

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5790702号  
(P5790702)

(45) 発行日 平成27年10月7日(2015.10.7)

(24) 登録日 平成27年8月14日(2015.8.14)

(51) Int.Cl.	F I
<b>HO 1 F 1/34 (2006.01)</b>	HO 1 F 1/34 A
<b>HO 1 F 17/04 (2006.01)</b>	HO 1 F 17/04 F
<b>HO 1 F 41/02 (2006.01)</b>	HO 1 F 41/02 D
<b>CO 4 B 35/30 (2006.01)</b>	CO 4 B 35/30 C
<b>CO 4 B 35/622 (2006.01)</b>	CO 4 B 35/26 A

請求項の数 3 (全 13 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2013-100601 (P2013-100601)	(73) 特許権者	000003067 TDK株式会社 東京都港区芝浦三丁目9番1号
(22) 出願日	平成25年5月10日(2013.5.10)	(74) 代理人	110001494 前田・鈴木国際特許業務法人
(65) 公開番号	特開2014-220469 (P2014-220469A)	(72) 発明者	長東 大樹 東京都港区芝浦三丁目9番1号 TDK-EPC株式会社内
(43) 公開日	平成26年11月20日(2014.11.20)	(72) 発明者	鈴木 孝志 東京都港区芝浦三丁目9番1号 TDK-EPC株式会社内
審査請求日	平成26年4月4日(2014.4.4)	(72) 発明者	近藤 真一 東京都港区芝浦三丁目9番1号 TDK-EPC株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 複合フェライト組成物および電子部品

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

磁性体材料と非磁性体材料とを含有する複合フェライト組成物であって、  
前記磁性体材料と前記非磁性体材料との混合比率が、20重量%：80重量%～80重量%：20重量%であり、  
前記磁性体材料がNi-Cu-Zn系フェライトであり、  
前記非磁性体材料の主成分が少なくともZn、CuおよびSiの酸化物を含有し、  
前記非磁性体材料の副成分がホウケイ酸ガラスを含有し、  
前記非磁性体材料が、副成分として、 $MO-SiO_2-B_2O_3$  ガラス(MOは、アルカリ土類金属酸化物)を0.5～17.0重量%含有する複合フェライト組成物。

10

【請求項2】

前記非磁性体材料の主成分が、一般式  $a(bZnO \cdot cMgO \cdot dCuO) \cdot SiO_2$  で表され、  
前記一般式中のa、b、cおよびdが、 $a = 1.5 \sim 2.4$ 、 $b = 0.2 \sim 0.98$ 、 $d = 0.02 \sim 0.15$  (ただし、 $b + c + d = 1.00$ ) を満足する請求項1に記載の複合フェライト組成物。

【請求項3】

コイル導体およびセラミック層が積層されて構成される電子部品であって、  
前記コイル導体がAgを含み、  
前記セラミック層が請求項1または2に記載の複合フェライト組成物で構成されている電

20

子部品および複合電子部品。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、高周波特性に優れた複合フェライト組成物と、この複合フェライト組成物を適用した電子部品に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、携帯電話やPCなどに用いられる周波数帯が高周波化しており、既に数GHzの規格が複数存在する。これらの高周波の信号に対応するノイズ除去製品が求められている。その代表として積層チップコイルが例示される。

10

【0003】

積層チップコイルの電気特性はインピーダンスで評価できる。インピーダンス特性は、100MHz帯までは素体材料の透磁率と、その周波数特性に大きく影響される。また、GHz帯のインピーダンスは積層チップコイルの対向電極間の浮遊容量に影響されている。積層チップコイルの対向電極間の浮遊容量を低減する手法として、対向電極間の距離の延長、対向電極の面積の縮小、対向電極間の誘電率の低減の3つが挙げられる。

【0004】

下記に示す特許文献1では、浮遊容量を低減するために、コイル通電により生じる磁束方向の両端に端子を形成している。この特許文献1に示す発明では、内部電極と端子電極間の距離を延長することが可能であると共に、内部電極と端子電極の対向面積の縮小が達成されており、高周波まで周波数特性が伸びることが期待できる。

20

【0005】

しかしながら、特許文献1の発明では、内部電極間の浮遊容量は低減されておらず、この部分に更なる改善を行う余地がある。また、内部電極間の距離の延長と内部電極の面積の縮小は、構造の変更を行う改善方法であり、他の特性や大きさ・形状に対する影響が大きい。内部電極間の距離の延長は製品の大きさに影響するため、小型化が求められるチップ部品に適用することは困難である。さらに、内部電極の面積の縮小は、直流抵抗が増大すると言う課題を有する。

【0006】

現在、積層チップコイルの素体材料として、Ni-Cu-Zn系フェライトが用いられる場合が多い。内部電極として用いるAgとの同時焼成を行うため、900で焼成できる磁性体セラミックであることから選ばれている。Ni-Cu-Zn系フェライトの誘電率は14~15程度であり、低減の余地が残されているといえる。しかしながら、Ni-Cu-Zn系フェライトの誘電率を下げることは困難であり、何らかの改善手法が必要である。

