

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3921348号

(P3921348)

(45) 発行日 平成19年5月30日(2007.5.30)

(24) 登録日 平成19年2月23日(2007.2.23)

(51) Int. Cl.			F I		
HO 1 F	1/34	(2006.01)	HO 1 F	1/34	A
CO 4 B	35/30	(2006.01)	CO 4 B	35/30	C
HO 1 F	17/00	(2006.01)	HO 1 F	17/00	D
HO 1 G	4/12	(2006.01)	HO 1 G	4/12	3 5 8
HO 1 G	4/30	(2006.01)	HO 1 G	4/30	3 0 1 E

請求項の数 6 (全 26 頁)

(21) 出願番号	特願2001-5730 (P2001-5730)	(73) 特許権者	000003067
(22) 出願日	平成13年1月12日(2001.1.12)		T D K株式会社
(65) 公開番号	特開2002-217016 (P2002-217016A)		東京都中央区日本橋1丁目13番1号
(43) 公開日	平成14年8月2日(2002.8.2)	(74) 代理人	100100077
審査請求日	平成16年4月23日(2004.4.23)		弁理士 大場 充
		(72) 発明者	市川 広彦
			東京都中央区日本橋一丁目13番1号 テ
			ィーディーケイ株式会社内
		(72) 発明者	中畑 功
			東京都中央区日本橋一丁目13番1号 テ
			ィーディーケイ株式会社内
		(72) 発明者	中野 敦之
			東京都中央区日本橋一丁目13番1号 テ
			ィーディーケイ株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 積層型フェライト部品

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

磁性フェライト層と内部電極とが交互に積層されるとともに、前記内部電極と電氣的に接続された外部電極とを有する積層型フェライト部品であって、

前記磁性フェライト層は  $Fe_2O_3$  : 45.0 ~ 49.8 mol % ,  $CuO$  : 7.0 ~ 25.0 mol % ,  $ZnO$  : 15.0 ~ 30.0 mol % および  $NiO$  : 5.0 ~ 45.0 mol % を主成分とし、 $Mn$  : 0.75 wt % 以下 (0 を含まず) および  $Co$  : 0.01 ~ 0.6 wt % を副成分として含み、組織に占める  $Cu$  の偏析が面積率で 1.5 ~ 15.0 % である磁性フェライト焼結体から構成され、

前記内部電極は  $Ag$  または  $Ag$  合金から構成されることを特徴とする積層型フェライト部品。 10

【請求項2】

副成分として  $Mn$  を 0.6 wt % 以下含むことを特徴とする請求項1に記載の積層型フェライト部品。

【請求項3】

副成分として  $Mn$  を 0.2 wt % 以下含むことを特徴とする請求項1に記載の積層型フェライト部品。

【請求項4】

破壊電圧が、電位差の生じている導体間の磁性フェライト層 1  $\mu m$  あたり 30 V 以上であることを特徴とする請求項1 ~ 3 のいずれかに記載の積層型フェライト部品。 20

## 【請求項 5】

品質係数が 40 以上であることを特徴とする請求項 1 ~ 4 のいずれかに記載の積層型フェライト部品。

## 【請求項 6】

各々独立した複数の前記内部電極を有することを特徴とする請求項 1 ~ 5 のいずれかに記載の積層型フェライト部品。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

## 【発明の属する技術分野】

本発明は積層型チップビーズ、積層型インダクタなどの積層型チップフェライト部品、LC 複合積層型部品を代表とする複合積層型部品に用いられる磁性フェライト材料および積層型フェライト部品に関するものである。

10

## 【0002】

## 【従来の技術】

積層型チップフェライト部品および複合積層型部品（本明細書中では積層型フェライト部品と総称する。）は、体積が小さいこと、信頼性が高いことなどから、各種電気機器に用いられている。この積層型フェライト部品は、通常、磁性フェライトからなる磁性層用のシートまたはペーストと内部電極用のペーストとを厚膜積層技術によって積層一体化した後、焼結し、得られた焼結体表面に外部電極用のペーストを印刷または転写した後に焼き付けて製造される。なお、積層一体化した後に焼結することを同時焼結と呼んでいる。内部電極用の材料としてその低抵抗率から Ag または Ag 合金が用いられているため、磁性層を構成する磁性フェライト材料としては、同時焼結が可能、換言すれば Ag または Ag 合金の融点以下の温度で焼結（以下、「低温焼結」ということがある）ができることが絶対条件となる。したがって、高密度、高特性の積層型フェライト部品を得るためには、Ag または Ag 合金の融点以下の温度で磁性フェライトを焼結できるかが鍵となる。

20

## 【0003】

Ag または Ag 合金の融点以下の温度で焼結できる磁性フェライトとして NiCuZn フェライトが知られている。例えば、特開平 8 - 104561 号公報には Fe を  $Fe_2O_3$  に換算して 45.0 ~ 50.0 mol %、Ni を NiO に換算して 5.0 ~ 10.0 mol %、Cu を CuO に換算して 5.0 ~ 15.0 mol %、Zn を ZnO に換算して 25.0 ~ 35.0 mol %、Mn を  $Mn_3O_4$  に換算して 0.1 ~ 3.0 mol % および Li を  $Li_2O$  に換算して 0.01 ~ 3.0 mol % を含む磁性フェライトが開示されている。また、特開平 8 - 104562 号公報には、Fe を  $Fe_2O_3$  に換算して 45.0 ~ 50.0 mol %、Ni を NiO に換算して 15.0 ~ 30.0 mol %、Cu を CuO に換算して 8.0 ~ 15.0 mol %、Zn を ZnO に換算して 15.0 ~ 25.0 mol %、Mn を  $Mn_3O_4$  に換算して 0.1 ~ 3.0 mol % および Li を  $Li_2O$  に換算して 0.01 ~ 3.0 mol % を含む磁性フェライトが開示されている。

30

## 【0004】

## 【発明が解決しようとする課題】

最近、高密度実装に対応するために、一つの積層型フェライト部品の中に複数の内部電極を配置する例が出てきている。この複数の内部電極を配置する積層型フェライト部品は、内部電極間に電位差（電圧）が生ずるために、内部電極間に存在するフェライト材料に耐電圧性が要求されるようになってきた。ここで耐電圧性とは、フェライト部品に電圧が生じた際に、より高い電圧までフェライト材料が電圧印加による絶縁破壊に耐え得ることを示している。ところが、これまで知られている磁性フェライト材料は、このような耐電圧性についての検討がなされていなかった。また、NiCuZn フェライトが耐久性を有し長時間好適に使用しうるものであることが望ましい。

40

したがって本発明は、耐電圧性、耐久性に優れた磁性フェライト材料およびこれを用いた積層型フェライト部品を提供することを課題とする。

## 【0005】

50

## 【課題を解決するための手段】

本発明者は磁性フェライト材料の耐電圧性および耐久性を向上すべく検討を行なった。その結果、MnおよびCoが所定の範囲で焼結組織中に存在する場合に、優れた耐電圧性および耐久性を得ることができることを知見した。本発明は以上の知見に基づきなされたものであり、磁性フェライト層と内部電極とが交互に積層されるとともに、前記内部電極と電氣的に接続された外部電極とを有する積層型フェライト部品であって、前記磁性フェライト層は $Fe_2O_3$ ：45.0～49.8mol%、CuO：7.0～25.0mol%、ZnO：15.0～30.0mol%およびNiO：5.0～45.0mol%を主成分とし、Mn：0.75wt%以下（0を含まず）およびCo：0.01～0.6wt%を副成分として含み、組織に占めるCuの偏析が面積率で1.5～15.0%である磁性フェライト焼結体から構成され、前記内部電極はAgまたはAg合金から構成されることを特徴とする積層型フェライト部品を提供する。

10

本発明の積層型フェライト部品において、組織に占めるMnの量がMn換算で0.6wt%以下（0を含まず）であることが望ましい。この範囲でMnを含むことにより、電位差の生じている導体間の磁性フェライト層1 $\mu$ mあたり40V以上という非常に優れた破壊電圧（Vb）を得ることができる。また本発明の積層型フェライト部品において、組織に占めるMnの量がMn換算で0.2wt%以下（0を含まず）することによって、電位差の生じている導体間の磁性フェライト層1 $\mu$ mあたり45V以上の非常に優れた破壊電圧（Vb）を得ることができる。

## 【0006】

20

さらに本発明の積層型フェライト部品において、その磁性フェライト層の組織に占めるCuの偏析が面積率で1.5～15.0%である。Cuの偏析が所定の範囲で焼結組織中に存在する場合に、優れた耐電圧性を得ることができるという知見に基づくものである。なお、本発明におけるCu偏析の面積率の算出方法は、後述する実施例で採用した算出方法によって特定されるものとする。

## 【0007】

本発明の積層型フェライト部品は、破壊電圧が、電位差の生じている導体間の磁性フェライト層1 $\mu$ mあたり30V以上という優れた耐電圧性を備えている。なお、本発明における破壊電圧（Vb）は、後述する実施例で採用した破壊電圧の測定方法に基づいて特定されるものとする。また本発明の積層型フェライト部品は、品質係数（Q）が40以上という特性を備えている。なお、本発明における品質係数（Q）は、後述する実施例で採用した品質係数の測定方法によって特定されるものとする。また本発明は、各々独立した複数の内部電極を有する積層型フェライト部品に適用することが望ましい。複数の内部電極を有すると各内部電極間で電位差が生じ、絶縁破壊に至るおそれがあるからである。

