

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局

(43) 国際公開日  
2024年1月4日(04.01.2024)



(10) 国際公開番号

WO 2024/004392 A1

(51) 国際特許分類:

H01G 4/30 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2023/017694

(22) 国際出願日: 2023年5月11日(11.05.2023)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:

特願 2022-102291 2022年6月26日(26.06.2022) JP

(71) 出願人: 株式会社村田製作所  
(MURATA MANUFACTURING CO., LTD.) [JP/  
JP]; 〒6178555 京都府長岡京市東神足 1  
丁目 1 0 番 1 号 Kyoto (JP).

(72) 発明者: 大原 隆志(OHARA, Takashi); 〒6178555  
京都府長岡京市東神足 1 丁目 1 0 番 1

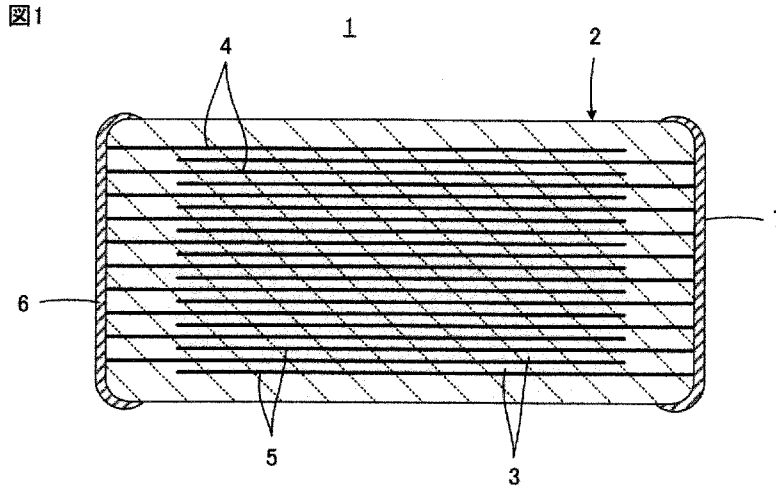
号 株式会社村田製作所内 Kyoto (JP). 大  
西 英靖(ONISHI, Hideyasu); 〒6178555 京都府  
長岡京市東神足 1 丁目 1 0 番 1 号 株式  
会社村田製作所内 Kyoto (JP).

(74) 代理人: 小柴 雅昭 (KOSHIBA, Masaaki);  
〒6310024 奈良県奈良市百楽園三丁目 1 3 番  
8 号 小柴特許事務所 Nara (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保  
護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA,  
BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN,  
CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC,  
EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR,  
HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG,  
KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU,  
LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY,

(54) Title: MULTILAYER CERAMIC CAPACITOR

(54) 発明の名称: 積層セラミックコンデンサ



(57) Abstract: The present invention provides a multilayer ceramic capacitor comprising an internal electrode that is capable of maintaining relatively high coverage, even when formed into a thin layer. A multilayer ceramic capacitor (1) is provided with a multilayer body (2) which has a plurality of stacked dielectric layers (3) that are formed of a ceramic, and a plurality of internal electrodes (4, 5) that are respectively arranged along a plurality of interfaces between the dielectric layers (3), wherein the internal electrodes (4, 5) contain silver as a conductive component and also contain at least one selected from among  $\text{AgTiO}_3$ ,  $\text{EuTiO}_3$ , and  $\text{NaTiO}_3$ .

(57) 要約: 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。セラミックからなる積層された複数の誘電体層 (3) と、誘電体層 (3) 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 (4, 5) と、を有する、積層体 (2) を備える、積層セラミックコンデンサ (1) において、内部電極 (4, 5) は、導電成分として銀を含むとともに、 $\text{AgTiO}_3$ 、 $\text{EuTiO}_3$  および  $\text{NaTiO}_3$  から選ばれる少なくとも 1 種を含む。

MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL,  
PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK,  
SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,  
UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保  
護が可能): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS,  
MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG,  
ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU,  
TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ,  
DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS,  
IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT,  
RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF,  
CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE,  
SN, TD, TG).