30

【0007】

また、下記に示す特許文献2では、Ni-Cu-Zn系フェライトと低誘電率非磁性体を混合して、複合材料を作製し、これを素体材料として適用している。低誘電率非磁性体としては、シリカガラス、硼珪酸ガラス、ステアタイト、アルミナ、フォルステライト、ジルコンを挙げている。

40

【0008】

特許文献2に示す発明では、フェライトと低誘電率非磁性体を混合することで、誘電率は低減される。また、特許文献3に示す発明では、発泡フェライトの応用を示している。すなわち、特許文献3では、磁性セラミックに焼失材を混合しておき焼結後に空孔を作製し、空孔に樹脂またはガラスを含浸させる。空孔を用いることで、低誘電率化が達成されている。さらに、空孔に樹脂またはガラスが含浸されることで強度が弱くなる発泡フェライトのデメリットをカバーしている。

【0009】

しかしながら、特許文献2において、ガラス系材料を主成分とする場合、透磁率 $\mu$ の低

50

下が顕著となる。これは、磁性体の粒成長の阻害や磁路分断を起こすためと考えられる。また、フェライトとガラスの反応が大きく、異相を形成し絶縁抵抗が劣化する。そのため、Ag系導体との同時焼成ではショートする可能性が高く、Ag系導体を適用した積層コイルとして不適である。

【0010】

一方、ステアタイト、アルミナ、フォルステライト、ジルコンのセラミック材料では、前記のような絶縁抵抗の劣化は小さいと考えられるものの、焼結性に問題があり内部電極Agとの同時焼成が可能な焼成温度900では複合材の焼結は困難であると考えられる。

【0011】

また、特許文献3に示す発明では、特性および焼結性とも問題はない。しかし、フェライトに空孔を多く含むため、端子電極を直接つけることができない。そのため、端子電極を形成する部分に空孔が少ないフェライトを用いるなど構造が複雑になる欠点がある。また、焼成後のフェライト粒径は、空孔が少ないフェライトと比較して小さくなるため耐湿性等が劣化する可能性が高い。

【0012】

したがって、磁性体と低誘電率非磁性体の複合の手法においては、次の5点が課題となる。すなわち、焼結性の低下、透磁率 $\mu$ の低下、透磁率 $\mu$ の周波数特性の低周波化、誘電率の低減効果が小さい、および絶縁抵抗の低下である。これらの課題を同時に解決して、GHz帯でインピーダンスの高い積層コイルを提供することは困難であると考えられている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0013】

【特許文献1】特開平11-026241号公報

【特許文献2】特開2002-175916号公報

【特許文献3】特開2004-297020号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0014】

本発明は、このような実状に鑑みてなされ、その目的は、焼結性に優れ、高透磁率、高絶縁抵抗および低誘電率であり、周波数特性に優れた複合フェライト組成物と、この複合フェライト組成物を適用した電子部品を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0015】

上記目的を達成するために、本発明に係る複合フェライト組成物は、磁性体材料と非磁性体材料とを含有する複合フェライト組成物であって、前記磁性体材料と前記非磁性体材料との混合比率が、20重量%：80重量%～80重量%：20重量%であり、前記磁性体材料がNi-Cu-Zn系フェライトであり、前記非磁性体材料の主成分が少なくともZn、CuおよびSiの酸化物を含有し、前記非磁性体材料の副成分がホウケイ酸ガラスを含有する。

【0016】

本発明に係る複合フェライト組成物では、Ni-Cu-Zn系フェライトを用いているため、比較的低温での焼結性に優れている。また、本発明では、Ni-Cu-Zn系フェライトに対して、所定割合で、所定の非磁性体材料を含ませることで、焼結性に優れ、高透磁率、高絶縁抵抗および低誘電率であり、周波数特性に優れた複合フェライト組成物を実現することができることが、本発明者等により見出された。

【0017】

すなわち、本発明によれば、流動性が低い非磁性体材料を、Ni-Cu-Zn系フェラ

10

20

30

40

50

イトに対して、所定割合で含ませることにより、Ni - Cu - Zn系フェライトの磁壁移動領域の減少と磁路分断を小さくできると考えられる。また、非磁性体材料として、流動性が低いセラミック材料の中でもZnの酸化物を主組成とするセラミック材料を含む非磁性体セラミック材料を選ぶことにより、元素の相互拡散の影響を小さくできる。非磁性体材料は、Ni - Cu - Zn系フェライトに含まれるZnを多く含んでおり、2材料間の元素相互拡散は少なくなると考えられる。また、元素の相互拡散が生じたとしても、元々含まれる元素の量が僅かに変化するだけであり特性への影響は小さい。

【0018】

なお、磁性体材料におけるNi - Cu - Zn系フェライトの組成、非磁性体材料の組成、磁性体材料と非磁性体材料との混合比を任意に変えることで、透磁率(20~1.4)と誘電率(11~7)を調整できると言う利点もある。

