

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6571590号
(P6571590)

(45) 発行日 令和1年9月4日(2019.9.4)

(24) 登録日 令和1年8月16日(2019.8.16)

(51) Int.Cl. F I
H01G 4/30 (2006.01) H01G 4/30 515
 H01G 4/30 201L

請求項の数 2 (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願2016-105366 (P2016-105366)	(73) 特許権者	000204284
(22) 出願日	平成28年5月26日 (2016.5.26)		太陽誘電株式会社
(65) 公開番号	特開2017-212366 (P2017-212366A)		東京都中央区京橋二丁目7番19号
(43) 公開日	平成29年11月30日 (2017.11.30)	(74) 代理人	100145517
審査請求日	平成30年3月2日 (2018.3.2)		弁理士 官原 貴洋
		(72) 発明者	坂手 大輔
			東京都台東区上野6丁目16番20号 太陽誘電株式会社内
		(72) 発明者	下田 貞紀
			東京都台東区上野6丁目16番20号 太陽誘電株式会社内
		(72) 発明者	谷口 文
			東京都台東区上野6丁目16番20号 太陽誘電株式会社内

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】

複数の内部電極層が誘電体層を介して積層された容量部と、容量部の積層方向両側それぞれを覆う誘電体カバー部とを有するコンデンサ本体を備えた積層セラミックコンデンサであって、

前記容量部の各誘電体層と前記各誘電体カバー部はマンガン元素を含んでおり、前記マンガン元素は、前記各誘電体カバー部の外面から前記容量部の各誘電体層に向かう深さ方向において元素数が減少する分布を形成しており、

前記容量部の各誘電体層はアルミニウム元素を含んでおり、前記アルミニウム元素は、前記各誘電体カバー部の外面から前記容量部の各誘電体層に向かう深さ方向において元素数が増加する分布を形成している、

積層セラミックコンデンサ。

【請求項2】

複数の内部電極層が誘電体層を介して積層された容量部と、容量部の積層方向両側それぞれを覆う誘電体カバー部とを有するコンデンサ本体を備えた積層セラミックコンデンサであって、

前記容量部の各誘電体層と前記各誘電体カバー部はチタン元素とマンガン元素を含んでおり、マンガン元素数/チタン元素数で表される前記マンガン元素の元素数と前記チタン元素の元素数との比は、前記各誘電体カバー部の外面から前記容量部の各誘電体層に向かう深さ方向において減少する分布を形成しており、

前記容量部の各誘電体層はアルミニウム元素を含んでおり、アルミニウム元素数/チタン元素数で表される前記アルミニウム元素の元素数と前記チタン元素の元素数との比は、前記各誘電体カバー部の外面から前記容量部の各誘電体層に向かう深さ方向において増加する分布を形成している、

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】

本発明は、複数の内部電極層が誘電体層を介して積層された容量部と、容量部の積層方向両側それぞれを覆う誘電体カバー部とを有するコンデンサ本体を備えた積層セラミックコンデンサに関する。

10

【背景技術】

【0002】

積層セラミックコンデンサは、一般的に、略直方体状のコンデンサ本体と、コンデンサ本体の相対する端部それぞれに設けられた外部電極とを備えている。コンデンサ本体は、複数の内部電極層が誘電体層を介して積層された容量部と、容量部の積層方向両側それぞれを覆う誘電体カバー部とを有しており、複数の内部電極層の端縁は各外部電極に交互に接続されている。

【0003】

ところで、積層セラミックコンデンサの寿命（高温負荷寿命）を改善するために、コンデンサ本体の容量部の各誘電体層と各誘電体カバー部にマンガン元素を含ませる技術が知られている（例えば特許文献1を参照）。ところが、容量部の各誘電体層にマンガン元素を含めると各誘電体層の比誘電率が低下してしまうため、容量部の各誘電体層に含まれるマンガン元素の含有量を各誘電体カバー部に含まれるマンガン元素の含有量よりも少なくすることが好ましいと言われている。

20

【0004】

しかしながら、容量部の各誘電体層に含まれるマンガン元素の含有量を各誘電体カバー部に含まれるマンガン元素の含有量よりも少なくすると、コンデンサ本体を得るための焼成工程で生じる収縮率の相違等を原因として、容量部と各誘電体カバー部との境界部分にクラックや剥離が発生して、積層セラミックコンデンサの絶縁抵抗の低下を招来するといった別の懸念が生じる。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2013-197492号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

