(19)日本国特許庁(JP)　(12)公開特許公報(A)　(11)特許出願公開番号
特開2012-138399
(P2012-138399A)
(43)公開日　平成24年7月19日(2012.7.19)

(51)Int.Cl.		F I			テーマコード（参考）
H01F 1/34	(2006.01)	H01F 1/34		B	4G018
H01F 27/255	(2006.01)	H01F 27/24		D	5E041
H01F 17/04	(2006.01)	H01F 17/04		F	5E070
C04B 35/38	(2006.01)	C04B 35/38		Z	
C04B 41/86	(2006.01)	C04B 41/86		T	

審査請求 未請求　請求項の数 3　ＯＬ　（全 21 頁）

(21)出願番号　特願2010-288014 (P2010-288014)
(22)出願日　平成22年12月24日 (2010.12.24)

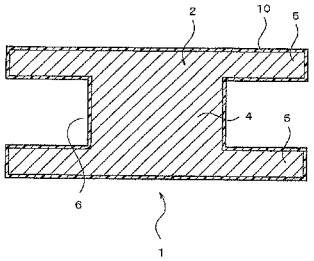
(71)出願人　000003067
ＴＤＫ株式会社
東京都中央区日本橋一丁目１３番１号
(74)代理人　100097180
弁理士　前田　均
(74)代理人　100110917
弁理士　鈴木　亨
(72)発明者　伊藤　守
東京都中央区日本橋一丁目１３番１号　ＴＤＫ－ＥＰＣ株式会社内
(72)発明者　伊藤　綱
東京都中央区日本橋一丁目１３番１号　ＴＤＫ－ＥＰＣ株式会社内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】フェライトコアおよび電子部品

(57)【要約】
【課題】高周波領域において電力損失の低減と高い飽和磁束密度とを両立でき、品質係数を改善することができるフェライトコアおよび該フェライトコアが適用された電子部品を提供すること。
【解決手段】フェライト組成物で構成されるコア部と、前記コア部の表面の少なくとも一部に形成された被覆層と、を有するフェライトコアであって、前記フェライト組成物は、酸化鉄と、酸化亜鉛と、酸化マンガンと、を含む主成分と、前記主成分１００重量%に対して、副成分として、酸化ケイ素をSiO_2換算で５０～３００ｐｐｍと、酸化カルシウムをＣａＯ換算で１１０～１１２０ｐｐｍとを含有し、前記フェライト組成物のＴｓｐが５～５０℃の範囲にあり、下記式（１）および（２）を満足し、前記被覆層の熱膨張係数が、前記コア部の熱膨張係数以下であることを特徴とするフェライトコア。
Ｔｓｐ＝２１．６（Ｘ＋０．５２Ｚ）－１５２０…式（１）
Ｘ≧５８．０…式（２）
【選択図】図１

図1



【特許請求の範囲】
【請求項１】
フェライト組成物で構成されるコア部と、前記コア部の表面の少なくとも一部に形成された被覆層と、を有するフェライトコアであって、
前記フェライト組成物は、酸化鉄と、酸化亜鉛と、酸化マンガンと、を含む主成分と、
前記主成分１００重量％に対して、副成分として、酸化ケイ素をSiO_2換算で５０～３００ｐｐｍと、酸化カルシウムをＣａＯ換算で１１０～１１２０ｐｐｍとを含有し、
前記フェライト組成物の磁気損失の極小温度Ｔｓｐが５～５０℃の範囲にあり、
前記主成分における前記酸化鉄の含有量をFe_2O_3換算でＸモル％、前記酸化亜鉛の含有量をＺｎＯ換算でＺモル％、残部を前記酸化マンガンとしたときに、前記Ｔｓｐ、前記Ｘおよび前記Ｚが下記式（１）および（２）を満足し、
前記被覆層の熱膨張係数が、前記コア部の熱膨張係数以下であることを特徴とするフェライトコア。
Ｔｓｐ＝２１．６（Ｘ＋０．５２Ｚ）－１５２０…式（１）
Ｘ≧５８．０…式（２）
【請求項２】
前記被覆層がガラス組成物から構成されている請求項１に記載のフェライトコア。
【請求項３】
請求項１または２に記載のフェライトコアを有する電子部品。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、フェライトコアおよび電子部品に係り、さらに詳しくは、使用温度が室温付近あるいは外気温付近であって、高周波領域（例えば１ＭＨz以上）において、電力損失（Ｐｃｖ）の低減と高い飽和磁束密度（Ｂｓ）とを両立でき、その結果、品質係数（Ｐｖｃ／Ｂｓ）を改善することができるフェライトコアおよび該フェライトコアが適用された電子部品に関する。
【背景技術】
【０００２】
近年、携帯用機器等の各種電子機器の小型・軽量化が急速に進み、それに対応すべく、各種電子機器の電気回路に用いられる電子部品の小型化・高効率化・高周波数化への要求が急速に高まっている。
【０００３】
たとえば、携帯用機器等のＤＣ－ＤＣコンバータ用のコイル磁芯としては、従来Ｎｉ－Ｚｎフェライトが用いられてきた。しかしながら、Ｎｉ－Ｚｎフェライトは比較的に電力損失が大きいため、コイル磁芯等の部品の小型化・高効率化・高周波数化への対応が困難であった。
【０００４】
このような問題に対し、Ｎｉ－Ｚｎフェライトに代えて、Ｍｎ－Ｚｎフェライトを用いることが考えられる。従来、Ｍｎ－Ｚｎフェライトは、電源用トランスなどに用いられ、低周波数かつ高磁場の環境下で使用されてきた。
【０００５】
一般にトランス等の磁芯として用いられるフェライトには、実際の使用温度域よりも高い温度域において磁気損失が最小となるような温度特性を持つことが要求されてきた。これは、使用時にトランスが磁気損失により発熱しトランス自体の温度が上昇、その結果、さらに磁気損失が増大してトランスの発熱が大きくなることを繰り返す、いわゆる熱暴走を起こす危険性があったからである。電源用トランスの場合、使用温度域は、通常、動作温度（たとえば８０℃）付近の温度とされる。
【０００６】
ところが、近年、たとえば、トランスをフッ素系不活性液体等を用いて冷却した場合、