10

【0019】

好ましくは、前記非磁性体材料の主成分が、一般式  $a(bZnO \cdot cMgO \cdot dCuO) \cdot SiO_2$  で表され、前記一般式中のa、b、cおよびdが、 $a = 1.5 \sim 2.4$ 、 $b = 0.2 \sim 0.98$ 、 $d = 0.02 \sim 0.15$ (ただし、 $b + c + d = 1.00$ )を満足する。

【0020】

好ましくは、前記非磁性体材料が、副成分として、 $MO - SiO_2 - B_2O_3$  ガラス(MOは、アルカリ土類金属酸化物)を0.5~17.0重量%含有する。

【0021】

非磁性体材料として、 $MO - SiO_2 - B_2O_3$  系ガラスを所定重量割合で添加することで、複合材料全体の焼結性を高めることで高い透磁率と絶縁抵抗を両立し、積層コイル部品への適用を可能としている。

20

【0022】

本発明に係る電子部品は、コイル導体およびセラミック層が積層されて構成される電子部品であって、前記コイル導体がAgを含み、前記セラミック層が上記に記載の複合フェライト組成物で構成されている。

【図面の簡単な説明】

【0023】

【図1】図1は本発明の一実施形態に係る電子部品としての積層チップコイルの内部透視斜視図である。

30

【図2】図2は本発明の他の実施形態に係る電子部品としての積層チップコイルの内部透視斜視図である。

【図3】図3は本発明の実施例および比較例に係るインピーダンス特性を示すグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0024】

以下、本発明を、図面に示す実施形態に基づき説明する。図1に示すように、本発明の一実施形態に係る電子部品としての積層チップコイル1は、セラミック層2と内部電極層3とがY軸方向に交互に積層してあるチップ本体4を有する。

40

【0025】

各内部電極層3は、四角状環またはC字形状またはコ字形状を有し、隣接するセラミック層2を貫通する内部電極接続用スルーホール電極(図示略)または段差状電極によりスパイラル状に接続され、コイル導体30を構成している。

【0026】

チップ本体4のY軸方向の両端部には、それぞれ端子電極5,5が形成してある。各端子電極5には、積層されたセラミック層2を貫通する端子接続用スルーホール電極6の端部が接続してあり、各端子電極5,5は、閉磁路コイル(巻線パターン)を構成するコイ

50

ル導体30の両端に接続される。

【0027】

本実施形態では、セラミック層2および内部電極層3の積層方向がY軸に一致し、端子電極5, 5の端面がX軸およびZ軸に平行になる。X軸、Y軸およびZ軸は、相互に垂直である。図1に示す積層チップコイル1では、コイル導体30の巻回軸が、Y軸に略一致する。

【0028】

チップ本体4の外形や寸法には特に制限はなく、用途に応じて適宜設定することができ、通常、外形はほぼ直方体形状とし、たとえばX軸寸法は0.15~0.8mm、Y軸寸法は0.3~1.6mm、Z軸寸法は0.1~1.0mmである。

10

【0029】

また、セラミック層2の電極間厚みおよびベース厚みには特に制限はなく、電極間厚み(内部電極層3、3の間隔)は3~50 $\mu$ m、ベース厚み(端子接続用スルーホール電極6のY軸方向長さ)は5~300 $\mu$ m程度で設定することができる。

【0030】

本実施形態では、端子電極5としては、特に限定されず、本体4の外表面にAgやPdなどを主成分とする導電性ペーストを付着させた後に焼付け、さらに電気めっきを施すことにより形成される。電気めっきには、Cu、Ni、Snなどを用いることができる。

【0031】

コイル導体30は、Ag(Agの合金含む)を含み、たとえばAg単体、Ag-Pd合金などで構成される。コイル導体の副成分として、Zr、Fe、Mn、Ti、およびそれらの酸化物を含むことができる。

20

【0032】

セラミック層2は、本発明の一実施形態に係る複合フェライト組成物で構成してある。以下、複合フェライト組成物について詳細に説明する。

【0033】

本実施形態の複合フェライト組成物は、磁性体材料と非磁性体材料とを含有し、磁性体材料と非磁性体材料との混合比率が、20重量%:80重量%~80重量%:20重量%、好ましくは、40重量%:60重量%~60重量%:40重量%である。磁性体材料の割合が多くなると、誘電率が高くなり、GHz帯で高いインピーダンスが得られなくなり、高周波特性が悪くなる。また、磁性体材料の割合が少なくなると、透磁率が低くなり、100MHzからGHz帯でのインピーダンスが低くなる。

30

【0034】

磁性体材料としては、Ni-Cu-Zn系フェライトが用いられる。Ni-Cu-Zn系フェライトとしては特に制限はなく、目的に応じて種々の組成のものを選択すればよいが、焼成後のフェライト焼結体中のmol%で、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:40~50mol%、特に45~50mol%、NiO:4~50mol%、特に10~40mol%、CuO:4~20mol%、特に6~13mol%、およびZnO:0~40mol%、特に1~30mol%であるフェライト組成物を用いることが好ましい。また、Co酸化物を10重量%以下の範囲で含まれていても良い。

