

(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
2011 年 9 月 9 日(09.09.2011)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2011/108701 A1

- (51) 国際特許分類:
H01F 1/34 (2006.01) H01F 17/00 (2006.01)
C04B 35/30 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2011/055061
- (22) 国際出願日: 2011 年 3 月 4 日(04.03.2011)
- (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 2010-049457 2010 年 3 月 5 日(05.03.2010) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 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; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてののみ): 中村 彰宏 (NAKAMURA Akihiro) [JP/JP]; 〒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). 山本 篤史 (YAMAMOTO Atsushi) [JP/JP]; 〒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). 野宮 裕子 (NOMIYA Yuko)

[JP/JP]; 〒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).

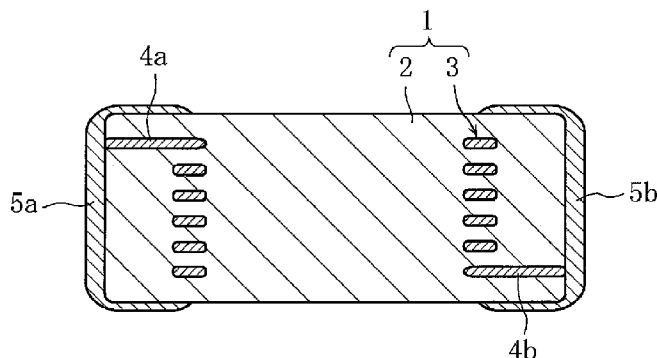
- (74) 代理人: 國弘 安俊 (KUNIHIRO Yasutoshi); 〒5320011 大阪府大阪市淀川区西中島 5 丁目 1 4 - 1 0 サムティ新大阪フロントビル 1 0 階 Osaka (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, 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, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, 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,

[続葉有]

(54) Title: CERAMIC ELECTRONIC COMPONENT AND METHOD FOR PRODUCING CERAMIC ELECTRONIC COMPONENT

(54) 発明の名称: セラミック電子部品、及びセラミック電子部品の製造方法

[図1]



(57) Abstract: Disclosed is a ceramic electronic component comprising a magnetic body part (2) formed of a ferrite material and a conductive part (3) comprising Cu as the main component, wherein the magnetic body part (2) contains trivalent Fe and divalent element(s) including at least divalent Ni and the content of said Fe, in terms of Fe_2O_3 , is 20-48 mol%. The magnetic body part (2) contains Mn in such an amount that the ratio of Mn to the sum of Fe and Mn, in terms of Mn_2O_3 and Fe_2O_3 respectively, is less than 50 mol%. The magnetic body part (2) and the conductive part (3) are formed by simultaneously baking in an atmosphere with a pressure equal to or lower than the equilibrium oxygen partial pressure for Cu-Cu₂O. Thus, high insulation properties can be ensured and good electrical characteristics can be obtained, even by simultaneously baking the conducting part (3) comprising Cu as the main component and the magnetic body part (2).

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2011/108701 A1



NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI 添付公開書類:

(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, — 国際調査報告 (条約第 21 条(3))
NE, SN, TD, TG).

フェライト材料からなる磁性体部 2 と、Cu を主成分とする導電部 3 とを有し、磁性体部 2 は、3 価の Fe と少なくとも 2 価の Ni を含む 2 価元素とを含有すると共に、前記 Fe の含有量が、 Fe_2O_3 に換算し、モル比で 20 ~ 48 % である。Fe 及び Mn の総計に対する Mn の比率が、 Mn_2O_3 及び Fe_2O_3 にそれぞれ換算し、モル比で 50 % 未満の範囲で磁性体部 2 は Mn を含有している。磁性体部 2 と導電部 3 とは $\text{Cu}-\text{Cu}_2\text{O}$ の平衡酸素分圧以下の雰囲気中で同時焼成されてなる。これにより Cu を主成分とする導電部 3 と磁性体部 2 とを同時焼成しても、絶縁性を確保でき、良好な電気特性を得ることができるようになる。

明 細 書

発明の名称：

セラミック電子部品、及びセラミック電子部品の製造方法

技術分野

[0001] 本発明はセラミック電子部品、及びセラミック電子部品の製造方法に関し、より詳しくは、フェライト材料からなる磁性体部とCuを主成分とした導電部とを有するコイル部品等のセラミック電子部品とその製造方法に関する。

背景技術

[0002] 従来より、Ni-Zn等のスピネル型結晶構造を有するフェライト系磁器を使用したセラミック電子部品が広く使用されており、フェライト材料の開発も盛んに行なわれている。

[0003] 例えば、特許文献1には、フェライト母体の原料組成が、Ni-Zn系フェライト100重量部に対し、PbO成分を0.3重量部以上5.0重量部以下の割合で添加した銅導体一体焼成型フェライト素子が提案されている。

[0004] さらに、この特許文献1には、フェライト母体の原料組成が、Ni-Zn系フェライト100重量部に対し、PbO成分を0.3重量部以上5.0重量部以下、B₂O₃成分を0.03重量部以上1.5重量部以下、SiO₂成分を0.03重量部以上1.5重量部以下の割合で添加した銅導体一体焼成型フェライト素子が提案されている。

[0005] この特許文献1では、フェライト材料にPbO、又はPbO、B₂O₃、SiO₂の低融点のガラス成分を添加することにより、窒素雰囲気下、950～1030℃の低温での焼成を可能としている。

[0006] また、特許文献2には、Fe₂O₃が44～47mol%、CuOが5～13mol%、ZnOが15～23mol%、残部が実質的にNiOからなる主成分に対して、副成分としてMn₂O₃を0.1～0.5wt%含有する組成を有し、平均結晶粒径が0.7～1.2μmである焼結体から構成される酸化物磁性

材料が提案されている。

[0007] この特許文献2では、0.1～0.5wt%の Mn_2O_3 を含有させて比抵抗 ρ の向上を図ると共に、内部電極材料にAgを使用することにより、内部電極用ペーストと酸化物磁性層用ペーストとを同時焼成し、これにより焼結密度を低下させることなく、品質係数Qが良好で直流重畳特性に優れた積層型インダクタを得ている。

[0008] また、この特許文献2には、内部電極材料としてCu系材料を使用することも可能であると記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0009] 特許文献1：特公平7-97525号公報（請求項1、請求項2、第（3）頁第5欄第7行目～同頁同欄第8行目）

特許文献2：特開2006-219306号公報（請求項1、段落番号〔0013〕、〔0019〕、〔0035〕）

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0010] Ni-Zn系フェライトは、大気雰囲気中で焼成されるのが一般的であり、例えば、積層コイル部品の場合は、通常、内部電極材料にAgを使用し、930℃以下の低温でフェライト材料と内部電極材料とを同時焼成している。

[0011] 一方、生産コスト等を考慮すると、低抵抗で導通性に優れかつAgよりも安価なCuを主成分としたCu系材料を内部電極材料に使用するのが望ましい。

[0012] しかしながら、 $\text{Cu}-\text{Cu}_2\text{O}$ の平衡酸素分圧と $\text{Fe}_2\text{O}_3-\text{Fe}_3\text{O}_4$ の平衡酸素分圧との関係から、800℃以上の高温ではCuと Fe_2O_3 とが共存する領域が存在しないことが知られている。

[0013] すなわち、800℃以上の温度では、 Fe_2O_3 の状態を維持するような酸化性雰囲気に酸素分圧を設定して焼成を行った場合、Cuも酸化されて Cu_2

Oを生成する。一方、Cu金属の状態を維持するような還元性雰囲気に酸素分圧を設定して焼成を行った場合は、 Fe_2O_3 が還元されて Fe_3O_4 を生成する。

[0014] したがって、特許文献1では、窒素雰囲気下、Cuとフェライト材料とを同時焼成しているものの、Cuと Fe_2O_3 とが共存する領域が存在しないことから、Cuが酸化しないような還元性雰囲気で焼成すると、 Fe_2O_3 が Fe_3O_4 に還元されるため比抵抗 ρ が低下し、このため電気特性の劣化を招くおそれがある。

[0015] しかも、特許文献1では、ガラス成分であるPbO、 B_2O_3 、 SiO_2 を添加しているため、焼成処理中にこれらのガラス成分が異常粒成長を引き起こして透磁率の低下等を招き、このため所望の良好な磁気特性を得るのが困難であり、またフェライト中にPbOが含有されるため、環境負荷の面でも問題がある。

[0016] また、特許文献2では、内部電極材料にCu系材料を使用することが可能と記載されているものの、Agを内部電極材料に使用し大気雰囲気で焼成した実施例しか記載されていない。

[0017] すなわち、Cuを主成分としたCu系材料を導電部に使用し、磁性体部と同時焼成する場合は、Cuの酸化を防ぐ観点から、還元性雰囲気での焼成が求められるが、上述したように800℃以上の高温ではCuと Fe_2O_3 とが共存する領域が存在しないことから、Cuの酸化を防ぐような還元性雰囲気で焼成すると、 Fe_2O_3 の還元を避けることができない。

[0018] しかしながら、特許文献2には、Cu系材料を導電部に使用した場合に生じる上述した課題が何ら記載されておらず、したがって、特許文献2からは、Cu系材料を導電部に使用した場合であっても、良好な絶縁性を有し、インピーダンス特性等の電気特性が良好なセラミック電子部品を得るのは困難である。

[0019] 本発明はこのような事情に鑑みなされたものであって、Cuを主成分とする導電部と磁性体部とを同時焼成しても、絶縁性を確保でき、良好な電気特

性を得ることができるコイル部品等のセラミック電子部品、及びセラミック電子部品の製造方法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

- [0020] 本発明者らは、一般式 $X_2O_3 \cdot MeO$ で表わされるスピネル型結晶構造のフェライト材料について鋭意研究を行ったところ、 Fe_2O_3 の含有量を 20 ~ 48 mol% (好ましくは、25 ~ 47 モル%、より好ましくは、30 ~ 46 mol%) の範囲に調整して他の含有成分を増量させ、かつ Fe 及び Mn に対する Mn の比率を、 Fe_2O_3 及び Mn_2O_3 に換算して 50% 未満とすることにより、所望の良好な絶縁性を得ることができ、これにより Cu 系材料とフェライト材料とを同時焼成しても、電気特性が良好なセラミック電子部品を得ることができるという知見を得た。
- [0021] 本発明はこのような知見に基づきなされたものであって、本発明に係るセラミック電子部品は、フェライト材料からなる磁性体部と、Cu を主成分とする導電部とを有し、前記磁性体部は、3 価の Fe と少なくとも 2 価の Ni を含む 2 価元素とを含有すると共に、前記 Fe の含有量が、 Fe_2O_3 に換算し、モル比で 20 ~ 48 % であり、かつ、前記 Fe 及び Mn の総計に対する Mn の比率が、 Mn_2O_3 及び Fe_2O_3 にそれぞれ換算し、モル比で 50% 未満 (0% を含む。) となるように、前記磁性体部は前記 Mn を含有していることを特徴としている。
- [0022] また、本発明のセラミック電子部品は、前記 Fe の含有量が、 Fe_2O_3 に換算し、モル比で 25 ~ 47 % であるのが好ましい。
- [0023] さらに、本発明のセラミック電子部品は、前記 Fe の含有量が、 Fe_2O_3 に換算し、モル比で 30 ~ 46 % であるのがより好ましい。
- [0024] また、 Fe_2O_3 の含有量が上述した 20 ~ 48 mol% の範囲内であれば、Fe 及び Mn の総計に対する Mn の比率を、 Mn_2O_3 及び Fe_2O_3 に換算し、モル比で 2% 以上とすることにより、良好な絶縁性を確保できると同時に、透磁率も向上することが分かった。
- [0025] すなわち、本発明のセラミック電子部品は、前記磁性体部は、前記 Fe 及

び前記Mnの総計に対する前記Mnの比率が、 Mn_2O_3 及び Fe_2O_3 に換算し、モル比で2%以上となるように、前記Mnを含有しているのが好ましい。

[0026] また、本発明のセラミック電子部品は、前記磁性体部が、CuOに換算し、モル比で10%以下のCuを含有しているのが好ましい。

[0027] また、本発明者らの更なる鋭意研究の結果、より一層良好な特性を得る観点からは、磁性体部にZnOを含有させるのが好ましいが、ZnOの含有量が33%を超えるとキュリー点 T_c が低下し、高温での動作保証が損なわれて信頼性の低下を招くおそれがあることが分かった。