添付公開書類 :

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

## 明 細 書

発明の名称：積層セラミックコンデンサ

### 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、内部電極と電氣的に接続された、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内部電極と電氣的に接続された第1外部電極と、前記第2内部電極と電氣的に接続された第2外部電極と、を備える。

[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  $\mu\text{m}$ 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。

[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。

[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

### 特許文献

[0006] 特許文献1：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 $\mu$ m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。
- [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、導電成分として銀を含むとともに、 $\text{AgTiO}_3$ 、 $\text{EuTiO}_3$ および $\text{NaTiO}_3$ 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 $\text{AgTiO}_3$ 、 $\text{EuTiO}_3$ および $\text{NaTiO}_3$ から選ばれる少なくとも1種が、導電成分として銀を含む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

- [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。

- [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いてもよい。
- [0016] 内部電極4および5は、導電成分として、銀を含む。さらに、特徴的な組成として、内部電極4および5は、 $AgTiO_3$ 、 $EuTiO_3$ および $NaTiO_3$ から選ばれる少なくとも1種を含む。 $AgTiO_3$ 、 $EuTiO_3$ および $NaTiO_3$ 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、銀を導電成分として含み、セラミック材料として、 $AgTiO_3$ 、 $EuTiO_3$ および $NaTiO_3$ から選ばれる少なくとも1種を含むとともに、必要に応じて、誘電体層3に含まれる $BaTiO_3$ 、 $SrTiO_3$ および $CaZrO_3$ 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、 $ABO_3$ 酸化物としての $AgTiO_3$ 、 $EuTiO_3$ および $NaTiO_3$ 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 $BaTiO_3$ 、 $SrTiO_3$ および $CaZrO_3$ 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銀を含むので、上述の $ABO_3$ 酸化物としての $AgTiO_3$ 、 $EuTiO_3$ および $NaTiO_3$ は、銀の6配位でのイオン半径に対する、 $ABO_3$ 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0.89以上かつ1.02以下となる、特定イオン半径の $ABO_3$ 型の酸化物となる。

[0025]  $ABO_3$ 酸化物としての $AgTiO_3$ 、 $EuTiO_3$ および $NaTiO_3$ 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銀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 $ABO_3$ 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いてもよい。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、銀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。

[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 $AgTiO_3$ 、 $EuTiO_3$ および $NaTiO_3$ 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、 $AgTiO_3$ 、 $EuTiO_3$ および $NaTiO_3$ から選ばれる少なくとも1種を含むことになる。

[0030] [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。

[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、銀粉末を用意した。

[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、 $AgTiO_3$ 、 $EuTiO_3$ および $NaTiO_3$ に加えて、 $CuTiO_3$ 、 $SrTiO_3$ 、 $BaTiO_3$ および $CaZrO_3$ 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、 $Sr$ 、 $Ba$ および $Ca$ は、元のペロブスカイト構造のときには12配位であるが、 $Sr$ 、 $Ba$ および $Ca$ についても、イルミナイト構造の6配位の元素( $Ag$ 、 $Eu$ 、 $Na$ )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。

[0033] [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〕
$AgTiO_3$	イルミナイト	6	Ag	1.15
$EuTiO_3$	イルミナイト	6	Eu	1.17
$NaTiO_3$	イルミナイト	6	Na	1.02
$CuTiO_3$	イルミナイト	6	Cu	0.73
$SrTiO_3$	ペロブスカイト	12	Sr	1.18
$BaTiO_3$	ペロブスカイト	12	Ba	1.35
$CaZrO_3$	ペロブスカイト	12	Ca	1.00

[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： $BaTiO_3$

1. 誘電体層を構成する $BaTiO_3$ 系セラミック原料の作製

出発原料として、主成分の $BaCO_3$ および $TiO_2$ 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、 $MnO$ 、 $Dy_2O_3$ 、 $MgO$ 、 $SiO_2$ および $BaCO_3$ の各粉末を用意し、上記熱処理粉末に対し、副成分粉末が、 $100BaTiO_3 + 0.5Mn + 1.0Dy + 1.0Mg + 1.0Si + 2.0Ba$ 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、BaTiO<sub>3</sub>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

後掲の表2に示す「ABO<sub>3</sub>酸化物」の粉末と上記誘電体層のためのBaTiO<sub>3</sub>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「ABO<sub>3</sub>酸化物」の粉末とBaTiO<sub>3</sub>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銀粉末と、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）。