30

## 【0008】

## 【発明の実施の形態】

はじめに、本発明における組成の限定理由を説明する。

$Fe_2O_3$ の量は透磁率に大きな影響を与える。 $Fe_2O_3$ が45.0mol%より少ないと透磁率が小さく、フェライトとしての化学量論組成に近づいたがって透磁率は上昇するが、化学量論組成をピークとして急激に低下する。したがって、上限を49.8mol%とする。望ましい $Fe_2O_3$ の量は49.2～49.8mol%である。

40

CuOは、本発明において焼結温度低減に寄与する化合物であり、7.0mol%未満ではAgの融点以下の温度域における焼結が実現できなくなる。ただし、25.0mol%を超えるとフェライトの固有抵抗が低下して品質係数Qが劣化するので7.0～25.0mol%とする。望ましいCuO量は10.0～20.0mol%である。

## 【0009】

ZnOは、その量の増加とともに透磁率 $\mu$ を向上させることができるが、多すぎるとキュリー温度が100以下となり、電子部品に要求される温度特性を満足することができなくなる。したがって、ZnO量は15.0～30.0mol%とする。望ましいZnO量は18.0～25.0mol%である。NiOの量は5.0～45.0mol%、望ま

50

しいNiOの量は7.0~35.0mol%である。

磁性フェライトの磁気特性は組成依存性が非常に強く、上記組成範囲をはずれた領域では、透磁率 $\mu$ や品質係数Qが低くなり、積層型フェライト部品用磁性材料として適さなくなる。

#### 【0010】

次に、本発明による磁性フェライト材料は副成分としてMnおよびCoを含む。Mnの量はMn換算で0.75wt%以下(0を含まず)、Coの量はCo換算で0.01~0.6wt%である。MnおよびCoがこの範囲にある場合に、耐電圧性、耐久性に優れた品質係数Qが向上することを知見したことによる。このような範囲でCoを含むことにより、本発明の積層型フェライト部品は磁性フェライト層1 $\mu$ mあたり30V以上の破壊電圧を備えるとともに、40以上の品質係数Qを得ることができる。またMn量はMn換算で0.6wt%以下(0を含まず)とすることが望ましい。Mnがこの範囲であり、かつCo量が0.01~0.6wt%である場合に、電位差の生じている導体間の磁性フェライト層1 $\mu$ mあたり40V以上という非常に優れた破壊電圧(Vb)を得ることができる。また、Mn量をMn換算で0.2wt%以下(0を含まず)とし、かつCo量を0.01~0.6wt%とすることにより、電位差の生じている導体間の磁性フェライト層1 $\mu$ mあたり45V以上という非常に優れた破壊電圧(Vb)を得ることが可能となる。ここで、「Mn換算」で、とは焼結体中に存在する形態によらず純Mnとして含有される量をいう。例えば、Mn酸化物として含有されている場合でも、Mn酸化物としての量をいうのではなく、Mn酸化物を構成するMnの量をいうものである。同様に、「Co換算」で、とは、焼結体中に存在する形態によらず純Coとして含有される量をいう。

10

20

#### 【0011】

次に、本発明による磁性フェライト焼結体は、組織に占めるCuの偏析が面積率で1.5~15.0%である。Cuの偏析がこの範囲にある場合に、耐電圧性および耐久性が優れていることを知見したことによる。望ましいCu偏析の面積率は5.0~15.0%である。このようなCu偏析の組織とすることにより、本発明の積層型フェライト部品は磁性フェライト層1 $\mu$ mあたり30V以上の破壊電圧を備えることができ、しかも5000M以上の優れた絶縁抵抗(IR)を得ることができる。

組織に占めるCuの偏析を面積率で1.5~15.0%の範囲とするためには、いくつかの手法を採用することができるが、本発明者の検討によれば、焼結体中に含まれるMn量およびCo量を制御することによりCu偏析の量を変動させることができる。Mn量の増加に伴ってCu偏析の量は減少し、一方Co量の増加に伴ってCu偏析の量は増加する。よって、Mn量もしくはCo量の一方を制御することにより、またはMn量、Co量の両方を制御することにより、組織に占めるCuの偏析を面積率で1.5~15.0%の範囲とすることが可能である。その場合のMn量はMn換算で0.75wt%以下(0を含まず)とすることが望ましい。Mn量が0.75wt%を超えると、Co量を増加しても本発明が要求するCu偏析の面積率を確保することが困難となる。

30

#### 【0012】

本発明による磁性フェライト材料は、原料粉末を混合する混合工程と、混合された前記原料粉末を仮焼きする仮焼き工程と、前記仮焼き工程により得られた仮焼き体を粉碎して粉碎粉末を得る粉碎工程と、前記粉碎工程により得られた前記粉碎粉末を用いて成形体を得る成形工程と、前記成形工程で得られた成形体を焼結する焼結工程により得ることができる。

40

原料粉末として、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>粉末、CuO粉末、ZnO粉末およびNiO粉末を用意する。これらの粉末は本発明の耐電圧性に優れた磁性フェライト材料の主成分をなす粉末である。これらの主成分をなす粉末に加えて、副成分であるMnおよびCoについての原料粉末を用意する。Mnについては、Mn酸化物(例えば、Mn<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Mn<sub>3</sub>O<sub>4</sub>)、あるいはMn炭酸化物(例えば、MnCO<sub>3</sub>)からなる粉末が原料粉末となる。もっとも、これはあくまで一態様であって、焼結体中にMnがMn換算で0.75wt%以下(0を含まず)含有されていれば、その添加の態様は問われない。またCoについては、Co酸化物(例

50

えば、 $\text{CoO}$ 、 $\text{Co}_3\text{O}_4$ ）、あるいは $\text{Co}$ 炭酸化物（例えば、 $\text{CoCO}_3$ ）からなる粉末が原料粉末として挙げられるが、これに限定されるものではなく、焼結体中に $\text{Co}$ が $\text{Co}$ 換算で0.75wt%以下（ $\text{O}$ を含まず）含有されていればよい。

用意する各原料粉末の粒径は0.1～10 $\mu\text{m}$ の範囲で適宜選択すればよい。また、用意された原料粉末は例えばボールミルを用いて湿式混合する。混合は、ボールミルの運転条件にも左右されるが、20時間程度行なえば均一な混合状態を得ることができる。

#### 【0013】

原料粉末を混合した後、仮焼きを行なう。仮焼きの温度は850以下とする。すなわち、仮焼き温度が850を超えてしまうと仮焼き体が硬くなり、 $\text{Ag}$ の融点以下の温度域での焼結を可能とする粉末の粒度分布を得ることが困難となるからである。望ましい仮焼き温度は650～750である。仮焼きの時間は5～15時間の範囲で適宜選択すればよい。

仮焼き後に仮焼き体は粉碎される。粉碎粉末の比表面積を6 $\text{m}^2/\text{g}$ 程度以上とすることが $\text{Ag}$ の融点以下の温度域での焼結にとって重要である。このような微細な粉末を得るためには粉碎条件を制御すればよいが、特に条件を制御することなく粉碎した粉末からこのような粒度分布の粉末を採集することもできる。ボールミルを用いた場合、粉碎は60～80時間程度必要である。

以上で得られた粉碎粉末にバインダ等を添加した後に所定の形状に成形し、しかる後に焼結に供される。

#### 【0014】

次に、本発明の積層型フェライト部品について積層型チップインダクタアレイ1を例にして説明する。図1～図3は積層型チップインダクタアレイ1を示す図であり、図1はその平面図、図2は図1のA-A断面図、図3は図1のB-B断面図である。図1～図3に示すように、積層型チップインダクタアレイ1は、磁性フェライト層2および内部電極3とが交互に積層された多層構造のチップ体5と、このチップ体5の両端部に内部電極3と引出し電極4を介して電氣的に導通するように配置した外部電極6とから構成される。積層型チップインダクタアレイ1は、1つのチップ体5内に、4つの独立した内部電極3を備えている。このように複数の内部電極3を有すると、使用時に隣接する内部電極3間に電位差が生じることになるから、耐電圧性が要求されることになる。つまり、各々独立した複数の内部電極3を有する積層型フェライト部品について本発明を適用すると、その効果を十分に享受することができる。

磁性フェライト層2に本発明による磁性フェライト材料を用いる。つまり、所定組成の磁性フェライト粉末を、バインダおよび溶剤とともに混練して磁性フェライト層2形成用のペーストを得る。このペーストと内部電極3および引出し電極4形成用のペースト、とを交互に印刷、積層した後に焼結して一体のチップ体5を得る。

前記バインダとしては、エチルセルロース、アクリル樹脂、ブチラール樹脂等の公知のバインダを用いることができる。また、溶剤も、ターピネオール、ブチルカルピトール、ケロシン等の公知の溶剤を用いることができる。バインダおよび溶剤の添加量には制限はない。ただし、バインダについては1～5質量部、溶剤については10～50質量部の範囲とすることが推奨される。

バインダおよび溶剤の他に、分散剤、可塑剤、誘電体、絶縁体等を10質量部以下の範囲で添加することもできる。分散剤としては、ソルビタン脂肪酸エステル、グリセリン脂肪酸エステルを添加することができる。また、可塑剤としては、ジオクチルフタレート、ジブチルフタレート、ブチルフタリルグリコール酸ブチルを添加することができる。

