、Cu の 6 配位でのイオン半径の比率、すなわち、「イオン半径比」が 1.06 である。すなわち、「イオン半径比」は 0.97 以上かつ 1.04 以下の範囲から外れ、カバレッジが 75% と低くなった。

30

【 0 0 5 3 】

また、同じく「 \times 」と評価された試料 8 では、共材としての BaTiO₃ のみが内部電極中に添加されている。この場合、ペロブスカイト構造の AB₂O₃ における A サイトの元素である Ba は 12 配位であるが、イルミナイト構造の A サイトに固溶する際はイルミナイト構造の A サイトの配位数である 6 配位でのイオン半径で比較する必要がある。Ba の 6 配位でのイオン半径は、表 1 に示すように、1.35 である。したがって、ニッケルの 6 配位でのイオン半径に対する、Ba の 6 配位でのイオン半径の比率、すなわち、「イオン半径比」が 1.96 である。よって、「イオン半径比」は 0.97 以上かつ 1.04 以下の範囲から外れ、カバレッジが 74% と低くなった。

40

【 0 0 5 4 】

これら試料 4 および 8 では、「イオン半径比」は 0.97 以上かつ 1.04 以下の範囲から外れ、それぞれ、CuTiO₃ および BaTiO₃ が内部電極部分から吐き出されてしまい、内部電極の耐熱性が向上せず、カバレッジが低くなったものと推測される。

【 0 0 5 5 】

(実験例 2) 誘電体層を構成するセラミックの主成分：CaZrO₃

1. 誘電体層を構成する CaZrO₃ 系セラミック原料の作製

出発原料として、主成分の CaCO₃ および ZrO₂ の各粉末、ならびに副成分の MnO、SiO₂ および MgO の各粉末を秤量し、ボールミルにより 72 時間混合した後、ト

50

ップ温度 1000 で 2 時間熱処理し、CaZrO₃系セラミック原料粉末を得た。

【0056】

2. 内部電極形成用導電性ペーストの作製

後掲の表3に示す「ABO₃酸化物」の粉末と上記誘電体層のためのCaZrO₃系セラミック原料粉末とを、内部電極形成用導電性ペーストに含まれるセラミック粉末として用いた。

【0057】

これら「ABO₃酸化物」の粉末とCaZrO₃系セラミック原料粉末とを表3に示す「添加比率」となるように秤量し、上記実験例1の場合と同様の工程を経て、内部電極形成用導電性ペーストを作製した。

10

【0058】

表3には、表2の場合と同様、「イオン半径比(Aサイト元素/金属ニッケル)」が示されている。なお、試料18については、Niの6配位でのイオン半径(0.69)に対する、Caの表1に示した6配位でのイオン半径(1.00)の比率が示されている。

【0059】

3. 積層セラミックコンデンサの作製

上記1で作製されたCaZrO₃系セラミック原料粉末を含むセラミックスラリーを作製し、次いで、セラミックスラリーにドクターブレード法を適用して、セラミックグリーンシートを成形した。以後、実験例1の場合と同様の工程を経て、試料となる積層セラミックコンデンサを作製した。

20

【0060】

4. 評価

【0061】

【表3】

表3

試料	ABO ₃ 酸化物	添加比率〔体積%〕		イオン半径比 (Aサイト元素 /金属ニッケル)	カバレッジ 〔%〕	評価
		ABO ₃ 酸化物	CaZrO ₃			
11	NiTiO ₃	100	0	1.00	84	○
12	MgTiO ₃	100	0	1.04	84	○
13	MnTiO ₃	100	0	0.97	83	○
14	CuTiO ₃	100	0	1.06	75	×
15	NiTiO ₃	10	90	1.00	83	○
16	MgTiO ₃	10	90	1.04	82	○
17	MnTiO ₃	10	90	0.97	81	○
18	—	0	100	1.45	72	×