[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銀の6配位でのイオン半径に対する、Aサイト元素の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／金属銀）」が示されている。なお、試料8については、銀の6配位でのイオン半径（1.15 Å）に対する、Ba元素の表1に示した6配位でのイオン半径（1.35 Å）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BaTiO<sub>3</sub>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 <sub>3</sub> 酸化物	添加比率〔体積%〕		イオン半径比 (Aサイト元素 /金属銀)	カバレッジ 〔%〕	評価
		ABO <sub>3</sub> 酸化物	BaTiO <sub>3</sub>			
1	AgTiO <sub>3</sub>	100	0	1.00	85	○
2	EuTiO <sub>3</sub>	100	0	1.02	85	○
3	NaTiO <sub>3</sub>	100	0	0.89	84	○
4	SrTiO <sub>3</sub>	100	0	1.03	76	×
5	AgTiO <sub>3</sub>	10	90	1.00	83	○
6	EuTiO <sub>3</sub>	10	90	1.02	83	○
7	NaTiO <sub>3</sub>	10	90	0.89	82	○
8	—	—	100	1.17	75	×

[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 $ABO_3$ 酸化物として $AgTiO_3$ 、 $EuTiO_3$ および $NaTiO_3$ 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、銀を含んでいる。

[0048] ここで、イオン半径について注目すると、まず、表1の「 $AgTiO_3$ 」の項に示すように、銀の6配位でのイオン半径は1.15 Å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 $ABO_3$ 酸化物として $AgTiO_3$ 、 $EuTiO_3$ および $NaTiO_3$ 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、1.15 Å、1.17 Åおよび1.02 Åである。

[0049] 「○」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、 $ABO_3$ 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0.89以上かつ1.02以下である。

[0050] このように、試料1～3および5～7における $ABO_3$ 酸化物としての $AgTiO_3$ 、 $EuTiO_3$ および $NaTiO_3$ は、 $ABO_3$ 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銀の6配位でのイオン半径に等しいか、近いので、内部電極中の銀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82%以上と高くなったものと推測される。

[0051] また、試料5～7のように、 $AgTiO_3$ 、 $EuTiO_3$ および $NaTiO_3$ の添加比率は、必ずしも100%ではなく、10%以上であれば、 $AgTiO_3$ 、 $EuTiO_3$ および $NaTiO_3$ 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。

[0052] これらに対して、「×」と評価された試料4では、 $ABO_3$ 酸化物として、 $SrTiO_3$ が用いられ、 $ABO_3$ におけるAサイトの元素であるSrの6配位でのイオン半径は、表1に示すように、1.18 Åである。したがって、銀の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1.03である。すなわち、「イオン半径比」は0.89以上かつ1.02以下の範囲から外れ、カバレッジが76%と低くなった。

[0053] また、同じく「×」と評価された試料8では、共材としてのBaTiO<sub>3</sub>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ABO<sub>3</sub>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 Åである。したがって、銀の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1.17である。よって、「イオン半径比」は0.89以上かつ1.02以下の範囲から外れ、カバレッジが75%と低くなった。

[0054] これら試料4および8では、「イオン半径比」は0.89以上かつ1.02以下の範囲から外れ、BaTiO<sub>3</sub>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。

[0055] (実験例2) 誘電体層を構成するセラミックの主成分：CaZrO<sub>3</sub>

1. 誘電体層を構成するCaZrO<sub>3</sub>系セラミック原料の作製

出発原料として、主成分のCaCO<sub>3</sub>およびZrO<sub>2</sub>の各粉末、ならびに副成分のMnO、SiO<sub>2</sub>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、CaZrO<sub>3</sub>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「ABO<sub>3</sub>酸化物」の粉末と上記誘電体層のためのCaZrO<sub>3</sub>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「ABO<sub>3</sub>酸化物」の粉末とCaZrO<sub>3</sub>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。

[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／金属銀）」が示されている。なお、試料18については、銀の6配位でのイオン半径（1.15 Å）に対する、Ca元素の表1に示した6配位でのイオン半径（1.00 Å）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CaZrO<sub>3</sub>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。

[0060] 4. 評価

[0061] [表3]

表3

試料	ABO <sub>3</sub> 酸化物	添加比率〔体積%〕		イオン半径比 (Aサイト元素 /金属銀)	カバレッジ 〔%〕	評価
		ABO <sub>3</sub> 酸化物	CaZrO <sub>3</sub>			
11	AgTiO <sub>3</sub>	100	0	1.00	84	○
12	EuTiO <sub>3</sub>	100	0	1.02	84	○
13	NaTiO <sub>3</sub>	100	0	0.89	83	○
14	CuTiO <sub>3</sub>	100	0	0.63	75	×
15	AgTiO <sub>3</sub>	10	90	1.00	83	○
16	EuTiO <sub>3</sub>	10	90	1.02	82	○
17	NaTiO <sub>3</sub>	10	90	0.89	81	○
18	—	—	100	0.87	72	×