#### 【0015】

磁性フェライト層2は、磁性フェライト層用シートを用いて形成することもできる。すなわち、本発明による所定組成の粉末を、ポリビニルブチラールを主成分とするバインダと、トルエン、キシレン等の溶媒とともにボールミル中で混練してスラリーを得る。このスラリーを、ポリエステルフィルム等のフィルム上に、例えばドクターブレード法により塗布、乾燥して磁性フェライト層用シートを得ることができる。この磁性フェライト層用シート

10

20

30

40

50

を、内部電極3用のペーストと交互に積層した後に、焼結すれば多層構造のチップ体5を得ることができる。なお、バインダの量に制限はないが、1～5質量部の範囲とすることが推奨される。また、分散剤、可塑剤、誘電体、絶縁体等を10質量部以下の範囲で添加することもできる。

#### 【0016】

内部電極3は、インダクタとして実用的な品質係数Qを得るために抵抗率の小さいAgまたはAg合金、例えばAg-Pd合金を用いることが望ましい。しかし、これに限るものではなく、Cu、Pdまたはこれらの合金を用いることもできる。内部電極3を得るためのペーストは、AgまたはAg合金の粉末、若しくはこれらの酸化物粉末と、バインダおよび溶剤とを混合、混練して得ることができる。バインダおよび溶剤としては、前記磁性フェライト層2を形成するためのペーストに用いられていたものと同様のものを適用することができる。内部電極3は、各層が長円形状をなし、厚さ方向に隣接する内部電極3の各層はスパイラル状になって導通が確保されるので、閉磁路コイル(巻線パターン)を構成する。

外部電極6の材質としては、Ag、Ni、Cu、Ag-Pd合金といった公知の材料を用いることができる。外部電極6は、これら材料を印刷法、メッキ法、蒸着法、イオンプレーティング法、スパッタ法等の各種の方法により形成することができる。

#### 【0017】

積層型チップインダクタアレイ1のチップ体5の寸法には特に制限はない。用途に応じて適宜設定することができる。一般的には、外形はほぼ直方体形状であり、寸法としては1.0～4.5mm×0.5～3.2mm×0.6～1.9mmの範囲のものが多い。また、磁性フェライト層2の電極間厚さおよびベース厚さにも特に制限はなく、電極間厚さとしては10～100μm、ベース厚さとしては250～500μm程度で設定できる。さらに内部電極3自体の厚さとしては、通常、5～30μmの範囲で設定でき、また、巻線パターンのピッチは10～100μm、巻数は1.5～20.5ターン程度とすることができる。

#### 【0018】

磁性フェライト層2用のペーストまたはシートと内部電極3用のペーストとを交互に積層した後の焼結温度は、940以下とする。940を超えると、磁性フェライト層2中に内部電極3を構成する材料が拡散して、磁気特性を著しく低下させるおそれがあるからである。本発明の磁性フェライトが低温焼結に適しているとはいえ、800未満の温度では焼結が不十分となる。したがって、焼結は800以上とすることが望ましい。望ましい焼結温度は820～930、さらに望ましくは875～920である。なお、焼結時間は、0.05～5時間、望ましくは0.1～3時間の範囲で設定すればよい。

#### 【0019】

次に、LC複合積層型部品の一実施形態であるLC複合部品について説明する。図4はLC複合部品11の概略断面図である。図4に示すように、LC複合部品11は、チップコンデンサ部12とチップフェライト部13とを一体化したものである。

チップコンデンサ部12は、セラミックス誘電体層21と内部電極22とが交互に積層一体化された多層積層構造を有する。この内部電極22間に電位差が生じ、絶縁破壊を起こすおそれがある。セラミックス誘電体層21の材質に制限はなく、従来公知の種々の誘電体材料を用いることができる。本発明においては、焼結温度の低い酸化チタン系誘電体が望ましいが、チタン酸系複合酸化物、ジルコン酸系複合酸化物、あるいはこれらの混合物を用いることができる。さらに焼結温度を下げるために、ホウケイ酸ガラス等の各種ガラスを添加してもよい。内部電極22としては、先に説明した積層型チップインダクタアレイ1の内部電極3と同様の材料を用いることができる。各内部電極22は、交互に別の外部電極15に電氣的に接続されている。

#### 【0020】

チップフェライト部13は、磁性フェライト層32と電極層33とが交互に積層した積層型チップインダクタから構成されている。この基本構成は先に説明した積層型チップインダクタアレイ1と同様である。したがって、ここでの詳細な説明は省略する。

10

20

30

40

50

LC複合部品11の寸法に制限がないことは先に説明した積層型チップインダクタアレイ1と同様である。したがって、用途に応じて適宜設定することができる。通常、ほぼ直方体の外形を有し、1.6~10.0mm×0.8~15.0mm×1.0~5.0mm程度の寸法を有している。

#### 【0021】

##### [実施例]

以下本発明を具体的実施例に基づき説明する。本実施例は、 $Fe_2O_3$ 、 $CuO$ 、 $ZnO$ および $NiO$ を主成分とし、副成分の $Mn_3O_4$ および $CoO$ を変動させ、6パターン(実施例a~e、比較例1)の実験を試みた。なお、 $Mn_3O_4$ についてはMnに換算されたwt%として表示されており、同様に $CoO$ についてはCoに換算されたwt%として表示されている。

10

##### <実施例a(試料No.1~6)>

$Mn_3O_4$ を0.070wt%に固定し、 $CoO$ を0.006~1.020wt%まで変動させた( $CoO$ :0.006wt%,0.103wt%,0.200wt%,0.488wt%,0.700wt%,1.020wt%)。

##### <実施例b(試料No.7~12)>

$Mn_3O_4$ を0.168wt%に固定した( $CoO$ の変動量は実施例aと同一)。

##### <実施例c(試料No.13~18)>

$Mn_3O_4$ を0.357wt%に固定した( $CoO$ の変動量は実施例aと同一)。

##### <実施例d(試料No.19~24)>

$Mn_3O_4$ を0.544wt%に固定した( $CoO$ の変動量は実施例aと同一)。

20

##### <実施例e(試料No.25~30)>

$Mn_3O_4$ を0.732wt%に固定した( $CoO$ の変動量は実施例aと同一)。

##### <比較例1(試料No.31~36)>

$Mn_3O_4$ を1.028wt%に固定した( $CoO$ の変動量は実施例aと同一)。

#### 【0022】

実施例a~eおよび比較例1の実験結果を以下に示す。

##### <実施例a>

下記の混合~粉碎条件にしたがって表1に示す6種類の粉碎粉末を得た。表1中、 $Fe_2O_3$ 、 $CuO$ 、 $ZnO$ および $NiO$ が主成分をなし、 $Mn_3O_4$ および $CoO$ が副成分をなし、粉碎粉末の粒度分布のピーク位置は0.6 $\mu m$ である。これら粉末を用いて以下に示す条件により積層型コンデンサを作製し、破壊電圧(VB)および絶縁抵抗(IR)の測定を行なった。また、測定用コアを作製して透磁率( $\mu$ )および品質係数(Q)を測定した。

30

測定された結果を表2に示す。また、Co量による破壊電圧(VB)の変動を示すグラフを図7(曲線a)に、Co量による絶縁抵抗(IR)の変動を示すグラフを図8(曲線a)に、Co量による透磁率( $\mu$ )の変動を示すグラフを図9(曲線a)に、またCo量による品質係数(Q)の変動を示すグラフを図10(曲線a)にそれぞれ示す。

#### 【0023】

##### [混合~粉碎条件]

混合および粉碎用ポット:ステンレスボールミルポット

混合および粉碎用メディア:スチールボール

混合時間:16時間

仮焼き条件:700 × 10時間

粉碎時間:72時間

40

##### [積層型コンデンサの仕様]

表1の組成を有する各粉末100質量部に対して、エチルセルロース2.5質量部、ターピネオール40質量部を加え、3本ロールにて混練して磁性フェライト層用ペーストを調整した。一方、平均粒径0.8 $\mu m$ のAg100質量部に対して、エチルセルロース2.5質量部、ターピネオール40質量部を加え、3本ロールにて混練して内部電極用ペースト

50

を得た。前記磁性フェライト層用ペーストと前記内部電極用ペーストとを交互に印刷積層した後、890 で2時間の焼結を行なって積層型チップコンデンサ41を得た。図5および図6に積層型チップコンデンサ41を示す。なお、図5は積層型チップコンデンサ41の側断面図、図6は図5のC-C断面図である。図5および図6に示すように、積層型チップコンデンサ41は、磁性フェライト層42および内部電極43とが交互に積層された多層構造のチップ体44と、このチップ体44の両端部に内部電極43と電氣的に導通するように配置した外部電極45とから構成される。この積層型チップコンデンサ41の寸法は、3.2mm×1.6mm×1.1mmであり、内部電極43の層数は4層とし積層方向に隣接する内部電極43間の磁性フェライト層42の厚さd(図6参照)を60μmとした。外部電極45はAgを600 で焼き付けて形成した。

10

## 【0024】

## [破壊電圧(VB)]

作製した積層型チップコンデンサ41に、多摩電測(株)製の自動昇圧破壊試験機(THK-2011ADMP)を用いて、100V/sec.の速度で電圧を印加しつづけ、積層型チップコンデンサ41が絶縁破壊される電圧を測定した。

## [絶縁抵抗(IR)]

作製した積層型チップコンデンサ41の絶縁抵抗(IR)を、ヒューレットパッカード(株)製の抵抗測定器(HP4329A)を用い、10Vの電圧を1分15秒間印加して測定した。

