

(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
2016 年 9 月 1 日(01.09.2016)



(10) 国際公開番号

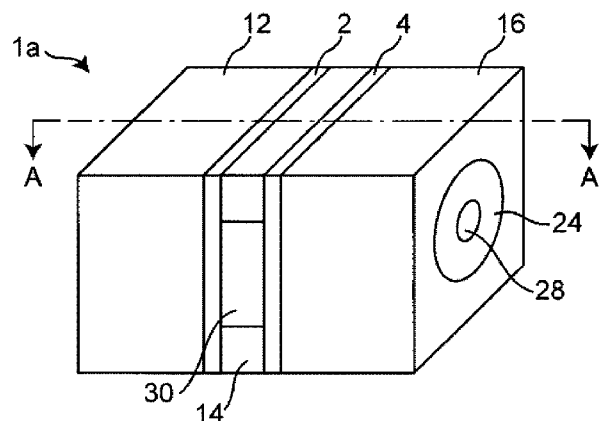
WO 2016/136771 A1

- (51) 国際特許分類:
H01G 7/06 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/055338
- (22) 国際出願日: 2016 年 2 月 24 日(24.02.2016)
- (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 2015-039341 2015 年 2 月 27 日(27.02.2015) 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 〇 番 1 号 Kyoto (JP).
- (72) 発明者: 景山 恵介(KAGEYAMA, Keisuke); 〒6178555 京都府長岡京市東神足 1 丁目 1 〇 番 1 号 株式会社村田製作所内 Kyoto (JP).
- (74) 代理人: 鮫島 睦, 外(SAMEJIMA, Mutsumi et al.); 〒5300017 大阪府大阪市北区角田町 8 番 1 号梅田阪急ビルオフィスタワー青山特許事務所 Osaka (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, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, 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, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, 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, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, 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, 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:
— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: VARIABLE CAPACITANCE ELEMENT

(54) 発明の名称: 可変容量素子

図1



(57) Abstract: A variable capacitance element is provided which is characterized by comprising multiple variable capacitance layers which are configured from a dielectric material, multiple pairs of electrodes which are positioned on both primary surfaces of the variable capacitance layers and face one another with a variable capacitance layer therebetween, multiple insulating units and at least one pair of extraction units, and is characterized in that the multiple variable capacitance layers and the multiple insulating units are alternately laminated together to form a laminate, the variable capacitance layers and the pairs of electrodes configure multiple capacitor structures, and the extraction unit is electrically connected at one end to an electrode configuring a capacitor structure, passes through an insulating unit, and is electrically connected at the other end to an external electrode or another electrical element.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2016/136771 A1

本発明は、誘電体材料から構成される複数の可変容量層と、可変容量層の両主表面上に可変容量層を介して対向して位置する複数の対の電極と、複数の絶縁部と、少なくとも1対の引き出し部とを有してなり、上記複数の可変容量層および上記複数の絶縁部は、交互に積層され、積層体を形成し、上記複数の可変容量層と上記複数の対の電極は、複数のコンデンサ構造を構成し、上記引き出し部は、その一端において上記コンデンサ構造を構成する電極に電氣的に接続され、絶縁部を貫通して、他端において外部電極または他の電気要素と電氣的に接続されることを特徴とする可変容量素子を提供する。

明 細 書

発明の名称：可変容量素子

技術分野

[0001] 本発明は、可変容量素子に関する。

背景技術

[0002] 可変容量素子として、誘電体層の誘電率を印加電圧により変化させることにより、静電容量を変化させる可変容量素子が知られている。

[0003] 例えば、特許文献1には、化学溶液堆積（Chemical Solution Deposition；（CSD））法およびスパッタ法により、強誘電体薄膜および薄膜電極をそれぞれ形成した可変容量素子が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：国際公開第2013／061985号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 特許文献1により得られる素子は、電極の厚みが薄く、表皮深さ（skin depth）を満たすことができないこと、および、電極形成後のアニール処理における剥離を防止するため電極材料がPtまたはAuに限定され、高周波で低損失なAgまたはCuが使用できないことにより、導電損が比較的大きくなる。また、特許文献1の図5において、キャパシタ電極PT1、PT2に挟まれた強誘電体膜FS2で静電容量を取得しているので、強誘電体膜FS2の特性によって、静電容量値、温度特性、静電容量の可変率などが決まり、特性の設計自由度が小さいという問題もある。

[0006] 従って、本発明の目的は、高周波での損失が小さく、静電容量値、温度特性、静電容量の可変率などの素子特性の設計の自由度が高い可変容量素子を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0007] 本発明者は、上記問題を解消すべく鋭意検討した結果、複数の誘電体層と複数の対の電極から構成され、複数のコンデンサ構造を有する可変容量素子とすることにより、静電容量値、温度特性、静電容量の可変率等の特性を自由に設計できることを見出した。また、電極および引き出し部を素子本体とは別に焼結することができる構成を採用することにより、高周波での使用に適し、低損失な銅または銀を電極材料として使用できることを見出した。

[0008] 従って、本発明の第1の要旨によれば、
誘電体材料から構成される複数の可変容量層と、
可変容量層の両主表面上に可変容量層を介して対向して位置する複数の対の電極と、
複数の絶縁部と、
少なくとも1対の引き出し部と、
を有してなり、
上記複数の可変容量層および上記複数の絶縁部は、交互に積層され、積層体を形成し、
上記複数の可変容量層と上記複数の対の電極は、複数のコンデンサ構造を構成し、
上記引き出し部は、その一端において上記コンデンサ構造を構成する電極に電氣的に接続され、絶縁部を貫通して、他端において外部電極または他の電気要素と電氣的に接続されることを特徴とする、可変容量素子が提供される。

発明の効果

[0009] 本発明によれば、可変容量素子において、複数の誘電体層と複数の対の電極により複数のコンデンサ構造を構成することによって、可変容量素子全体の静電容量値、温度特性、静電容量の可変率等の特性を自由に設計できる可変容量素子が提供される。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]図1は、本発明の1つの実施形態における可変容量素子1aの概略斜視

図である。

[図2]図2は、図1の実施形態における可変容量素子1aのA-A'での概略断面図である。

[図3]図3は、図1の実施形態における可変容量素子1aの積層体の概略分解斜視図である。

[図4]図4は、本発明の別の実施形態における可変容量素子1bの概略斜視図である。

[図5]図5は、図4の実施形態における可変容量素子1bのA-A'での概略断面図である。

[図6]図6は、コンデンサ構造を1つのみ含む形態の可変容量素子101の概略斜視図である。

[図7]図7は、図6の実施形態における可変容量素子101のA-A'での概略断面図である。

[図8]図8は、本発明の可変容量素子の概略断面図における電極部周辺の拡大図である。

[図9]図9は、比較例1および2の可変容量素子の静電容量の温度特性静電容量を示すグラフである。

[図10]図10は、実施例1および2の可変容量素子の静電容量の温度特性静電容量を示すグラフである。

[図11]図11は、実施例3および4の可変容量素子の静電容量の温度特性静電容量を示すグラフである。

発明を実施するための形態

[0011] 本発明の可変容量素子について、以下、図面を参照しながら詳細に説明する。但し、本実施形態の可変容量素子および各構成要素の形状および配置等は、図示する例に限定されない。

[0012] 図1および図2に示すように、本発明の一の実施形態の可変容量素子1aは、概略的には、可変容量層2および4と、電極6、8および10と、絶縁部12、14および16と、引き出し部18および20と、外部電極22お