その環境温度あるいは使用温度を室温以下、さらには任意の温度とすることが可能となっている。この場合、磁気損失が最小となる温度は特に制限されず、磁気損失の絶対値が小さいことのみが要求される。

【０００７】

一方、携帯用機器等のＤＣ－ＤＣコンバータ用のコイル磁芯として用いる場合、環境温度あるいは使用温度は室温付近あるいは外気温付近であり、トランスと比較すると、電圧も低く、熱暴走の危険は少ない。また、このような携帯用機器では、駆動周波数の高周波数化（たとえば１ＭＨｚ以上）が進み、高周波数領域における損失が小さいことが要求される。

【０００８】

また、トランスにおいても、ＤＣ－ＤＣコンバータのような携帯用機器に用いられる部品においても、大電流への対応が進んでいる。そのため、このような部品に用いられる磁芯には大電流でもインダクタンスが低下しない優れた直流重畳特性が要求される。優れた直流重畳特性を実現するには、高い飽和磁束密度が必須であり、特にその環境温度あるいは使用温度において高い飽和磁束密度を有することが必要となる。

【０００９】

したがって、環境温度あるいは使用温度が室温付近あるいは外気温付近であって、高周波数領域での磁気損失を低下させ、高い飽和磁束密度を有するフェライト組成物が求められている。

【００１０】

低損失で高飽和磁束密度を有するＭｎ－Ｚｎフェライトの例として、たとえば、特許文献１では、主成分として、Fe_2O_3が５２．４～５３．７モル％、ＺｎＯが７．０～１１．５モル％、残部ＭｎＯとし、副成分として、ＣａＯと、V_2O_5と、Nb_2O_5と、Al_2O_3またはBi_2O_3とを特定量含むＭｎ－Ｚｎフェライトが提案されている。

【００１１】

しかしながら、上記のＭｎ－Ｚｎフェライトは、特許文献１にも記載されているように、トランスの実駆動温度である６０℃以上において、低周波数領域での磁気損失が最小となる温度（Ｐｃｖ　ｍｉｎ）を設定しており、室温付近かつ高周波領域では使用できないという問題があった。

【００１２】

また、各種用途のフェライトコアについて、コア部の表面にガラス被膜を形成することが検討されている。しかし、従来では、ガラス被膜の応力によりフェライト本来の特性が劣化するなどの影響を受け、好ましくないと考えられていた。

【００１３】

特許文献２では、コアの表面にバレルコーティング法でガラス塗膜を形成することが提案されている。しかしながら、特許文献２においては、このようなフェライトコアの特性の劣化については検討されておらず、特に電力損失（Ｐｃｖ）の改善や磁束密度（Ｂｓ）の向上等については何ら考慮されていなかった。

【先行技術文献】

【特許文献】

【００１４】

【特許文献１】特開２００３－１２８４５８号公報
【特許文献２】特開２００１－２３７１３５号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【００１５】

本発明は、このような実状に鑑みてなされ、使用温度あるいは環境温度が室温付近あるいは外気温付近であって、高周波領域（例えば１ＭＨz以上）において、電力損失（Ｐｃｖ）の低減と高い飽和磁束密度（Ｂｓ）とを両立でき、その結果、品質係数（Ｐｖｃ／Ｂｓ）を改善することができるフェライトコア、および該フェライトコアを有する電子部品