40

【0035】

磁性フェライトの磁気特性は、組成依存性が強く、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、NiO、CuOおよびZnOの組成が上記の範囲を外れた領域では、透磁率や品質係数Qが低下する傾向にある。具体的には、例えば、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>量が少な過ぎると透磁率が小さく、化学量論組成に近づくにしがたい透磁率は上昇し、化学量論組成付近から透磁率は急激に低下する。また、NiO量の減少、あるいは、ZnO量の増加に伴って透磁率は高くなる。しかし、ZnO量が多くなると、キュリー温度が100以下となり、電子部品として要求される温度特性を満足させることが困難になる。また、CuO量が少なくなると、低温焼成(930以下)が困難となり、逆に多過ぎるとフェライトの固有抵抗が低下して品質係数Qが劣化する。

50

## 【 0 0 3 6 】

フェライト粉の平均粒径は、好ましくは $0.1 \sim 1.0 \mu\text{m}$ の範囲内である。平均粒径が小さすぎると、フェライト粉は、比表面積が大きい微粉になり、印刷積層に用いるペースト塗料やシート積層に用いるシート塗料化が非常に困難になる。しかも、粉の粒径を小さくするためには、ボールミルなどの粉碎装置による長時間の粉碎が必要になるが、長時間粉碎により、ボールミルおよび粉碎容器からのコンタミネーションが増大し、フェライト粉の組成ズレが生じ、特性の劣化を引き起こすおそれがある。また、平均粒径が大きくなると、焼結性が低下し、Agを含む内部導体との同時焼成が困難となる。

## 【 0 0 3 7 】

なお、フェライト粉の平均粒径は、磁性フェライト粉を純水中に入れ超音波器で分散させ、レーザ回折式粒度分布測定装置（日本電子株式会社製 HELIOS SYSTEM）などを用いて測定することができる。

10

## 【 0 0 3 8 】

非磁性体材料の主成分は少なくともZn、CuおよびSiの酸化物を含有する。非磁性体材料の主成分は一般式 $a(b\text{ZnO} \cdot c\text{MgO} \cdot d\text{CuO}) \cdot \text{SiO}_2$ で表される複合酸化物が例示される。この一般式中のaは、好ましくは $1.5 \sim 2.4$ 、さらに好ましくは $1.8 \sim 2.2$ である。この一般式中のbは、好ましくは $0.2 \sim 0.98$ 、さらに好ましくは $0.95 \sim 0.98$ である。この一般式中のdは、好ましくは、 $0.02 \sim 0.15$ 、さらに好ましくは $0.02 \sim 0.05$ である。ただし、 $b + c + d = 1.00$ を満足する。

20

## 【 0 0 3 9 】

非磁性体材料の副成分としてのホウケイ酸ガラスとしては、たとえば $\text{MO} - \text{SiO}_2 - \text{B}_2\text{O}_3$ ガラス（MOは、アルカリ土類金属酸化物）が例示される。ホウケイ酸ガラスには、その他の成分として、ZnO、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{K}_2\text{O}$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$ などが含まれていても良い。

## 【 0 0 4 0 】

本実施形態に係る非磁性体材料の副成分としてのホウケイ酸ガラスに要求される特性としては、線膨張係数、ガラス転移点Tgなどが例示される。本実施形態では、ホウケイ酸ガラスに要求される線膨張係数は、好ましくは $7.5 \times 10^{-6} \sim 8.5 \times 10^{-6}$ であり、ガラス転移点Tgは、好ましくは $600 \sim 700$ である。

30

## 【 0 0 4 1 】

本実施形態に係る非磁性体材料の副成分としてのホウケイ酸ガラスは、非磁性体材料の全体を100重量%とした場合において、好ましくは $0.5 \sim 17.0$ 重量%、さらに好ましくは $2.0 \sim 6.0$ 重量%含まれる。ガラスの添加量が少なすぎると、焼結性が低下し、900以下での焼成が困難である。そもそも、ホウケイ酸ガラスなしでは、低誘電率非磁性体材料は900以下での焼成が困難である。

## 【 0 0 4 2 】

なお、ホウケイ酸ガラスの含有量は、磁性体材料の混合比率によって、好ましい含有量範囲が変化する。たとえば非磁性体材料に対して磁性体材料の混合比率が高い場合には、ホウケイ酸ガラスの含有量は、比較的の高い範囲にあることが好ましく、磁性体材料の混合比率が低い場合には、ホウケイ酸ガラスの含有量は、比較的の低い範囲にあることが好ましい。