本発明の課題は、容量部の各誘電体層に含まれるマンガン元素の含有量が各誘電体カバー部に含まれるマンガン元素の含有量よりも少ない場合でも、絶縁抵抗の低下を抑制できる積層セラミックコンデンサを提供することにある。

40

【課題を解決するための手段】

【0007】

前記課題を解決するため、本発明に係る積層セラミックコンデンサは、複数の内部電極層が誘電体層を介して積層された容量部と、容量部の積層方向両側それぞれを覆う誘電体カバー部とを有するコンデンサ本体を備えた積層セラミックコンデンサであって、前記容量部の各誘電体層と前記各誘電体カバー部はマンガン元素を含んでおり、前記マンガン元素は、前記各誘電体カバー部の外面から前記容量部の各誘電体層に向かう深さ方向において元素数が徐々に減少する分布を形成している。

【発明の効果】

50

【 0 0 0 8 】

本発明に係る積層セラミックコンデンサによれば、容量部の各誘電体層に含まれるマンガ元素の含有量が各誘電体カバー部に含まれるマンガ元素の含有量よりも少ない場合でも、絶縁抵抗の低下を抑制することができる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 0 9 】

【 図 1 】 図 1 (A) は本発明を適用した積層セラミックコンデンサの平面図、図 1 (B) は図 1 (A) の S 1 - S 1 線に沿う断面図、図 1 (C) は図 1 (A) の S 2 - S 2 線に沿う断面図である。

【 図 2 】 実施品と比較品を製造する際に用いた、各誘電体カバー部用のスラリー組成と、容量部の各誘電体層のスラリー組成を示す図である。

10

【 図 3 】 図 3 (A) は実施品におけるマンガ元素の元素数の分布を示す図、図 2 (B) は実施品におけるアルミニウム元素の元素数の分布を示す図である。

【 図 4 】 図 4 (A) と図 4 (B) それぞれは、図 1 に示した第 1 外部電極及び第 2 外部電極の他の形状例を示す図である。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 1 0 】

先ず、図 1 を用いて、本発明を適用した積層セラミックコンデンサ 1 0 の基本構成について説明する。以下の説明では、図 1 (A) の左右方向を長さ方向、図 1 (A) の上下方向を幅方向、図 1 (B) の上下方向を高さ方向と表記するとともに、各方向に沿う寸法を長さ、幅、高さとして表記する。

20

【 0 0 1 1 】

積層セラミックコンデンサ 1 0 は、略直方体状のコンデンサ本体 1 1 と、コンデンサ本体 1 1 の長さ方向一端部に設けられた第 1 外部電極 1 2 と、コンデンサ本体 1 1 の長さ方向他端部に設けられた第 2 外部電極 1 3 とを備えている。

【 0 0 1 2 】

コンデンサ本体 1 1 は、複数の内部電極層 1 1 a 1 が誘電体層 1 1 a 2 を介して積層された容量部 1 1 a と、容量部 1 1 a の高さ方向両側それぞれを覆う誘電体カバー部 1 1 b とを有している。複数の内部電極層 1 1 a 1 は略同じ矩形状輪郭と略同じ厚さを有しており、これらの端縁は第 1 外部電極 1 2 と第 2 外部電極 1 3 に交互に接続されている。なお、図 1 では、図示の便宜上、計 1 2 の内部電極層 1 1 a 1 を描いているが、内部電極層 1 1 a 1 の数に特段の制限はない。

30

【 0 0 1 3 】

コンデンサ本体 1 1 の内部電極層 1 1 a 1 を除く部分、即ち、容量部 1 1 a の各誘電体層 1 1 a 2 の主成分と各誘電体カバー部 1 1 b の主成分は、チタン酸バリウム、チタン酸ストロンチウム、チタン酸カルシウム、チタン酸マグネシウム、ジルコン酸カルシウム、チタン酸ジルコン酸カルシウム、ジルコン酸バリウム、酸化チタン等の誘電体材料（誘電体セラミック材料）である。容量部 1 1 a の各内部電極層 1 1 a 1 の主成分は、ニッケル、銅、パラジウム、白金、銀、金、これらの合金等の金属材料である。また、第 1 外部電極 1 2 と第 2 外部電極 1 3 それぞれの主成分は、ニッケル、銅、パラジウム、白金、銀、金、これらの合金等の金属材料である。

40

【 0 0 1 4 】

また、容量部 1 1 a の各誘電体層 1 1 a 2 と各誘電体カバー部 1 1 b はマンガ元素を含んでおり、このマンガ元素は、各誘電体カバー部 1 1 b の外面から容量部 1 1 a の各誘電体層 1 1 a 2 に向かう深さ方向（図 1 (C) を参照）において元素数が徐々に減少する分布を形成している（図 3 (A) を参照）。