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】
【００１６】
本願発明者らは、鋭意研究を重ねてきた結果、特定組成のＭｎＺｎ系フェライト組成物をコア部とし、コア部の表面の少なくとも一部にフェライトコア部以下の熱膨張係数を有する被膜層を形成することにより、高周波領域（例えば１ＭＨz以上）において、電力損失（Ｐｃｖ）の低減と高い飽和磁束密度（Ｂｓ）とを両立でき、その結果、品質係数（Ｐｖｃ／Ｂｓ）を改善することができることを見出し、本発明を完成するに至った。
【００１７】
すなわち、本発明に係るフェライトコアは、
フェライト組成物で構成されるコア部と、前記コア部の表面の少なくとも一部に形成された被覆層と、を有するフェライトコアであって、
前記フェライト組成物は、酸化鉄と、酸化亜鉛と、酸化マンガンと、を含む主成分と、
前記主成分１００重量％に対して、副成分として、酸化ケイ素をSiO_2換算で５０～３００ｐｐｍと、酸化カルシウムをＣａＯ換算で１１０～１１２０ｐｐｍとを含有し、
前記フェライト組成物の磁気損失の極小温度Ｔｓｐが５～５０℃の範囲にあり、
前記主成分における前記酸化鉄の含有量をFe_2O_3換算でＸモル％、前記酸化亜鉛の含有量をＺｎＯ換算でＺモル％、残部を前記酸化マンガンとしたときに、前記Ｔｓｐ、前記Ｘおよび前記Ｚが下記式（１）および（２）を満足し、
前記被覆層の熱膨張係数が、前記コア部の熱膨張係数以下であることを特徴とする。
Ｔｓｐ＝２１．６（Ｘ＋０．５２Ｚ）－１５２０…式（１）
Ｘ≧５８．０…式（２）
【００１８】
本発明では、室温付近あるいは外気温付近での使用を考慮し、磁気損失が極小となる温度（Ｔｓｐ）が５～５０℃の範囲である場合に、上記の式（１）および（２）を用いて主成分の組成を決定し、さらに副成分の含有量を上記の特定の範囲としている。このようなフェライト組成物を用いることで飽和磁束密度（Ｂｓ）を高く維持しつつ、高周波領域（たとえば、１ＭＨｚ以上）においても電力損失（Ｐｃｖ）を低減でき、結果として品質係数（Ｐｃｖ／Ｂｓ）を改善することができる。
【００１９】
また、本発明においては、コア部および被覆層の熱膨張係数を上記のような関係に設定することで、電力損失Ｐｃｖを改善することができる。また、被覆層はコア部の欠け等を抑制する保護層としての役割も有し、生産効率を向上させることができる。
【００２０】
好ましくは、前記被覆層がガラス組成物から構成されている。このようにすることで、コア部の表面に被覆層を容易に形成することができる。また、絶縁性を有するガラス組成物をコア部表面に形成した場合には、コア部と巻回されるワイヤ等との絶縁性を高めることができる。
【００２１】
本発明に係る電子部品は、上記の記載のフェライト組成物から構成され、コア部および被覆層の熱膨張係数を上記のように制御されるフェライトコアを有し、１ＭＨｚ以上の周波数領域で使用される。
【００２２】
本発明に係る電子部品は、フェライト組成物のＴｓｐが５～５０℃の温度範囲であるために、使用温度あるいは環境温度が室温付近あるいは外気温付近にある部品として好適である。しかも、電極損失の低減と高い飽和磁束密度とを両立しているため、省電力を実現することができる。
【００２３】
このような電子部品としては、特に制限されないが、携帯用機器等に用いられるＤＣ－ＤＣコンバータのコイル部品などが挙げられる。コイル部品としては、インダクタやチョ

ークコイル等が挙げられる。また、Ｔｓｐを示す温度付近までトランスを冷却することで、本発明に係る電子部品をトランスにも好適に用いることができる。トランス部品としては、スイッチング用、インバータ用等の電源トランス等が挙げられる。

【発明の効果】

【００２４】

本発明によると、飽和磁束密度（Ｂｓ）を高く維持しつつ、高周波領域（たとえば、１ＭＨｚ以上）においても電力損失（Ｐｃｖ）を低減でき、結果として品質係数（Ｐｃｖ／Ｂｓ）を改善することができる。

【００２５】

また、特に被覆層をガラス組成物で構成することで、被覆層をコア部の表面に容易に形成することができる。また、ガラス組成物が絶縁性である場合には、コア部が導電性であっても、巻回されるワイヤ等との絶縁性を確保することができる。

【図面の簡単な説明】

【００２６】

【図１】図１は、本発明の一実施形態に係るフェライトコアの概略断面図である。

【図２】図２は、本発明の一実施形態に係るフェライトコアの製造に用いるバレル装置の概略断面図である。

【図３】図３は、コイルを巻回した後のドラムコアの断面図である。

【発明を実施するための形態】

【００２７】

以下、本発明を、図面に示す実施形態に基づき説明する。

【００２８】

フェライトコア

本発明に係るフェライトコアの形状は、図１に示したドラム型のほか、ＦＴ型、ＥＴ型、ＥＩ型、ＵＵ型、ＥＥ型、ＥＥＲ型、ＵＩ型、トロイダル型、ポット型、カップ型等を例示することができる。本実施形態では、図１に示すように、フェライトコア１はドラムコア形状を有しており、コア部２の表面全体に被覆層１０が形成された構成を有している。

【００２９】

コア部

コア部２は、円柱または角柱状の巻芯部４と、その巻芯部４の軸方向に沿って両側に一体的に形成してある一対の鍔部５とを有する。鍔部５の外径は、巻芯部４の外径よりも大きく、巻芯部４の外周には、鍔部５にて囲まれた凹部６が形成してある。そして、その凹部６にワイヤ３０を巻回することでコイル部品とされる。

【００３０】

コア部２の寸法は、特に制限されないが、本実施形態では、巻芯部４の外径は０．６～１．２ｍｍであり、巻芯部４の軸方向幅は０．３～１．０ｍｍ、鍔部５の外径は２．０～３．０ｍｍであり、鍔部５の厚みは０．２～０．３ｍｍ、鍔部５の外周表面から巻芯部４の外周表面までの深さは、０．５～１．０ｍｍである。なお、鍔部５の形状は、円形の他、四角形、八角形などでもよい。