[0028] すなわち、本発明のセラミック電子部品は、前記磁性体部が、ZnOに換算し、モル比で33%以下のZnを含有しているのが好ましい。

[0029] さらに、本発明者らの研究結果により、フェライトの透磁率 μ を考慮すると、ZnOの含有量は6mol%以上であるのが望ましいことが分かった。

[0030] すなわち、本発明のセラミック電子部品は、前記磁性体部が、ZnOに換算し、モル比で6%以上のZnを含有しているのが好ましい。

[0031] また、本発明のセラミック電子部品は、Cu-Cu₂Oの平衡酸素分圧以下の雰囲気中で焼成されてなるのが好ましい。

[0032] また、本発明のセラミック電子部品は、前記磁性体部と前記導電部とが同時焼成されてなるのが好ましい。

[0033] また、本発明のセラミック電子部品は、複数の前記磁性体部と複数の前記導電部とが交互に積層されているのが好ましい。

[0034] また、本発明のセラミック電子部品は、コイル部品であるのが好ましい。

[0035] また、本発明に係るセラミック電子部品の製造方法は、Fe化合物及び少なくともNi化合物を含む2価元素化合物を、 Fe_2O_3 に換算し、Fe化合物がモル比で20～48%となるように前記Fe化合物及び前記2価元素化合物を秤量すると共に、Fe及びMnの総計に対する前記Mnの比率が、 Mn_2O_3 及び Fe_2O_3 に換算し、モル比で50%未満（0%を含む。）となるようにMn化合物を秤量し、これら秤量物を混合した後、仮焼して仮焼粉末

を作製する仮焼工程と、前記仮焼粉末からセラミックグリーンシートを作製するセラミックグリーンシート作製工程と、Cuを主成分とする導電性ペーストを前記セラミックグリーンシートに塗布して所定パターンの導電膜を形成する導電膜形成工程と、前記導電膜が形成されたセラミックグリーンシートを所定順序に積層し、積層体を形成する積層体形成工程と、Cu-Cu₂Oの平衡酸素分圧以下の焼成雰囲気で前記積層体を焼成し、前記セラミックグリーンシートと前記導電膜とを同時焼成する焼成工程とを含んでいることを特徴としている。

発明の効果

- [0036] 上記セラミック電子部品によれば、フェライト材料からなる磁性体部と、Cuを主成分とする導電部とを有し、前記磁性体部は、3価のFeと少なくとも2価のNiを含む2価元素とを含有すると共に、前記Feの含有量が、Fe₂O₃に換算し、モル比で20～48%（好ましくは、25～47%、より好ましくは30～46%）であり、かつ、前記Fe及びMnの総計に対するMnの比率が、Mn₂O₃及びFe₂O₃にそれぞれ換算し、モル比で50%未満（0%を含む。）となるように、前記磁性体部は前記Mnを含有しているので、Cu系材料とフェライト材料とを同時焼成しても、比抵抗ρを向上させることができ、所望の絶縁性を確保することができる。
- [0037] 具体的には、比抵抗ρはlog ρで5.0以上の良好な絶縁性を得ることができる。そしてこれにより、インピーダンス特性等の電気特性の良好な所望のセラミック電子部品を得ることが可能となる。
- [0038] また、前記磁性体部が、前記Fe及び前記Mnの総計に対する前記Mnの比率が、Mn₂O₃及びFe₂O₃に換算し、モル比で2%以上となるように、前記Mnを含有することにより、より良好な絶縁性を確保できると共に、Mn無添加の場合に比べ透磁率を向上させることが可能となる。
- [0039] また、前記磁性体部が、CuOに換算し、モル比で10%以下のCuを含有することにより、インピーダンス特性の良好なセラミック電子部品を得ることができる。

- [0040] また、前記磁性体部が、 ZnO に換算し、モル比で33%以下の Zn を含有した場合は、十分なキュリー点を確保することができ、使用時の温度の高い条件下での動作が保証されたセラミック電子部品を得ることができる。
- [0041] さらに、磁性体部は、 ZnO に換算し、モル比で6%以上の Zn を含有することにより、良好な透磁率を確保することが可能となる。
- [0042] また、 $Cu-Cu_2O$ の平衡酸素分圧以下の雰囲気で焼成されてなるので、 Cu を主成分とする導電部を使用して磁性体部と同時焼成しても、 Cu が酸化されることなく、焼結させることができる。
- [0043] また、複数の前記磁性体部と複数の前記導電部とが交互に積層されているので、絶縁性が良好でインピーダンス特性等の電気特性が良好なコイル部品等の積層型のセラミック電子部品を得ることができる。
- [0044] また、本発明のセラミック電子部品の製造方法によれば、 Fe 化合物及び少なくとも Ni 化合物を含む2価元素化合物を、 Fe_2O_3 に換算し、 Fe 化合物がモル比で20~48%となるように前記 Fe 化合物及び前記2価元素化合物を秤量すると共に、 Fe 及び Mn の総計に対する前記 Mn の比率が、 Mn_2O_3 及び Fe_2O_3 に換算し、モル比で50%未満(0%を含む。)となるように Mn 化合物を秤量し、これら秤量物を混合した後、仮焼して仮焼粉末を作製する仮焼工程と、前記仮焼粉末からセラミックグリーンシートを作製するセラミックグリーンシート作製工程と、 Cu を主成分とする導電性ペーストを前記セラミックグリーンシートに塗布して所定パターンの導電膜を形成する導電膜形成工程と、前記セラミックグリーンシートを所定順序に積層し、積層体を形成する積層体形成工程と、 $Cu-Cu_2O$ の平衡酸素分圧以下の焼成雰囲気で前記積層体を焼成し、前記セラミックグリーンシートと前記導電膜とを同時焼成する焼成工程とを含んでいるので、 $Cu-Cu_2O$ の平衡酸素分圧以下の焼成雰囲気でセラミックグリーンシートと Cu を主成分とした導電膜とを同時焼成しても、 Fe が還元されることもなく絶縁性が良好でインピーダンス特性等の電気特性が良好なセラミック電子部品を得ることができる。

図面の簡単な説明

[0045] [図1]本発明に係るセラミック電子部品としての積層コイル部品の一実施の形態を示す断面図である。

[図2]上記積層コイル部品の製造方法を説明するための分解斜視図である。

[図3] ZnO の含有量とキュリー点 T_c 及び透磁率 μ との関係を示す図である。

[図4]磁性体部の成分組成が本発明範囲外の場合に $Cu-Cu_2O$ の平衡酸素分圧で焼成したときのインピーダンス特性の一例を示す図である。

[図5]磁性体部の成分組成が本発明範囲内の場合に $Cu-Cu_2O$ の平衡酸素分圧で焼成したときのインピーダンス特性の一例を示す図である。

[図6]磁性体部の成分組成が本発明範囲外の場合に $Cu-Cu_2O$ の平衡酸素分圧の $1/100$ で焼成したときのインピーダンス特性の一例を示す図である。

[図7]磁性体部の成分組成が本発明範囲内の場合に $Cu-Cu_2O$ の平衡酸素分圧の $1/100$ で焼成したときのインピーダンス特性の一例を示す図である。

発明を実施するための形態

[0046] 次に、本発明の実施の形態を詳説する。

[0047] 図1は、本発明に係るセラミック電子部品としての積層コイル部品の一実施の形態を示す断面図である。

[0048] この積層コイル部品は、フェライト素体1が、磁性体部2と、該磁性体部2に埋設されたCuを主成分とするコイル導体（導電部）3とを有している。また、コイル導体3の両端には引出電極4a、4bが形成されると共に、フェライト素体1の両端にはAg等からなる外部電極5a、5bが形成され、該外部電極5a、5bと引出電極4a、4bとが電氣的に接続されている。

[0049] 磁性体部2は、スピネル型結晶構造（一般式 $X_2O_3 \cdot MeO$ ）を有するフェライト材料で形成され、少なくとも3価の元素化合物である Fe_2O_3 と2

価の元素化合物であるNiOとを含有し、必要に応じて3価の元素化合物である Mn_2O_3 、及び2価の元素化合物であるZnO、CuOを含有している。

[0050] そして、磁性体部2中の Fe_2O_3 の含有モル量が、20～48mol%となるように配合されている。

[0051] このように Fe_2O_3 の含有モル量を20～48mol%とすることにより、良好な所望の絶縁性を確保することができ、これによりインピーダンス特性等の電気特性の良好なコイル部品を得ることが可能となる。

[0052] ここで、磁性体部2中の Fe_2O_3 の含有モル量を、20～48mol%としたのは以下の理由による。

[0053] Cuを主成分としたCu系材料とフェライト材料とを同時焼成する場合、大気雰囲気中で焼成するとCuは容易に酸化されて Cu_2O を生成することから、Cuが酸化しないような還元性雰囲気中で焼成する必要がある。一方、フェライト材料の主成分である Fe_2O_3 を還元性雰囲気中で焼成すると Fe_3O_4 を生成することから、 Fe_2O_3 に対しては酸化性雰囲気中で焼成する必要がある。

[0054] しかしながら、〔発明が解決しようとする課題〕の項でも述べたように、 $Cu-Cu_2O$ の平衡酸素分圧と $Fe_3O_4-Fe_2O_3$ の平衡酸素分圧との関係から、800℃以上の温度で焼成する場合、Cu金属と Fe_2O_3 とが共存する領域が存在しないことが知られている。

[0055] そこで、本実施の形態では、3価のFeを含有した Fe_2O_3 の含有モル量を化学量論組成から減量させ、 Fe_2O_3 に代えて例えば2価元素、具体的には2価のNiを含有したNiOを化学量論組成から増量させることにより、 Fe_2O_3 の耐還元性を向上させ、 $Cu-Cu_2O$ の平衡酸素分圧以下の焼成雰囲気で焼成しても、 Fe_2O_3 の Fe_3O_4 への還元をし難くしている。

[0056] すなわち、スピネル型結晶構造（一般式 $X_2O_3 \cdot MeO$ ）の場合、化学量論組成では、 X_2O_3 （X：Fe、Mn）とMeO（Me：Ni、Zn、Cu）との比率は50：50であり、 X_2O_3 とMeOとは、通常、概ね化学量論

組成となるように配合される。

[0057] しかるに、3価のFeを含有した Fe_2O_3 の含有モル量を化学量論組成に対し十分に減量させ、 Fe_2O_3 に代えて2価元素、例えば2価のNiを含有したNiOを化学量論組成に対し十分に増量させた場合、Cu-Cu₂Oの平衡酸素分圧以下の雰囲気で焼成すると、 Fe_2O_3 に対しては還元雰囲気であるにも拘わらず、NiOが化学量論組成よりも十分に過剰に含有されていることから、 Fe_2O_3 は Fe_3O_4 に還元され難くなる。すなわち、 Fe_3O_4 は、 $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{FeO}$ で表わすことができるが、2価のNi化合物であるNiOが化学量論組成よりも十分に過剰に存在するため、Niと同様の2価のFeOの生成が妨げられる。このため、 Fe_2O_3 は Fe_3O_4 に還元されずに Fe_2O_3 の状態を維持することが可能となる。

[0058] このように Fe_2O_3 の含有モル量を化学量論組成から十分に減量し、2価の元素化合物を化学量論組成に対して十分に増量させることにより、Cuとフェライト材料との同時焼成してもFeOが生成され難くなることから、 Fe_2O_3 は Fe_3O_4 に還元されずに Fe_2O_3 の状態を維持するようになる。したがって、 Fe_2O_3 は Fe_3O_4 に還元されずに済むことから、比抵抗 ρ が低下するのを回避することができ、これにより所望の良好な絶縁性を確保でき、その結果、良好な電気特性を有する積層コイル部品を得ることが可能となる。