## [透磁率(μ)、品質係数(Q)]

表1に示す6種類の粉碎粉末を用いてトロイダル形状の焼結体試料を作製した。この試料に銅製ワイヤ(線径0.35mm)を20ターン巻き、測定周波数100kHz、測定電流0.2mAでLCRメータ(ヒューレットパッカード(株)製のHP4192A)を用いてインダクタンスを測定した。そして、下記の式を用いて透磁率(μ)を求めた。また、品質係数(Q)については、複素透磁率の実数μ'および虚数μ"を求め、Q(品質係数)=μ'/μ"により算出した。

20

$$\text{透磁率 } \mu = (l_e \times L) / (\mu_0 \times A_e \times N^2)$$

l<sub>e</sub>: 磁路長      L: 試料のインダクタンス

μ<sub>0</sub>: 真空の透磁率 = 4 × 10<sup>-7</sup> (H/m)      A<sub>e</sub>: 試料の断面積

N: コイルの巻数

30

## 【0025】

## 【表1】

No.	主成分(mol%)				副成分	
	NiO	CuO	ZnO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Mn <sub>3</sub> O <sub>4</sub> (Mn換算wt%)	CoO (Co換算wt%)
1	15.874	7.853	27.467	48.806	0.070	0.006
2	”	”	”	”	”	0.103
3	”	”	”	”	”	0.200
4	”	”	”	”	”	0.488
5	”	”	”	”	”	0.700
6	”	”	”	”	”	1.020

40

## 【0026】

50

【表 2】

No.	VB (kV)	Vb (V/ $\mu$ m)	IR (M $\Omega$ )	透磁率 $\mu$	品質係数 Q	Mn量 (wt%)	Co量 (wt%)
1	1.81	30.2	700	399	40	0.070	0.006
2	2.96	49.3	10000	281	112	0.070	0.103
3	3.01	50.2	10100	225	114	0.070	0.200
4	2.83	47.2	9250	170	94	0.070	0.488
5	2.66	44.3	6300	145	75	0.070	0.700
6	1.75	29.2	1510	100	50	0.070	1.020

10

## 【0027】

表 2 および図 7 曲線 a において、焼結体中に占める Co 換算での Co の量（以下、Co 量）が 0.006 wt% の場合（No. 1）の破壊電圧（VB）は 1.81 kV であり良好な値を示している。Co 量が 0.103 wt%（No. 2）になると破壊電圧（VB）は 2.96 kV まで向上し、Co 量が 0.200 wt% の場合（No. 3）には破壊電圧（VB）は更に向上して 3.01 kV となる。この値をピークとして次第に破壊電圧（VB）は低下するものの、Co 量が 0.488 wt% の場合（No. 4）の破壊電圧（VB）は 2.83 kV、Co 量が 0.700 wt% の場合（No. 5）においても破壊電圧（VB）は 2.66 kV と良好な値を示している。ところが、Co 量が 0.700 wt%（No. 5）を超えると破壊電圧（VB）は大幅に低下し、Co 量が 1.020 wt% の場合（No. 6）には、破壊電圧（VB）は 1.75 kV まで低下した。

20

## 【0028】

さらに表 2 には、破壊電圧（VB）を磁性フェライト層 42 の厚さ d（60  $\mu$ m）で割った値も示している。ここで、積層型チップコンデンサ 41 の場合、積層方向に隣接する内部電極 43 同士に電位差が生じる。したがって、この値は電位差の生じている導体間に存在する磁性フェライト層 42 の 1  $\mu$ m あたりの破壊電圧（Vb = VB / d）であり、No. 1 ~ 5 では 30 V 以上の優れた破壊電圧（Vb）を得ている。このなかで、No. 2 ~ 5 では 40 V 以上、No. 2 ~ 4 では 45 V 以上の特に優れた破壊電圧（Vb）を得ていることが注目される。

30

## 【0029】

また表 2 および図 8 曲線 a において、絶縁抵抗（IR）も Co 量と関連性を有している。Co 量が 0.006 wt% の場合（No. 1）の絶縁抵抗（IR）は 700 M である。Co 量が 0.103 wt%（No. 2）および Co 量が 0.200 wt% の場合（No. 3）には、絶縁抵抗（IR）は 10000 M 以上の優れた値を示す。Co 量が 0.488 wt% の場合（No. 4）の絶縁抵抗（IR）は 9250 M、Co 量が 0.700 wt% の場合（No. 5）の絶縁抵抗（IR）は 6300 M と、ともに良好な値を示しているものの、Co 量が 1.020 wt%（No. 6）になると絶縁抵抗（IR）は 1510 M まで低下してしまう。

40

## 【0030】

次に、表 2、図 9 曲線 a、図 10 曲線 a を用いて、実施例 a によるフェライト焼結部材の Co 量と透磁率（ $\mu$ ）、および Co 量と品質係数（Q）の相関関係について説明する。表 2 および図 9 曲線 a において、Co 量が 0.006 wt% の場合（No. 1）に最良の透磁率（ $\mu$ ）を示しており、Co 量が 0.103 wt%（No. 2）、0.200 wt%（No. 3）と増加するにつれて透磁率（ $\mu$ ）は次第に低下する。一方、表 2 および図 10 曲

50

線 a を見ると、品質係数 (Q) も Co 量と関連性を有していることがわかる。Co 量が 0.006 wt% の場合 (No. 1) の品質係数 (Q) は 40 である。Co 量が 0.103 wt% の場合 (No. 2) および Co 量が 0.200 wt% の場合 (No. 3) には品質係数 (Q) は 100 以上の優れた値を示す。この値をピークとして品質係数 (Q) は次第に低下し、Co 量が 0.488 wt% の場合 (No. 4) には 94、Co 量が 0.700 wt% の場合 (No. 5) は 75 となるが、依然として良好な値を示している。さらに Co 量が増加して 1.020 wt% (No. 6) になると、品質係数 (Q) は 50 まで低下した。

## 【0031】

< 実施例 b >

実施例 b は、表 3 に示す配合組成で、実施例 a と同様の製造条件で積層型コンデンサを作製し、破壊電圧 (VB) および絶縁抵抗 (IR) の測定を行なった。また、測定用コアを作製して透磁率 ( $\mu$ ) および品質係数 (Q) を測定した。

測定された結果を表 4 に示す。また、Co 量による破壊電圧 (VB) の変動を示すグラフを図 7 (曲線 b) に、Co 量による絶縁抵抗 (IR) の変動を示すグラフを図 8 (曲線 b) に、Co 量による透磁率 ( $\mu$ ) の変動を示すグラフを図 9 (曲線 b) に、また Co 量による品質係数 (Q) の変動を示すグラフを図 10 (曲線 b) にそれぞれ示す。

## 【0032】

【表 3】

No.	主成分(mol%)				副成分	
	NiO	CuO	ZnO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Mn <sub>3</sub> O <sub>4</sub> (Mn換算wt%)	CoO (Co換算wt%)
7	15.874	7.853	27.467	48.806	0.168	0.006
8	”	”	”	”	”	0.103
9	”	”	”	”	”	0.200
10	”	”	”	”	”	0.488
11	”	”	”	”	”	0.700
12	”	”	”	”	”	1.020

## 【0033】

【表 4】

No.	VB (kV)	Vb (V/ $\mu$ m)	IR (M $\Omega$ )	透磁率 $\mu$	品質係数 Q	Mn量 (wt%)	Co量 (wt%)
7	1.99	33.2	1520	457	50	0.168	0.006
8	2.91	48.5	9500	300	100	0.168	0.103
9	2.96	49.3	9700	237	103	0.168	0.200
10	2.71	45.2	8150	197	80	0.168	0.488
11	2.42	40.3	5990	166	67	0.168	0.700
12	1.79	29.8	1430	115	45	0.168	1.020

## 【0034】

表4および図7曲線bにおいて、焼結体中に占めるCo量が0.006wt%の場合(No.7)の破壊電圧(VB)は1.99kVである。Co量が0.103wt%(No.8)になると破壊電圧(VB)は2.91kVまで向上し、Co量が0.200wt%の場合(No.9)には破壊電圧(VB)は更に向上して2.96kVとなる。また、Co量が0.488wt%の場合(No.10)およびCo量が0.700wt%の場合(No.11)においても2.0kV以上の良好な破壊電圧(VB)を得ている。ところが、Co量が1.020wt%の場合(No.12)には、破壊電圧(VB)は1.79kVまで低下した。

## 【0035】

さらに表4には、破壊電圧(VB)を磁性フェライト層42の厚さd(60 $\mu$ m)で割った値、つまり磁性フェライト層42の1 $\mu$ mあたりの破壊電圧(Vb=VB/d)も示している。No.7~11はいずれも30V以上という優れた破壊電圧(Vb)を得ている。このなかで、No.8~11は40V以上、No.8~10では45V以上という特に優れた破壊電圧(Vb)を得ていることが注目される。

## 【0036】

また表4および図8曲線bにおいて、絶縁抵抗(IR)もCo量と関連性を有している。Co量が0.006wt%の場合(No.7)の絶縁抵抗(IR)は1520M $\Omega$ である。Co量が0.103wt%(No.8)になると絶縁抵抗(IR)が9500M $\Omega$ まで急激に向上し、Co量が0.200wt%の場合(No.9)に絶縁抵抗(IR)はピーク値9700M $\Omega$ を示す。Co量が0.488wt%の場合(No.10)およびCo量が0.700wt%(No.11)の場合においても絶縁抵抗(IR)は5000M $\Omega$ 以上の良好な値を示している。ところが、Co量が0.700wt%(No.11)を超えると絶縁抵抗(IR)は急激に低下し、Co量が1.020wt%の場合(No.12)には1430M $\Omega$ まで低下した。