【 0 0 1 5 】

さらに、各容量部 1 1 a の各誘電体層 1 1 a 2 はアルミニウム元素を含んでおり、このアルミニウム元素は、各誘電体カバー部 1 1 b の外面から容量部 1 1 a の各誘電体層 1 1 a 2 に向かう深さ方向（図 1 (C) を参照）において元素数が徐々に増加する分布を形成

50

している（図3（B）を参照）。

【0016】

次に、図2を用いて、容量部11aの各誘電体層11a2の主成分と各誘電体カバー部11bの主成分がチタン酸バリウムで、各内部電極層11a1の主成分がニッケルで、第1外部電極12と第2外部電極13それぞれの主成分がニッケルである場合を例として、前記積層セラミックコンデンサ10の具体構成をその製造方法等を交えて説明する。なお、この説明中の「実施品」は前記積層セラミックコンデンサ10に対応する積層セラミックコンデンサを指し、「比較品」は前記積層セラミックコンデンサ10に対応しない積層セラミックコンデンサを指す。

【0017】

実施品と比較品のサイズは長さ600 μm 、幅300 μm 、高さ300 μm であり、各々の内部電極層（11a1）の厚さは1 μm で総数が100、誘電体層（11a2）の厚さは1 μm 、各誘電体カバー部（11b）の厚さは50 μm である。また、各誘電体層（11a2）の主成分と各誘電体カバー部（11b）の主成分はチタン酸バリウム、各内部電極層（11a1）の主成分がニッケル、第1外部電極（12）と第2外部電極（13）それぞれの主成分がニッケルである。

【0018】

実施品の製造に際しては、先ず、チタン酸バリウム粉末と、有機溶剤と、有機バインダーと、必要に応じて分散剤等の添加剤を含有した誘電体層用セラミックスラリーと誘電体カバー部用セラミックスラリーを用意する。

【0019】

誘電体層用セラミックスラリーは、図2の実施品欄に示したように、チタン酸バリウム（ BaTiO_3 ）100molに対し、マンガン元素（Mn）を酸化マンガン(II)（ MgO ）換算で0.5mol、アルミニウム元素（Al）を酸化アルミニウム（ Al_2O_3 ）換算で0.01mol、ホロミウム元素（Ho）を酸化ホロミウム（ Ho_2O_3 ）換算で0.5mol、ケイ素元素（Si）を二酸化ケイ素（ SiO_2 ）換算で1.0mol、含有している。

【0020】

一方、誘電体カバー部用セラミックスラリーは、図3の実施品欄に示したように、チタン酸バリウム（ BaTiO_3 ）100molに対し、マンガン元素（Mn）を酸化マンガン(II)（ MgO ）換算で1.0mol、ホロミウム元素（Ho）を酸化ホロミウム（ Ho_2O_3 ）換算で0.5mol、ケイ素元素（Si）を二酸化ケイ素（ SiO_2 ）換算で1.0mol、含有している。即ち、誘電体カバー部用セラミックスラリーは、誘電体層用セラミックスラリーと比べ、アルミニウム元素（Al）を含んでおらず、マンガン元素（Mn）の含有量が多い。

【0021】

また、内部電極層ペーストとして、ニッケル粉末と、有機溶剤と、有機バインダーと、必要に応じて分散剤等の添加剤を含有したペーストを用意する。さらに、外部電極ペーストとして、ニッケル粉末と、有機溶剤と、有機バインダーと、必要に応じて分散剤等の添加剤を含有したペーストを用意する。

【0022】

続いて、キャリアフィルムの表面に誘電体層用セラミックスラリーを塗工して乾燥することにより、第1シートを作製する。また、この第1シートの表面に内部電極層ペーストを印刷して乾燥することにより、内部電極層パターン群が形成された第2シートを作製する。さらに、キャリアフィルムの表面に誘電体カバー部用セラミックスラリーを塗工して乾燥することにより、第3シートを作製する。

【0023】

続いて、第3シートから取り出した単位シートを所定枚数に達するまで積み重ねて熱圧着する作業を繰り返すことにより、一方の誘電体カバー部（11b）に対応した部位を形成する。続いて、第2シートから取り出した単位シート（内部電極層パターン群を含む）