40

## 【 0 0 4 3 】

ガラスを含まないZnの酸化物を主組成とする非磁性体材料の例としてウイレマイト[（珪酸亜鉛、ジンクシリケートとも呼ばれる）： $\text{Zn}_2\text{SiO}_4$ ]を挙げると、ウイレマイト単独での焼結温度は1300以上である。そこで、 $\text{MO} - \text{SiO}_2 - \text{B}_2\text{O}_3$ 系ガラスを焼結助剤とすることでウイレマイト単独でも焼成温度900で焼結可能となる。磁性体と複合化しても、この効果は保持している。

## 【 0 0 4 4 】

ホウケイ酸ガラスの添加量が多すぎると、透磁率が低下する傾向にあり、十分なインピ

50

ーダンスが得られない。この原因は、Ni - Cu - Zn系フェライトの磁壁移動領域の減少と磁路分断にあると考えられる。流動性の高いMO - SiO<sub>2</sub> - B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>系ガラスがNi - Cu - Zn系フェライト粒界に浸入することで、Ni - Cu - Zn系フェライトの磁路が分断される。また、Ni - Cu - Zn系フェライトの粒成長が阻害されることで、磁壁移動領域が減少する。

【0045】

非磁性体材料の主成分の平均粒径と、副成分としてのホウケイ酸ガラスの平均粒径は、特に限定されないが、主成分の平均粒径は、好ましくは、0.2 ~ 0.6 μmであり、ホウケイ酸ガラスの平均粒径は、好ましくは、0.3 ~ 0.7 μmである。平均粒径の測定方法は、フェライト粉の場合と同様である。

10

【0046】

図1に示す積層チップコイル1は、一般的な製造方法により製造することができる。すなわち、本発明の複合フェライト組成物を、バインダーと溶剤とともに混練して得た複合フェライトペーストを、Agなどを含む内部電極ペーストと交互に印刷積層した後、焼成することで、チップ本体4を形成することができる（印刷法）。あるいは複合フェライトペーストを用いてグリーンシートを作製し、グリーンシートの表面に内部電極ペーストを印刷し、それらを積層して焼成することでチップ本体4を形成しても良い（シート法）。いずれにしても、チップ本体を形成した後に、端子電極5を焼き付けあるいはメッキなどで形成すれば良い。

【0047】

複合フェライトペースト中のバインダーおよび溶剤の含有量には制限はなく、例えば、バインダーの含有量は1 ~ 10重量%、溶剤の含有量は10 ~ 50重量%程度の範囲で設定することができる。また、ペースト中には、必要に応じて分散剤、可塑剤、誘電体、絶縁体等を10重量%以下の範囲で含有させることができる。Agなどを含む内部電極ペーストも同様にして作製することができる。また、焼成条件などは、特に限定されないが、内部電極層にAgなどが含まれる場合には、焼成温度は、好ましくは930以下、さらに好ましくは900以下である。

20

【0048】

なお、本発明は、上述した実施形態に限定されるものではなく、本発明の範囲内で種々に改変することができる。

30

【0049】

たとえば、図2に示す積層チップコイル1aのセラミック層2を上述した実施形態の複合フェライト組成物を用いて構成しても良い。図2に示す積層チップコイル1aでは、セラミック層2と内部電極層3aとがZ軸方向に交互に積層してあるチップ本体4aを有する。

【0050】

各内部電極層3aは、四角状環またはC字形状またはコ字形状を有し、隣接するセラミック層2を貫通する内部電極接続用スルーホール電極（図示略）または段差状電極によりスパイラル状に接続され、コイル導体30aを構成している。

【0051】

チップ本体4aのY軸方向の両端部には、それぞれ端子電極5, 5が形成してある。各端子電極5には、Z軸方向の上下に位置する引き出し電極6aの端部が接続してあり、各端子電極5, 5は、閉磁路コイル（巻線パターン）を構成するコイル導体30aの両端に接続される。

40

【0052】

本実施形態では、セラミック層2および内部電極層3の積層方向がZ軸に一致し、端子電極5, 5の端面がX軸およびZ軸に平行になる。X軸、Y軸およびZ軸は、相互に垂直である。図2に示す積層チップコイル1aでは、コイル導体30aの巻回軸が、Z軸に略一致する。

【0053】

50

図1に示す積層チップコイル1では、チップ本体4の長手方向であるY軸方向にコイル導体30の巻軸があるため、図2に示す積層チップコイル1aに比較して、巻数を多くすることが可能であり、高い周波数帯までの高インピーダンス化が図りやすいという利点を有する。図2に示す積層チップコイル1aにおいて、その他の構成および作用効果は、図1に示す積層チップコイル1と同様である。

#### 【0054】

さらにまた、本発明の複合フェライト組成物は、図1または図2に示すチップインダクタ以外の電子部品のためのコイル導体と共に積層されるセラミック層として用いることができる。

#### 【実施例】

#### 【0055】

以下、本発明を、さらに詳細な実施例に基づき説明するが、本発明は、これら実施例に限定されない。

#### 【0056】

##### (実施例1)

まず、磁性体材料として、900 で単独焼成すると $\mu = 110$ 、 $\mu' = 14.0$ となるNi-Cu-Zn系フェライト(平均粒径 $0.3 \mu\text{m}$ )を準備した。