[0059] そして、そのためには Fe_2O_3 の含有モル量を48mol%以下にする必要がある。 Fe_2O_3 の含有モル量が48mol%を超える場合は、 Fe_2O_3 は化学量論組成から2mol%未満しか減量されておらず、 Fe_2O_3 の含有モル量が多すぎることから、 Fe_2O_3 が容易に還元されて Fe_3O_4 を生成し、比抵抗 ρ の低下を招いて所望の積層コイル部品を得るのが困難となる。

[0060] ただし、 Fe_2O_3 の含有モル量は、少なくとも20mol%は必要である。これは Fe_2O_3 の含有モル量が20mol%未満になると、却って比抵抗 ρ の低下を招き、所望の絶縁性を確保できなくなるおそれがあるからである。

[0061] したがって、磁性体部2中の Fe_2O_3 の含有モル量は、20～48mol%と

なるように調整する必要がある、より良好な絶縁性を確保する観点からは、好ましくは25～47mol%であり、より好ましくは30～46mol%である。

[0062] また、上記磁性体部2に Mn_2O_3 を含有させることにより、保磁力が低減し磁束密度が大きくなることから、透磁率 μ を向上させることが可能となる。

[0063] そして、そのためには Mn_2O_3 を、 Fe_2O_3 及び Mn_2O_3 の総計に対する Mn_2O_3 の比率（以下、「A値」という。）がモル比で2%以上となるように含有させるのが好ましい。

[0064] ただし、A値が50%以上になると、 Mn_2O_3 の含有量が Fe_2O_3 の含有量よりも多くなり、却って絶縁性の低下を招くおそれがある。したがって、 Mn_2O_3 を含有させる場合は、A値で2%以上50%未満に Mn_2O_3 含有量を制御する必要がある。

[0065] また、 Fe_2O_3 の含有モル量が20～48mol%の範囲内であれば、Feの一部をMnで置換する形態で、2価の元素化合物に代えて Mn_2O_3 を増量させることによっても、比抵抗 ρ を向上させることができ、これによっても所望の良好な絶縁性を得ることが可能となる。

[0066] すなわち、800℃以上の温度領域では、 Mn_2O_3 は Fe_2O_3 に比べ、より高い酸素分圧で還元性雰囲気となる。したがって、 $\text{Cu}-\text{Cu}_2\text{O}$ の平衡酸素分圧以下の酸素分圧では、 Mn_2O_3 は Fe_2O_3 に比べ強還元性雰囲気となり、このため Mn_2O_3 が優先的に還元されて焼結を完了させることが可能となる。つまり、 Mn_2O_3 が Fe_2O_3 に比べて優先的に還元されることから、 Fe_2O_3 が Fe_3O_4 に還元される前に焼成処理を完了させることが可能となる。

[0067] このように磁性体部2中に Mn_2O_3 を含有させることにより、 $\text{Cu}-\text{Cu}_2\text{O}$ の平衡酸素分圧以下でCu系材料とフェライト材料とを同時焼成しても、 Mn_2O_3 が優先的に還元されることから、 Fe_2O_3 が還元される前に焼結を完了させることが可能となり、Cu金属と Fe_2O_3 とをより効果的に共存さ

せることができる。そしてこれにより比抵抗 ρ が低下するのを回避でき、絶縁性を向上させることができる。その結果、特定周波数域でピークを有する山形状のインピーダンス特性を得ることができ、電気特性を向上させることが可能となる。

[0068] 尚、この場合もA値が50%以上になると、 Mn_2O_3 の含有量が Fe_2O_3 の含有量よりも多くなり、絶縁性の低下を招くおそれがあり、またA値が2%未満の場合は、 Mn_2O_3 の添加効果を十分に得ることができない。したがって、3価のFeの一部を3価のMnで置換する場合も、所望の絶縁性を得るためには、A値が2%以上50%未満となるように Mn_2O_3 含有量を制御するのが好ましい。

[0069] このように本実施の形態では、磁性体部2は、 Fe_2O_3 とNiOとを含有し、 Fe_2O_3 が20～48mol%であり、A値が50%未満となるように、NiO及び／又は Mn_2O_3 を増量することにより、透磁率 μ を損なうことなく比抵抗 ρ が低下するのを回避できて絶縁性を確保することができ、これにより電気特性を向上させることが可能となる。

[0070] 具体的には、磁気特性を損なうこともなく比抵抗 ρ を $\log \rho$ で5.0以上に改善することができ、特定周波数域で高いインピーダンスを有するノイズ吸収に適した積層コイル部品を得ることができる。そしてその結果、特定周波数域でインピーダンスが高く、山形状のインピーダンス特性を有する積層コイル部品を得ることが可能となる。

[0071] 尚、磁性体部2中のNiO、ZnO、及びCuOの含有量は、特に限定されるものではなく、 Fe_2O_3 の含有モル量に応じて適宜設定することができるが、ZnOやCuOを含有させる場合は、ZnO：6～33mol%、CuO：0～10mol%、NiO：残部となるように配合するのが好ましい。

[0072] すなわち、ZnOの含有モル量が33mol%を超えると、キュリー点 T_c が低下し、高温での動作保証がなされない可能性があることから、ZnOの含有量は33mol%以下が好ましい。

[0073] 一方、ZnOは透磁率 μ の向上に寄与する効果があるが、斯かる効果を発

揮するためにはZnOの含有モル量は6mol%は必要である。

[0074] したがって、磁性体部2がZnOを含有する場合は、その含有モル量は6～33mol%が好ましい。

[0075] また、CuOの含有モル量が10mol%を超えると、比抵抗 ρ が低下するおそれがあることから、CuOの含有量は10mol%以下が好ましい。

[0076] 次に、上記積層コイル部品の製造方法を、図2を参照しながら詳述する。

[0077] まず、セラミック素原料として、Fe₂O₃、NiO、及び必要に応じて3価化合物であるMn₂O₃、2価元素化合物であるZnO、及びCuOを用意し、Fe₂O₃の含有モル量が20～48mol%、A値が50%未満（0%を含む。）となるように、各セラミック素原料を秤量する。

[0078] 次に、これらの秤量物を純水及びPSZ（部分安定化ジルコニア）ボール等の玉石と共にポットミルに入れ、湿式で十分に混合粉碎し、蒸発乾燥させた後、800～900℃の温度で所定時間仮焼する。

[0079] 次に、これらの仮焼物に、ポリビニルブチラル系等の有機バインダ、エタノール、トルエン等の有機溶剤、及びPSZボールと共に、再びポットミルに投入し、十分に混合粉碎し、セラミックスラリーを作製する。

[0080] 次に、ドクターブレード法等を使用して前記セラミックスラリーをシート状に成形加工し、所定膜厚の磁性体セラミックグリーンシート（以下、単に「磁性体シート」という。）6a～6hを作製する。

[0081] 次に、これらの磁性体シート6b～6gが互いに電氣的に接続可能となるようにレーザ加工機を使用して磁性体シート6b～6gの所定箇所にビアホールを形成する。

[0082] 次に、Cuを主成分としたコイル導体用導電性ペーストを用意する。そして、該導電性ペーストを使用してスクリーン印刷し、磁性体シート6b～6g上にコイルパターン8a～8fを形成し、かつ、ビアホールを前記導電性ペーストで充填しビアホール導体7a～7eを作製する。尚、磁性体シート6b及び磁性体シート6gに形成された各コイルパターン8a、8fには、外部電極と電氣的接続が可能となるように引出部8a'、8f'が形成され

ている。

- [0083] 次いで、コイルパターン 8 a ~ 8 f の形成された磁性体シート 6 b ~ 6 g を積層し、これらをコイルパターンの形成されていない磁性体シート 6 a 及び磁性体シート 6 h で挟持して圧着し、これによりコイルパターン 8 a ~ 8 f がビアホール導体 7 a ~ 7 e を介して接続された圧着ブロックを作製する。その後、この圧着ブロックを所定寸法に切断してセラミック積層体を作製する。
- [0084] 次に、このセラミック積層体を Cu が酸化しないような雰囲気下、所定温度で十分に脱脂した後、 $Cu-Cu_2O$ の平衡酸素分圧以下となるように $N_2-H_2-H_2O$ の混合ガスで雰囲気調整された焼成炉に供給し、 $900\sim1050^\circ C$ で所定時間焼成し、これにより磁性体部 2 にコイル導体 3 が埋設されたフェライト素体 1 を得る。
- [0085] 次に、フェライト素体 1 の両端部に、Ag 等を主成分とした外部電極用導電ペーストを塗布し、乾燥させた後、 $750^\circ C$ で焼き付けて外部電極 5 a、5 b を形成し、これにより積層コイル部品が作製される。
- [0086] このように本実施の形態では、Fe 化合物及び少なくとも Ni 化合物を含む 2 価元素化合物を、 Fe_2O_3 に換算し、Fe 化合物がモル比で $20\sim48\%$ となるように前記 Fe 化合物及び前記 2 価元素化合物を秤量すると共に、Fe 及び Mn の総計に対する前記 Mn の比率が、 Mn_2O_3 及び Fe_2O_3 に換算し、モル比で 50% 未満 (0% を含む。) となるように Mn 化合物を秤量し、これら秤量物を混合した後、仮焼して仮焼粉末を作製する仮焼工程と、前記仮焼粉末からセラミックグリーンシートを作製するセラミックグリーンシート作製工程と、Cu を主成分とする導電性ペーストを前記セラミックグリーンシートに塗布して所定パターンの導電膜を形成する導電膜形成工程と、前記導電膜が形成されたセラミックグリーンシートを所定順序に積層し、積層体を形成する積層体形成工程と、 $Cu-Cu_2O$ の平衡酸素分圧以下の焼成雰囲気中で前記積層体を焼成し、前記セラミックグリーンシートと前記導電膜とを同時焼成する焼成工程とを含んでいるので、 $Cu-Cu_2O$ の平衡酸素

分圧以下の焼成雰囲気中で前記積層体を焼成しても、 Fe_2O_3 が Fe_3O_4 に還元されることもなく、 Cu と Fe_2O_3 とが共存した状態で焼結させることが可能となる。したがって、比抵抗 ρ が低下するのを回避でき絶縁性を確保することができ、これにより電気特性を向上させることができる。

[0087] 具体的には、比抵抗 ρ を $\log \rho$ で5.0以上に改善することができ、特定周波数域で高いインピーダンスを有するノイズ吸収に適した積層コイル部品を得ることができる。そしてその結果、特定周波数域でインピーダンスが高く、山形形状のインピーダンス特性を有する積層コイル部品を得ることが可能となる。

[0088] 尚、本発明は上記実施の形態に限定されるものではない。上記実施の形態では、本発明の積層コイル部品について説明したが、単板コイル部品や積層LC部品のような積層複合部品に適用できるのはいうまでもない。

[0089] 次に、本発明の実施例を具体的に説明する。

実施例 1

[0090] セラミック素原料として、 Fe_2O_3 、 NiO 、 ZnO 、及び CuO を用意した。そして、 ZnO : 25mol%、 CuO : 1mol%とし、 Fe_2O_3 及び NiO の含有モル量が表1に示すような組成となるように、これらセラミック素原料を秤量した。次いで、これら秤量物を純水及びPSZボールと共に塩化ビニル製のポットミルに入れ、湿式で十分に混合粉碎し、蒸発乾燥させた後、850℃の温度で仮焼した。

[0091] 次いで、これら仮焼物を、ポリビニルブチラル系バインダ（有機バインダ）、エタノール（有機溶媒）、及びPSZボールと共に、再び塩化ビニル製のポットミルに投入し、十分に混合粉碎し、セラミックスラリーを得た。

[0092] 次に、ドクターブレード法を使用し、厚さが25 μm となるようにセラミックスラリーをシート状に成形し、これを縦50mm、横50mmの大きさに打ち抜き、磁性体シートを作製した。