## 【0037】

次に、表4, 図9曲線b, 図10曲線bを用いて、実施例bによるフェライト焼結部材のCo量と透磁率( $\mu$ )、およびCo量と品質係数(Q)の相関関係について説明する。図9曲線bはCo量の増加に伴い透磁率( $\mu$ )が次第に低下することを示している。一方、図10曲線bはCo量を所定量の範囲にすることによって、きわめて良好な品質係数(Q)を得ることができることを示している。

表4において、Co量が0.006wt%の場合(No.7)には、透磁率( $\mu$ )が457、品質係数(Q)が50と、ともに良好な値を示している。Co量が0.103wt%(No.8)になると、透磁率( $\mu$ )は300に低下するものの、品質係数(Q)が100まで向上することが注目される。Co量が0.200wt%の場合(No.9)、Co量が0.488wt%の場合(No.10)およびCo量が0.700wt%の場合(No.11

10

20

30

40

50

)においても品質係数(Q)は60以上という優れた結果を示している。ところが、Co量が1.020wt%の場合(No.12)には、Co量が0.006wt%の場合(No.7)以下の品質係数(Q)まで低下してしまう。

【0038】

<実施例c>

実施例cは、表5に示す配合組成で、実施例aと同様の製造条件で積層型コンデンサを作製し、破壊電圧(VB)および絶縁抵抗(IR)の測定を行なった。また、測定用コアを作製して透磁率( $\mu$ )および品質係数(Q)を測定した。

測定された結果を表6に示す。また、Co量による破壊電圧(VB)の変動を示すグラフを図7(曲線c)に、Co量による絶縁抵抗(IR)の変動を示すグラフを図8(曲線c)に、Co量による透磁率( $\mu$ )の変動を示すグラフを図9(曲線c)に、またCo量による品質係数(Q)の変動を示すグラフを図10(曲線c)にそれぞれ示す。

【0039】

【表5】

No.	主成分(mol%)				副成分	
	NiO	CuO	ZnO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Mn <sub>3</sub> O <sub>4</sub> (Mn換算wt%)	CoO (Co換算wt%)
13	15.874	7.853	27.467	48.806	0.357	0.006
14	”	”	”	”	”	0.103
15	”	”	”	”	”	0.200
16	”	”	”	”	”	0.488
17	”	”	”	”	”	0.700
18	”	”	”	”	”	1.020

【0040】

【表6】

No.	VB (kV)	Vb (V/ $\mu$ m)	IR (M $\Omega$ )	透磁率 $\mu$	品質係数 Q	Mn量 (wt%)	Co量 (wt%)
13	2.27	37.8	3200	499	60	0.357	0.006
14	2.71	45.2	8300	331	85	0.357	0.103
15	3.01	50.2	9000	275	91	0.357	0.200
16	2.59	43.2	6920	199	73	0.357	0.488
17	2.35	39.2	4470	170	63	0.357	0.700
18	1.52	25.3	851	125	34	0.357	1.020

【0041】

表6および図7曲線cにおいて、焼結体中に占めるCo量が0.006wt%の場合(N

o.13)の破壊電圧(VB)は2.27kVであり、良好な値を示している。Co量が0.103wt%(No.14)になると破壊電圧(VB)は2.71kVまで向上し、Co量が0.200wt%(No.15)になると破壊電圧(VB)は更に向上して3.01kVとなる。この値をピークに破壊電圧(VB)は次第に低下し、Co量が0.700wt%(No.17)の場合には2.35kVと、Co量が0.006wt%の場合(No.13)と同じレベルの破壊電圧(VB)まで低下した。さらに、Co量が1.020wt%の場合(No.18)には、破壊電圧(VB)は1.52kVまで低下した。

#### 【0042】

さらに表6には、破壊電圧(VB)を磁性フェライト層42の厚さd(60 $\mu$ m)で割った値、つまり磁性フェライト層42の1 $\mu$ mあたりの破壊電圧(Vb=VB/d)も示している。No.13~17はいずれも30V以上という優れた破壊電圧(Vb)を得ている。このなかで、Co量が0.103wt%の場合(No.14)、Co量が0.200wt%の場合(No.15)およびCo量が0.488wt%の場合(No.16)には、いずれも40V以上という非常に優れた破壊電圧(Vb)を得ていることが注目される。

10

#### 【0043】

また表6および図8曲線cにおいて、絶縁抵抗(IR)もCo量と関連性を有している。Co量が0.006wt%の場合(No.13)の絶縁抵抗(IR)は3200M $\Omega$ である。Co量が0.103wt%(No.14)になると絶縁抵抗(IR)が8300M $\Omega$ まで向上し、Co量が0.200wt%の場合(No.15)には絶縁抵抗(IR)は更に向上して9000M $\Omega$ となる。ところが、Co量が0.700wt%(No.17)を超えると絶縁抵抗(IR)は急激に低下し、Co量が1.020wt%の場合(No.18)には851M $\Omega$ まで低下してしまう。

20

#### 【0044】

次に、表6, 図9曲線c, 図10曲線cを用いて、実施例cによるフェライト焼結部材のCo量と透磁率( $\mu$ )、およびCo量と品質係数(Q)の相関関係について説明する。表6および図9曲線cに示すように、Coを添加することにより透磁率( $\mu$ )は若干減少するものの、No.13~17においては品質係数(Q)はいずれも60以上と良好な値を示している(表6および図10曲線c参照)。このなかで、Co量が0.103wt%の場合(No.14)、Co量が0.200wt%の場合(No.15)およびCo量が0.488wt%の場合(No.16)には、品質係数(Q)はいずれも70以上と特に良好な値を示している。ところが、Co量が0.700wt%(No.17)を超えると、品質係数(Q)は大幅に低下し、Co量が1.020wt%(No.18)の場合には、品質係数(Q)は34まで低下してしまう。

30

#### 【0045】

<実施例d>

実施例dは、表7に示す配合組成で、実施例aと同様の製造条件で積層型コンデンサを作製し、破壊電圧(VB)および絶縁抵抗(IR)の測定を行なった。また、測定用コアを作製して透磁率( $\mu$ )および品質係数(Q)を測定した。

測定された結果を表8に示す。また、Co量による破壊電圧(VB)の変動を示すグラフを図7(曲線d)に、Co量による絶縁抵抗(IR)の変動を示すグラフを図8(曲線d)に、Co量による透磁率( $\mu$ )の変動を示すグラフを図9(曲線d)に、またCo量による品質係数(Q)の変動を示すグラフを図10(曲線d)にそれぞれ示す。

40

#### 【0046】

【表7】

No.	主成分(mol%)				副成分	
	NiO	CuO	ZnO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Mn <sub>3</sub> O <sub>4</sub> (Mn換算wt%)	CoO (Co換算wt%)
19	15.874	7.853	27.467	48.806	0.544	0.006
20	”	”	”	”	”	0.103
21	”	”	”	”	”	0.200
22	”	”	”	”	”	0.488
23	”	”	”	”	”	0.700
24	”	”	”	”	”	1.020

【 0 0 4 7 】

【 表 8 】

No.	VB (kV)	Vb (V/ $\mu$ m)	IR (M $\Omega$ )	透磁率 $\mu$	品質係数 Q	Mn量 (wt%)	Co量 (wt%)
19	2.18	36.3	2630	503	57	0.544	0.006
20	2.59	43.2	7300	334	78	0.544	0.103
21	2.75	45.8	8200	272	84	0.544	0.200
22	2.59	43.2	6200	201	70	0.544	0.488
23	2.41	40.2	3200	171	59	0.544	0.700
24	1.52	25.3	708	126	38	0.544	1.020

【 0 0 4 8 】

表 8 および図 7 曲線 d において、焼結体中に占める Co 量が 1.020 wt% の場合 (No. 24) を除いた No. 19 ~ 23 では 2.0 kV 以上の破壊電圧 (VB) を示している。破壊電圧 (VB) がピークとなるのは Co 量が 0.200 wt% の場合 (No. 21) であり、No. 20 ~ 22 は 2.5 kV 以上の優れた破壊電圧 (VB) を得ている。さらに表 8 には、破壊電圧 (VB) を磁性フェライト層 42 の厚さ d (60  $\mu$ m) で割った値、つまり磁性フェライト層 42 の 1  $\mu$ m あたりの破壊電圧 (Vb = VB / d) も示している。No. 19 ~ 23 はいずれも 30 V 以上という優れた破壊電圧 (Vb) を得ている。このなかで、No. 20 ~ 23 はいずれも 40 V 以上の特に優れた破壊電圧 (Vb) を得ていることが注目される。

【 0 0 4 9 】

また表 8 および図 8 曲線 d において、絶縁抵抗 (IR) も Co 量と関連性を有している。Co 量が 0.006 wt% の場合 (No. 19) の絶縁抵抗 (IR) は 2630 M である。Co 量が 0.103 wt% (No. 20) になると絶縁抵抗 (IR) が 7300 M まで急激に向上し、Co 量が 0.200 wt% の場合 (No. 21) には絶縁抵抗 (IR) は更に向上して 8200 M となる。この値をピークとして絶縁抵抗 (IR) は次第に低下し