#### 【0057】

次に、900 で単独焼成すると $\mu = 1$ 、 $\mu' = 6$ となる非磁性体材料を準備した。該非磁性体材料は、主成分として $2(0.98\text{Zn} \cdot 0.02\text{CuO}) \cdot \text{SiO}_2$ (平均粒径 $0.5 \mu\text{m}$ )と、副成分としてSrO-SiO<sub>2</sub>-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>系ガラス(平均粒径 $0.5 \mu\text{m}$ )とを、非磁性体材料100重量%に対して、SrO-SiO<sub>2</sub>-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>系ガラスの含有量が3.8重量%となるように混合して調製したものである。なお、SrO-SiO<sub>2</sub>-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>系ガラスとしては、市販のガラスを用いた。

#### 【0058】

そして、上記磁性体材料と非磁性体材料の混合比が表1に示す比率になるように、上記磁性体材料と非磁性体材料をそれぞれ秤量し、ボールミルで24時間湿式混合し、得られたスラリーを乾燥機にて乾燥し、複合体材料を得た。

#### 【0059】

得られた複合体材料にアクリル樹脂系バインダーを添加して顆粒とした後、加圧成形し、それぞれトロイダル形状(寸法=外径18mm×内径10mm×高さ5mm)の成形体と、ディスク形状(寸法=直径25mm×厚さ5mm)の成形体を得た。この成形体を、空气中、900にて、2時間焼成して焼結体(複合フェライト組成物)を得た。得られた焼結体に対し、以下の評価を行った。

#### 【0060】

##### 評価

##### [相対密度]

ディスク形状に成形して得られた焼結体について、焼成後の焼結体の寸法および重量から、焼結体密度を算出し、理論密度に対する焼結体密度を相対密度として算出した。本実施例では、相対密度は90%以上を良好とした。結果を表1に示す。

#### 【0061】

##### [透磁率]

トロイダル形状に成形して得られた焼結体に、銅線ワイヤを10ターン巻きつけ、LCRメーター(アジレントテクノロジー社製、商品名:4991A)を使用して、初期透磁率 $\mu_i$ を測定した。測定条件としては、測定周波数10MHz、測定温度20とした。本実施例では、10MHzにおける透磁率が1.4以上を良好とした。結果を表1に示す。

#### 【0062】

##### [共振周波数]

トロイダル形状に成形して得られた焼結体に、銅線ワイヤを10ターン巻きつけ、イン

10

20

30

40

50



ピーダンスアナライザー（アジレントテクノロジー社製、商品名：4991A）を使用して、室温における透磁率の共振周波数(MHz)を測定した。本実施例では、透磁率の共振周波数は50MHz以上を良好とした。結果を表1に示す。

【0063】

[誘電率]

トロイダル形状に成形して得られた焼結体に対し、ネットワークアナライザー（HEWLETT PACKARD社製8510C）を使用して、共振法（JIS R 1627）により、誘電率（単位なし）を算出した。本実施例では、誘電率は1以下を良好とした。結果を表1に示す。

【0064】

[比抵抗]

得られたディスク形状に成形して得られた焼結体の両面に、In-Ga電極を塗り、直流抵抗値を測定し、比抵抗を求めた（単位： $\Omega \cdot m$ ）。測定は、IRメーター（HEWLETT PACKARD社製4329A）を用いて行った。本実施例では、比抵抗は $10^6 \cdot m$ 以上を良好とした。結果を表1に示す。

【0065】

【表1】

表1

試料No.	混合比 [wt%]		相対密度 [vol%]	透磁率	共振周波数 [MHz]	誘電率	比抵抗 [ $\Omega \cdot m$ ]
	磁性体	非磁性体					
1	100	0	99.83	111.92	22.70	14.02	2.9E+07
2	90	10	82.61	12.29	155.09	10.17	6.5E+05
3	80	20	91.67	8.30	205.25	10.30	5.3E+06
4	70	30	93.95	5.89	222.36	9.73	1.8E+07
5	60	40	95.07	4.41	213.63	8.98	3.7E+09
6	50	50	96.25	3.50	205.25	8.54	3.0E+08
7	40	60	97.00	2.81	213.63	7.99	2.5E+08
8	30	70	98.71	2.12	222.36	7.60	1.8E+08
9	20	80	99.58	1.64	240.81	7.14	1.0E+09
10	10	90	100.00	1.21	-	6.59	5.9E+12
11	0	100	98.63	1.00	-	5.92	2.9E+12

【0066】

表1に示されるように、磁性体材料と非磁性体材料が本発明の範囲内にある複合フェライト組成物では、相対密度、透磁率、共振周波数、誘電率および比抵抗の何れ評価項目も、良好な結果となることが確認できた（試料3～9）。