[0093] 次いで、このようにして作製された磁性体シートを、厚さが総計で0.5mmとなるように複数枚積層し、60℃に加熱し、100MPaの圧力で6

0秒間加圧して圧着し、その後、直径10mmの大きさの円板状に切り出し、セラミック成形体を得た。

[0094] 次いで、得られたセラミック成形体を加熱して十分に脱脂した。そして、 $\text{N}_2-\text{H}_2-\text{H}_2\text{O}$ の混合ガスを焼成炉に供給して酸素分圧を $1.8 \times 10^{-1} \text{ Pa}$ に調整した後、前記セラミック成形体を焼成炉に投入し、 950°C の温度で2時間焼成した。すなわち、酸素分圧 $1.8 \times 10^{-1} \text{ Pa}$ は 950°C における $\text{Cu}-\text{Cu}_2\text{O}$ の平衡酸素分圧であり、セラミック成形体を $\text{Cu}-\text{Cu}_2\text{O}$ の平衡酸素分圧で2時間焼成し、これにより試料番号1～13の円板状試料を得た。

[0095] 次に、試料番号1～13の各試料の両面にAg電極を形成し、50Vの直流電圧を印加して絶縁抵抗を測定し、試料形状から比抵抗 ρ を求めた。

[0096] また、上述と同様にして得られた磁性体シートを、厚さが総計で1.0mmとなるように複数枚積層し、 60°C に加熱し、100MPaの圧力で60秒間加圧して圧着し、その後、外径20mm、内径が12mmとなるようにリング状に切り出し、セラミック成形体を得た。

[0097] 次いで、得られたセラミック成形体を上述と同様の条件で脱脂、焼成を行い、これにより試料番号1～13のリング状試料を得た。

[0098] そして、試料番号1～13の各リング状試料について、軟銅線を20ターン巻回し、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、E4991A）を使用し、周波数1MHzでのインダクタンスを測定し、その測定値から透磁率 μ を求めた。

[0099] 表1は試料番号1～13の磁性体部の組成、A値（ Fe_2O_3 及び Mn_2O_3 の総計に対する Mn_2O_3 の含有量）、比抵抗 $\log \rho$ 、及び透磁率 μ を示している。

[0100]

[表1]

試料 番号	磁性体部の組成(mol%)					A値 (%)	比抵抗 $\log \rho$ ($\rho: \Omega \cdot \text{cm}$)	透磁率 μ (-)
	Fe_2O_3	Mn_2O_3	NiO	ZnO	CuO			
1*	49.0	0	25.0	25.0	1.0	0	3.5	350
2	48.0	0	26.0	25.0	1.0	0	5.5	290
3	47.0	0	27.0	25.0	1.0	0	6.6	235
4	46.0	0	28.0	25.0	1.0	0	7.4	195
5	45.0	0	29.0	25.0	1.0	0	7.7	165
6	44.0	0	30.0	25.0	1.0	0	8.0	145
7	42.0	0	32.0	25.0	1.0	0	8.2	115
8	40.0	0	34.0	25.0	1.0	0	8.1	100
9	35.0	0	39.0	25.0	1.0	0	7.6	80
10	30.0	0	44.0	25.0	1.0	0	7.1	65
11	25.0	0	49.0	25.0	1.0	0	6.5	51
12	20.0	0	54.0	25.0	1.0	0	5.8	35
13*	15.0	0	59.0	25.0	1.0	0	4.5	18

*は本発明(請求項1)範囲外

[0101] 試料番号1は、比抵抗 $\log \rho$ が3.5と低くなった。これは Fe_2O_3 の含有量が49.0mol%と多いため、950℃におけるCu-Cu₂Oの平衡酸素分圧である $1.8 \times 10^{-1} \text{Pa}$ で焼成した場合、 Fe_2O_3 が Fe_3O_4 に還元されてしまい、その結果、比抵抗 $\log \rho$ が低下したと思われる。

[0102] また、試料番号13は、 Fe_2O_3 の含有量が15.0mol%と少なく、この場合も比抵抗 $\log \rho$ が4.5と低くなった。

[0103] これに対し試料番号2～12は、 Mn_2O_3 は含有されていないものの、 Fe_2O_3 の含有量が20.0～48.0mol%と本発明の範囲内であるので、比抵抗 $\log \rho$ は5.5～8.2と大きく十分な絶縁性を確保でき、しかも透磁率 μ も35～290と良好な結果が得られることが分かった。

[0104] 特に、 Fe_2O_3 の含有量が25.0～47.0mol%の試料番号3～11は、比抵抗 $\log \rho$ が6.5以上となってより好ましい結果が得られ、また Fe_2O_3 の含有量が30～46mol%の試料番号4～10は、比抵抗 $\log \rho$ が7.1以上となって更に好ましい結果が得られることが分かった。

実施例 2

[0105] Mn_2O_3 を1.0mol%含有させ、それに応じてNiOの含有量を調整した以外は、実施例1と同様の方法・手順で試料番号21～33の円板状及びリング状試料を作製した。

[0106] そして、実施例1と同様の方法・手順で円板状試料を使用して比抵抗 $\log \rho$ を求め、リング状試料を使用して透磁率 μ を求めた。

[0107] 表2は試料番号21～33の磁性体部の組成、A値、比抵抗 $\log \rho$ 、及び透磁率 μ を示している。

[0108] [表2]

試料 番号	磁性体部の組成(mol%)					A値 (%)	比抵抗 $\log \rho$ ($\rho:\Omega\cdot\text{cm}$)	透磁率 μ (-)
	Fe_2O_3	Mn_2O_3	NiO	ZnO	CuO			
21*	49.0	1.0	24.0	25.0	1.0	2.0	3.6	400
22	48.0	1.0	25.0	25.0	1.0	2.0	6.4	330
23	47.0	1.0	26.0	25.0	1.0	2.1	7.3	260
24	46.0	1.0	27.0	25.0	1.0	2.1	8.0	215
25	45.0	1.0	28.0	25.0	1.0	2.2	8.3	180
26	44.0	1.0	29.0	25.0	1.0	2.2	8.5	155
27	42.0	1.0	31.0	25.0	1.0	2.3	8.7	125
28	40.0	1.0	33.0	25.0	1.0	2.4	8.5	108
29	35.0	1.0	38.0	25.0	1.0	2.8	8.3	85
30	30.0	1.0	43.0	25.0	1.0	3.2	7.9	69
31	25.0	1.0	48.0	25.0	1.0	3.8	7.4	54
32	20.0	1.0	53.0	25.0	1.0	4.8	6.7	38
33*	15.0	1.0	58.0	25.0	1.0	6.3	4.6	20

*は本発明(請求項1)範囲外

[0109] 試料番号21は、 Fe_2O_3 の含有量が49.0mol%と多く、このため上記実施例1の試料番号1と同様の理由から、比抵抗 $\log \rho$ が3.6と低くなった。

[0110] また、試料番号33は、 Fe_2O_3 の含有量が15.0mol%と少なく、このため比抵抗 $\log \rho$ が4.6と低くなることが分かった。

[0111] これに対し試料番号22～32は、A値は2.0～4.8であり、 Fe_2O_3 の含有量が20～48mol%と本発明の範囲内であるので、比抵抗 $\log \rho$ は6

． 4 ～ 8 ． 7 と大きく十分な絶縁性を確保できることが分かった。

[0112] 特に、 Fe_2O_3 の含有量が25～47mol%の試料番号23～31は、比抵抗 $\log \rho$ が7．3以上となってより好ましい結果が得られ、また Fe_2O_3 の含有量が30～46mol%の試料番号24～30は、比抵抗 $\log \rho$ が7．9以上となって更に好ましい結果が得られることが分かった。

[0113] また、 Mn_2O_3 を1．0mol%含有させたことから、透磁率 μ も38～330となり、 Fe_2O_3 含有量が同一の場合の実施例1と比較すると、透磁率 μ は向上することが分かった。

実施例 3

[0114] Mn_2O_3 を2．0mol%含有させ、それに応じてNiOの含有量を調整した以外は、実施例1と同様の方法・手順で試料番号41～53の円板状及びリング状試料を作製した。

[0115] そして、実施例1と同様の方法・手順で円板状試料を使用して比抵抗 $\log \rho$ を求め、リング状試料を使用して透磁率 μ を求めた。

[0116] 表3は試料番号41～53の磁性体部の組成、A値、比抵抗 $\log \rho$ 、及び透磁率 μ を示している。

[0117]

[表3]

試料 番号	磁性体部の組成(mol%)					A値 (%)	比抵抗 $\log \rho$ ($\rho: \Omega \cdot \text{cm}$)	透磁率 μ (-)
	Fe_2O_3	Mn_2O_3	NiO	ZnO	CuO			
41*	49.0	2.0	23.0	25.0	1.0	3.9	3.7	600
42	48.0	2.0	24.0	25.0	1.0	4.0	6.8	500
43	47.0	2.0	25.0	25.0	1.0	4.1	7.7	400
44	46.0	2.0	26.0	25.0	1.0	4.2	8.2	320
45	45.0	2.0	27.0	25.0	1.0	4.3	8.5	250
46	44.0	2.0	28.0	25.0	1.0	4.3	8.7	210
47	42.0	2.0	30.0	25.0	1.0	4.5	8.9	160
48	40.0	2.0	32.0	25.0	1.0	4.8	8.7	130
49	35.0	2.0	37.0	25.0	1.0	5.4	8.6	94
50	30.0	2.0	42.0	25.0	1.0	6.3	8.3	75
51	25.0	2.0	47.0	25.0	1.0	7.4	7.9	59
52	20.0	2.0	52.0	25.0	1.0	9.1	7.2	42
53*	15.0	2.0	57.0	25.0	1.0	11.8	4.7	25

* は本発明(請求項1)範囲外

[0118] 試料番号41は、 Fe_2O_3 の含有量が49.0mol%と多いため、上記実施例1の試料番号1と同様の理由から、比抵抗 $\log \rho$ が3.7と低くなった。

[0119] また、試料番号53は、 Fe_2O_3 の含有量が15.0mol%と少なく、比抵抗 $\log \rho$ が4.7と低くなった。

[0120] これに対し試料番号42～52は、A値は4.0～9.1であり、 Fe_2O_3 の含有量が20～48mol%と本発明の範囲内であるので、比抵抗 $\log \rho$ は6.8～8.9と大きく十分な絶縁性を確保できることが分かった。

[0121] 特に、 Fe_2O_3 の含有量が25～47mol%の試料番号43～51は、比抵抗 $\log \rho$ が7.7以上となってより好ましい結果が得られ、また Fe_2O_3 の含有量が30～46mol%の試料番号44～50は、比抵抗 $\log \rho$ が8.2以上となって更に好ましい結果が得られることが分かった。

[0122] また、 Mn_2O_3 を2.0mol%含有させたことから、透磁率 μ も42～500となり、 Fe_2O_3 含有量が同一の場合の実施例2と比較すると、透磁率 μ は向上することが分かった。

実施例 4

[0123] Mn_2O_3 を5.0mol%含有させ、それに応じてNiOの含有量を調整した以外は、実施例1と同様の方法・手順で試料番号61～73の円板状及びリング状試料を作製した。

[0124] そして、実施例1と同様の方法・手順で円板状試料を使用して比抵抗 $\log \rho$ を求め、リング状試料を使用して透磁率 μ を求めた。

[0125] 表4は試料番号61～73の磁性体部の組成、A値、比抵抗 $\log \rho$ 、及び透磁率 μ を示している。

[0126] [表4]

試料 番号	磁性体部の組成(mol%)					A値 (%)	比抵抗 $\log \rho$ ($\rho:\Omega\cdot\text{cm}$)	透磁率 μ (-)
	Fe_2O_3	Mn_2O_3	NiO	ZnO	CuO			
61*	49.0	5.0	20.0	25.0	1.0	9.3	3.6	750
62	48.0	5.0	21.0	25.0	1.0	9.4	6.4	640
63	47.0	5.0	22.0	25.0	1.0	9.6	7.4	520
64	46.0	5.0	23.0	25.0	1.0	9.8	7.9	430
65	45.0	5.0	24.0	25.0	1.0	10.0	8.2	340
66	44.0	5.0	25.0	25.0	1.0	10.2	8.4	280
67	42.0	5.0	27.0	25.0	1.0	10.6	8.6	205
68	40.0	5.0	29.0	25.0	1.0	11.1	8.4	160
69	35.0	5.0	34.0	25.0	1.0	12.5	8.2	110
70	30.0	5.0	39.0	25.0	1.0	14.3	7.8	85
71	25.0	5.0	44.0	25.0	1.0	16.7	7.4	67
72	20.0	5.0	49.0	25.0	1.0	20.0	6.6	50
73*	15.0	5.0	54.0	25.0	1.0	25.0	4.8	33