よび 24 とを有してなる。可変容量層と絶縁部は、絶縁部 12、可変容量層 2、絶縁部 14、可変容量層 4、絶縁部 16 の順で積層されている。電極 6 および 10 は可変容量層 2 を介して対向して位置し、これらは一のコンデンサ構造を構成し、電極 8 および 10 は可変容量層 4 を介して対向して位置し、これらは別のコンデンサ構造を構成し、これらのコンデンサ構造は電氣的に直列に配置されている。電極 6 は、絶縁部 12 を貫通するビアホール 26 中に存在する引き出し部 18 の一端に電氣的に接続されており、引き出し部 18 の他端は、外部電極 22 に電氣的に接続されている。同様に、電極 8 は、絶縁部 16 を貫通するビアホール 28 中に存在する引き出し部 20 の一端に電氣的に接続されており、引き出し部 20 の他端は、外部電極 24 に電氣的に接続されている。電極 10 は、絶縁部 14 内に形成された開口部 30 内に位置し、可変容量層 2 を含むコンデンサ構造および可変容量層 4 を含むコンデンサ構造における電極の両方として機能する。

[0013] 本発明の別の実施形態において、可変容量素子 1b は、複数のコンデンサ構造が並列に配置されている。

[0014] 図 4 および図 5 に示すように、この実施形態の可変容量素子 1b は、概略的には、可変容量層 42 および 44 と、電極 46、48、50 および 52 と、絶縁部 54、56 および 58 と、引き出し部 60、62、64 および 66 と、外部電極 68 および 70 とを有してなる。可変容量層と絶縁部は、絶縁部 54、可変容量層 42、絶縁部 56、可変容量層 44、絶縁部 58 の順で積層されている。電極 46 および 48 は、可変容量層 42 を介して対向して位置し、これらは一のコンデンサ構造を構成し、電極 50 および 52 は、可変容量層 44 を介して対向して位置し、これらは別のコンデンサ構造を構成し、これらのコンデンサ構造は電氣的に並列に配置されている。電極 46 は、絶縁部 54 を貫通するビアホール 72 中に存在する引き出し部 60 の一端に電氣的に接続されており、引き出し部 60 の他端は、外部電極 68 に電氣的に接続されている。同様に、電極 48 は、絶縁部 56 および 58 ならびに可変容量層 44 を貫通するビアホール 74 中に存在する引き出し部 62 の一

端に電氣的に接続されており、引き出し部62の他端は、外部電極70に電氣的に接続されている。また、電極50は、絶縁部54および56ならびに可変容量層42を貫通するビアホール76中に存在する引き出し部64の一端に電氣的に接続されており、引き出し部64の他端は、外部電極68に電氣的に接続されている。同様に、電極52は、絶縁部58を貫通するビアホール78中に存在する引き出し部66の一端に電氣的に接続されており、引き出し部66の他端は、外部電極70に電氣的に接続されている。

[0015] 上記可変容量層は、1種またはそれ以上の誘電体材料から構成される。誘電体材料の厚みおよび種類を調整することにより、可変容量素子の容量を調整することができる。

[0016] 上記誘電体材料としては、誘電性である材料であれば特に限定されないが、強誘電体材料が好ましい。強誘電体材料を用いることにより、可変容量素子の容量および静電容量可変率をより大きくすることができる。

[0017] 上記強誘電体材料としては、特に限定されないが、Ba、Sr、Nb、Ti、ZrおよびBiから選択される1種またはそれ以上、好ましくは2種以上の元素を含む材料が好ましい。特に好ましい誘電体材料としては、(i) BaおよびSrの少なくとも1種、および、(ii) TiおよびZrの少なくとも1種を含む材料が挙げられる。このような強誘電体材料としては、例えば、Ba、SrおよびTiを含む焼結セラミック、ならびにBa、ZrおよびTiを含む焼結セラミックから選択される1種またはそれ以上の強誘電体材料、例えば、 $(Ba_x Sr_y) TiO_3$ 、 $Ba (Zr_x Ti_y) O_3$ [式中、xおよびyは、0より大きく1未満であり、xとyの和は1である] が挙げられる。また、別の好ましい強誘電体材料として、Nbを含む材料、例えばBi、ZnおよびNbを含む焼結セラミック、例えば $(Bi_x Zn_y) Nb_2 O_7$ が挙げられる。

[0018] 一の態様において、本発明の可変容量素子に含まれる複数の可変容量層は、それぞれ同じ材料から構成されても、異なる材料から構成されていてもよい。好ましい態様において、複数の可変容量層は、その内の少なくとも1つ

が、好ましくは全部が異なる材料から構成される。異なる材料から構成される可変容量層を用いることにより、可変容量素子の特性の設計の自由度が高くなる。

[0019] 可変容量層の厚みは、特に限定されないが、例えば $0.5\mu\text{m}$ 以上 $100\mu\text{m}$ 以下、好ましくは $1\mu\text{m}$ 以上 $10\mu\text{m}$ 以下、より好ましくは $1\mu\text{m}$ 以上 $5\mu\text{m}$ 以下である。可変容量素子の容量を大きくするという観点から、可変容量層の厚みは、 $10\mu\text{m}$ 以下であることが好ましく、絶縁性を確実に確保するために、 $1\mu\text{m}$ 以上であることが好ましい。

[0020] 本発明の可変容量素子において、対の電極が、可変容量層の両主表面上に対向して位置する。この可変容量素子と、対の電極によりコンデンサ構造が形成される。この電極と可変容量層との接触面の面積を変更することにより、可変容量素子の容量を調整することができる。なお、可変容量素子中のコンデンサ構造が電氣的に直列に配置されている場合、中間にある電極（例えば、図2における電極10）は、2つのコンデンサ構造の電極を兼ねることができ、この場合、引き出し部に接続されていなくてもよい。

[0021] 該対の電極は、対向していれば可変容量層のいずれの箇所に、いずれの大きさ、いずれの形状で存在していてもよいが、可能な限り、互いに同じ大きさ、同じ形状であり、可変容量層に対して対称に配置することが好ましい。

[0022] 電極を構成する材料としては、導電性であれば特に限定されないが、Ag、Cu、Pt、Ni、Al、Pd、Au、モネル（Ni-Cu合金）等が挙げられる。中でも、高周波での導電損が低いことから、AgまたはCuが好ましい。

[0023] 電極の厚みは、特に限定されないが、例えば $0.5\mu\text{m}$ 以上であることが好ましい。電極の厚みを $0.5\mu\text{m}$ 以上とすることにより、抵抗をより低減し、また、表皮深さ（skin depth）を確保することができる。

[0024] 本発明の可変容量素子において、複数のコンデンサ構造は、すべて同じ静電容量を有していてもよく、異なる静電容量を有していてもよい。

[0025] 一の態様において、複数のコンデンサ構造の内少なくとも1つのコンデン

サ構造は、他のコンデンサ構造と異なる静電容量を有する。このように複数のコンデンサ構造の静電容量を、異なる静電容量とすることにより、可変容量素子の特性を調整することができる。なお、各コンデンサ構造の静電容量は、電極の大きさ、可変容量層の材料、厚み等を変更することにより調整することができる。

[0026] 本発明の可変容量素子において、引き出し部は、電極に電氣的に接続されており、電極を可変容量素子の外部に引き出す機能を有する。可変容量素子 1 a および 1 b においては、引き出し電極は外部電極に接続されているが、外部電極は必須ではなく、引き出し部が直接他の電気要素、例えば配線、リード等に接続されていてもよい。