[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ABO<sub>3</sub>酸化物としてAgTiO<sub>3</sub>、EuTiO<sub>3</sub>およびNaTiO<sub>3</sub>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、銀を含んでいる。

[0064] ここで、イオン半径について注目すると、まず、表1の「 $\text{AgTiO}_3$ 」の項に示すように、銀の6配位でのイオン半径は1.15 Å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 $\text{ABO}_3$ 酸化物として $\text{AgTiO}_3$ 、 $\text{EuTiO}_3$ および $\text{NaTiO}_3$ 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、1.15 Å、1.17 Åおよび1.02 Åである。

[0065] 「○」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、 $\text{ABO}_3$ 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0.89以上かつ1.02以下である。

[0066] このように、試料11～13および15～17における $\text{ABO}_3$ 酸化物としての $\text{AgTiO}_3$ 、 $\text{EuTiO}_3$ および $\text{NaTiO}_3$ は、 $\text{ABO}_3$ 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銀の6配位でのイオン半径に等しいか、近いので、内部電極中の銀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、 $\text{AgTiO}_3$ 、 $\text{EuTiO}_3$ および $\text{NaTiO}_3$ の添加比率は、必ずしも100%ではなく、10%以上であれば、 $\text{AgTiO}_3$ 、 $\text{EuTiO}_3$ および $\text{NaTiO}_3$ 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。

[0068] これらに対して、「×」と評価された試料14では、 $\text{ABO}_3$ 酸化物として、 $\text{CuTiO}_3$ が用いられ、 $\text{ABO}_3$ 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 Åである。したがって、銀の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0.63である。すなわち、「イオン半径

比」は0.89以上かつ1.02以下の範囲から外れ、カバレッジが75%と低くなった。

[0069] また、同じく「×」と評価された試料18では、共材としてのCaZrO<sub>3</sub>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ABO<sub>3</sub>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る、Caの6配位でのイオン半径は、表1に示すように、1.00Åである。したがって、銀の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0.87である。よって、「イオン半径比」は0.89以上かつ1.02以下の範囲から外れ、カバレッジが72%と低くなった。

[0070] これら試料14および18では、「イオン半径比」は0.89以上かつ1.02以下の範囲から外れ、CaZrO<sub>3</sub>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：SrTiO<sub>3</sub>

1. 誘電体層を構成するSrTiO<sub>3</sub>系セラミック原料の作製

出発原料として、主成分のSrCO<sub>3</sub>およびTiO<sub>2</sub>の各粉末、ならびに副成分のMnO、SiO<sub>2</sub>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、SrTiO<sub>3</sub>系セラミック原料粉末を得た。

[0072] 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「ABO<sub>3</sub>酸化物」の粉末と上記誘電体層のためのSrTiO<sub>3</sub>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。

[0073] これら「ABO<sub>3</sub>酸化物」の粉末とSrTiO<sub>3</sub>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。

[0074] 表4には、表2の場合と同様、「イオン半径比（Aサイト元素／金属銀）」が示されている。なお、試料28については、銀の6配位でのイオン半径（1.15 Å）に対する、Sr元素の表1に示した6配位でのイオン半径（1.18 Å）の比率が示されている。

### [0075] 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SrTiO<sub>3</sub>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。

### [0076] 4. 評価

#### [0077] [表4]

表4

試料	ABO <sub>3</sub> 酸化物	添加比率〔体積％〕		イオン半径比 (Aサイト元素 /金属銀)	カバレッジ 〔％〕	評価
		ABO <sub>3</sub> 酸化物	SrTiO <sub>3</sub>			
21	AgTiO <sub>3</sub>	100	0	1.00	83	○
22	EuTiO <sub>3</sub>	100	0	1.02	83	○
23	NaTiO <sub>3</sub>	100	0	0.89	82	○
24	CuTiO <sub>3</sub>	100	0	0.63	72	×
25	AgTiO <sub>3</sub>	10	90	1.00	82	○
26	EuTiO <sub>3</sub>	10	90	1.02	82	○
27	NaTiO <sub>3</sub>	10	90	0.89	80	○
28	—	—	100	1.03	70	×