*は本発明(請求項1)範囲外

[0127] 試料番号61は、 Fe_2O_3 の含有量が49.0mol%と多いため、実施例1の試料番号1と同様の理由から、比抵抗 $\log \rho$ が3.6と低くなった。

[0128] また、試料番号73は、 Fe_2O_3 の含有量が15.0mol%と少なく、比抵抗 $\log \rho$ が4.8と低くなった。

[0129] これに対し試料番号62～72は、A値は9.4～20.0であり、 Fe_2O_3 の含有量が20～48mol%と本発明の範囲内であるので、比抵抗 $\log \rho$ は

6. 4～8. 6と大きく十分な絶縁性を確保できることが分かった。

[0130] 特に、 Fe_2O_3 の含有量が25～47mol%の試料番号63～71は、比抵抗 $\log \rho$ が7.4以上となってより好ましい結果が得られ、また Fe_2O_3 の含有量が30～46mol%の試料番号64～70は、比抵抗 $\log \rho$ が7.8以上となって更に好ましい結果が得られることが分かった。

[0131] また、 Mn_2O_3 を5.0mol%含有させたことから、透磁率 μ も50～640となり、 Fe_2O_3 含有量が同一の場合の実施例3と比較すると、透磁率 μ は向上することが分かった。

実施例 5

[0132] Mn_2O_3 を7.5mol%含有させ、それに応じてNiOの含有量を調整した以外は、実施例1と同様の方法・手順で試料番号81～93の円板状及びリング状試料を作製した。

[0133] そして、実施例1と同様の方法・手順で円板状試料を使用して比抵抗 $\log \rho$ を求め、リング状試料を使用して透磁率 μ を求めた。

[0134] 表5は試料番号81～93の磁性体部の組成、A値、比抵抗 $\log \rho$ 、及び透磁率 μ を示している。

[0135]

[表5]

試料 番号	磁性体部の組成 (mol%)					A値 (%)	比抵抗 $\log \rho$ ($\rho: \Omega \cdot \text{cm}$)	透磁率 μ (—)
	Fe_2O_3	Mn_2O_3	NiO	ZnO	CuO			
81*	49.0	7.5	17.5	25.0	1.0	13.3	3.5	900
82	48.0	7.5	18.5	25.0	1.0	13.5	6.0	760
83	47.0	7.5	19.5	25.0	1.0	13.8	7.0	625
84	46.0	7.5	20.5	25.0	1.0	14.0	7.5	520
85	45.0	7.5	21.5	25.0	1.0	14.3	7.8	420
86	44.0	7.5	22.5	25.0	1.0	14.6	8.0	340
87	42.0	7.5	24.5	25.0	1.0	15.2	8.2	235
88	40.0	7.5	26.5	25.0	1.0	15.8	8.0	185
89	35.0	7.5	31.5	25.0	1.0	17.6	7.7	125
90	30.0	7.5	36.5	25.0	1.0	20.0	7.3	95
91	25.0	7.5	41.5	25.0	1.0	23.1	7.0	73
92	20.0	7.5	46.5	25.0	1.0	27.3	6.1	55
93*	15.0	7.5	51.5	25.0	1.0	33.3	4.8	40

*は本発明(請求項1)範囲外

[0136] 試料番号81は、 Fe_2O_3 の含有量が49.0mol%と多いため、実施例1の試料番号1と同様の理由から、比抵抗 $\log \rho$ が3.5と低くなった。

[0137] また、試料番号93は、 Fe_2O_3 の含有量が15.0mol%と少なく、比抵抗 $\log \rho$ は4.8に低下した。

[0138] これに対し試料番号82～92は、A値は13.5～27.3であり、 Fe_2O_3 の含有量が20～48mol%と本発明の範囲内であるので、比抵抗 $\log \rho$ は6.0～8.2と大きく十分な絶縁性を確保できることが分かった。

[0139] 特に、 Fe_2O_3 の含有量が25～47mol%の試料番号83～91は、比抵抗 $\log \rho$ が7.0以上となってより好ましい結果が得られ、また Fe_2O_3 の含有量が30～46mol%の試料番号84～90は、比抵抗 $\log \rho$ が7.3以上となって更に好ましい結果が得られることが分かった。

[0140] また、 Mn_2O_3 を7.5mol%含有させたことから、透磁率 μ も55～760となり、 Fe_2O_3 含有量が同一の場合の実施例4と比較すると、透磁率 μ は向上することが分かった。

実施例 6

[0141] Mn_2O_3 を10.0mol%含有させ、それに応じてNiOの含有量を調整した以外は、実施例1と同様の方法・手順で試料番号101～113の円板状及びリング状試料を作製した。

[0142] そして、実施例1と同様の方法・手順で円板状試料を使用して比抵抗 $\log \rho$ を求め、リング状試料を使用して透磁率 μ を求めた。

[0143] 表6は試料番号101～113の磁性体部の組成、A値、比抵抗 $\log \rho$ 、及び透磁率 μ を示している。

[0144] [表6]

試料 番号	磁性体部の組成(mol%)					A値 (%)	比抵抗 $\log \rho$ ($\rho:\Omega\cdot\text{cm}$)	透磁率 μ (-)
	Fe_2O_3	Mn_2O_3	NiO	ZnO	CuO			
101*	49.0	10.0	15.0	25.0	1.0	16.9	3.4	1100
102	48.0	10.0	16.0	25.0	1.0	17.2	5.6	900
103	47.0	10.0	17.0	25.0	1.0	17.5	6.4	750
104	46.0	10.0	18.0	25.0	1.0	17.9	6.8	630
105	45.0	10.0	19.0	25.0	1.0	18.2	7.1	520
106	44.0	10.0	20.0	25.0	1.0	18.5	7.3	420
107	42.0	10.0	22.0	25.0	1.0	19.2	7.5	280
108	40.0	10.0	24.0	25.0	1.0	20.0	7.3	215
109	35.0	10.0	29.0	25.0	1.0	22.2	7.0	150
110	30.0	10.0	34.0	25.0	1.0	25.0	6.7	110
111	25.0	10.0	39.0	25.0	1.0	28.6	6.4	88
112	20.0	10.0	44.0	25.0	1.0	33.3	5.6	70
113*	15.0	10.0	49.0	25.0	1.0	40.0	4.3	55

*は本発明(請求項1)範囲外

[0145] 試料番号101は、 Fe_2O_3 の含有量が49.0mol%と多いため、実施例1の試料番号1と同様の理由から、比抵抗 $\log \rho$ が3.4と低くなった。

[0146] また、試料番号113は、 Fe_2O_3 の含有量が15.0mol%と少なく、比抵抗 $\log \rho$ は4.3に低下した。

[0147] これに対し試料番号102～112は、A値は17.2～33.3であり、 Fe_2O_3 の含有量が20～48mol%と本発明の範囲内であるので、比抵抗

$\log \rho$ は 5.6 ~ 7.5 と大きく十分な絶縁性を確保できることが分かった。

[0148] 特に、 Fe_2O_3 の含有量が 25 ~ 47 mol% の試料番号 103 ~ 111 は、比抵抗 $\log \rho$ が 6.4 以上となってより好ましい結果が得られ、また Fe_2O_3 の含有量が 30 ~ 46 mol% の試料番号 104 ~ 110 は、比抵抗 $\log \rho$ が 6.7 以上となって更に好ましい結果が得られることが分かった。

[0149] また、 Mn_2O_3 を 10.0 mol% 含有させたことから、透磁率 μ も 70 ~ 900 となり、 Fe_2O_3 含有量が同一の場合の実施例 5 と比較すると、透磁率 μ は向上することが分かった。

実施例 7

[0150] Mn_2O_3 を 13.0 mol% 含有させ、それに応じて NiO の含有量を調整した以外は、実施例 1 と同様の方法・手順で試料番号 121 ~ 133 の円板状及びリング状試料を作製した。

[0151] そして、実施例 1 と同様の方法・手順で円板状試料を使用して比抵抗 $\log \rho$ を求め、リング状試料を使用して透磁率 μ を求めた。

[0152] 表 7 は試料番号 121 ~ 133 の磁性体部の組成、A 値、比抵抗 $\log \rho$ 、及び透磁率 μ を示している。

[0153]

[表7]

試料 番号	磁性体部の組成 (mol%)					A値 (%)	比抵抗 $\log \rho$ ($\rho: \Omega \cdot \text{cm}$)	透磁率 μ (-)
	Fe_2O_3	Mn_2O_3	NiO	ZnO	CuO			
121*	49.0	13.0	12.0	25.0	1.0	21.0	3.3	1250
122	48.0	13.0	13.0	25.0	1.0	21.3	5.0	1050
123	47.0	13.0	14.0	25.0	1.0	21.7	5.6	880
124	46.0	13.0	15.0	25.0	1.0	22.0	6.0	730
125	45.0	13.0	16.0	25.0	1.0	22.4	6.3	600
126	44.0	13.0	17.0	25.0	1.0	22.8	6.5	490
127	42.0	13.0	19.0	25.0	1.0	23.6	6.7	340
128	40.0	13.0	21.0	25.0	1.0	24.5	6.5	260
129	35.0	13.0	26.0	25.0	1.0	27.1	6.2	180
130	30.0	13.0	31.0	25.0	1.0	30.2	6.0	130
131	25.0	13.0	36.0	25.0	1.0	34.2	5.6	105
132	20.0	13.0	41.0	25.0	1.0	39.4	5.0	87
133*	15.0	13.0	46.0	25.0	1.0	46.4	3.6	70

* は本発明(請求項1)範囲外

[0154] 試料番号 121 は、 Fe_2O_3 の含有量が 49.0 mol% と多いため、実施例 1 の試料番号 1 と同様の理由から、比抵抗 $\log \rho$ が 3.3 と低くなった。

[0155] また、試料番号 133 は、 Fe_2O_3 の含有量が 15.0 mol% と少なく、比抵抗 $\log \rho$ は 3.6 に低下した。

[0156] これに対し試料番号 122 ~ 132 は、A 値は 21.3 ~ 39.4 であり、 Fe_2O_3 の含有量が 20 ~ 48 mol% と本発明の範囲内であるので、比抵抗 $\log \rho$ は 5.0 ~ 6.7 と大きく十分な絶縁性を確保できることが分かった。

[0157] 特に、 Fe_2O_3 の含有量が 25 ~ 47 mol% の試料番号 123 ~ 131 は、比抵抗 $\log \rho$ が 5.6 以上となってより好ましい結果が得られ、また Fe_2O_3 の含有量が 30 ~ 46 mol% の試料番号 124 ~ 130 は、比抵抗 $\log \rho$ が 6.0 以上となって更に好ましい結果が得られることが分かった。

[0158] また、 Mn_2O_3 を 13.0 mol% 含有させたことから、透磁率 μ も 87 ~ 1050 となり、 Fe_2O_3 含有量が同一の場合の実施例 6 と比較すると、透磁率 μ は向上することが分かった。

[0159] このように実施例 1 ~ 7 から明らかなように Fe_2O_3 の含有量が 20 ~ 4

8 mol%とすることにより、比抵抗 $\log \rho$ は5.0以上となって十分な絶縁性を確保でき、 Mn_2O_3 の含有量を増量させることにより、透磁率 μ が向上することが分かった。

実施例 8

[0160] NiO : 26.0 mol%、 ZnO : 25.0 mol%とし、 CuO を含まず、 Fe_2O_3 の一部を Mn_2O_3 で置換する形態でこれら Fe_2O_3 及び Mn_2O_3 を表8に示すような組成となるように秤量した。

[0161] そして、実施例1と同様の方法で試料番号141～154の円板状試料を作製し、比抵抗 $\log \rho$ を求めた。

[0162] 表8は試料番号141～154の磁性体部の組成、A値、及び比抵抗 $\log \rho$ を示している。

[0163] [表8]