30

40

【0062】

実験例1の場合と同様の手順に従って、表3に示すように、「カバレッジ」を求め、同様に評価した。

【0063】

5. 考察

表3の試料11~13および15~17は、「評価」が「○」である。これら試料11~13および15~17では、内部電極がABO₃酸化物としてNiTiO₃、MgTiO₃およびMnTiO₃のいずれかを含んでいる。また、内部電極は、導電成分として、ニッケルを含んでいる。

50

【0064】

ここで、イオン半径について注目すると、まず、表1の「NiTiO₃」の項に示すように、ニッケルの6配位でのイオン半径は0.69である。他方、試料11~13および15~17における内部電極に含まれるABO₃酸化物としてNiTiO₃、MgTiO₃およびMnTiO₃の各々のAサイトの元素の6配位でのイオン半径は、表1に示すように、それぞれ、0.69、0.72および0.67である。

【0065】

「 \times 」と評価された試料11~13および15~17では、導電性金属粒子に含まれる金属元素の6配位でのイオン半径に対する、ABO₃におけるAサイトの元素の6配位でのイオン半径の比率、すなわち、「イオン半径比」が0.97以上かつ1.04以下である。

10

【0066】

このように、試料11~13および15~17におけるABO₃酸化物としてのNiTiO₃、MgTiO₃およびMnTiO₃は、ABO₃におけるAサイトの元素の6配位でのイオン半径が、内部電極に含まれるべき導電性金属としてのニッケルの6配位でのイオン半径に等しいか、近いので、内部電極中のニッケルとのエネルギー差が0か、小さくなるため、内部電極部分から吐き出されずに残り、内部電極の耐熱性を向上させるように作用し、その結果、試料11~13および15~17では、カバレッジが81%以上と高くなったものと推測される。

【0067】

また、試料15~17のように、NiTiO₃、MgTiO₃およびMnTiO₃の添加比率は、必ずしも100%ではなく、10%以上であれば、NiTiO₃、MgTiO₃およびMnTiO₃のいずれをも含まない場合に比べて、カバレッジ向上の効果が認められた。

20

【0068】

これらに対して、「 \times 」と評価された試料14では、ABO₃酸化物として、CuTiO₃が用いられ、ABO₃におけるAサイトの元素であるCuの6配位でのイオン半径は、表1に示すように、0.73である。したがって、ニッケルの6配位でのイオン半径に対する、Cuの6配位でのイオン半径の比率、すなわち、「イオン半径比」が1.06である。すなわち、「イオン半径比」は0.97以上かつ1.04以下の範囲から外れ、カバレッジが75%と低くなった。

30

【0069】

また、同じく「 \times 」と評価された試料18では、共材としてのCaZrO₃のみが内部電極中に添加されている。この場合、ペロブスカイト構造のABO₃におけるAサイトの元素であるCaは12配位であるが、イルミナイト構造のAサイトに固溶する際はイルミナイト構造のAサイトの配位数である6配位でのイオン半径で比較する必要があり、Caの6配位でのイオン半径は、表1に示すように、1.00である。したがって、ニッケルの6配位でのイオン半径に対する、Caの6配位でのイオン半径の比率、すなわち、「イオン半径比」が1.45である。よって、「イオン半径比」は0.97以上かつ1.04以下の範囲から外れ、カバレッジが72%と低くなった。

40

【0070】

これら試料14および18では、「イオン半径比」は0.97以上かつ1.04以下の範囲から外れ、それぞれ、CuTiO₃およびCaZrO₃が内部電極部分から吐き出されてしまい、内部電極の耐熱性が向上せず、カバレッジが低くなったものと推測される。

【0071】

(実験例3) 誘電体層を構成するセラミックの主成分: SrTiO₃

1. 誘電体層を構成するSrTiO₃系セラミック原料の作製

出発原料として、主成分のSrCO₃およびTiO₂の各粉末、ならびに副成分のMnO、SiO₂およびMgOの各粉末を秤量し、ボールミルにより72時間混合した後、トップ温度1000で2時間熱処理し、SrTiO₃系セラミック原料粉末を得た。