[0027] 好ましい態様において、対の引き出し部（例えば、図 2 における引き出し部 1 8 および 2 0、図 5 における引き出し部 6 0 および 6 2、ならびに引き出し部 6 4 および 6 6）は、可変容量層に対して略垂直な同軸上にあることを特徴とする。「可変容量層に対して略垂直」とは、可変容量層と軸がなす角が、実質的に 90° であることを意味し、例えば 80° 以上 90° 以下、好ましくは 85° 以上 90° 以下、より好ましくは 88° 以上 90° 以下であることを意味する。このように配置することにより、浮遊容量を低減することが可能になる。

[0028] 引き出し部を構成する材料としては、導電性であれば特に限定されないが、Ag、Cu、Pt、Ni、Al、Pd、Au、モネル（Ni-Cu 合金）等が挙げられる。中でも、高周波での導電損が低いことから、Ag または Cu が好ましい。

[0029] 好ましくは、引き出し部は、上記電極と同じ材料から構成され、電極と一体に形成される。即ち、本実施態様において、電極 6 および引き出し部 1 8、ならびに電極 8 および引き出し部 2 0 は、それぞれ別個の部材として図示しているが、これらは一の部材として一体に形成されていてもよい。

[0030] 引き出し部の形状は、特に限定されないが、例えば円柱形、円錐台形、角柱形、角錐台形、これらの中空体、例えば中空円柱形、中空円錐台形とする

ことができる。製造の容易性の観点から、中空または中実の円柱または円錐台形が好ましい。この引き出し部の軸方向の長さは、特に限定されず、所望の素子の大きさに応じて適宜選択できる。

[0031] 引き出し部の厚みは、表皮深さ (skin depth) を確保できる厚みであれば特に限定されない。

[0032] 本発明の可変容量素子において、絶縁部は、可変容量層を挟み込むように位置する。

[0033] 絶縁部を形成する材料は、絶縁性の材料であれば特に限定されず、例えばセラミック材料、樹脂等を用いることができる。可変容量層と同時焼成が可能であることから、セラミック材料が好ましい。

[0034] 上記セラミック材料としては、特に限定されず一般的な絶縁性セラミック材料を用いることができ、例えば、ガラス、金属酸化物、金属窒化物、金属炭化物の焼結体などが挙げられる。

[0035] 一の態様において、上記セラミック材料は、上記可変容量層を構成する誘電体材料と同じものであってもよい。可変容量層を構成する誘電体材料と同一の材料を用いることにより、絶縁部と可変容量層の熱膨張率の差がなくなり、焼結時に両者間に生じる応力を抑制することができる。

[0036] 別の態様において、上記セラミック材料は、上記可変容量層を構成する誘電体材料よりも低誘電率の材料であってもよい。絶縁部を構成するセラミック材料の誘電率を低くすることにより、可変容量素子の浮遊容量を小さくすることができ、この結果、静電容量可変率をより大きくすることができる。

[0037] 上記セラミック材料の比誘電率は、特に限定されないが、好ましくは500以下、より好ましくは300以下、さらに好ましくは100以下、さらに好ましくは30以下である。

[0038] 絶縁部の厚さ（可変容量層に垂直な方向の厚さ）は、特に限定されず、所望の素子の大きさに応じて適宜選択できる。

[0039] 本発明の可変容量素子において、積層体の両端に位置する絶縁部（例えば、図2の絶縁部12および16、図5の絶縁部54および58）は、少なく

とも1つの貫通口（ビアホール）を有する。貫通口の内部には、引き出し部が存在する。また、コンデンサ構造を電氣的に並列に配置する場合には、絶縁層に加え、適宜、可変容量層（例えば、図5の可変容量層4 2および4 4）も貫通口を有し得る。

[0040] 本発明の可変容量素子は、その両端面（図2および図5における左右に存在する面）に、外部電極を有している。なお、この実施態様においては、外部電極を設けているが、これは必須の要素ではなく、外部電極を設置せずに、引き出し部を外部の配線に直接接続してもよい。

[0041] 外部電極を形成する材料としては、導電性であれば特に限定されないが、Ag、Cu、Pt、Ni、Al、Pd、Au、モネル（Ni-Cu合金）等が挙げられる。好ましくは、上記電極および引き出し部と同じ材料が用いられる。

[0042] 以上、本発明について説明したが、本発明は上記した可変容量素子1 aおよび1 bに限定されるものではなく、種々の改変が可能である。

[0043] 例えば、本発明の可変容量素子は、可変容量素子の面の内、可変容量層の主表面に対して垂直な面の少なくとも1つに導体部を有していてもよい。このような導体部を設置することにより、電磁波の放射損失を低減することができる。

[0044] 上記した本実施形態の可変容量素子1 aは、例えば、以下のようにして製造される。

[0045] まず、誘電体材料から可変容量層2および4を形成する。

[0046] 誘電体材料を、シート状に成形して、誘電体シートを形成する。例えば、誘電体材料を、バインダ樹脂および有機溶剤を含む有機ビヒクルと混合／混練し、シート状に成形することにより誘電体シートを得てよいが、これに限定されるものではない。この誘電体シートを、複数枚積層し、圧着して、可変容量層2および4を得る。誘電体シート1枚を、可変容量層として用いることもできる。

[0047] 次に、絶縁性材料から絶縁部1 2、1 4および1 6を形成する。

[0048] 例えば、絶縁性材料がセラミック材料である場合、上記可変容量層と同様にセラミック材料を、バインダ樹脂および有機溶剤を含む有機ビヒクルと混合／混練し、シート状に成形することによりセラミックシートを得てよい。このセラミックシートを所望の厚さに積層し、圧着して、セラミックシートの積層体（以下、セラミック積層体ともいう）を得る。ついで、セラミック積層体に引き出し部を形成するための貫通口 26 または 28、あるいは電極 10 を形成するための開口部 30 を形成して、絶縁部 12、14 および 16 を得る。貫通口および開口部の形成手段は、特に限定されず、例えばレーザーまたはメカニカルパンチを用いて形成することができる。形成した貫通口および開口部には、圧着時の変形を防止するために、例えばカーボンペーストなどを充填してもよい。

[0049] 次いで、図 3 に示すように、絶縁部 12、可変容量層 2、絶縁部 14、可変容量層 4、絶縁部 16 の順に、絶縁部 12 および 16 の貫通口が同軸上となり、その軸が絶縁部 14 の開口部 30 を通るように積層して、圧着して、積層体を得たのち、カット機などで個片に切り分ける。

[0050] 次いで、上記で得られた積層体を焼成して、電極および引き出し部を形成するために貫通口および開口部内部に導電性材料を、導体ペースト、例えば銀ペーストとして充填し、さらに外部電極を形成するために貫通口が露出した面に導体ペーストを塗布し再度焼成するか、あるいは、貫通口内部および外部電極形成部にスパッタ法、無電解メッキ法などにより導電性材料の膜を形成する。

[0051] 以上のようにして、本実施形態の可変容量素子 1a が製造される。

[0052] 上記した本実施形態の可変容量素子 1b は、上記と同様にして製造することができる。ただし、可変容量素子 1b は、コンデンサ構造が並列に配置されているので、各コンデンサ構造毎に引き出し部を有し、それに伴い、適宜可変容量層にも貫通口（ビアホール）を形成する必要がある。