試料 番号	磁性体部の組成 (mol%)					A値 (%)	比抵抗 $\log \rho$ ($\rho: \Omega \cdot \text{cm}$)
	Fe_2O_3	Mn_2O_3	ZnO	NiO	CuO		
141*	49.0	0	25.0	26.0	0	0	4.0
142*	48.5	0.5	25.0	26.0	0	1.0	4.9
143	48.0	1.0	25.0	26.0	0	2.0	5.7
144	47.5	1.5	25.0	26.0	0	3.1	6.4
145	47.0	2.0	25.0	26.0	0	4.1	7.0
146	46.0	3.0	25.0	26.0	0	6.1	7.5
147	44.0	5.0	25.0	26.0	0	10.2	7.9
148	41.5	7.5	25.0	26.0	0	15.3	7.4
149	39.0	10.0	25.0	26.0	0	20.4	7.0
150	36.0	13.0	25.0	26.0	0	26.5	6.4
151	34.0	15.0	25.0	26.0	0	30.6	6.1
152	29.0	20.0	25.0	26.0	0	40.8	5.3
153*	24.0	25.0	25.0	26.0	0	51.0	4.8
154*	19.0	30.0	25.0	26.0	0	61.2	4.5

*は本発明(請求項1)範囲外

[0164] 試料番号 141、142 は、 Fe_2O_3 の含有量が 49.0 mol%、48.5 mol% と多いため、実施例 1 の試料番号 1 と同様の理由から、比抵抗 $\log \rho$ が 4.0、4.9 と低くなった。

[0165] また、試料番号 153、154 は、A 値が 50% 以上であり、磁性体中の Mn_2O_3 含有量が Fe_2O_3 含有量よりも多いため、比抵抗 $\log \rho$ は 4.8、4.5 と却って低下した。

[0166] これに対し試料番号 143～152 は、 Fe_2O_3 の含有量が 29.0～48.0 mol% であり、A 値も 2.0～40.8% であり、いずれも本発明範囲内であるので、比抵抗 $\log \rho$ は 5.3～7.9 となり、良好な絶縁性が得られることが分かった。

実施例 9

[0167] 実施例 8 で CuO の含有量を 5.0 mol% とし、それに応じて NiO の含有量を調整した以外は、実施例 1 と同様の方法・手順で試料番号 161～174 の円板状試料を作製し、比抵抗 ρ を求めた。

[0168] 表 9 は試料番号 161～174 の磁性体部の組成、A 値、及び比抵抗 $\log \rho$ を示している。

[0169]

[表9]

試料 番号	磁性体部の組成 (mol%)					A値 (%)	比抵抗 $\log \rho$ ($\rho: \Omega \cdot \text{cm}$)
	Fe_2O_3	Mn_2O_3	ZnO	NiO	CuO		
161*	49.0	0	25.0	21.0	5.0	0	3.5
162*	48.5	0.5	25.0	21.0	5.0	1.0	4.5
163	48.0	1.0	25.0	21.0	5.0	2.0	5.5
164	47.5	1.5	25.0	21.0	5.0	3.1	6.1
165	47.0	2.0	25.0	21.0	5.0	4.1	6.6
166	46.0	3.0	25.0	21.0	5.0	6.1	7.3
167	44.0	5.0	25.0	21.0	5.0	10.2	7.9
168	41.5	7.5	25.0	21.0	5.0	15.3	7.4
169	39.0	10.0	25.0	21.0	5.0	20.4	7.0
170	36.0	13.0	25.0	21.0	5.0	26.5	6.4
171	34.0	15.0	25.0	21.0	5.0	30.6	6.0
172	29.0	20.0	25.0	21.0	5.0	40.8	5.2
173*	24.0	25.0	25.0	21.0	5.0	51.0	4.7
174*	19.0	30.0	25.0	21.0	5.0	61.2	4.4

*は本発明(請求項1)範囲外

[0170] 試料番号161、162は、 Fe_2O_3 の含有量が49.0mol%、48.5mol%と多いため、実施例1の試料番号1と同様の理由から、比抵抗 $\log \rho$ が3.5、4.5と低くなった。

[0171] また、試料番号173、174は、A値が50%以上であり、磁性体中の Mn_2O_3 含有量が Fe_2O_3 含有量よりも多いため、比抵抗 $\log \rho$ が4.7、4.4と却って低下した。

[0172] これに対し試料番号163～172は、 Fe_2O_3 の含有量が29.0～48.0mol%であり、A値が2.0～40.8%と本発明範囲内であるので、比抵抗 $\log \rho$ は5.2～7.9となり、良好な絶縁性が得られることが分かった。

実施例 10

[0173] 実施例 8 で CuO の含有量を 10.0 mol% とし、それに応じて NiO の含有量を調整した以外は、実施例 1 と同様の方法・手順で試料番号 181 ~ 194 の円板状試料を作製し、比抵抗 ρ を求めた。

[0174] 表 10 は試料番号 181 ~ 194 の磁性体部の組成、A 値、及び比抵抗 $\log \rho$ を示している。

[0175] [表10]

試料 番号	磁性体部の組成 (mol%)					A 値 (%)	比抵抗 $\log \rho$ ($\rho: \Omega \cdot \text{cm}$)
	Fe_2O_3	Mn_2O_3	ZnO	NiO	CuO		
181*	49.0	0	25.0	16.0	10.0	0	3.2
182*	48.5	0.5	25.0	16.0	10.0	1.0	4.2
183	48.0	1.0	25.0	16.0	10.0	2.0	5.0
184	47.5	1.5	25.0	16.0	10.0	3.1	5.6
185	47.0	2.0	25.0	16.0	10.0	4.1	6.2
186	46.0	3.0	25.0	16.0	10.0	6.1	7.0
187	44.0	5.0	25.0	16.0	10.0	10.2	7.6
188	41.5	7.5	25.0	16.0	10.0	15.3	7.5
189	39.0	10.0	25.0	16.0	10.0	20.4	7.1
190	36.0	13.0	25.0	16.0	10.0	26.5	6.6
191	34.0	15.0	25.0	16.0	10.0	30.6	6.2
192	29.0	20.0	25.0	16.0	10.0	40.8	5.4
193*	24.0	25.0	25.0	16.0	10.0	51.0	4.8
194*	19.0	30.0	25.0	16.0	10.0	61.2	4.5

* は本発明(請求項 1) 範囲外

[0176] 試料番号 181、182 は、 Fe_2O_3 の含有量が 49.0 mol%、48.5 mol% と多いため、実施例 1 の試料番号 1 と同様の理由から、比抵抗 $\log \rho$ が 3.2、4.2 と低くなった。

[0177] また、試料番号 193、194 は、A 値が 50% 以上であり、磁性体中の Mn_2O_3 含有量が Fe_2O_3 含有量よりも多いため、比抵抗 $\log \rho$ が 4.8、4.5 と却って低下した。

[0178] これに対し試料番号 183 ~ 192 は、 Fe_2O_3 の含有量が 29.0 ~ 4

8. 0mol%であり、A値が2.0～40.8%と本発明範囲内であるので、比抵抗 $\log \rho$ は5.0～7.6となり、良好な絶縁性が得られることが分かった。

実施例 11

[0179] Fe_2O_3 : 47mol%、 Mn_2O_3 : 1.0mol%、 CuO : 1.0mol%とし、表11に示すように、 ZnO の含有量を1.0～35.0mol%の範囲で異ならせ、これに応じて NiO の含有量を調整した以外は、実施例1と同様の方法・手順で試料番号201～210のリング状試料を作製した。

[0180] そして、実施例1と同様の方法・手順でリング状試料を使用して透磁率 μ を求めた。

[0181] また、実施例1と同様のインピーダンスアナライザを使用し、各リング状試料について、透磁率 μ の温度特性を測定し、透磁率 μ の極大温度を求め、これをキュリー点 T_c とした。

[0182] 表11は試料番号201～210の磁性体部の組成、A値、透磁率 μ 、及びキュリー点を示している。

[0183] [表11]

試料 番号	磁性体部の組成(mol%)					A値 (%)	透磁率 μ (-)	キュリー点 T_c (°C)
	Fe_2O_3	Mn_2O_3	NiO	ZnO	CuO			
201***	47.0	1.0	50.0	1.0	1.0	2.1	15	550
202***	47.0	1.0	48.0	3.0	1.0	2.1	20	515
203	47.0	1.0	45.0	6.0	1.0	2.1	35	465
204	47.0	1.0	42.0	9.0	1.0	2.1	55	420
205	47.0	1.0	36.0	15.0	1.0	2.1	115	340
206	47.0	1.0	31.0	20.0	1.0	2.1	175	275
207	47.0	1.0	26.0	25.0	1.0	2.1	260	220
208	47.0	1.0	21.0	30.0	1.0	2.1	380	165
209	47.0	1.0	18.0	33.0	1.0	2.1	460	130
210**	47.0	1.0	16.0	35.0	1.0	2.1	510	110

* * は本発明(請求項6)範囲外

* * * は本発明(請求項7)範囲外

- [0184] 試料番号 210 は、ZnO の含有量が 35.0 mol% と多いため、キュリー点 T_c が 110°C に低下し、このため動作保証温度が 125°C 以下となり、高温雰囲気での使用に支障が生じ得ることが分かった。
- [0185] これに対し試料番号 201～209 は、ZnO の含有量が 33.0 mol% 以下であるため、130°C 以上のキュリー点 T_c を確保できることが分かった。
- [0186] ただし、試料番号 201、202 は、ZnO の含有量が 3.0 mol% で透磁率は 20 に低下し、1.0 mol% で透磁率 μ が 15 まで低下した。
- [0187] したがって、磁性体部中に ZnO を含有する場合は、ZnO の含有量は 33.0 mol% 以下が好ましく、より好ましくは 6.0～33.0 mol% であることが確認された。
- [0188] 図 3 は ZnO 含有量とキュリー点 T_c 及び透磁率 μ との関係を示す図であり、横軸が ZnO 含有量 (mol%)、左縦軸はキュリー点 T_c (°C)、右横軸は透磁率 μ を示している。図中、●印がキュリー点、◆印が透磁率である。
- [0189] この図 3 から明らかなように、ZnO 含有量の増加に伴い、透磁率 μ は上昇するが、キュリー点 T_c が低下し、動作保証温度 125°C を確保するためには、ZnO 含有量は 33 mol% 以上は必要である。
- [0190] 一方、ZnO 含有量の減少に伴い、透磁率 μ は低下し、ZnO 含有量は 6 mol% 未満で 35 未満となる。したがって、ZnO の含有量は 6～33 mol%、好ましくは 9～33 mol% であることが分かった。

実施例 12

- [0191] 実施例 9 で使用した試料番号 161 (Fe_2O_3 : 49.0 mol%、 Mn_2O_3 : 0 mol%、ZnO: 25.0 mol%、NiO: 21.0 mol%、CuO: 5.0 mol%) 及び試料番号 167 (Fe_2O_3 : 44.0 mol%、 Mn_2O_3 : 5.0 mol%、ZnO: 25.0 mol%、NiO: 21.0 mol%、CuO: 5.0 mol%) の磁性体シートを用意した。
- [0192] そして、レーザ加工機を使用し、磁性体シートの所定位置にビアホールを形成した後、Cu 粉末、ワニス、及び有機溶剤を含有した Cu ペーストを磁

磁性体シートの表面にスクリーン印刷し、かつ前記Cuペーストをビアホールに充填し、これにより所定形状のコイルパターン及びビアホール導体を形成した。

[0193] 次に、コイルパターンの形成された磁性体シートを積層した後、これらをコイルパターンの形成されていない磁性体シートで挟持し、60℃の温度で100MPaの圧力で圧着し、圧着ブロックを作製した。そして、この圧着ブロックを所定のサイズに切断し、セラミック積層体を作製した。

[0194] 次に、このセラミック積層体を、内部導体であるCuが酸化しない雰囲気中で加熱して十分に脱脂した。そしてその後、 $N_2-H_2-H_2O$ の混合ガスにより酸素分圧が制御された焼成炉にセラミック積層体を投入し、3℃/分の昇温速度で950℃に昇温し、2時間保持して焼成し、これにより磁性体部にコイル導体が埋設されたフェライト素体を作製した。ここで、酸素分圧は、950℃におけるCu-Cu₂Oの平衡酸素分圧である 1.8×10^{-1} Paに設定した。