【００３１】

コア部２は、本実施形態に係るフェライト組成物で構成してある。

【００３２】

本実施形態に係るフェライト組成物は、Ｍｎ－Ｚｎ系フェライトであり、主成分として、酸化鉄、酸化マンガンおよび酸化亜鉛を含有している。また、本実施形態に係るフェライト組成物の磁気損失が極小となる温度（Ｔｓｐ）は、５～５０℃の範囲にある。

【００３３】

従来、Ｍｎ－Ｚｎ系フェライトにおいて、Ｔｓｐを示す温度は、結晶磁気異方性によって説明がなされていた。すなわち、結晶磁気異方性定数Ｋ１の符号が温度上昇に伴って、負から正の値に変わるＫ１＝０の温度において、磁気損失が極小値を持つと言われている

。

【００３４】

また、この温度は、透磁率が極大となる、いわゆる透磁率のセカンダリーピークと一致することが知られている。上記のＫ１は、温度上昇に対して単調に増加するが、Fe^{2+}は正のＫ１を持つため、Fe^{2+}の量が増加すると（すなわち、Fe_2O_3量が増加すると）、セカンダリーピークの温度は低温側に移動する。

【００３５】

「電子材料シリーズ　フェライト」（丸善株式会社発行、昭和６３年）の７９頁には、Fe_2O_3量をＸモル％、ＺｎＯ量をＺモル％とした場合に、Ｔｓｐを求める式として、下記の式が記載されている。

Ｔｓｐ＝－４５．５（Ｘ＋０．２Ｚ）＋２６２０

【００３６】

また、Fe_2O_3量を増やすことで、高い飽和磁束密度が得られやすいことが知られている。しかしながら、Fe_2O_3量が多くなると、飽和磁束密度は、Fe_2O_3量だけではなく、Fe_2O_3量とＺｎＯ量との比率にも影響されると考えられる。

【００３７】

本実施形態に係るフェライト組成物のＴｓｐは５～５０℃の範囲にある。このようなフェライト組成物では、Fe_2O_3量を増加させることで、Ｔｓｐを上記の範囲内とし、電力損失を高めることが考えられる。そこで、上記の式を用いてFe_2O_3量およびＺｎＯ量を決定しようとすると、たとえばＴｓｐが－２００℃以下となってしまい、現実的ではない。

【００３８】

そのため、上記のＴｓｐを求める式は、Fe_2O_3量が多い（たとえば、５８モル％以上）場合には、成り立たないと考えられる。ところが、Fe_2O_3量が多い場合にＴｓｐを求める指標となるものが存在しないため、Fe_2O_3量が多い場合に、１ＭＨｚ以上の高周波領域において、高い飽和磁束密度を有するフェライト組成物については、何ら知見がなかった。

【００３９】

そこで、本発明者等は鋭意実験を行い、フェライト組成物中の酸化鉄の含有量が比較的多い場合に、Ｔｓｐと酸化鉄および酸化亜鉛とが、上記の式とは異なる関係を有することを見出した。すなわち、フェライト組成物中の酸化鉄の含有量をFe_2O_3換算でＸモル％、酸化亜鉛の含有量をＺｎＯ換算でＺモル％としたときに、Ｔｓｐと、ＸおよびＺとは、下記の式（１）および式（２）を満足する。

Ｔｓｐ＝２１．６（Ｘ＋０．５２Ｚ）－１５２０…式（１）

Ｘ≧５８．０…式（２）

【００４０】

したがって、本実施形態では、主成分１００モル％中、酸化鉄の含有量（Ｘ）および酸化亜鉛の含有量（Ｚ）は、Fe_2O_3およびＺｎＯ換算で、上記の式（１）を満足するように決定される。なお、Ｘは、好ましくは５８．０～６６．０モル％である。

【００４１】

酸化鉄の含有量が多い場合には、磁気損失が極小となる温度（Ｔｓｐ）と、酸化鉄および酸化亜鉛の含有量と、が上記の関係式を満足するため、Ｔｓｐが５～５０℃の範囲内となる最適な酸化鉄および酸化亜鉛の含有量が決定される。なお、主成分の残部は、酸化マンガンから構成される。

【００４２】

本実施形態に係るフェライト組成物は、上記の式で算出される主成分に加え、副成分として、酸化ケイ素および酸化カルシウムを含有している。このような副成分を含有させることで、電力損失の絶対値を小さくし、かつ高い飽和磁束密度を得ることができる。

【００４３】

酸化ケイ素の含有量は、主成分１００重量％に対して、SiO_2換算で、５０～３００

ｐｐｍである。酸化ケイ素の含有量が多くても少なすぎても、高周波数領域での電力損失が劣化する傾向にある。

【００４４】

酸化カルシウムの含有量は、主成分１００重量％に対して、ＣａＯ換算で、１１０～１２０ｐｐｍである。酸化カルシウムの含有量が多くても少なすぎても、高周波数領域での電力損失が劣化する傾向にある。

【００４５】

なお、本実施形態に係るフェライト組成物には、不可避的不純物元素の酸化物が含まれ得る。

【００４６】

具体的には、Ｂ、Ｃ、Ｐ、Ｓ、Ｃｌ、Ａｓ、Ｓｅ、Ｂｒ、Ｔｅ、Ｉや、Ｌｉ、Ｎａ、Ｍｇ、Ａｌ、Ｋ、Ｇａ、Ｇｅ、Ｓｒ、Ｃｄ、Ｉｎ、Ｓｎ、Ｓｂ、Ｂａ、Ｐｂ、Ｂｉ等の典型金属元素や、Ｓｃ、Ｔｉ、Ｖ、Ｃｒ、Ｃｏ、Ｎｉ、Ｃｕ、Ｙ、Ｚｒ、Ｎｂ、Ｍｏ、Ｐｄ、Ａｇ、Ｈｆ、Ｔａ等の遷移金属元素が挙げられる。