10

20

30

40

50

を所定枚数に達するまで積み重ねて熱圧着する作業を繰り返すことにより、容量部(11a)に対応した部位を形成する。続いて、第3シートから取り出した単位シートを所定枚数に達するまで積み重ねて熱圧着する作業を繰り返すことにより、他方の誘電体カバー部(11b)に対応した部位を形成する。最後に、積み重ねられた全体を本熱圧着することにより、未焼成積層シートを作製する。

【0024】

続いて、未焼成積層シートを格子状に切断することにより、コンデンサ本体11に対応した未焼成コンデンサ本体を作製する。続いて、ディップやローラ塗布等の手法によって、未焼成コンデンサ本体の長さ方向両端部それぞれに外部電極ペーストを塗布して乾燥することにより、未焼成外部電極を作製する。続いて、未焼成外部電極を有する未焼成コンデンサ本体を焼成炉に投入し、還元雰囲気下で、且つ、チタン酸バリウムとニッケルに応じた温度プロファイルにて多数個一括で焼成(脱バインダ処理と焼成処理を含む)を行う。

10

【0025】

なお、比較品が実施品と異なる点は、製造時に使用する誘電体層用セラミックスラリーの組成にある。即ち、図2の比較品欄に示したように、比較品を製造する際に用いた誘電体層用セラミックスラリーは、実施品を製造する際に用いた誘電体層用セラミックスラリーと比べ、アルミニウム元素(Al)を含んでいない。ちなみに、比較品を製造する際に用いた誘電体カバー部用セラミックスラリーの組成は、実施品を製造する際に用いた誘電体カバー部用セラミックスラリーの組成と同じである。また、比較品の製法方法は、前述の実施品の製造方法と同じである。

20

【0026】

次に、図3(A)に示したマンガン元素の元素数の分布と図3(B)に示したアルミニウム元素の元素数の分布をそれぞれ描くために実施したデータ収集方法について説明する。

【0027】

データ収集には、レーザーアブレーション装置(NWR213、ESI社製)と、質量分析装置(7900 ICP-MS、アジレントテクノロジー社製)を用いた。

【0028】

データ収集に際しては、レーザーアブレーション装置から、実施品の図1(C)対応の断面における被測定箇所に向けて、照射エネルギー 1.4 J/cm^2 、周波数 10 Hz のレーザー光を照射時間は 30 sec でスポット照射する。そして、スポット照射により発生したエアロゾルを、ヘリウムガスによって質量分析装置の誘導結合プラズマ室に送り込む。

30

【0029】

続いて、質量分析装置において、誘導結合プラズマ室に取り込まれたエアロゾルをRFパワー 1550 W でプラズマ励起してプラスイオンにする。そして、プラスイオン、特に測定したい質量電荷比の元素イオンを四重極形質量分析計に送り込む。そして、四重極形質量分析計において、時間分析を行って、送り込まれた元素数を相対的にカウントする。

【0030】

続いて、前記の測定手順を実施品の図1(C)対応の断面における他の被測定箇所に対しても同様に行って、具体的には実施品の各誘電体カバー部(11b)の外面から容量部(11a)の各誘電体層11a2に向かう深さ方向(図1(C)を参照)に沿って順に行って、必要なデータを収集する。

40

【0031】

図3(A)では縦軸を「Mn元素数/Ti元素数」としてあるが、チタン元素数は各誘電体カバー部(11b)と容量部(11a)の各誘電体層11a2で同じであるので(図2の実施品欄を参照)、この図3(A)からは、マンガン元素が、各誘電体カバー部(11b)の外面から容量部(11a)の各誘電体層(11a2)に向かう深さ方向において元素数が徐々に減少する分布を形成していることが理解できる。

【0032】

50

また、図3(B)では縦軸を「Al元素数/Ti元素数」としてあるが、前記同様に、チタン元素数は各誘電体カバー部(11b)と容量部(11a)の各誘電体層11a2と同じであるので(図2の実施品欄を参照)、この図3(B)からは、アルミニウム元素が、各誘電体カバー部(11b)の外面から容量部(11a)の各誘電体層(11a2)に向かう深さ方向において元素数が徐々に増加する分布を形成していることが理解できる。なお、図3(B)において、各誘電体カバー部(11b)の一部にアルミニウム元素が存在する理由は拡散によるものと思われる。

【0033】

次に、前記積層セラミックコンデンサ10によって絶縁抵抗の低下を抑制できるか否かについて確認するために実施した検証方法及びその結果について説明する。

10

【0034】

検証に際しては、前述の実施品100個と比較品100個に対して湿中負荷試験を実施することによって行った。具体的には、温度85℃で湿度85%の雰囲気において直流電圧10Vを印加し、印加時間が100時間を経過した後に、絶縁抵抗が1MΩに達した個数を確認することによって行った。