50

【 0 0 7 2 】

2 . 内部電極形成用導電性ペーストの作製

後掲の表 4 に示す「 A B O ₃ 酸化物」の粉末と上記誘電体層のための S r T i O ₃ 系セラミック原料粉末とを、内部電極形成用導電性ペーストに含まれるセラミック粉末として用いた。

【 0 0 7 3 】

これら「 A B O ₃ 酸化物」の粉末と S r T i O ₃ 系セラミック原料粉末とを表 4 に示す「添加比率」となるように秤量し、上記実験例 1 の場合と同様の工程を経て、内部電極形成用導電性ペーストを作製した。

【 0 0 7 4 】

表 4 には、表 2 の場合と同様、「イオン半径比 (A サイト元素 / 金属ニッケル) 」が示されている。なお、試料 2 8 については、 N i の 6 配位でのイオン半径 (0 . 6 9) に対する、 S r の表 1 に示した 6 配位でのイオン半径 (1 . 1 8) の比率が示されている。

【 0 0 7 5 】

3 . 積層セラミックコンデンサの作製

上記 1 で作製された S r T i O ₃ 系セラミック原料粉末を含むセラミックスラリーを作製し、次いで、セラミックスラリーにドクターブレード法を適用して、セラミックグリーンシートを成形した。以後、実験例 1 の場合と同様の工程を経て、試料となる積層セラミックコンデンサを作製した。

【 0 0 7 6 】

4 . 評価

【 0 0 7 7 】

【表 4】

表4

試料	A B O ₃ 酸化物	添加比率〔体積％〕		イオン半径比 (A サイト元素 / 金属ニッケル)	カバレッジ 〔％〕	評価
		A B O ₃ 酸化物	S r T i O ₃			
21	N i T i O ₃	100	0	1.00	83	○
22	M g T i O ₃	100	0	1.04	83	○
23	M n T i O ₃	100	0	0.97	82	○
24	C u T i O ₃	100	0	1.06	72	×
25	N i T i O ₃	10	90	1.00	82	○
26	M g T i O ₃	10	90	1.04	82	○
27	M n T i O ₃	10	90	0.97	80	○
28	—	—	100	1.71	70	×

【 0 0 7 8 】

実験例 1 の場合と同様の手順に従って、表 4 に示すように、「カバレッジ」を求め、同様に評価した。

【 0 0 7 9 】

5 . 考察

表 4 の試料 2 1 ~ 2 3 および 2 5 ~ 2 7 は、「評価」が「 ○ 」である。これら試料 2 1 ~ 2 3 および 2 5 ~ 2 7 では、内部電極が A B O ₃ 酸化物として N i T i O ₃、 M g T i O ₃ および M n T i O ₃ のいずれかを含んでいる。また、内部電極は、導電成分として、ニッケルを含んでいる。

【 0 0 8 0 】

ここで、イオン半径について注目すると、まず、表1の「NiTiO₃」の項に示すように、ニッケルの6配位でのイオン半径は0.69である。他方、試料21~23および25~27における内部電極に含まれるABO₃酸化物としてNiTiO₃、MgTiO₃およびMnTiO₃の各々のAサイトの元素の6配位でのイオン半径は、表1に示すように、それぞれ、0.69、0.72および0.67である。

【0081】

「 \times 」と評価された試料21~23および25~27では、導電性金属粒子に含まれる金属元素の6配位でのイオン半径に対する、ABO₃におけるAサイトの元素の6配位でのイオン半径の比率、すなわち、「イオン半径比」が0.97以上かつ1.04以下である。