【００４７】

また、コア部２の熱膨張係数は、フェライト組成物の組成により変化するが、おおむね9×10^{-6}／℃～10×10^{-6}／℃程度である。

【００４８】

被覆層

被覆層１０の材質としては、コア部２の熱膨張係数以下である熱膨張係数を有するものであれば、特に制限されず、たとえば、ガラス組成物、SiO_2、B_2O_3、ZrO_2等が例示される。なお、被覆層１０は複数の材質から構成されていてもよいし、複数の層からなる積層構造を有していてもよい。

【００４９】

本実施形態では、被覆層１０はガラス組成物から構成されることが好ましい。ガラス組成物としては、コア部２の表面に非晶質の状態で形成されるもの、あるいは結晶化ガラスとして形成されるものであれば特に制限されず、たとえば、Ｓｉ－Ｂ系ガラス（ホウケイ酸ガラス）、無アルカリガラス、鉛系ガラス等が例示される。

【００５０】

ガラス組成物の熱膨張係数は、ガラス組成物に含有される成分の組成や、各成分の含有量等により変化する。したがって、ガラス組成物の熱膨張係数が、コア部２の熱膨張係数以下となるように、成分の組成や含有量を適切に設定する必要がある。

【００５１】

被覆層１０は、電力損失の改善効果が得られる程度に被覆されていれば特に限定されないが、コア部２の表面の少なくとも一部に形成されていればよく、コア部２の表面積に対して、被覆層が形成される割合（被覆率）を、好ましくは５０～１００％、より好ましくは９０～１００％とする。被覆率が高くなるほど、コア部２の欠け等を防止する保護層としての役割も大きくなる。

【００５２】

なお、図１では、被覆率が１００％の場合を示している。また、コア部２において、ワイヤ等が巻回される部分（本実施形態では凹部６）付近に被覆層１０が形成されていると、より高い効果が得られやすい。

【００５３】

被覆層１０の厚みは、電力損失の改善効果が得られる程度の厚みであれば特に限定されないが、好ましくは０μｍ超５０μｍ以下、より好ましくは５μｍ以上２５μｍ以下である。被覆層１０が形成されていれば、電力損失が改善されるが、被覆層が厚くなりすぎると、電力損失の改善効果に対する寄与が少なく、製造コストが増加するため好ましくない。また、被覆層がある程度の厚みを有していると、コア部の保護層としての機能を果たすこともできる。そのため、被覆層１０の厚みは上記の範囲内であることが好ましい。

【００５４】

さらに、被覆層１０が絶縁性を有していれば、コア部２が導電性であっても、巻回されるワイヤとの絶縁を確保することができる。

【００５５】

次に、本実施形態に係るフェライトコアとして、被覆層１０がガラス組成物で構成されているフェライトコアの製造方法の一例を説明する。

【００５６】

まず、コア部２を構成するフェライト組成物の原料を準備するため、出発原料（主成分の原料および副成分の原料）を、所定の組成比となるように秤量して混合し、原料混合物を得る。混合する方法としては、たとえば、ボールミルを用いて行う湿式混合や、乾式ミキサーを用いて行う乾式混合が挙げられる。なお、平均粒径が０．１～３μｍの出発原料を用いることが好ましい。

【００５７】

主成分の原料としては、酸化鉄（α－Fe_2O_3）、酸化亜鉛（ＺｎＯ）、酸化マンガン（Mn_3O_4）、あるいは複合酸化物などを用いることができる。さらに、その他、焼成により上記した酸化物や複合酸化物となる各種化合物等を用いることができる。焼成により上記した酸化物になるものとしては、たとえば、金属単体、炭酸塩、シュウ酸塩、硝酸塩、水酸化物、ハロゲン化物、有機金属化合物等が挙げられる。なお、主成分中の酸化マンガンの含有量はＭｎＯ換算で計算されるが、主成分の原料としては、Mn_3O_4が好ましく用いられる。

【００５８】

副成分の原料としては、主成分の原料の場合と同様に、酸化物だけではなく複合酸化物や焼成後に酸化物となる化合物を用いればよい。酸化ケイ素（SiO_2）の場合には、SiO_2を用いることが好ましい。また、酸化カルシウム（ＣａＯ）の場合には、炭酸カルシウム（$CaCO_3$）を用いることが好ましい。

【００５９】

次に、原料混合物の仮焼きを行い、仮焼き材料を得る。仮焼きは、原料の熱分解、成分の均質化、フェライトの生成、焼結による超微粉の消失と適度の粒子サイズへの粒成長を起こさせ、原料混合物を後工程に適した形態に変換するために行われる。こうした仮焼きは、好ましくは８００～１１００℃の温度で、通常１～３時間程度行う。仮焼きは、大気（空気）中で行ってもよく、大気中よりも酸素分圧が高い雰囲気や純酸素雰囲気で行っても良い。なお、主成分の原料と副成分の原料との混合は、仮焼きの前に行なってもよく、仮焼き後に行なってもよい。