10

20

30

40

50

、Co量が1.020wt%の場合(No.24)には絶縁抵抗(IR)は708Mまで低下した。

【0050】

次に、表8, 図9曲線d, 図10曲線dを用いて、実施例dによるフェライト焼結部材のCo量と透磁率( $\mu$ )、およびCo量と品質係数(Q)の相関関係について説明する。表8および図9曲線dに示すように、Coを添加することにより透磁率( $\mu$ )は若干低下する。一方、表8および図10曲線dに示すように、No.19~23では品質係数(Q)はいずれも50以上と良好な値を得ている。このなかで、No.20~22の品質係数(Q)はいずれも70以上と、特に優れた値を示している。ところが、Co量が1.020wt%(No.24)の場合には品質係数(Q)は38まで低下してしまう。

10

【0051】

<実施例e>

実施例eは、表9に示す配合組成で、実施例aと同様の製造条件で積層型コンデンサを作製し、破壊電圧(VB)および絶縁抵抗(IR)の測定を行なった。また、測定用コアを作製して透磁率( $\mu$ )および品質係数(Q)を測定した。

測定された結果を表10に示す。また、Co量による破壊電圧(VB)の変動を示すグラフを図7(曲線e)に、Co量による絶縁抵抗(IR)の変動を示すグラフを図8(曲線e)に、Co量による透磁率( $\mu$ )の変動を示すグラフを図9(曲線e)に、またCo量による品質係数(Q)の変動を示すグラフを図10(曲線e)にそれぞれ示す。

【0052】

20

【表9】

No.	主成分(mol%)				副成分	
	NiO	CuO	ZnO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Mn <sub>3</sub> O <sub>4</sub> (Mn換算wt%)	CoO (Co換算wt%)
25	15.874	7.853	27.467	48.806	0.732	0.006
26	”	”	”	”	”	0.103
27	”	”	”	”	”	0.200
28	”	”	”	”	”	0.488
29	”	”	”	”	”	0.700
30	”	”	”	”	”	1.020

30

【0053】

【表10】

40

No.	VB (kV)	Vb (V/ $\mu$ m)	IR (M $\Omega$ )	透磁率 $\mu$	品質係数 Q	Mn量 (wt%)	Co量 (wt%)
25	1.82	30.3	728	501	43	0.732	0.006
26	2.32	38.7	3980	328	60	0.732	0.103
27	2.41	40.2	4310	251	62	0.732	0.200
28	2.30	38.3	3140	193	54	0.732	0.488
29	1.93	32.2	1230	141	48	0.732	0.700
30	1.45	24.2	417	106	32	0.732	1.020

10

## 【0054】

表10および図7曲線eにおいて、焼結体中に占めるCo量が0.006wt%の場合(No.25)の破壊電圧(VB)は1.82kVである。Co量が0.103wt%(No.26)になると破壊電圧(VB)は2.32kVまで向上し、Co量が0.200wt%の場合(No.27)およびCo量が0.488wt%の場合(No.28)にも2.0kV以上の良好な破壊電圧(VB)を示している。ところが、Co量が1.020wt%(No.30)になると、破壊電圧(VB)は1.45kVまで低下した。

20

## 【0055】

さらに表10には、破壊電圧(VB)を磁性フェライト層42の厚さd(60 $\mu$ m)で割った値、つまり磁性フェライト層42の1 $\mu$ mあたりの破壊電圧(Vb=VB/d)も示している。No.25~29はいずれも30V以上という優れた破壊電圧(Vb)を得ているのに対し、Co量が1.020wt%の場合(No.30)には、破壊電圧(Vb)は24.2Vまで低下した。

## 【0056】

また表10および図8曲線eにおいて、絶縁抵抗(IR)もCo量と関連性を有している。Co量が0.006wt%の場合(No.25)の絶縁抵抗(IR)は728M $\Omega$ である。Co量が0.103wt%(No.26)になると絶縁抵抗(IR)が3980M $\Omega$ まで向上し、Co量が0.200wt%の場合(No.27)には絶縁抵抗(IR)は更に向上して4310M $\Omega$ となる。Co量が0.700wt%(No.29)を超えると絶縁抵抗(IR)は急激に低下し、Co量が1.020wt%の場合(No.30)には417M $\Omega$ まで低下してしまう。

30

## 【0057】

次に、表10、図9曲線e、図10曲線eを用いて、実施例eによるフェライト焼結部材のCo量と透磁率( $\mu$ )、およびCo量と品質係数(Q)の相関関係について説明する。表10および図9曲線eに示すように、Coを添加することにより透磁率( $\mu$ )は若干低下するものの、No.25~29においては品質係数(Q)はいずれも40以上と良好な値を示している。ところが、Co量が1.020wt%(No.30)の場合には品質係数(Q)は32まで低下した。

40

## 【0058】

## &lt;比較例1&gt;

比較例1は、表11に示す配合組成で、実施例aと同様の製造条件で積層型コンデンサを作製し、破壊電圧(VB)および絶縁抵抗(IR)の測定を行なった。また、測定用コアを作製して透磁率( $\mu$ )および品質係数(Q)を測定した。

測定された結果を表12に示す。また、Co量による破壊電圧(VB)の変動を示すグラフを図7(曲線f)に、Co量による絶縁抵抗(IR)の変動を示すグラフを図8(曲線

50

f) に、Co量による透磁率 ( $\mu$ ) の変動を示すグラフを図9 (曲線 f) に、またCo量による品質係数 (Q) の変動を示すグラフを図10 (曲線 f) にそれぞれ示す。

【0059】

【表11】

No.	主成分(mol%)				副成分	
	NiO	CuO	ZnO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Mn <sub>3</sub> O <sub>4</sub> (Mn換算wt%)	CoO (Co換算wt%)
31	15.874	7.853	27.467	48.806	1.028	0.006
32	”	”	”	”	”	0.103
33	”	”	”	”	”	0.200
34	”	”	”	”	”	0.488
35	”	”	”	”	”	0.700
36	”	”	”	”	”	1.020

10

20

【0060】

【表12】

No.	VB (kV)	Vb (V/ $\mu$ m)	IR (M $\Omega$ )	透磁率 $\mu$	品質係数 Q	Mn量 (wt%)	Co量 (wt%)
31	1.45	24.2	202	221	24	1.028	0.006
32	1.54	25.7	300	203	35	1.028	0.103
33	1.60	26.7	550	173	38	1.028	0.200
34	1.51	25.2	230	132	26	1.028	0.488
35	1.46	24.3	201	96	21	1.028	0.700
36	1.39	23.2	188	71	18	1.028	1.020

30

【0061】

図7において、実施例 a ~ e にかかる曲線 a ~ e と比較例 1 にかかる曲線 f を対比すると、曲線 f ではCo添加による破壊電圧 (VB) の上昇率がほとんどみられないことがわかる。

40

また図8 ~ 10を見ると、比較例 1 にかかる曲線 f は、絶縁抵抗 (IR)、透磁率 ( $\mu$ ) および品質係数 (Q) においても、曲線 a ~ e と比較して低いレベルにあることが明らかである。

【0062】

<実施例の評価>

以上、実施例 a ~ e、比較例 1 の破壊電圧 (VB)、絶縁抵抗 (IR)、透磁率 ( $\mu$ ) および品質係数 (Q) の測定結果を示した。以下、これらの結果に基づき、実施例の評価を行なう。

50

## 1 破壊電圧 (VB) についての評価

最初に図7を用いて、破壊電圧 (VB) についての評価を行なう。

図7に示すように、破壊電圧 (VB) は曲線 a ~ f の順位になっている。そして、曲線 a ~ e と比べて、曲線 f が低いレベルにあることは一目瞭然である。ここで曲線 a の Mn 量は 0.070 wt %、曲線 b の Mn 量は 0.168 wt %、曲線 c の Mn 量は 0.357 wt %、曲線 d の Mn 量は 0.544 wt %、曲線 e の Mn 量は 0.732 wt %、曲線 f の Mn 量は 1.028 wt % である。よって、良好な破壊電圧 (VB) を得るためには、焼結体中に占める Mn 量を 0.75 wt % 以下 (0 を含まず) とする必要があることがわかった。

また、Mn 量が本発明で推奨する範囲にある曲線 a ~ e において、焼結体中に占める Co 量が 0.700 wt % を超えて 1.020 wt % になると、破壊電圧 (VB) は 1.8 kV 以下にまで低下する。この傾向から、優れた破壊電圧 (VB) を得るためには、焼結体中に占める Mn 量を 0.75 wt % 以下 (0 を含まず) とするとともに、焼結体中に占める Co 量を本発明で推奨する所定の範囲、すなわち 0.75 wt % 以下 (0 を含まず) とする必要があることが明らかとなった。

### 【0063】

次に、焼結体中に占める Mn 量および Co 量がともに本発明で推奨する範囲において、特に優れた破壊電圧 (VB) を得ることができる範囲を検討する。

焼結体中に占める Co 量が 0.75 wt % 以下の範囲において、特に良好な破壊電圧 (VB) を得ているのは曲線 a ~ d である。曲線 a は 2.5 kV 以上の優れた破壊電圧 (VB) を呈しており、また曲線 b ~ d も、曲線 a ほどではないにしても、広範囲にわたって 2.0 kV 以上の破壊電圧 (VB) を得ていることが注目される。したがって、特に優れた破壊電圧 (VB) を得るためには、焼結体中に占める Mn 量を 0.6 wt % 以下とし、かつ Co 量を 0.75 wt % 以下の範囲とすることが望ましい。さらに望ましい Mn 量は 0.2 wt % 以下である。また、Mn 量が 0.070 wt % である曲線 a において良好な破壊電圧 (VB) を得ていることから、Mn 量が 0.01 wt % 程度含有されれば良好な破壊電圧 (VB) が得られると推測される。Co 量については、Co 量が 0.2 wt % のときに曲線 a ~ d がピーク値を得ていることから、Co 量は 0.05 ~ 0.6 wt %、さらには 0.1 ~ 0.4 wt % とすることが望ましい。