[0078] 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。

### [0079] 5. 考察

表4の試料21～23および25～27は、「評価」が「○」である。これら試料21～23および25～27では、内部電極がABO<sub>3</sub>酸化物としてAgTiO<sub>3</sub>、EuTiO<sub>3</sub>およびNaTiO<sub>3</sub>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、銀を含んでいる。

[0080] ここで、イオン半径について注目すると、まず、表1の「AgTiO<sub>3</sub>」の

項に示すように、銀の6配位でのイオン半径は1.15 Å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 $ABO_3$ 酸化物として $AgTiO_3$ 、 $EuTiO_3$ および $NaTiO_3$ 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、1.15 Å、1.17 Åおよび1.02 Åである。

[0081] 「○」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、 $ABO_3$ 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0.89以上かつ1.02以下である。

[0082] このように、試料21～23および25～27における $ABO_3$ 酸化物としての $AgTiO_3$ 、 $EuTiO_3$ および $NaTiO_3$ は、 $ABO_3$ 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銀の6配位でのイオン半径に等しいか、近いので、内部電極中の銀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、 $AgTiO_3$ 、 $EuTiO_3$ および $NaTiO_3$ の添加比率は、必ずしも100%ではなく、10%以上であれば、 $AgTiO_3$ 、 $EuTiO_3$ および $NaTiO_3$ 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。

[0084] これらに対して、「×」と評価された試料24では、 $ABO_3$ 酸化物として、 $CuTiO_3$ が用いられ、 $ABO_3$ 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 Åである。したがって、銀の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0.63である。すなわち、「イオン半径比」は0.89以上かつ1.02以下の範囲から外れ、カバレッジが72%と低くなった。

[0085] また、同じく「×」と評価された試料28では、共材としての $\text{SrTiO}_3$ 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 $\text{ABO}_3$ 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る、Srの6配位でのイオン半径は、表1に示すように、 $1.18 \text{ \AA}$ である。したがって、銀の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 $1.03$ である。よって、「イオン半径比」は $0.89$ 以上かつ $1.02$ 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 $0.89$ 以上かつ $1.02$ 以下の範囲から外れ、 $\text{SrTiO}_3$ 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。

[0087] この発明の実施態様には、次のようなものがある。

[0088] <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、導電成分として銀を含むとともに、 $\text{AgTiO}_3$ 、 $\text{EuTiO}_3$ および $\text{NaTiO}_3$ 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。

[0089] <2>

前記内部電極は、 $1 \mu\text{m}$ 以下の厚みを有する、<1>に記載の積層セラミックコンデンサ。

[0090] <3>

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

[0091] <4>

前記誘電体層は、 $BaTiO_3$ 、 $SrTiO_3$ 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、前記内部電極は、前記誘電体層に含まれる $BaTiO_3$ 、 $SrTiO_3$ および $CaZrO_3$ から選ばれる少なくとも1種をさらに含む、 $\langle 1 \rangle$ ないし $\langle 3 \rangle$ のいずれかに記載の積層セラミックコンデンサ。

### 符号の説明

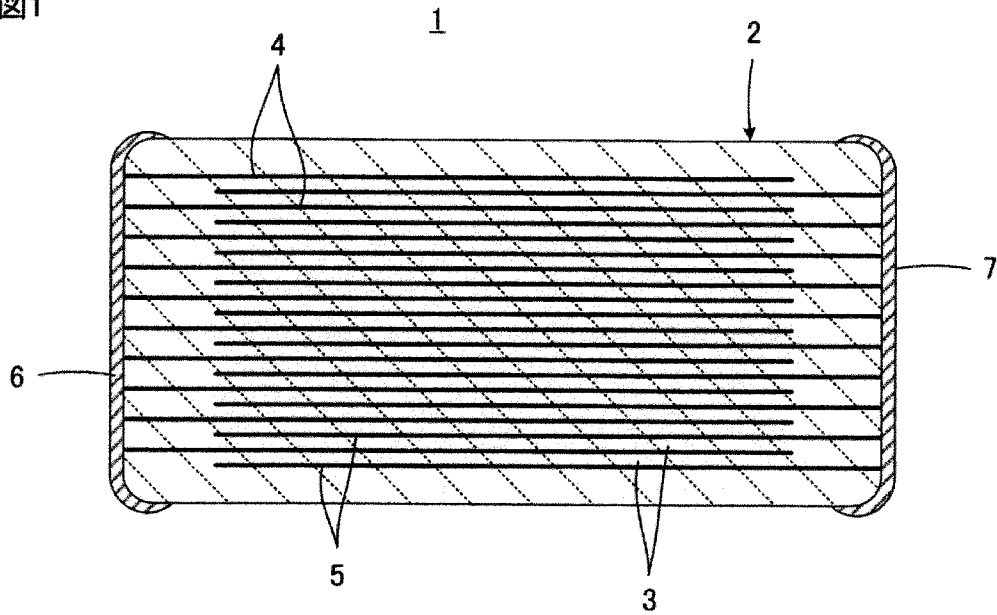
- [0092]    1   積層セラミックコンデンサ  
          2   積層体  
          3   誘電体層  
          4, 5   内部電極  
          6, 7   外部電極