【0035】

確認結果は、実施品100個のうちで絶縁抵抗が1MΩに達した個数は0個であり、比較品100個のうちで絶縁抵抗が1MΩに達した個数は10個であった。即ち、前記積層セラミックコンデンサ10に対応する実施品については、前記積層セラミックコンデンサ10に対応しない比較品と比べて、絶縁抵抗の低下を抑制できていることが検証できた。換言すれば、実施品にあつては、絶縁抵抗の低下を招来するクラックや剥離がコンデンサ本体(11)の内部、特に容量部(11a)と各誘電体カバー部(11b)との境界部分に存在し難いことが検証できた。

20

【0036】

次に、図3(A)及び図3(B)に示した元素数の分布と、前述の検証結果とを踏まえて、前記積層セラミックコンデンサ10によって得られる効果について説明する。

【0037】

前記積層セラミックコンデンサ10は、容量部11aの各誘電体層11a2と各誘電体カバー部11bがマンガン元素を含んでいるものの、このマンガン元素は、図3(A)に示したように、各誘電体カバー部11bの外面から容量部11aの各誘電体層11a2に向かう深さ方向(図1(C)を参照)において元素数が徐々に減少する分布を形成している。即ち、マンガン元素がこのような元素数の分布を形成するが故に、絶縁抵抗の低下を招来するクラックや剥離がコンデンサ本体11の内部、とりわけ容量部11aと各誘電体カバー部11bとの境界部分に存在し難いと推測される。依って、図3(A)に示したようなマンガン元素の元素数の分布を採用すれば、容量部11aの各誘電体層11a2に含まれるマンガン元素の含有量を各誘電体カバー部11bに含まれるマンガン元素の含有量よりも低くした場合でも、前記のクラックや剥離の発生に起因する前記積層セラミックコンデンサ10の絶縁抵抗の低下を確実に抑制することができる。

30

【0038】

前記積層セラミックコンデンサ10は、容量部11aの各誘電体層11a2がアルミニウム元素を含んでおり、このアルミニウム元素は、図3(B)に示したように、各誘電体カバー部11bの外面から容量部11aの各誘電体層11a2に向かう深さ方向(図1(C)を参照)において元素数が徐々に増加する分布を形成している。即ち、アルミニウム元素がこのような元素数の分布を形成するが故に、各誘電体カバー部11bに含まれているマンガン元素が容量部11aの各誘電体層11a2に拡散することが抑制され、これによりマンガン元素が図3(A)に示したような元素数の分布を形成するのに役立っていると推測される。依って、図3(B)に示したようなアルミニウム元素の元素数の分布を採用すれば、図3(A)に示したようなマンガン元素の元素数の分布をよりの確に形成して、前記のクラックや剥離の発生に起因する前記積層セラミックコンデンサ10の絶縁抵抗の低下をより確実に抑制することができる。

40

50

【 0 0 3 9 】

《他の実施形態》

図 1 に示した第 1 外部電極 1 2 と第 2 外部電極 1 3 それぞれの形状は、図 4 (A) に示した形状であってもよい。即ち、図 4 (A) に示した第 1 外部電極 1 2 -1 は、コンデンサ本体 1 1 の長さ方向一端面を覆う部分と、コンデンサ本体 1 1 の高さ方向両面の一部を覆う部分とを連続して有しており、第 2 外部電極 1 3 -1 は、コンデンサ本体 1 1 の長さ方向他端面を覆う部分と、コンデンサ本体 1 1 の高さ方向両面の一部を覆う部分とを連続して有している。また、図 1 に示した第 1 外部電極 1 2 と第 2 外部電極 1 3 それぞれの形状は、図 4 (B) に示した形状であってもよい。即ち、図 4 (B) に示した第 1 外部電極 1 2 -2 は、コンデンサ本体 1 1 の長さ方向一端面を覆う部分と、コンデンサ本体 1 1 の高さ方向一面の一部を覆う部分とを連続して有しており、第 2 外部電極 1 3 -2 は、コンデンサ本体 1 1 の長さ方向他端面を覆う部分と、コンデンサ本体 1 1 の高さ方向一面の一部を覆う部分とを連続して有している。つまり、図 4 (A) に示した外部電極形状であっても、図 4 (B) に示した外部電極形状であっても、前記同様の効果を得ることができる。