### 【0064】

曲線 e も、曲線 a ~ d と同様に、Co 量が 0.2 wt % のときに破壊電圧 (VB) がピークとなり、約 2.5 kV の優れた値を示す。一方、曲線 a ~ d は Co 量が 0.75 wt % 前後のときにおいても 2.5 kV 近辺の破壊電圧 (VB) を示しているのに対し、曲線 e は Co 量が 0.700 wt % になると破壊電圧 (VB) が 2.0 kV より低い値となってしまう。この傾向から、焼結体中に占める Mn 量が 0.6 wt % 以上であるときには、Co 量を 0.05 ~ 0.6 wt %、さらには 0.1 ~ 0.4 wt % とすることが望ましい。焼結体中に占める Mn 量が 0.6 wt % 以上であるときには、Co 量を 0.05 ~ 0.6 wt % とすることにより、2.0 kV 以上の優れた破壊電圧 (VB) を得ることができる。

### 【0065】

## 2 絶縁抵抗 (IR) についての評価

次に、図8を用いて、絶縁抵抗 (IR) についての評価を行なう。

図8に示されるように、絶縁抵抗 (IR) は曲線 a ~ f の順位となっている。そして、破壊電圧 (VB) の場合と同様に、曲線 a ~ f のなかで曲線 f の絶縁抵抗 (IR) のレベルは低いものとなっている。したがって、良好な絶縁抵抗 (IR) を得るためにも、焼結体中に占める Mn 量を 0.75 wt % 以下 (0 を含まず) とすることが必要であるといえる。

また、Mn 量、Co 量がともに本発明で推奨する範囲、すなわち 0.75 wt % 以下にある曲線 a ~ e において、良好な絶縁抵抗 (IR) を得ているのは曲線 a ~ d である。このなかで特に良好な絶縁抵抗 (IR) を得ているのは曲線 a および b である。よって、焼結体中に占める Mn 量を 0.6 wt % 以下、さらに望ましくは 0.2 wt % 以下とすることに

10

20

30

40

50

より、非常に優れた絶縁抵抗 (IR) を得ることが可能となる。もっとも、Mn量があまり低くなるとその効果を享受することができなくなるので、0.01wt%以上、さらに0.03wt%以上の範囲で含有せしめるのが望ましい。さらに、絶縁抵抗 (IR) についても焼結体中に占めるCo量が0.2wt%のときにピーク値を得ていることから、Co量の最適範囲は0.05~0.6wt%、さらには0.01~0.4wt%であるといえる。

#### 【0066】

##### 3 透磁率 ( $\mu$ ) についての評価

次に、図9を用いて、透磁率 ( $\mu$ ) についての評価を行なう。

図9では、曲線a~eがほぼ同等レベルにあり、曲線fのみが低いレベルにあることが示されている。したがって、良好な透磁率 ( $\mu$ ) を得るためにも、焼結体中に占めるMn量を0.75wt%以下 (0を含まず) とすればよい。

また、曲線a~eのなかでは、曲線c~eが特に良好な透磁率 ( $\mu$ ) を示しており、次いで曲線b、曲線aとなっている。つまり、上述の破壊電圧 (VB) および絶縁抵抗 (IR) とは異なる傾向を示している。この傾向から、透磁率 ( $\mu$ ) についてのMn量の望ましい範囲は0.1~0.75wt%、さらには0.3~0.75wt%であるといえる。

さらに、曲線a~eにおいても、150以上の良好な透磁率 ( $\mu$ ) を確保するためには、焼結体中に占めるCo量を本発明で推奨する範囲、すなわち0.75wt%以下とすることが望ましい。

#### 【0067】

##### 4 品質係数 (Q) についての評価

次に、図10を用いて、品質係数 (Q) についての評価を行なう。

図10を見ると、品質係数 (Q) も曲線a~fの順位となっており、曲線fの品質係数 (Q) はそのピーク値においても40以下となっている。したがって、40以上の良好な品質係数 (Q) を得るためには、焼結体中に占めるMn量を0.75wt%以下 (0を含まず) とする必要があることがわかった。

曲線a~eのなかで特に良好な品質係数 (Q) を得ているのは曲線aおよびbであり、曲線eは曲線a~dと比較すると低いレベルとなっている。したがって、良好な品質係数 (Q) を得るためには、焼結体中に占めるMn量が0.75wt%を超えないようにMnを含めばよい。より望ましいMn量は0.1~0.6wt%、さらには0.1~0.2wt%である。この範囲では、特に優れた品質係数 (Q) を得ることができる。

#### 【0068】

次にCo量に着目すると、Co量が0.75wt%以下 (0を含まず) の範囲にある場合には、曲線a~eは40以上という優れた品質係数 (Q) を呈する。一方、Co量が0.75wt%を超えて1.020wt%になると、曲線c~eの品質係数 (Q) は40以下となってしまう。また、曲線a~eにおいて、Co量が約0.6wt%のときには50以上の非常に優れた品質係数 (Q) を示し、Co量が0.2wt%のときに品質係数 (Q) のピーク値を得ていることがわかる。したがって、優れた品質係数 (Q) を得るためには、Co量が0.75wt%を超えないように焼結体中にCoを含めればよい。より望ましいCo量は0.05~0.6wt%、さらには0.1~0.4wt%である。

#### 【0069】

以上説明の通り、焼結体中に占めるMn量を0.75wt%以下 (0を含まず) とし、かつCo量を0.75wt%以下 (0を含まず) とすることにより、40以上の優れた品質係数 (Q) を得ることができる。しかも、Mn量が0.01~0.6wt%およびCo量が0.05~0.75wt%である場合には、80以上の優れた品質係数 (Q) を得ることも可能となる。また、Mn量が0.6wt%以上の場合にも、Co量を0.05~0.6wt%とすることによって、50以上の良好な品質係数 (Q) を得ることができる。

#### 【0070】

<実施例の総合評価>

本実施例により、焼結体中に占めるMn量が0.75wt%以下 (0を含まず) であり、

10

20

30

40

50

かつCo量が0.75wt%以下(0を含まず)の範囲において、優れた破壊電圧(VB)、絶縁抵抗(IR)、透磁率( $\mu$ )および品質係数(Q)を得ることが明らかとなった。この範囲で特に優れた破壊電圧(VB)、絶縁抵抗(IR)および品質係数(Q)を得るためには、焼結体中に占めるMn量を0.6wt%以下とすることが望ましい。また、焼結体中に占めるMn量が0.6wt%以上の場合においても、Co量を0.6wt%以下、さらには0.4wt%以下とすることによって、優れた破壊電圧(VB)、絶縁抵抗(IR)および品質係数(Q)を得ることが可能となる。さらにまた、焼結体中に占めるMn量を0.2wt%以下とし、かつCo量を0.6wt%以下とした場合には、特に優れた破壊電圧(VB)、絶縁抵抗(IR)および品質係数(Q)を得ることが可能となる。

10

#### 【0071】

以上、本実施例の破壊電圧(VB)、絶縁抵抗(IR)、透磁率( $\mu$ )および品質係数(Q)の測定結果を示した。次に、加速寿命試験(HALT)およびCu偏析の面積率の測定結果を表13に示す。試料としては、実施例aにおけるNo.1およびNo.3、実施例cにおけるNo.16、実施例dにおけるNo.21、比較例1におけるNo.36を用いた。これらの粉末を用いて上記実施例と同様の条件により積層型コンデンサを作製し、加速寿命試験(HALT)の測定を行なった。また、焼結体組織における元素分布を電子線プローブ・マイクロ・アナライザ(EPMA)によって観察し、焼結体組織に占めるCu偏析の面積率を算出した。

#### [加速寿命試験(HALT)]

作製した積層型チップコンデンサ41に、175の高温下で80Vの電圧を48時間印加した後不良となるか否か観察した。なお、観察したサンプルは、各々20個である。

20

#### [EPMA測定条件、Cu偏析の面積率]

電子線プローブ・マイクロ・アナライザ(EPMA)として、日本電子(株)製のJCM-A733を用いて以下の条件で組織観察を行なった。また、この条件で測定した場合に、所定の測定点のカウント数が(測定点全体のカウント数の平均値 $\times$ 1.3倍)以上になったとき、その測定点をCuの偏析とし、Cuの偏析の総数を全測定点の数で割って100をかけた値を組織に占めるCu偏析の面積率(Cu偏析率)とした。

$$\text{Cu偏析の面積率(\%)} = 100 \times (\text{Cu偏析の点数}) / (\text{全測定点数})$$

#### (測定条件)

加速電圧：20kV

照射電流： $1 \times 10^7$ A

照射時間：50ms/point

測定点：X方向 250点， Y方向 250点

測定範囲：X方向 250点 $\times$ 0.201 $\mu$ m=50.25 $\mu$ m

Y方向 250点 $\times$ 0.196 $\mu$ m=49 $\mu$ m

分光結晶：LiF

30

40

#### 【0072】

#### 【表13】

No.	VB (kV)	Vb (V/ $\mu$ m)	IR (M $\Omega$ )	HALT(不良サンプル数: n/20)					Cu <sub>1</sub> 偏析率 (%)	Mn量 (wt%)	Co量 (wt%)
				0h	1h	10h	24h	48h			
1	1.81	30.2	700	0/20	20/20	20/20	20/20	20/20	11.5	0.070	0.006
3	3.01	50.2	10100	0/20	0/20	0/20	4/20	9/20	13.8	0.070	0.200
16	2.59	43.2	6920	0/20	0/20	0/20	1/20	4/20	8.1	0.357	0.488
21	2.75	45.8	8200	0/20	0/20	1/20	7/20	11/20	5.2	0.544	0.200
36	1.39	23.2	188	0/20	20/20	20/20	20/20	20/20	1.1	1.028	1.020