[0053] なお、本発明の可変容量素子 1a および 1b の製造方法は当該実施形態に限定されるものではなく、種々の改変が可能である。

- [0054] 例えば、セラミック積層体を形成する場合、上記では積層体を得た後に、貫通口を形成したが、これに限定されず、例えば、セラミックペーストを印刷し、フォトリソグラフィー法により貫通口を設けつつ積層してもよい。
- [0055] また、上記では、可変容量層および絶縁部を焼成した後に、電極および引き出し部を形成しているが、例えば、セラミックシートを積層しながら導体ペーストを充填する、可変容量層とセラミック積層体を積層する前に貫通口に導体ペーストを充填する、または可変容量層とセラミック積層体を積層した後焼成前に導体ペーストを充填し、全体を同時に焼成してもよい。
- [0056] また、別法として、可変容量層の主表面上に電極用の導体ペーストを塗布し、次いで絶縁部を積層して、貫通口に導体ペーストを充填してもよい。
- [0057] 好ましくは、上記実施形態のように、可変容量層および絶縁部を焼成した後に、導体ペーストを焼成して電極および引き出し部を形成する。このように別個に焼成することにより、可変容量層および絶縁部の焼成温度よりも低い融点を有する金属、例えばA gまたはC uを電極および引き出し部の材料として用いることが可能になる。

実施例

[0058] 比較例 1 および 2

・比較例の可変容量素子の作製

比較例として、図 6 および図 7 に示す可変容量素子 1 0 1 と同様の構成を有する比較例を作製した。

図 7 に示すような絶縁部 1 0 2 を作製するため、 SrCO_3 、 TiO_2 および ZrO_2 粉末を準備し、組成比が $\text{Sr}(\text{Ti}_{0.5}\text{Zr}_{0.5})\text{O}_3$ になるように秤量した。次いで、秤量物を、ボールミルに入れて、湿式で 16 時間混合、粉碎し、乾燥後、 1200°C で 2 時間仮焼した。得られた仮焼物を、再びボールミルに入れて、湿式で 16 時間粉碎した後、バインダおよび可塑剤を加え、ドクターブレード法により、 $30\mu\text{m}$ の厚みにシート状に成形した。得られたシートを所定の大きさに打ち抜いた後、複数枚積み重ね、仮圧着した。積み重ね枚数は両端部の絶縁部それぞれ 20 枚とした。次いで、得られた

積層体にレーザーで、図7に示すようなビアホール106を形成し、カーボンペーストをビアホールに充填してビア埋めした。

[0059] 次に、図7に示すような可変容量層104を2種作製する。まず、 BaCO_3 、 SrCO_3 、 TiO_2 および ZrO_2 粉末を準備し、組成比がそれぞれ($\text{Ba}_{0.6}\text{Sr}_{0.4}$) TiO_3 および $\text{Ba}(\text{Zr}_{0.8}\text{Ti}_{0.2})\text{O}_3$ となるように秤量した。次いで、それぞれの秤量物を、ボールミルに入れて、湿式で16時間混合、粉碎し、乾燥後、1200℃で2時間仮焼した。得られた仮焼物を、再びボールミルに入れて、湿式で16時間粉碎した後、バインダおよび可塑剤を加え、ドクターブレード法により、所定の厚みにシート状に成形した。得られたシートを所定の大きさに打ち抜いた。

[0060] 次に、上記のように作製した絶縁部となる積層体、および可変容量層となるシートを、図7に示すように、積層体、シート、積層体の順で積み重ね、100MPaで圧着し、温間等方圧プレス(Warm Isostatic Press; WIP)にて60℃、200MPaで圧着して積層体を得た。次いで、得られた積層体を、ダイサーを用いて個片(焼成後の大きさが長さ $L=1.0\text{mm}$ 、幅 $W=0.5\text{mm}$ 、高さ $T=0.5\text{mm}$ となるように)に切り分けた。得られた個片化した積層体を焼成炉に入れて、400℃の温度でバインダおよび可塑剤を除去した後、1250～1350℃に昇温し、2時間保持して焼成した。

[0061] 次に、電極107および引き出し部108を形成するためのAgペーストをビアホール内に充填し、外部電極110を形成するためにビアが露出した部分に同じAgペーストを塗布し、750℃で焼成して、図6および図7に示される構造を有する比較例1および2の試料(可変容量素子)を得た。なお、静電容量値については、図8に示した対向部分の径 d を所定の径とすることにより調整した。

[0062] このようにして作製した比較例1および2の試料について、各試料を温度槽に入れ、インピーダンスアナライザ(アジレント・テクノロジー社製:HP4294A)を用い、電圧1V_{rms}、周波数1kHzの条件で、-40

～＋９０℃の温度範囲での静電容量を測定した。次いで、比較例１および２の試料に、所定の直流電圧を印加し、電圧１Ｖｒｍｓ、周波数１ｋＨｚの条件で、静電容量を測定し、容量可変率を測定した。結果を図９および表１に示す。

[0063] [表１]

試料番号	可変容量層を形成する材料	静電容量の温度変化率 (%)		可変率 (%、 0.5 V/μm)
		最大値	最小値	
比較例 1	(Ba _{0.6} Sr _{0.4}) TiO ₃	116	-23.0	42
比較例 2	Ba (Zr _{0.8} Ti _{0.2}) O ₃	14.7	-58.4	45

[0064] なお、表１において、静電容量の温度変化率の最大値および最小値は、下記式から算出する変化率が、－３０℃～＋６０℃の温度範囲でそれぞれ最大および最小となる変化率である。

$$\text{変化率} (\Delta C_t / C_{20}) = (C_t - C_{20}) / C_{20} \times 100 (\%)$$

C_t : 温度 t における容量値

C_{20} : ２０℃における容量値

[0065] また、表１において、容量可変率は、下記式から算出した変化率である。

$$\text{容量可変率} = (C_{ap0} - C_{apDC}) / C_{ap0} \times 100 (\%)$$

C_{apDC} : 所定の直流電圧を印加したときの静電容量値

C_{ap0} : 直流電圧を印加しない状態での静電容量値

[0066] 実施例

図１および図２に示すように、可変容量で形成されるコンデンサ構造が直列に連結した構造を有する可変容量素子（実施例１）、および図４および図５に示すように、並列に連結した構造を有する可変容量素子（実施例２）を下記のように作製した。

[0067] 実施例１

図１に示した絶縁部を作製するため、上記比較例で作製した絶縁部を形成するためのシートを複数枚積み重ね、仮圧着した。得られた積層体にレーザーを用いて図３に示すようなビアホール、および開口部を形成し、さらにカーボンペーストを充填した。積み重ね枚数は両端部の絶縁部を２０枚、中央

部の絶縁部を5枚とした。

[0068] 次に、上記比較例で作製した可変容量層を形成するためのシートを準備し、図3に示すように、積層体（絶縁部）、可変容量層を形成するためのシート（材料： $(\text{Ba}_{0.6}\text{Sr}_{0.4})\text{TiO}_3$ ）、積層体（中央部の絶縁部）、可変容量層を形成するためのシート（材料： $\text{Ba}(\text{Zr}_{0.8}\text{Ti}_{0.2})\text{O}_3$ ）、積層体（絶縁部）の順で積み重ね、100MPaで圧着し、温間等方圧プレス（Warm Isostatic Press; WIP）にて60℃、200MPaで圧着して積層体を得た。次いで、得られた積層体を、ダイサーを用いて個片（焼成後の大きさが長さ $L=1.0\text{mm}$ 、幅 $W=0.5\text{mm}$ 、高さ $T=0.5\text{mm}$ となるように）に切り分けた。得られた個片化した積層体を焼成炉に入れて、400℃の温度でバインダおよび可塑剤を除去した後、1300～1400℃に昇温し、2時間保持して焼成した。

[0069] 次に、Agペーストをビアホール内に充填し、外部電極を形成するためにビアが露出した部分に同じAgペーストを塗布し、750℃で焼成して、図1および図2に示されるような構造を有する実施例1の試料（コンデンサ構造が直列に連結した可変容量素子）を得た。