## 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、導電成分として銀を含むとともに、 $\text{AgTiO}_3$ 、 $\text{EuTiO}_3$ および $\text{NaTiO}_3$ 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、 $1\ \mu\text{m}$ 以下の厚みを有する、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、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4] 前記誘電体層は、 $\text{BaTiO}_3$ 、 $\text{SrTiO}_3$ および $\text{CaZrO}_3$ 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、前記内部電極は、前記誘電体層に含まれる $\text{BaTiO}_3$ 、 $\text{SrTiO}_3$ および $\text{CaZrO}_3$ から選ばれる少なくとも1種をさらに含む、請求項1ないし3のいずれかに記載の積層セラミックコンデンサ。

[図1]

図1



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/017694

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b>		
<b>H01G 4/30</b> (2006.01)i FI: H01G4/30 516; H01G4/30 201D; H01G4/30 201L; H01G4/30 515		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b>		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) H01G4/30		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Published examined utility model applications of Japan 1922-1996 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2023 Registered utility model specifications of Japan 1996-2023 Published registered utility model applications of Japan 1994-2023		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 7-192528 A (NEC CORP.) 28 July 1995 (1995-07-28) paragraphs [0013]-[0018], [0020]-[0035]	1
Y		2-4
Y	JP 6-45183 A (MATSUSHITA ELECTRIC IND. CO., LTD.) 18 February 1994 (1994-02-18) paragraphs [0008]-[0014], fig. 1	2-4
Y	JP 5-304043 A (TOSHIBA CORP.) 16 November 1993 (1993-11-16) paragraphs [0018]-[0022], [0027], [0028]	2-4
Y	JP 2020-202245 A (TAIYO YUDEN CO., LTD.) 17 December 2020 (2020-12-17) paragraphs [0014]-[0017], [0025], fig. 1, 2	4
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search <b>19 July 2023</b>		Date of mailing of the international search report <b>01 August 2023</b>
Name and mailing address of the ISA/JP <b>Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan</b>		Authorized officer  Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No.

**PCT/JP2023/017694**

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 7-192528 A	28 July 1995	(Family: none)	
JP 6-45183 A	18 February 1994	(Family: none)	
JP 5-304043 A	16 November 1993	(Family: none)	
JP 2020-202245 A	17 December 2020	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H01G 4/30(2006.01)i FI: H01G4/30 516; H01G4/30 201D; H01G4/30 201L; H01G4/30 515		
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） H01G4/30 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2023年 日本国実用新案登録公報 1996-2023年 日本国登録実用新案公報 1994-2023年		
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X	JP 7-192528 A (日本電気株式会社) 28.07.1995 (1995-07-28) 段落0013-0018, 0020-0035	1
Y		2-4
Y	JP 6-45183 A (松下電器産業株式会社) 18.02.1994 (1994-02-18) 段落0008-0014, 図1	2-4
Y	JP 5-304043 A (株式会社東芝) 16.11.1993 (1993-11-16) 段落0018-0022, 0027-0028	2-4
Y	JP 2020-202245 A (太陽誘電株式会社) 17.12.2020 (2020-12-17) 段落0014-0017, 0025, 図1, 2	4
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの “E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの “L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） “O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 “P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献 “T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの “X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの “Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの “&” 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日	19.07.2023	国際調査報告の発送日 01.08.2023
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官）  木下 直哉 5D 3858  電話番号 03-3581-1101 内線 3551	

国際調査報告  
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2023/017694

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 7-192528 A	28.07.1995	(ファミリーなし)	
JP 6-45183 A	18.02.1994	(ファミリーなし)	
JP 5-304043 A	16.11.1993	(ファミリーなし)	
JP 2020-202245 A	17.12.2020	(ファミリーなし)	