## 【0073】

Co量が0.006wt%であるNo.1とCo量が0.200wt%であるNo.3を対比すると、No.3において不良サンプル数が激減していることがわかる。No.1およびNo.3は主成分の組成が同一であり、副成分としてのMn量も0.070wt%と等しい。よって、不良サンプル数の激減には、Co量に関係していることが明らかとなった。

10

20

30

40

50

No.3およびNo.16では、175 の高温下で80Vの電圧を10時間印加した後においても不良サンプル数0と、良好な結果を示している。特に、No.16では、48時間印加した後においても不良サンプル数4と、極めて良好な結果を得ている。よって、NiCuZnフェライトに副成分としてMnおよびCoを0.3~0.5wt%ずつ添加し、Cu偏析率を6.0~10.0%の範囲とすることにより、非常に優れた耐久性を示す部品が得られることがわかった。またNo.21でも、10時間印加した後の不良サンプル数1、24時間印加した後の不良サンプル数7と良好な結果を得ている。一方、Mn量およびCo量がともに0.75wt%を超えているNo.36では、No.1と同レベルにまで不良サンプル数が増加してしまう。

以上の結果から、Mn量を0.75wt%以下(0を含まず)とし、かつCo量を0.01~0.75wt%とすることにより、耐久性に非常に優れた部品が得られることがわかった。

#### 【0074】

さらに表13には焼結体中に占めるCu偏析の面積率(以下、Cu偏析率)も示してある。Cu偏析率が1.1%(No.36)から5.2%(No.21)まで増加すると不良サンプル数が激減する。そして、Cu偏析率が8.1%(No.16)および13.8%(No.3)においても不良サンプル数が少ないことがわかる。この結果から、Cu偏析率が本発明で推奨する所定の範囲、つまり1.5%~15.0%の範囲にあるときに耐久性に優れた部品が得られることがわかった。

次に、表13のCu偏析率の欄およびMn量、Co量の欄を対比して、Mn量とCu偏析率との関係、Co量とCu偏析率との関係について述べる。Co量が0.006wt%であるNo.1とCo量が0.200wt%であるNo.3を対比すると、No.3のCu偏析率の方が若干高い値となっている。No.1とNo.3は主成分および副成分としてのMn量が等しいから、Co量の増加に伴ってCu偏析率が上昇することがわかった。一方、主成分および副成分としてのCo量が等しく、Mn量のみ異なるNo.3(Mn量:0.070wt%)とNo.21(Mn量:0.544wt%)を対比すると、No.21の方がCu偏析率の値が低くなっている。この結果から、Mn量の増加に伴ってCu偏析率が低下することがわかった。

#### 【0075】

また表13において、Cu偏析率が1.1%の場合(No.36)には破壊電圧(VB)が1.39kVであるのに対し、Cu偏析率が5.2%(No.21)になると破壊電圧(VB)は2.75kVまで向上する。Cu偏析率が8.1%(No.16)の場合もCu偏析率が5.2%(No.21)の場合とほぼ同じレベルの優れた破壊電圧(VB)を得ている。Cu偏析率が13.8%の場合(No.3)には、破壊電圧(VB)は更に向上して3.01kVとなる。この傾向から、MnおよびCoを所定量含み、かつCu偏析率が1.5~15.0%の範囲にある場合に、破壊電圧(VB)の向上を図れることがわかった。また、この範囲で特に高い破壊電圧(VB)を得るためには、Cu偏析率は5.0~15.0%の範囲とすることが望ましい。

#### 【0076】

##### 【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば従来に比して耐電圧性、耐久性に優れた磁性フェライト材料およびこれを用いた積層型フェライト部品を低コストで提供することができる。

##### 【図面の簡単な説明】

【図1】 本実施の形態に係る積層型チップインダクタアレイの平面図である。

【図2】 図1のA-A断面図である。

【図3】 図1のB-B断面図である。

【図4】 本実施の形態に係るLC複合部品である。

【図5】 実施例で用いた積層型チップコンデンサの側断面図である。

【図6】 図5のC-C断面図である。

【図7】 本実施例で測定したCo量による破壊電圧(VB)の変動を示すグラフである

。 【図 8】 本実施例で測定した Co 量による絶縁抵抗 ( I R ) の変動を示すグラフである

。 【図 9】 本実施例で測定した Co 量による透磁率 ( μ ) の変動を示すグラフである。

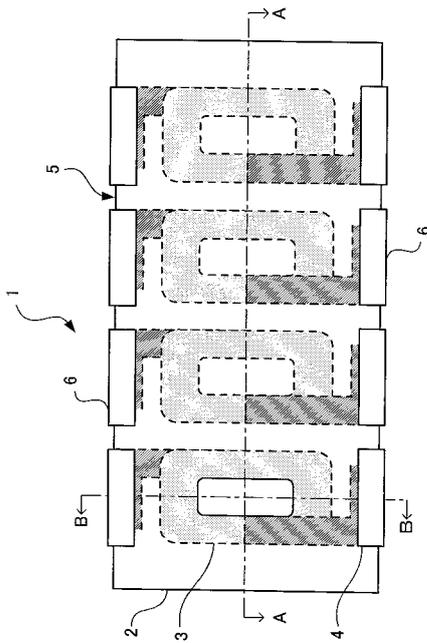
【図 10】 本実施例で測定した Co 量による品質係数 ( Q ) の変動を示すグラフである

【符号の説明】

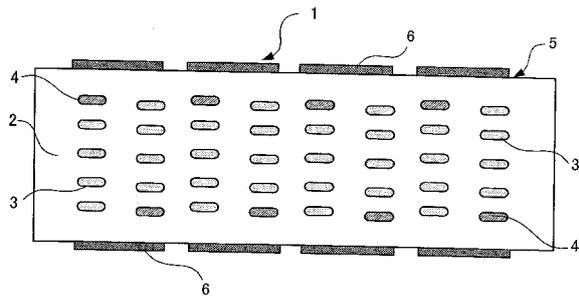
1 ... 積層型チップインダクタアレイ、 2 ... 磁性フェライト層、 3 ... 内部電極、 4 ... 引出し電極、 5 ... チップ体、 6 ... 外部電極、 11 ... LC 複合部品、 12 ... チップコンデンサ部、 13 ... チップフェライト部、 15 ... 外部電極、 21 ... セラミックス誘電体層、 22 ... 内部電極、 32 ... 磁性フェライト層、 33 ... 電極層、 41 ... 積層型チップコンデンサ、 42 ... 磁性フェライト層、 43 ... 内部電極、 44 ... チップ体、 45 ... 外部電極

10

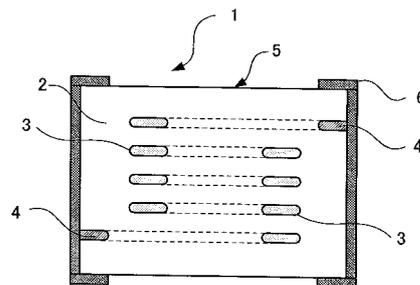
【図 1】



【図 2】

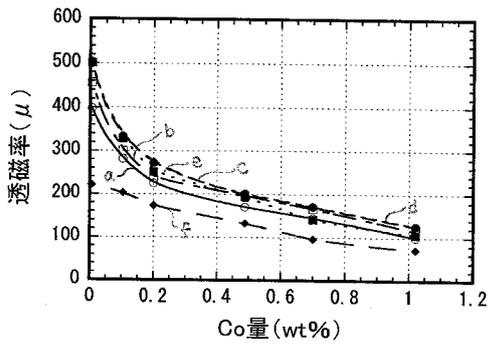


【図 3】

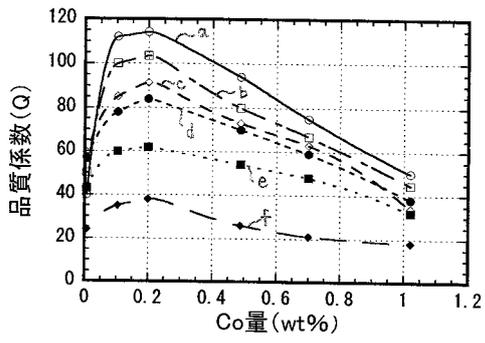




【 図 9 】



【 図 10 】



---

フロントページの続き

審査官 山田 正文

- (56)参考文献 特開2000-295057(JP,A)  
特開平08-325056(JP,A)  
特開平01-101609(JP,A)  
特開平06-333721(JP,A)  
特開2002-193623(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01F 1/34

C04B 35/30

H01F 17/00

H01G 4/12

H01G 4/30