【００６０】

次に、仮焼き材料の粉砕を行い、粉砕材料を得る。粉砕は、仮焼き材料の凝集をくずして適度の焼結性を有する粉体とするために行われる。仮焼き材料が大きい塊を形成しているときには、粗粉砕を行ってからボールミルやアトライターなどを用いて湿式粉砕を行う。湿式粉砕は、仮焼き材料の平均粒径が、好ましくは１～２μｍ程度となるまで行う。

【００６１】

次に、粉砕材料の造粒（顆粒）を行い、造粒物を得る。造粒は、粉砕材料を適度な大きさの凝集粒子とし、成形に適した形態に変換するために行われる。こうした造粒法としては、たとえば、加圧造粒法やスプレードライ法などが挙げられる。スプレードライ法は、粉砕材料に、ポリビニルアルコールなどの通常用いられる結合剤を加えた後、スプレードライヤー中で霧化し、低温乾燥する方法である。

【００６２】

次に、造粒物を所定形状に成形し、成形体を得る。造粒物の成形としては、たとえば、乾式成形、湿式成形、押出成形などが挙げられる。乾式成形法は、造粒物を、金型に充填して圧縮加圧（プレス）することにより行う成形法である。成形体の形状は、特に限定されず、用途に応じて適宜決定すればよいが、本実施形態ではドラムコア形状とされる。

【００６３】

次に、成形体の本焼成を行い、焼結体（コア部２）を得る。本焼成は、多くの空隙を含

んでいる成形体の粉体粒子間に、融点以下の温度で粉体が凝着する焼結を起こさせ、緻密な焼結体を得るために行われる。このような本焼成は、好ましくは９００～１３００℃の温度で、通常２～５時間程度行う。本焼成は、大気（空気）中で行ってもよく、大気中よりも酸素分圧が高い雰囲気で行っても良い。

【００６４】

次に得られたコア部２に対して、図２に示すバレル装置を用いて、コア部２の表面に、ガラス組成物、バインダ樹脂等から構成される熱処理前の被覆層１０ａを形成する。

【００６５】

図２に示すバレル装置２０は、円柱状または角柱状のシリンダケーシング２０ａを有し、その中空の内部に、バレル容器２２が、その軸芯回りに矢印Ａ方向（またはその逆方向）に回転自在に収容してある。

【００６６】

ケーシング２０ａには、入口管２３と出口管２４とがそれぞれ形成してある。入口管２３からは乾燥用気体がケーシング２０ａの内部に入り込み、出口管２４からケーシング内部の空気を排出可能になっている。

【００６７】

バレル容器２２の内部における軸芯位置には、スプレーノズル２５が軸方向に沿って配置してあり、ノズル２５から、バレル容器２２の内部に貯留してある多数のコア部２に向けてスラリー２６を吹き付け可能になっている。バレル容器２２は、矢印Ａ方向に回転するために、コア部２は、図２に示すような状態で存在し、バレル容器２２の回転により撹拌される。

【００６８】

ノズル２５は、コア部２の集合に向けてスラリー２６を噴霧することができるようになっている。なお、ノズル２５からのスラリーの噴霧方向を自由に変えられるようにしても良い。また、ケーシング２０ａには、図示省略してある排出パイプが接続してあり、余分なスラリー２６を排出可能になっている。

【００６９】

バレル容器２２の壁には、外部と内部とを連通する多数の孔が形成してあり、ケーシング２０ａの下方に貯留してあるスラリー２６は、バレル容器２２の内部にも侵入し、そのスラリー２６にコア部２を浸漬することができる。また、乾燥用気体が入口管２３からケーシング２０ａを通り出口管２４へと流通する際には、バレル容器２２の内部にも流通するようになっている。

【００７０】

熱処理前の被覆層１０ａを形成するために、まず、コア部２を、図２に示すバレル容器２２の内部に多数収容する。そして、バレル容器２２を回転させ、コア部２の集合を撹拌しながら、ノズル２５からスラリー２６を吹き付けて、熱処理前の被覆層１０ａを形成する。

【００７１】

スラリー２６は、上述したガラス組成物を粉砕して得られるガラス粉末と、バインダ樹脂と、溶剤とを含む。さらにその他の添加物を含んでいてもよい。ガラス組成物は、該組成物を構成する酸化物、ハロゲン化物等の非酸化物等の原料を混合、溶融し、急冷して非晶質とすればよい。また、ガラス組成物として、結晶化ガラスを用いてもよい。本実施形態では、ガラス粉末としてＳｉ－Ｂ系ガラスを用いる。ガラス粉末の平均粒径（メジアン径）は、特に限定されないが、好ましくは、０．１μｍ以上１０μｍ以下の範囲である。

【００７２】

スラリー２６に含まれるバインダ樹脂はポリビニルアルコール（ＰＶＡ）、ポリビニルアルコール樹脂変性体、またはこれらの混合物であることが好ましい。このようにすることで、形成される熱処理前の被覆層１０ａは、コア部２との密着性に優れる。

【００７３】

溶剤は、水を含むことが好ましい。溶剤は水のみでもよいが、ガラス粉末の表面と水と

の接触角が大きいときは、エタノール、イソプロピルアルコール（ＩＰＡ）、イソブチルアルコール（ＩＢＡ）等の水溶性のアルコールを一定の割合で混ぜることにより、ガラス粉末の凝集や沈降を抑制することが好ましい。