10

【0082】

このように、試料21~23および25~27におけるABO₃酸化物としてのNiTiO₃、MgTiO₃およびMnTiO₃は、ABO₃におけるAサイトの元素の6配位でのイオン半径が、内部電極に含まれるべき導電性金属としてのニッケルの6配位でのイオン半径に等しいか、近いので、内部電極中のニッケルとのエネルギー差が0か、小さくなるため、内部電極部分から吐き出されずに残り、内部電極の耐熱性を向上させるように作用し、その結果、試料21~23および25~27では、カバレッジが80%以上と高くなったものと推測される。

【0083】

また、試料25~27のように、NiTiO₃、MgTiO₃およびMnTiO₃の添加比率は、必ずしも100%ではなく、10%以上であれば、NiTiO₃、MgTiO₃およびMnTiO₃のいずれをも含まない場合に比べて、カバレッジ向上の効果が認められた。

20

【0084】

これらに対して、「 \times 」と評価された試料24では、ABO₃酸化物として、CuTiO₃が用いられ、ABO₃におけるAサイトの元素であるCuの6配位でのイオン半径は、表1に示すように、0.73である。したがって、ニッケルの6配位でのイオン半径に対する、Cuの6配位でのイオン半径の比率、すなわち、「イオン半径比」が1.06である。すなわち、「イオン半径比」は0.97以上かつ1.04以下の範囲から外れ、カバレッジが72%と低くなった。

30

【0085】

また、同じく「 \times 」と評価された試料28では、共材としてのSrTiO₃のみが内部電極中に添加されている。この場合、ペロブスカイト構造のABO₃におけるAサイトの元素であるSrは12配位であるが、イルミナイト構造のAサイトに固溶する際はイルミナイト構造のAサイトの配位数である6配位でのイオン半径で比較する必要があり、Srの6配位でのイオン半径は、表1に示すように、1.18である。したがって、ニッケルの6配位でのイオン半径に対する、Srの6配位でのイオン半径の比率、すなわち、「イオン半径比」が1.71である。よって、「イオン半径比」は0.97以上かつ1.04以下の範囲から外れ、カバレッジが70%と低くなった。

【0086】

これら試料24および28では、「イオン半径比」は0.97以上かつ1.04以下の範囲から外れ、それぞれ、CuTiO₃およびSrTiO₃が内部電極部分から吐き出されてしまい、内部電極の耐熱性が向上せず、カバレッジが低くなったものと推測される。

40

【0087】

以上説明した実験例1ないし3では、内部電極形成用導電性ペーストに含まれる導電性金属粉末として、ニッケル粉末を用いた。市販の積層セラミックコンデンサは、多くの場合、内部電極の導電成分としてニッケルを用いているため、内部電極形成用導電性ペーストに含まれる導電性金属粉末として、ニッケル粉末を用いることが設計変更を少なくできる点で有利である。

【0088】

50

しかしながら、内部電極に含まれる導電性金属元素の6配位でのイオン半径が、 $NiTiO_3$ 、 $MgTiO_3$ および $MnTiO_3$ におけるAサイトの元素の6配位でのイオン半径の $(1/1.04)$ 以上かつ $(1/0.97)$ 以下となるような関係を満たせば、内部電極に含まれる導電性金属として、ニッケル以外の金属が用いられてもよい。

【符号の説明】

【0089】

1 積層セラミックコンデンサ

2 積層体

3 誘電体層

4, 5 内部電極

6, 7 外部電極

10

20

30

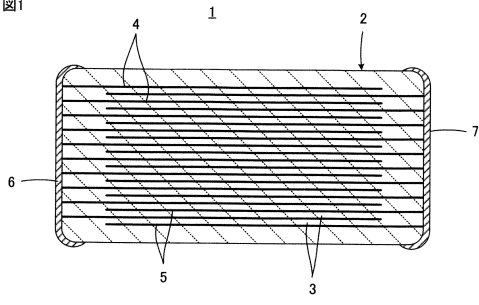
40

50

【図面】

【図 1】

図1



10

20

30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2000-232032(JP,A)
特開平09-069467(JP,A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
- | | |
|------|-------|
| H01G | 4/30 |
| H01G | 4/008 |
| H01B | 1/22 |