【0067】

一方、磁性体材料と非磁性体材料が本発明の範囲内にない複合フェライト組成物では、相対密度、透磁率、共振周波数、誘電率および比抵抗の評価項目の何れか一つ以上が、悪化することが確認できた（試料1、2、10および11）。

【0068】

なお、試料10および11では、共振周波数を示していないが、これは透磁率の共振ピークが観察できなかったためである。

【0069】

（実施例2）

非磁性体材料の主成分組成を、表2のように変化させた以外は、実施例1の試料7と同様に、焼結体（複合フェライト組成物）を作製し、同様の評価を行った。結果を表2に示す。

【 0 0 7 0 】

【 表 2 】

表2

試料No.	一般式 $a(b\text{ZnO} \cdot c\text{MgO} \cdot d\text{CuO}) \cdot \text{SiO}_2$				相対密度 [vol%]	透磁率	共振周波数 [MHz]	誘電率	比抵抗 [ $\Omega \cdot \text{m}$ ]
	a	b	c	d					
7	2.00	0.98	0.00	0.02	97.00	2.81	213.63	7.99	2.5E+08
12	2.00	0.78	0.18	0.04	96.12	2.70	213.63	7.83	1.2E+08
13	2.00	0.59	0.36	0.05	95.91	3.09	143.16	8.07	3.7E+07
14	2.00	0.39	0.54	0.07	96.02	3.28	99.67	8.43	3.2E+08
15	2.00	0.20	0.72	0.08	91.04	3.56	54.77	8.51	1.8E+09
16	2.00	<b>0.00</b>	0.90	0.10	<b>73.00</b>	2.10	231.44	5.29	1.6E+07
17	2.00	<b>1.00</b>	0.00	<b>0.00</b>	<b>83.15</b>	1.80	240.81	6.82	8.7E+07
7	2.00	0.98	0.00	0.02	97.00	2.81	213.63	7.99	2.5E+08
18	2.00	0.96	0.00	0.04	97.96	3.02	213.63	8.13	1.1E+08
19	2.00	0.90	0.00	0.10	97.23	3.14	205.25	8.05	2.3E+07
20	2.00	0.85	0.00	0.15	98.52	3.35	205.25	8.31	4.6E+06
21	2.00	0.82	0.00	<b>0.18</b>	99.14	3.53	213.63	8.42	<b>6.3E+05</b>
22	<b>1.40</b>	0.98	0.00	0.02	<b>88.35</b>	1.53	240.81	6.51	2.3E+07
23	1.50	0.98	0.00	0.02	91.67	1.97	231.44	6.84	8.8E+07
24	1.80	0.98	0.00	0.02	95.48	2.25	222.36	7.27	2.3E+08
7	2.00	0.98	0.00	0.02	97.00	2.81	213.63	7.99	2.5E+08
25	2.20	0.98	0.00	0.02	97.42	4.13	213.63	8.25	1.3E+08
26	2.40	0.98	0.00	0.02	92.86	3.92	213.63	7.82	9.2E+07
27	<b>2.50</b>	0.98	0.00	0.02	<b>88.92</b>	3.26	213.63	7.18	5.3E+07

10

20

【 0 0 7 1 】

表 2 に示されるように、非磁性体材料の主成分が、所定の組成を満足している複合フェライト組成物では、相対密度、透磁率、共振周波数、誘電率および比抵抗の何れ評価項目も、良好な結果となることが確認できた（試料 12 ~ 15、18 ~ 20、および 23 ~ 26）。

30

【 0 0 7 2 】

一方、非磁性体材料の主成分が、所定の組成を満足していない複合フェライト組成物では、相対密度および比抵抗の何れか一方が、悪化することが確認できた（試料 16、17、21、22 および 27）。

【 0 0 7 3 】

(実施例 3)

非磁性体材料の副成分であるガラス量を、表 3 のように変化させた以外は、実施例 1 の試料 9 と同様に、焼結体（複合フェライト組成物）を作製し、同様の評価を行った。結果を表 2 に示す。

【 0 0 7 4 】

40

【表 3】

表3

試料No.	ガラス量 [wt%]	相対密度 [vol%]	透磁率	共振周波数 [MHz]	誘電率	比抵抗 [Ω·m]
31	0.4	87.34	1.66	240.81	5.62	8.1E+08
32	0.5	90.39	1.69	240.81	4.94	3.7E+09
33	1.0	91.99	1.75	240.81	6.09	5.5E+10
34	2.0	95.75	1.77	240.81	6.76	5.7E+09
9	3.8	99.58	1.64	240.81	7.14	1.0E+09
36	7.4	96.94	1.63	240.81	7.13	4.2E+08
37	13.0	95.45	1.51	240.81	7.12	2.5E+08
38	15.0	94.66	1.48	240.81	7.12	1.5E+08
39	17.0	93.02	1.45	240.81	7.12	7.0E+06
40	20.0	91.41	1.32	240.81	7.12	8.0E+05