[0070] なお、可変容量層で得られる静電容量値については、厚みおよび対向部分の直径 d を調整することにより、室温/20℃における、 $(\text{Ba}_{0.6}\text{Sr}_{0.4})\text{TiO}_3$ で形成されるコンデンサ構造の容量を約36pFとし、 $\text{Ba}(\text{Zr}_{0.8}\text{Ti}_{0.2})\text{O}_3$ で形成されるコンデンサ構造の容量を約56pFに調整した。

[0071] 実施例2

実施例1と同様にして、図4および図5に示すような構造を有するコンデンサ構造が並列に連結した可変容量素子（実施例2）の試料を作製した。

[0072] 可変容量層の材料は、実施例1と同様に、 $(\text{Ba}_{0.6}\text{Sr}_{0.4})\text{TiO}_3$ および $\text{Ba}(\text{Zr}_{0.8}\text{Ti}_{0.2})\text{O}_3$ を用いた。静電容量は、 $(\text{Ba}_{0.8}\text{Sr}_{0.2})\text{TiO}_3$ で形成されるコンデンサ構造部分の容量が約36pFとなり、 $\text{Ba}(\text{Zr}_{0.8}\text{Ti}_{0.2})\text{O}_3$ で形成されるコンデンサ構造部分の容量が約

56 pF になるように調整した。

[0073] 上記のように作製した実施例1および2の試料について、比較例と同様に、各試料を温度槽に入れ、インピーダンスアナライザ（アジレント・テクノロジー社製：HP4294A）を用い、電圧1V_{rms}、周波数1kHzの条件で、−40〜+90℃の温度範囲での静電容量を測定した。また、比較例と同様に、容量可変率を求めた。結果を図10および表2に示す。

[0074] [表2]

試料番号	コンデンサ構造の連結	可変容量層を形成する材料		静電容量の温度変化率(%)		可変率(%, 0.5 V/μm)
				最大値	最小値	
実施例1	直列	(Ba _{0.6} Sr _{0.4})TiO ₃	Ba(Zr _{0.8} Ti _{0.2})O ₃	0.0	−26.8	52
実施例2	並列	(Ba _{0.6} Sr _{0.4})TiO ₃	Ba(Zr _{0.8} Ti _{0.2})O ₃	19.4	−2.8	51

[0075] 上記の結果から、可変容量素子において各可変容量層を形成する材料として別個の材料を用い、それぞれの材料の可変容量層で取得する容量値を調整することにより、一つの材料しか用いない比較例の可変容量素子とは全く異なる温度特性を得ることができることが示された。従って、可変容量層の材料および容量を調整することにより、温度特性および静電容量を調整することができ、用途に合わせた可変容量素子を設計することが可能になる。特に、コンデンサ構造を並列で連結した実施例2は、−30〜+60℃の温度範囲で静電容量の変化率が±10%以下で、温度特性の変化が小さかった。また、実施例1および2の試料についても可変容量素子として機能するのが確認できた。

[0076] 実施例3および4

可変容量層を形成する材料として、それぞれ、(Ba_{0.6}Sr_{0.4})TiO₃およびBa(Zr_{0.8}Ti_{0.2})O₃を用い、厚みおよび対向部分の直径dを調整することにより、室温/20℃における、(Ba_{0.8}Sr_{0.2})TiO₃で形成されるコンデンサ構造の容量を約19 pFとし、Ba(Zr_{0.8}Ti_{0.2})O₃で形成されるコンデンサ構造の容量を約56 pFに調整して、実施例1および2と同様にして実施例3（直列）および実施例4（並列）の可変容

量素子を作製した。

[0077] 実施例 1 および 2 と同様に、 $-40 \sim +90^{\circ}\text{C}$ の温度範囲での静電容量の温度特性を測定した。また、実施例 1 および 2 と同様に、容量可変率を測定した。結果を図 11 および表 3 に示す。

[0078] [表3]

試料 番号	コンデン サ構造の 連結	可変容量層を形成する材料		静電容量の 温度変化率(%)		可変率 (%, 0.5 V/ μm)
				最大値	最小値	
実施例3	直列	$(\text{Ba}_{0.6}\text{Sr}_{0.4})\text{TiO}_3$	$\text{Ba}(\text{Zr}_{0.8}\text{Ti}_{0.2})\text{O}_3$	4.7	-14.8	45
実施例4	並列	$(\text{Ba}_{0.6}\text{Sr}_{0.4})\text{TiO}_3$	$\text{Ba}(\text{Zr}_{0.8}\text{Ti}_{0.2})\text{O}_3$	20.6	-10.6	40

[0079] この実施例の場合、実施例 1 および 2 と異なり、直列で連結した実施例 3 において、 $-30 \sim +60^{\circ}\text{C}$ の温度範囲で静電容量の変化率が $\pm 15\%$ 以下となり、温度特性の変化が小さい可変容量素子を得ることができた。

[0080] 以上の結果から、静電容量を取得する可変容量層を異なる材料で形成すること、それぞれの可変容量層で得られる静電容量値を適宜選択すること、および／または、複数のコンデンサ構造の配置を直列または並列から適宜選択することにより、単一の材料で形成した一つの可変容量層のみを有する可変容量場合よりも、静電容量の温度変化率を小さくすることができると確認された。また、以上の結果から、可変容量素子の温度特性、静電容量値などは、可変容量層の材料、各コンデンサ構造の静電容量を調整することにより適宜設定することができるので、設計の自由度が高くなる。

産業上の利用可能性

[0081] 本発明の保護素子は、RFID (Radio Frequency Identification) システムなど多種多様な電子機器に用いることができる。

符号の説明

[0082] 1 a …可変容量素子； 1 b …可変容量素子； 2 …可変容量層；
4 …可変容量層； 6 …電極； 8 …電極； 10 …電極； 12 …絶縁部；
14 …絶縁部； 16 …絶縁部； 18 …引き出し部； 20 …引き出し部；
22 …外部電極； 24 …外部電極； 26 …ビアホール；

28…ビアホール；30…開口部；42…可変容量層；
44…可変容量層；46…電極；48…電極；50…電極；
52…電極；54…絶縁部；56…絶縁部；58…絶縁部；
60…引き出し部；62…引き出し部；64…引き出し部；
66…引き出し部；68…外部電極；70…外部電極；
72…ビアホール；74…ビアホール；76…ビアホール；
78…ビアホール；101…可変容量素子；102…絶縁部；
104…可変容量層；106…ビアホール；107…電極；
108…引き出し部；110…外部電極