[0195] 次に、Ag粉、ガラスフリット、ワニス、及び有機溶剤を含有した外部電極用導電ペーストを用意し、この外部電極用導電ペーストをフェライト素体の両端に塗布して乾燥した後、750℃で焼き付けて外部電極を形成し、これにより試料番号161'、167'の試料を作製した。尚、試料番号161'、167'の各試料の外径寸法は長さ：1.6mm、幅：0.8mm、厚み：0.8mmであり、コイルのターン数は9.5ターンであった。

[0196] 次に、試料番号161'、167'の各試料について、実施例1と同様のインピーダンスアナライザを使用し、インピーダンス特性を測定した。

[0197] 図4は試料番号161'のインピーダンス特性を示し、図5は試料番号167'のインピーダンス特性を示している。横軸は周波数(Hz)、縦軸はインピーダンス(Ω)である。

[0198] 試料番号161'は、Fe₂O₃含有量が49.0mol%と多く、比抵抗log ρが低いため、図4から明らかなように、インピーダンスは最大でも220Ω程度であり、所望の高インピーダンスを得ることはできなかった。

[0199] これに対し試料番号 167' は、 Fe_2O_3 含有量が 44.0 mol%、A 値は 10.2% であり、本発明範囲内であるので、比抵抗 $\log \rho$ が大きくなり、その結果、図 5 に示すように、インピーダンス特性も顕著な山形形状を有している。そして、最大で約 520 Ω の高インピーダンスが得られ、特定周波数域で高いインピーダンスが得られることが分かった。

実施例 13

[0200] 酸素分圧を 950°C における $\text{Cu}-\text{Cu}_2\text{O}$ 平衡酸素分圧の $1/100$ である $1.8 \times 10^{-3} \text{ Pa}$ に設定した以外は、実施例 12 と同様の方法・手順で試料番号 161"、167" の試料を作製し、インピーダンス特性を測定した。

[0201] 図 6 は試料番号 161" のインピーダンス特性を示し、図 7 は試料番号 167" のインピーダンス特性を示している。横軸は周波数 (Hz)、縦軸はインピーダンス (Ω) である。

[0202] 試料番号 161" は、 Fe_2O_3 含有量が 49.0 mol% と多く、しかも $\text{Cu}-\text{Cu}_2\text{O}$ の平衡酸素分圧の $1/100$ の低い酸素分圧で焼成しているため、比抵抗 $\log \rho$ も更に低くなり、その結果図 6 に示すように、インピーダンスは 100 Ω 以下となり、広範な周波数域で平坦となり、良好なインピーダンス特性を得ることはできなかった。

[0203] これに対し試料番号 167" は、 Fe_2O_3 含有量が 44.0 mol%、A 値は 10.2% であり、本発明範囲内であるので、比抵抗 $\log \rho$ も大きくなり、その結果、図 7 に示すように、実施例 12 の試料番号 167' と略同様、インピーダンス特性も顕著な山形形状を有している。そして、最大で約 570 Ω の高インピーダンスが得られ、特定周波数域で高いインピーダンスが得られることが分かった。

[0204] また、実施例 12 の試料番号 167' と実施例 13 の試料番号 167" との比較から明らかなように、 Fe_2O_3 含有量が本発明範囲内の場合は、酸素分圧に依存することなく高いインピーダンスを得ることができることが分かった。

[0205] このように本発明の磁性体組成を有するセラミック電子部品は、比抵抗 $\log \rho$ が良好であり、これにより透磁率を損なうこともなく、高いインピーダンスを確保することができることが分かった。すなわち、内部電極材料にCuを主成分とした材料を使用した場合であっても、絶縁性が良好でインピーダンス特性が良好な積層コイル部品の得られることが確認された。

産業上の利用可能性

[0206] Cuを主成分とする材料を導電部に使用し、導電部と磁性体部とを同時焼成しても、絶縁性が良好で、良好な電気特性を有するコイル部品等のセラミック電子部品を実現できる。

符号の説明

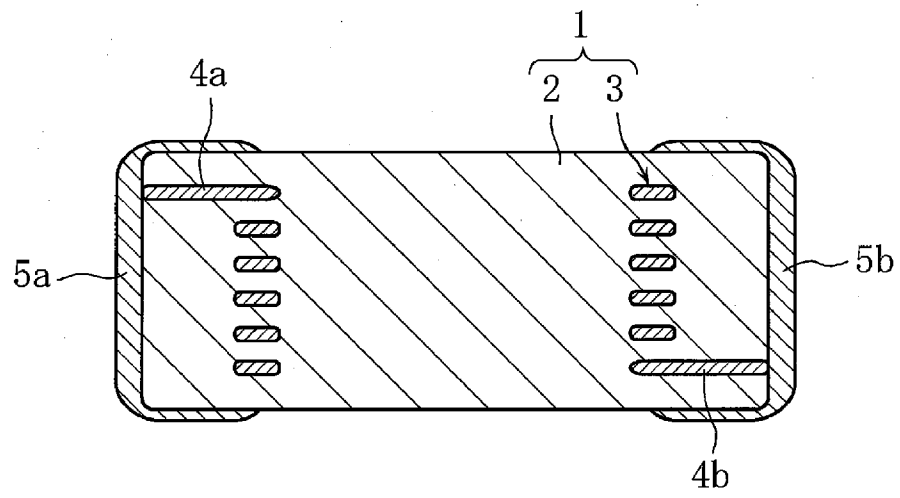
- [0207] 2 磁性体部
3 コイル導体（導電部）

請求の範囲

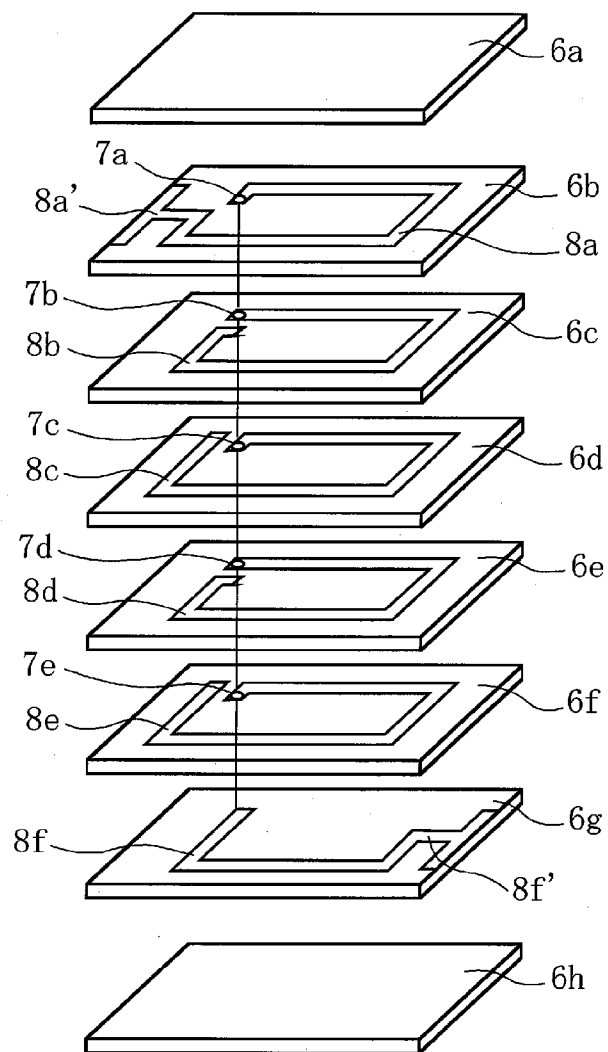
- [請求項1] フェライト材料からなる磁性体部と、Cuを主成分とする導電部とを有し、
- 前記磁性体部は、3価のFeと少なくとも2価のNiを含む2価元素とを含有すると共に、前記Feの含有量が、 Fe_2O_3 に換算し、モル比で20～48%であり、
- かつ、Fe及びMnの総計に対するMnの比率が、 Mn_2O_3 及び Fe_2O_3 にそれぞれ換算し、モル比で50%未満（0%を含む。）となるように、前記磁性体部は前記Mnを含有していることを特徴とするセラミック電子部品。
- [請求項2] 前記Feの含有量が、 Fe_2O_3 に換算し、モル比で25～47%であることを特徴とする請求項1記載のセラミック電子部品。
- [請求項3] 前記Feの含有量が、 Fe_2O_3 に換算し、モル比で30～46%であることを特徴とする請求項1又は請求項2記載のセラミック電子部品。
- [請求項4] 前記磁性体部は、前記Fe及び前記Mnの総計に対する前記Mnの比率が、 Mn_2O_3 及び Fe_2O_3 にそれぞれ換算し、モル比で2%以上であることを特徴とする請求項1乃至請求項3のいずれかに記載のセラミック電子部品。
- [請求項5] 前記磁性体部は、CuOに換算し、モル比で10%以下のCuを含有していることを特徴とする請求項1乃至請求項4のいずれかに記載のセラミック電子部品。
- [請求項6] 前記磁性体部は、ZnOに換算し、モル比で33%以下のZnを含有していることを特徴とする請求項1乃至請求項5のいずれかに記載のセラミック電子部品。
- [請求項7] 前記磁性体部は、ZnOに換算し、モル比で6%以上のZnを含有していることを特徴とする請求項1乃至請求項6のいずれかに記載のセラミック電子部品。

- [請求項8] $\text{Cu}-\text{Cu}_2\text{O}$ の平衡酸素分圧以下の雰囲気で焼成されてなることを特徴とする請求項1乃至請求項7のいずれかに記載のセラミック電子部品。
- [請求項9] 前記磁性体部と前記導電部とが同時焼成されてなることを特徴とする請求項1乃至請求項8のいずれかに記載のセラミック電子部品。
- [請求項10] 複数の前記磁性体部と複数の前記導電部とが交互に積層されていることを特徴とする請求項1乃至請求項9のいずれかに記載のセラミック電子部品。
- [請求項11] コイル部品であることを特徴とする請求項1乃至請求項11のいずれかに記載のセラミック電子部品。
- [請求項12] Fe 化合物及び少なくとも Ni 化合物を含む2価元素化合物を、 Fe_2O_3 に換算し、 Fe 化合物がモル比で20～48%となるように前記 Fe 化合物及び前記2価元素化合物を秤量すると共に、 Fe 及び Mn の総計に対する前記 Mn の比率が、 Mn_2O_3 及び Fe_2O_3 に換算し、モル比で50%未満（0%を含む。）となるように Mn 化合物を秤量し、これら秤量物を混合した後、仮焼して仮焼粉末を作製する仮焼工程と、
前記仮焼粉末からセラミックグリーンシートを作製するセラミックグリーンシート作製工程と、
 Cu を主成分とする導電性ペーストを前記セラミックグリーンシートに塗布して所定パターンの導電膜を形成する導電膜形成工程と、
前記導電膜が形成されたセラミックグリーンシートを所定順序に積層し、積層体を形成する積層体形成工程と、
 $\text{Cu}-\text{Cu}_2\text{O}$ の平衡酸素分圧以下の焼成雰囲気で前記積層体を焼成し、前記セラミックグリーンシートと前記導電膜とを同時焼成する焼成工程とを含んでいることを特徴とするセラミック電子部品の製造方法。