10

## 【 0 0 7 5 】

表 3 に示されるように、非磁性体材料の副成分であるガラス量が本発明の範囲内にある複合フェライト組成物では、相対密度、透磁率、共振周波数、誘電率および比抵抗の何れ評価項目も、良好な結果となることが確認できた（試料 3 2 ~ 3 9 ）。

20

## 【 0 0 7 6 】

一方、非磁性体材料の副成分であるガラス量が本発明の範囲内でない複合フェライト組成物では、相対密度および透磁率の何れか一方が、悪化することが確認できた（試料 3 1 および 4 0 ）。

## 【 0 0 7 7 】

（実施例 4 ）

複合フェライト組成物（試料 1、5、9、11）を用いて、図 1 に示す構造を有する積層チップコイルを作製し、それらのインピーダンス特性の評価を行なった。結果を図 3 に示す。作製した積層チップコイルの外観寸法は、X 軸寸法が 0 . 5 mm、Y 軸寸法が 1 . 0 mm、Z 軸寸法が 0 . 5 mm である。

30

## 【 0 0 7 8 】

図 3 に示されるように、磁性体材料と非磁性体材料が本発明の範囲内にある複合フェライト組成物では、GHz 帯で高いインピーダンス特性が得られることが確認できた（試料 5 および 9 ）。

## 【 0 0 7 9 】

一方、磁性体材料と非磁性体材料が本発明の範囲内でない複合フェライト組成物では、所望の周波数領域（GHz）帯においてインピーダンスが低くなってしまうことが確認できた（試料 1 および 1 1 ）。

40

## 【 符号の説明 】

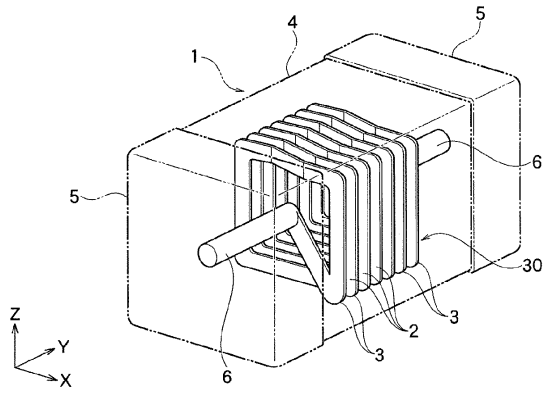
## 【 0 0 8 0 】

- 1, 1 a ... 積層チップコイル
- 2 ... セラミック層
- 3, 3 a ... 内部電極層
- 4, 4 a ... チップ本体
- 5 ... 端子電極
- 6 ... 端子接続用スルーホール電極
- 6 a ... 引き出し電極
- 3 0, 3 0 a ... コイル導体

50

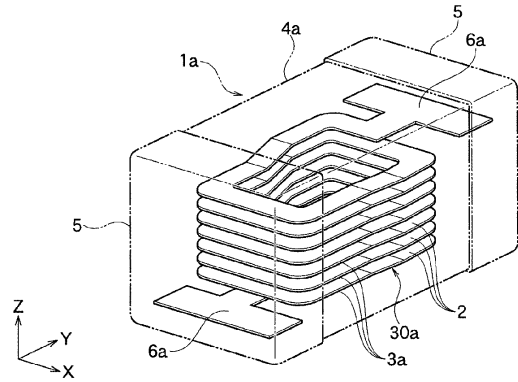
【図1】

図1



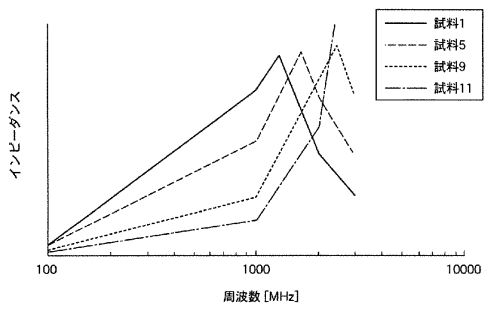
【図2】

図2



【図3】

図3



---

フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I  
C 0 4 B 35/16 (2006.01) C 0 4 B 35/16 Z

(72)発明者 大島 由也  
東京都港区芝浦三丁目9番1号 TDK - EPC株式会社内

(72)発明者 遠藤 政宏  
東京都港区芝浦三丁目9番1号 TDK - EPC株式会社内

(72)発明者 高 橋 聖樹  
東京都港区芝浦三丁目9番1号 TDK - EPC株式会社内

審査官 堀 拓也

(56)参考文献 特開平03 - 136307 (JP, A)  
特開2002 - 175916 (JP, A)  
特開平11 - 273979 (JP, A)  
特開2009 - 298684 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
H 0 1 F 1 / 3 4  
C 0 4 B 3 5 / 1 6  
C 0 4 B 3 5 / 3 0  
C 0 4 B 3 5 / 6 2 2  
H 0 1 F 1 7 / 0 4  
H 0 1 F 4 1 / 0 2