【００７４】

コア部２に吹き付けられたスラリー２６は、各コア部２の表面を覆い焼成前被覆層１０ａを形成する。この時、余分なスラリー２６は、図示省略してある排出パイプを通して排出される。ノズル２５からスラリー２６を吹き付ける処理時間は、特に限定されないが、たとえば３０～１８０分程度である。また、スプレー時のスラリー２６の温度は、溶剤の組成にもよるが４０℃以上１００℃以下が好ましい。沸点の低い溶剤を使用する場合は、上記温度範囲内で温度を下げることが好ましい。

【００７５】

次に、スラリー２６をスプレーしながら同時に熱処理前の被覆層１０ａの乾燥処理を行う。乾燥処理では、入口管２３から乾燥用気体をケーシング２０ａの内部に流し込み、出口管２４から排出させる。この乾燥処理に用いる乾燥用気体は、たとえば温度５０～１００℃の空気である。スプレー処理後、さらに乾燥処理を、たとえば５～３０分行ってもよい。

【００７６】

乾燥処理後、熱処理前の被覆層１０ａが形成されたコア部２は、バレル容器２２から取り出され、熱軟化処理される。熱処理条件は、熱処理前の被覆層１０ａに含まれるガラス粉末の軟化点などに応じて決定される。具体的には、熱処理温度は、好ましくは６００～８００℃であり、熱処理時間は、５～１２０分である。

【００７７】

Ｍｎ－Ｚｎ系フェライトの場合、熱処理は、酸素分圧０．１％以下での窒素ガス雰囲気下で焼成を行うことが好ましい。コア部２の酸化は、特性劣化の原因となるため、酸素分圧を低くすることで、酸化を防止することができるからである。

【００７８】

熱処理後、コア部２の表面には、ガラス化した被覆層１０が形成され、図１に示すフェライトコア１が得られる。なお、本実施形態では、ガラス化とは、連続された非晶質な個体膜で、結晶と同程度の剛性を持つ状態になることと定義される。

【００７９】

その後に、図３に示すように、各コア部２における一方の鍔部５の端面に、銀、チタン、ニッケル、クロム、銅などで構成された一対の端子電極３２を、印刷、転写、浸漬、スパッタ、メッキ法などで形成する。端子電極３２は、コア部２が導電性であっても、被覆層１０が存在しているために絶縁されている。

【００８０】

その後に、巻芯部４の周囲にワイヤ３０を巻回し、そのワイヤの両端を、それぞれ端子電極３２に熱圧着、超音波やレーザなどによる溶接、はんだ法などで接続し、本発明の一実施形態に係るコイル部品が完成する。

【００８１】

本実施形態に係るフェライトコアでは、飽和磁束密度（Ｂｓ）を高く維持しつつ、高周波領域（たとえば、１ＭＨｚ以上）においても電力損失（Ｐｃｖ）を低減でき、結果として品質係数（Ｐｃｖ／Ｂｓ）を改善することができる。また、特に被覆層をガラス組成物で構成することで、被覆層をコア部の表面に容易に形成することができる。また、ガラス組成物が絶縁性である場合には、コア部が導電性であっても、巻回されるワイヤ等との絶縁性を確保することができる。

【００８２】

本実施形態に係るフェライトコアにおいて、品質係数（Ｐｃｖ／Ｂｓ）を改善することができる理由に関しては、必ずしも明らかではないが、たとえば以下のように考えることができる。

【００８３】

フェライトコアには、残留応力として内的な圧縮応力がすでに加えられている場合がある。このような残留応力は、フェライト組成物の焼成・冷却時の収縮に起因する応力や、焼成・冷却時におけるフェライト組成物中の成分、特にＺｎＯ成分の蒸発等により生じる応力等が原因となっていると考えられる。

【００８４】

そこで、コア部２の表面の少なくとも一部に、コア部２の熱膨張係数以下である熱膨張係数を有する被覆層１０を形成することで、熱が加えられ、冷却される過程で、被覆層１０の熱膨張がコア部２の熱膨張以下であるため、被覆層１０にはコア部２の熱膨張に起因する引張応力が生じる。そして、この引張応力が、コア部２の残留応力（圧縮応力）をキャンセルするのではないかと考えられ、そのためにフェライトコアの電力損失Ｐｃｖを改善することができるのではないかと考えられる。

【００８５】

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。

【００８６】

たとえば、上述の実施形態においては、焼成されたコア部に対して、熱処理前の被覆層を形成し、これを熱処理して被覆層を形成したが、コア部の焼成と被覆層の熱処理とを同時に行ってもよい。このようにすることで、工程を簡略化できる。

【００８７】

また、脱バインダ工程において、スラリーに含まれるバインダ樹脂の有機成分が揮発しやすいように、ガラス粉末の粒径を特定の範囲としてもよい。このようにすることで、熱処理前の被覆層自体の強度を高めて、熱処理前の被覆層形成時におけるコア部の欠け等を防止することができる。

【００８８】

また、熱処理前の被覆層を形成する工程において、たとえばスラリーに含まれるバインダ樹脂の量を変化させることで、熱処理前の被覆層の表面付近の強度を、該被覆層のコア部との境界付近の強度よりも弱くなるようにしてもよい。このようにすることで、該被覆層の表面付近が犠牲膜の役割を果たし、コア部の欠け等を効果的に防止することができる。