10

【 0 0 4 0 】

また、図 1 に示した第 1 外部電極 1 2 と第 2 外部電極 1 3 それぞれの層構造は、図 4 に示した第 1 外部電極 1 2 -1 と第 2 外部電極 1 3 -1、並びに、第 1 外部電極 1 2 -2 と第 2 外部電極 1 3 -2 を含め、必ずしも単層構造である必要はない。つまり、第 1 外部電極と第 2 外部電極それぞれの表面にメッキ膜等の別の金属膜を 1 層以上形成した多層構造としても、前記同様の効果を得ることができる。

20

【 0 0 4 1 】

さらに、図 1 を用いた説明では、積層セラミックコンデンサ 1 0 の長さ、幅及び高さの関係やこれらの寸法値を明示していないが、長さ、幅及び高さの関係は長さ > 幅 = 高さの他、長さ > 幅 > 高さや、長さ > 高さ > 幅や、幅 > 長さ = 高さや、幅 > 長さ > 高さや、幅 > 高さ > 長さであってもよく、長さ、幅及び高さの寸法値にも特段の制限はない。つまり、積層セラミックコンデンサ長さ、幅及び高さの関係やこれら寸法値が如何様な場合でも、前記同様の効果を得ることができる。

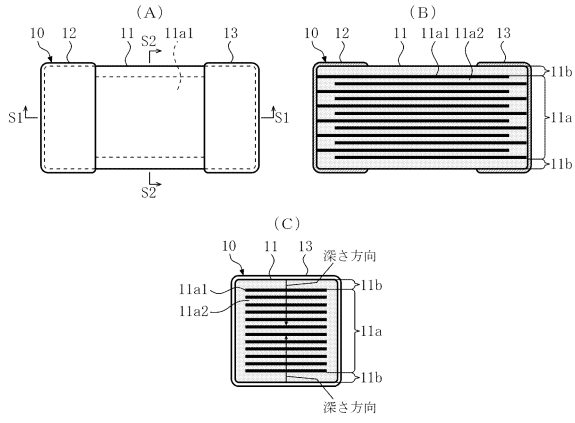
【符号の説明】

【 0 0 4 2 】

1 0 ... 積層セラミックコンデンサ、 1 1 ... コンデンサ本体、 1 1 a ... 容量部、 1 1 a 1 ... 内部電極層、 1 1 a 2 ... 誘電体層、 1 1 b ... 誘電体カバー部、 1 2 , 1 2 -1 , 1 2 -2 ... 第 1 外部電極、 1 3 , 1 3 -1 , 1 3 -2 ... 第 2 外部電極。

30

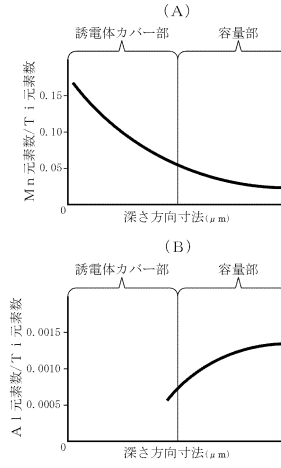
【図1】



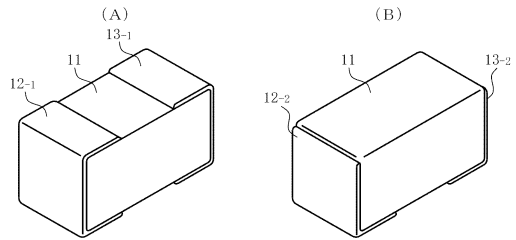
【図2】

スラリー組成		BaTiO ₃	MnO	Al ₂ O ₃	Ho ₂ O ₃	SiO ₂
実施品	誘電体カバー部	100mol	1.0mol	----	0.5mol	1.0mol
	各誘電体層	100mol	0.5mol	0.01mol	0.5mol	1.0mol
比較品	誘電体カバー部	100mol	1.0mol	----	0.5mol	1.0mol
	各誘電体層	100mol	0.5mol	----	0.5mol	1.0mol

【図3】



【図4】



フロントページの続き

(72)発明者 龍 穰

東京都台東区上野6丁目16番20号 太陽誘電株式会社内

審査官 上谷 奈那

(56)参考文献 特開2006-135138(JP,A)
特開2016-015369(JP,A)
国際公開第2003/036666(WO,A1)
特開昭57-187922(JP,A)
特開2010-050263(JP,A)
米国特許第08971017(US,B1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01G 4/30