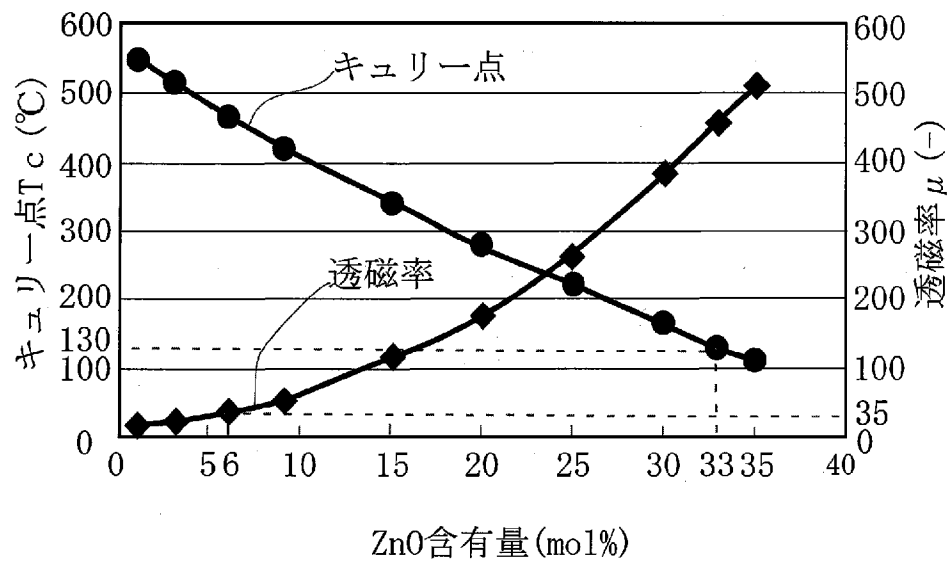
[図1]



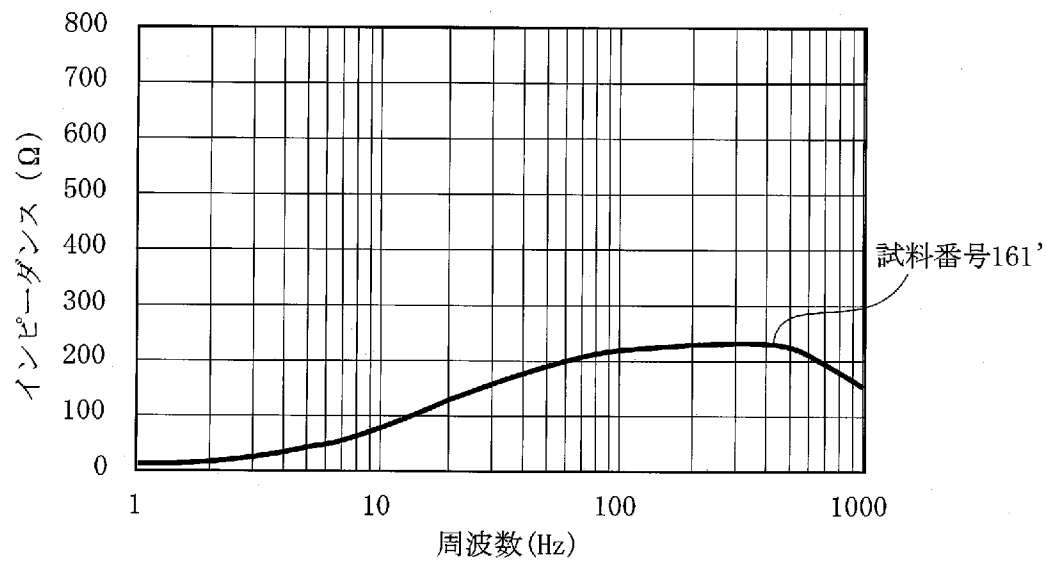
[図2]



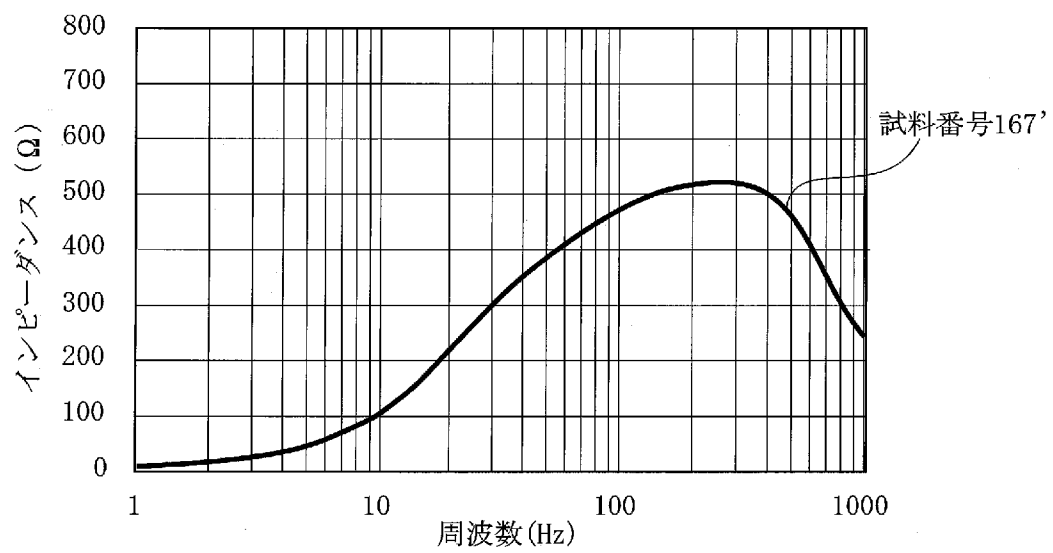
[図3]



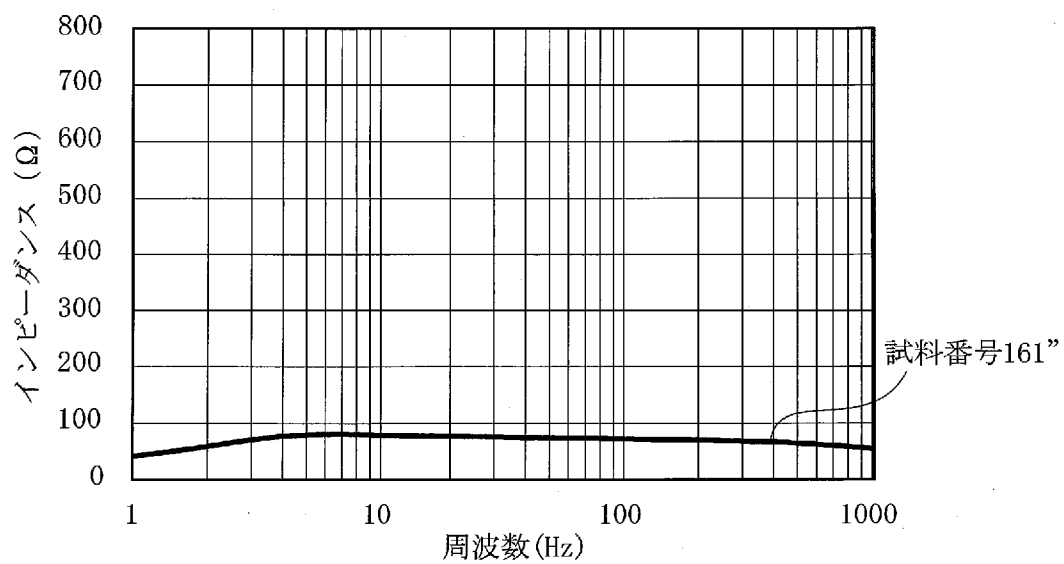
[図4]



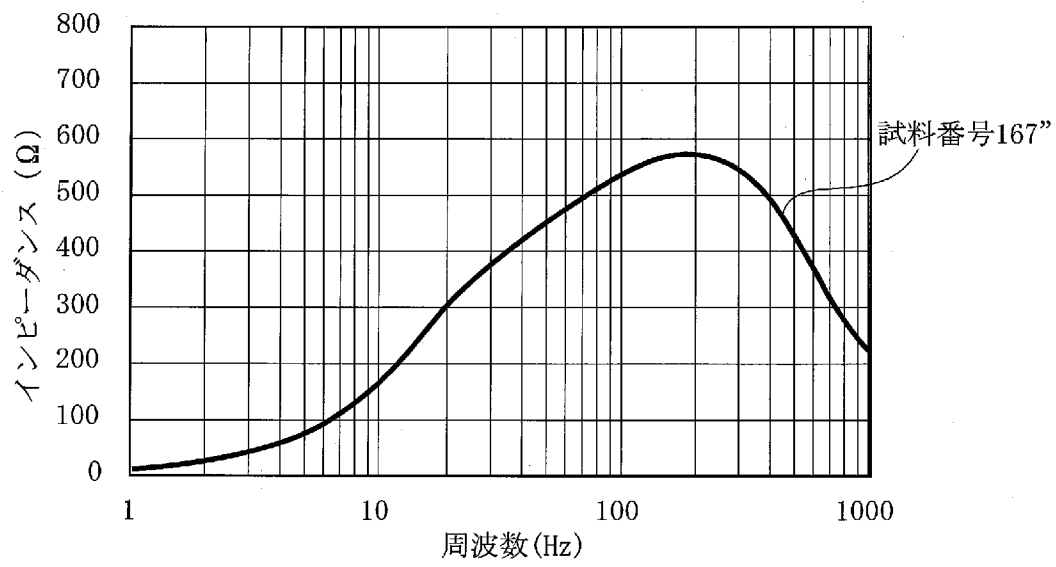
[図5]



[図6]



[図7]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/055061

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01F1/34(2006.01)i, C04B35/30(2006.01)i, H01F17/00(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)

H01F1/34, C04B35/30, H01F17/00

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 1996-2011

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2011 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2011

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	JP 05-326242 A (TDK Corp.), 10 December 1993 (10.12.1993), paragraphs [0018], [0025], [0040] to [0046] (Family: none)	1-12
Y	JP 2004-323283 A (TDK Corp.), 18 November 2004 (18.11.2004), paragraphs [0019] to [0023] (Family: none)	1-12
Y	JP 2010-018482 A (TDK Corp.), 28 January 2010 (28.01.2010), paragraphs [0017] to [0031] (Family: none)	1-12

☒ 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
31 May, 2011 (31.05.11)Date of mailing of the international search report
07 June, 2011 (07.06.11)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/055061

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 09-007880 A (Murata Mfg. Co., Ltd.), 10 January 1997 (10.01.1997), paragraph [0016] (Family: none)	8, 12
Y	JP 08-069939 A (Murata Mfg. Co., Ltd.), 12 March 1996 (12.03.1996), paragraph [0015] & US 5853515 A & EP 690462 A2 & DE 69516045 D & KR 10-0218225 B	8, 12
Y	WO 2007/066453 A1 (Murata Mfg. Co., Ltd.), 14 June 2007 (14.06.2007), paragraph [0042] & US 2008/0231147 A1 & EP 1959510 A1 & KR 10-2008-0074962 A	8, 12
A	JP 04-061203 A (Murata Mfg. Co., Ltd.), 27 February 1992 (27.02.1992), entire text; all drawings (Family: none)	1-12

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H01F1/34(2006.01)i, C04B35/30(2006.01)i, H01F17/00(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（I P C））

Int.Cl. H01F1/34, C04B35/30, H01F17/00

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 1 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 1 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 1 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	JP 05-326242 A (ティーディーケイ株式会社) 1993. 12. 10, 【0018】, 【0025】, 【0040】 - 【0046】 (ファミリーなし)	1 - 1 2
Y	JP 2004-323283 A (TDK株式会社) 2004. 11. 18, 【0019】 - 【0023】 (ファミリーなし)	1 - 1 2
Y	JP 2010-018482 A (TDK株式会社) 2010. 01. 28, 【0017】 - 【0031】 (ファミリーなし)	1 - 1 2

☒ 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

3 1 . 0 5 . 2 0 1 1

国際調査報告の発送日

0 7 . 0 6 . 2 0 1 1

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

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）

右田 勝則

5 R

9 1 7 3

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 5 6 5

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 09-007880 A (株式会社村田製作所) 1997. 01. 10, 【0016】 (ファミリーなし)	8, 1 2
Y	JP 08-069939 A (株式会社村田製作所) 1996. 03. 12, 段落【0015】 & US 5853515 A & EP 690462 A2 & DE 69516045 D & KR 10-0218225 B	8, 1 2
Y	WO 2007/066453 A1 (株式会社村田製作所) 2007. 06. 14, 段落[0042] & US 2008/0231147 A1 & EP 1959510 A1 & KR 10-2008-0074962 A	8, 1 2
A	JP 04-061203 A (株式会社村田製作所) 1992. 02. 27, 全文、全図 (ファミリーなし)	1 - 1 2