請求の範囲

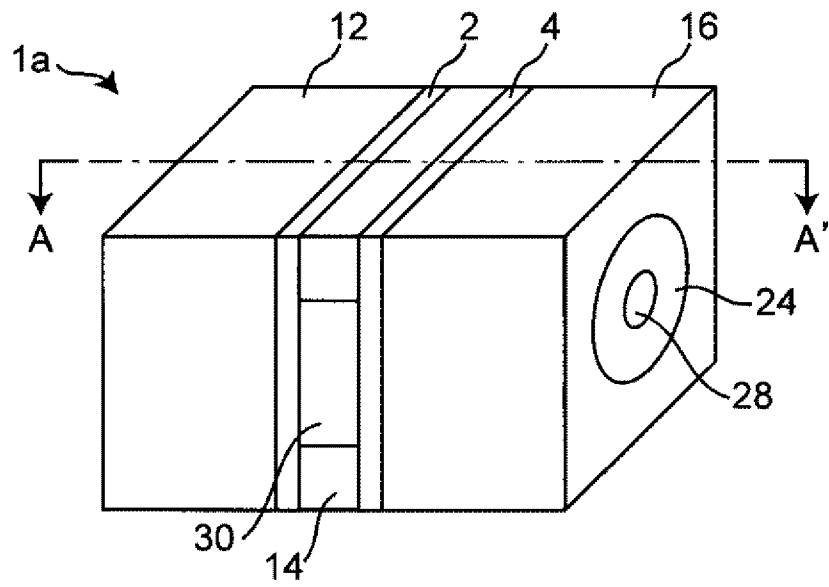
- [請求項1] 誘電体材料から構成される複数の可変容量層と、
可変容量層の両主表面上に可変容量層を介して対向して位置する複数の対の電極と、
複数の絶縁部と、
少なくとも1対の引き出し部と、
を有してなり、
上記複数の可変容量層および上記複数の絶縁部は、交互に積層され、積層体を形成し、
上記複数の可変容量層と上記複数の対の電極は、複数のコンデンサ構造を構成し、
上記引き出し部は、その一端において上記コンデンサ構造を構成する電極に電氣的に接続され、絶縁部を貫通して、他端において外部電極または他の電気要素と電氣的に接続されること
を特徴とする、可変容量素子。
- [請求項2] 複数のコンデンサ構造が、電氣的に並列に配置されていることを特徴とする、請求項1に記載の可変容量素子。
- [請求項3] 複数のコンデンサ構造が、電氣的に直列に配置されていることを特徴とする、請求項1に記載の可変容量素子。
- [請求項4] 複数のコンデンサ構造の内少なくとも1つのコンデンサ構造が、他のコンデンサ構造と異なる静電容量を有することを特徴とする、請求項1～3のいずれかに記載の可変容量素子。
- [請求項5] 複数の可変容量層が、異なる誘電体材料から形成される少なくとも2種の可変容量層を含むことを特徴とする、請求項1～4のいずれかに記載の可変容量素子。
- [請求項6] 可変容量層が、(i) BaおよびSrの少なくとも1種、および、
(ii) TiおよびZrの少なくとも1種を含むことを特徴とする、
請求項1～5のいずれかに記載の可変容量素子。

[請求項7] 対の引き出し部が、可変容量層に略垂直な同軸上にあることを特徴とする請求項1～6のいずれかに記載の可変容量素子。

[請求項8] 電極および引き出し部が、A gまたはC uから構成されていることを特徴とする請求項1～7のいずれかに記載の可変容量素子。

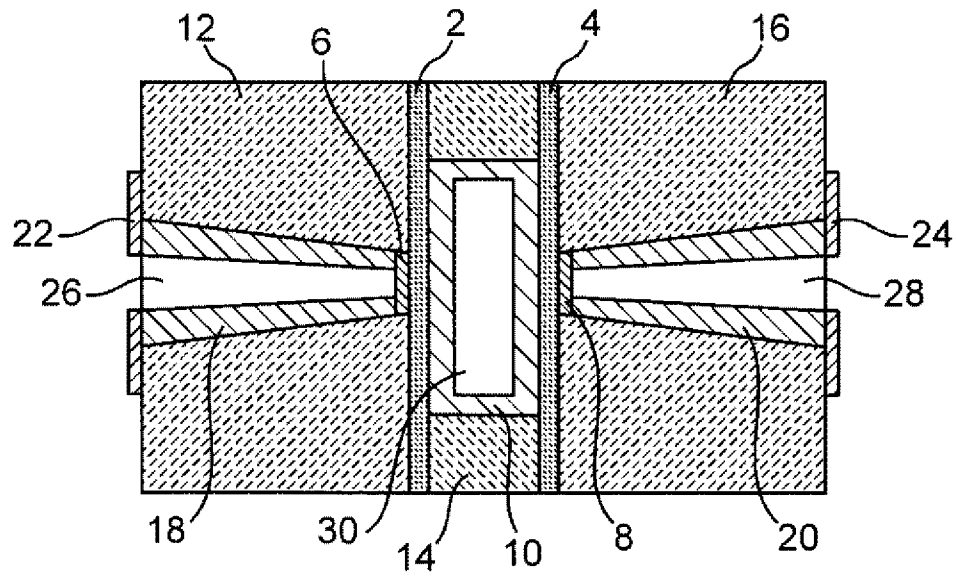
[図1]

図1



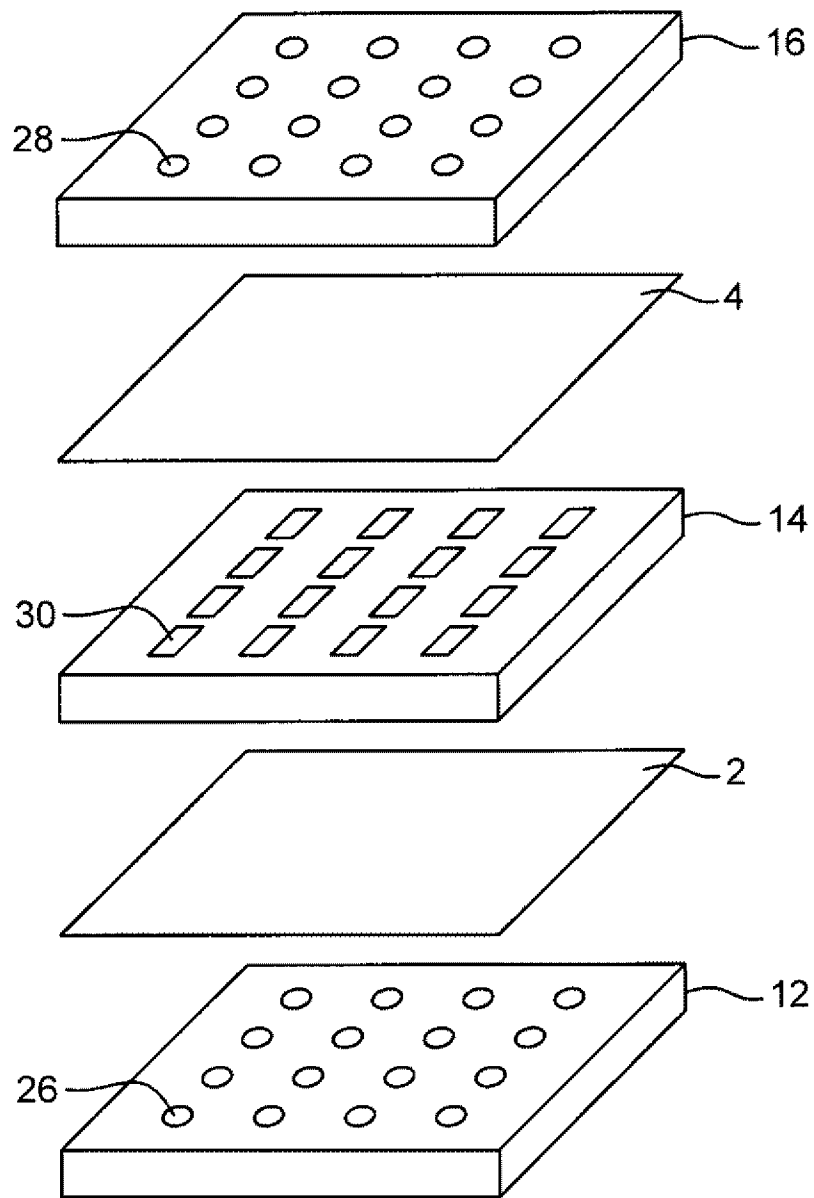
[図2]

図2



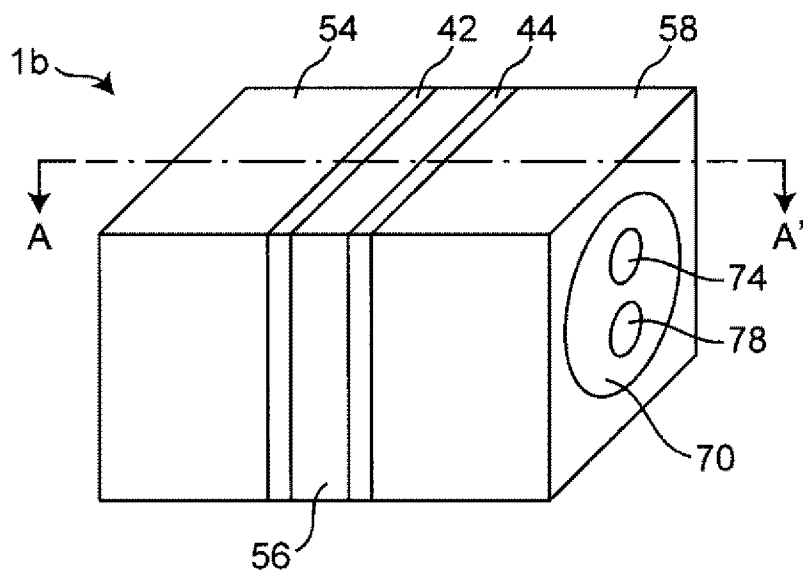
[図3]

図3



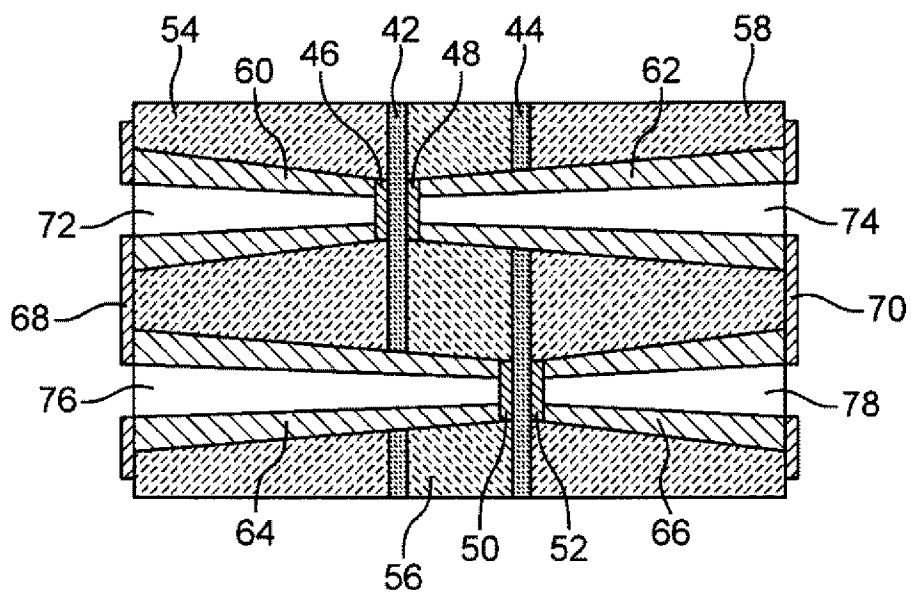
[図4]

図4



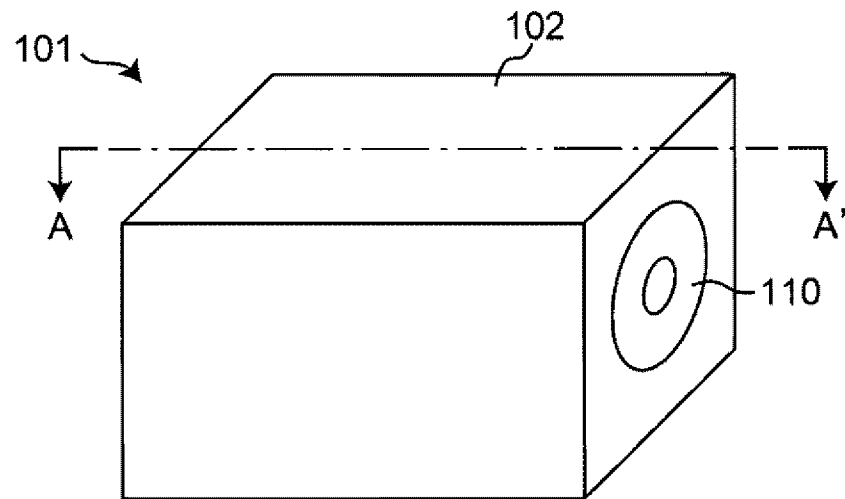
[図5]

図5



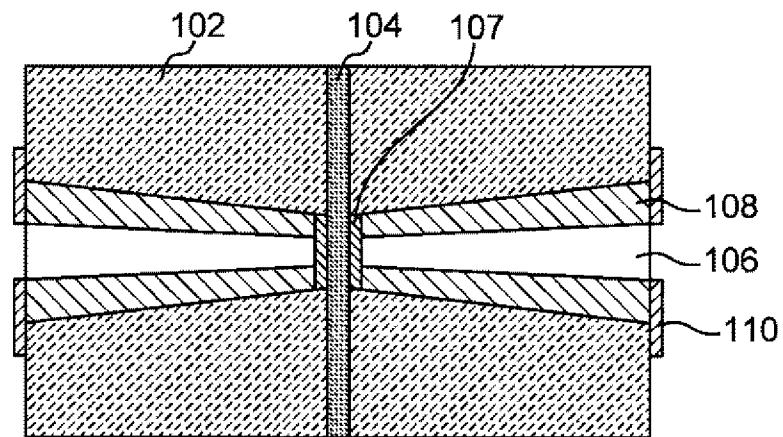
[図6]

図6



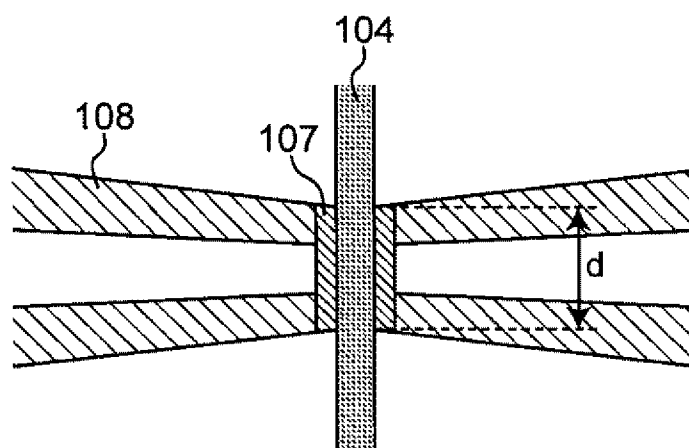
[図7]

図7



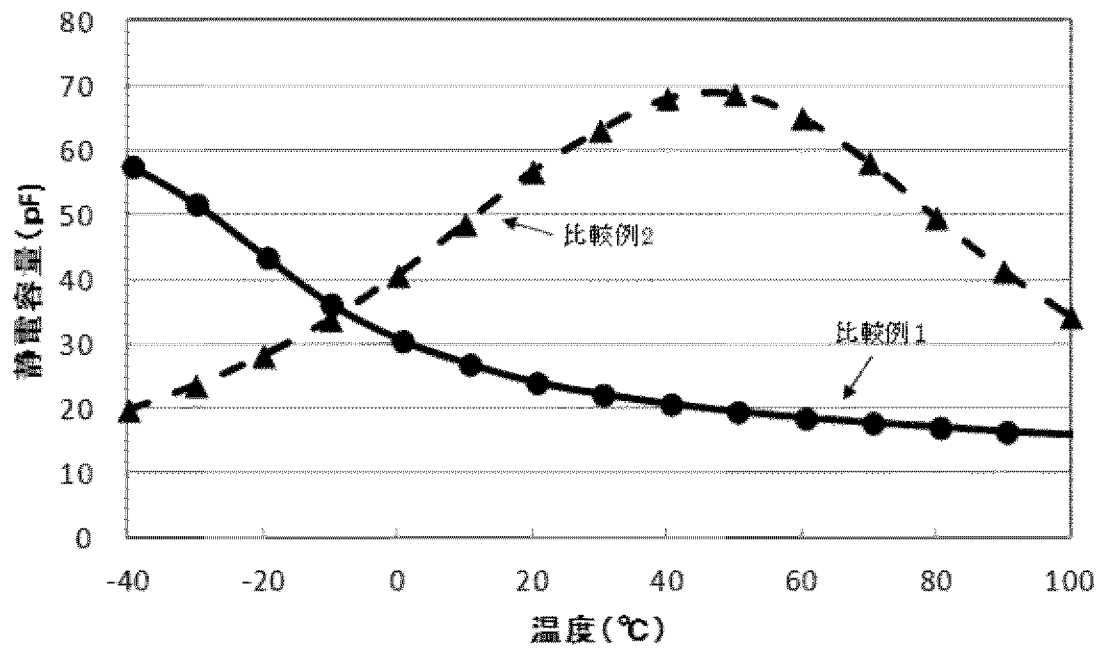
[図8]

図8



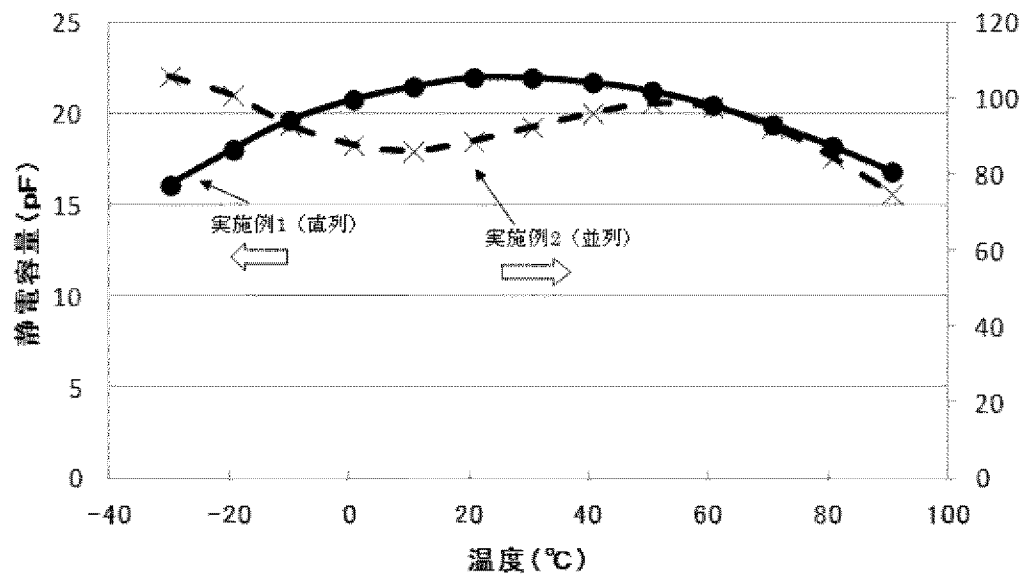
[図9]

図9



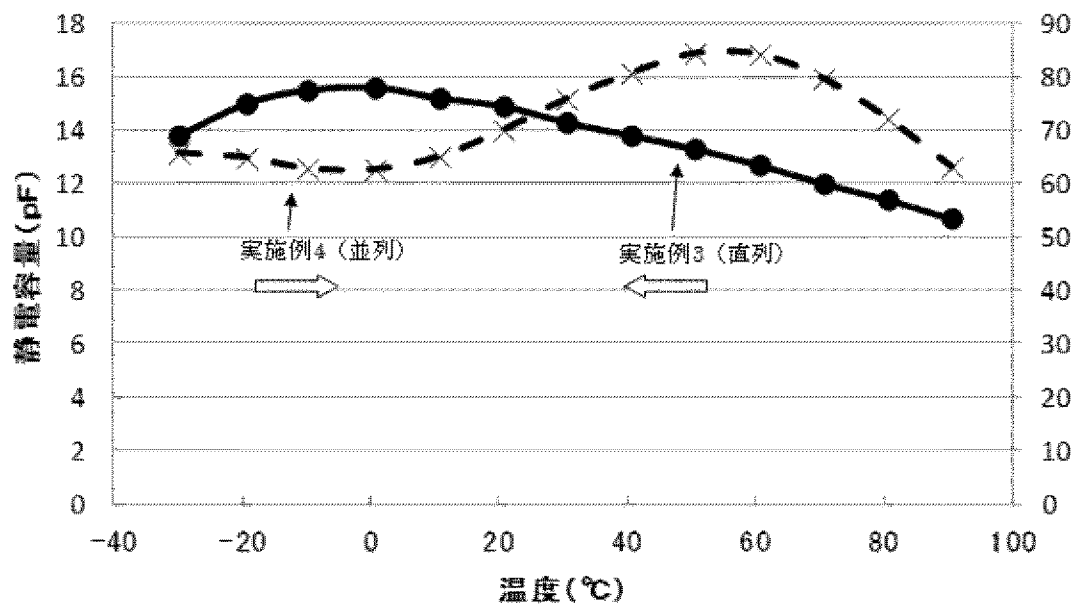
[図10]

図10



[図11]

図11



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/055338

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01G7/06(2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01G7/06

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2013-536989 A (Epcos AG.), 26 September 2013 (26.09.2013), paragraphs [0014] to [0027]; fig. 1 to 4 & WO 2012/028659 A2 & EP 2612333 A & DE 102010036270 A & CN 103210456 A	1-4, 6-8 5
Y	JP 10-223475 A (Mitsubishi Materials Corp.), 21 August 1998 (21.08.1998), paragraphs [0009] to [0016] (Family: none)	1-4, 6-8
Y	JP 2006-245367 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 14 September 2006 (14.09.2006), paragraphs [0012] to [0025] (Family: none)	8

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ 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
28 April 2016 (28.04.16)

Date of mailing of the international search report
17 May 2016 (17.05.16)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/055338

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2013/183472 A1 (Murata Mfg. Co., Ltd.), 12 December 2013 (12.12.2013), paragraphs [0044] to [0056]; fig. 4 & CN 204442303 U	1-8

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. H01G7/06(2006.01)i

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））

Int.Cl. H01G7/06

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	1971-2016年
日本国実用新案登録公報	1996-2016年
日本国登録実用新案公報	1994-2016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
Y A	JP 2013-536989 A（エプコス アーゲー）2013.09.26, 段落[0014]-[0027], [図1]-[図4] & WO 2012/028659 A2 & EP 2612333 A & DE 102010036270 A & CN 103210456 A	1-4, 6-8 5
Y	JP 10-223475 A（三菱マテリアル株式会社）1998.08.21, 段落[0009]-[0016] （ファミリーなし）	1-4, 6-8

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ 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矛盾するものではなく、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

28.04.2016

国際調査報告の発送日

17.05.2016

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

柴垣 俊男

5D

4062

電話番号 03-3581-1101 内線 3551

C (続き) . 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
Y	JP 2006-245367 A (松下電器産業株式会社) 2006. 09. 14, 段落[0012]-[0025] (ファミリーなし)	8
A	WO 2013/183472 A1 (株式会社村田製作所) 2013. 12. 12, 段落[0044]-[0056], [図 4] & CN 204442303 U	1-8