【００８９】

さらに、熱処理前の被覆層を複数層とし、コア部に近い層に含まれるガラス組成物の軟化点よりも、該被覆層の表面側の層に含まれるガラス組成物の軟化点を高くしてもよい。そして、熱処理工程において、熱処理温度を、コア部に近い層に含まれるガラス組成物の軟化点より高く、かつ被覆層の表面側の層に含まれるガラス組成物の軟化点よりも低くする。このようにすることで、被覆層の表面側の層を犠牲膜とすることができ、コア部の欠け等を効果的に防止することができる。

【実施例】

【００９０】

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。

【００９１】

実施例１

まず、主成分の原料として、Fe_2O_3、ＺｎＯおよびMn_3O_4を準備した。副成分の原料として、SiO_2および$CaCO_3$を準備した。

【００９２】

次に、準備した主成分の原料の粉末を、上記の式（１）により算出された含有量となるように秤量し、さらに、副成分の原料の粉末を表１に示す量となるように秤量した後、ボールミルで５時間湿式混合して原料混合物を得た。

【００９３】

次に、得られた原料混合物を、空気中において９５０℃で２時間仮焼した後、ボールミ

ルで２０時間湿式粉砕して、平均粒径が１．５μｍである粉砕材料を得た。

【００９４】

次に、この粉砕材料を乾燥した後、該粉砕材料１００重量％に、バインダとしてのポリビニルアルコールを１．０重量％添加して造粒し、２０メッシュの篩で整粒して顆粒とした。この顆粒を１９６ＭＰａ（２ｔｏｎ／ｃｍ^{2}）の圧力で加圧成形して、トロイダル形状（寸法＝外径２２ｍｍ×内径１２ｍｍ×高さ６ｍｍ）の成形体を得た。

【００９５】

得られた成形体について、蛍光Ｘ線分析を行い、フェライトコアの組成を測定し、表１に示す量と一致していることを確認した。

【００９６】

次に、これら各成形体を、酸素分圧を適宜制御しながら、１２７０℃で２．５時間焼成して、焼結体としてのコア部を得た。

【００９７】

次に被覆層を形成するためのガラス組成物の粉末を準備した。ガラス組成物としてはＳｉ－Ｂ系ガラスを用いた。Ｓｉ－Ｂ系ガラスは、ガラス成分を構成する酸化物等の原料を混合・溶融し、その後急冷して作製した。

【００９８】

本実施例では、Ｓｉ－Ｂ系ガラス中の成分の組成、含有量等を変化させて、熱膨張係数を変化させたガラス組成物Ａ～Ｄを用いた。ガラス組成物Ａの熱膨張係数は6×10^{-6}／℃、ガラス組成物Ｂの熱膨張係数は11×10^{-6}／℃、ガラス組成物Ｃの熱膨張係数は8×10^{-6}／℃、ガラス組成物Ｇの熱膨張係数は10×10^{-6}／℃であった。

【００９９】

なお、コア部およびガラス組成物の熱膨張係数は、ＴＭＡにより測定した。

【０１００】

次に、熱処理前の被覆層を形成するために用いられるスラリーを作製した。まず、得られたガラス組成物の粉末とＰＶＡとを所定の重量比で混合した。さらに、得られた固形成分（ガラス粉末およびＰＶＡの混合物）と溶剤とを所定の重量比で混合し、ボールミルで混合してスラリーを準備した。溶剤としては、水とエタノールを８：２で混合したものを用いた。スラリー中のガラス粉末に対するバインダ樹脂の含有量は１０重量％であった。

【０１０１】

次に、バレル装置のバレル容器内にコア部を投入し、コア部の表面全体に、上述したスラリーを用いたスプレー処理により、被覆層を形成した。また、スプレーと同時に、温風温度７０℃で乾燥処理した。

【０１０２】

その後に、バレル容器から、熱処理前の被覆層が形成されたコア部を取り出し、このコア部を７５０℃で１時間熱処理して、ガラス化した被覆層がコア部の表面全体に形成されたフェライトコア（トロイダル形状）を得た。

【０１０３】

被覆層の厚みは、３～２５μｍ程度であった。なお、被覆層の厚みは、被覆層形成前後の寸法より算出した。

【０１０４】

また、被覆率は、９８～１００％程度であった。なお、被覆率は、２０個の試料について目視により観察し、被覆層の形成が不完全であった試料について、被覆面積を測定することにより算出した。

【０１０５】

＜電力損失（Ｐｃｖ）＞

得られたコア部サンプルおよび被覆層形成後のフェライトコアに、１次巻線および２次巻線を３回ずつ巻回し、１ＭＨｚ－５０ｍＴの条件において、０～５５℃における電力損失を測定し、損失が最小となる温度（Ｔｓｐ）を求め、Ｔｓｐでの電力損失Ｐｃｖを算出した（単位：ｋＷ／ｍ^{3}　）。測定は、Ｂ－Ｈアナライザー（岩崎通信機株式会社製ＳＹ

－８２１７）を用いて行った。結果を表１および２に示す。

【０１０６】

＜飽和磁束密度（Ｂｓ）＞

得られたコア部サンプルおよび被覆層形成後のフェライトコアに、巻線を６０回巻回した後、Ｂ－Ｈカーブトレーサー（理研電子株式会社製Ｍｏｄｅｌ　ＢＨＳ４０）を用いて２ｋＡ／ｍの磁場を印加したときの飽和磁束密度ＢｓをＴｓｐにおいて測定した（単位：ｍＴ）。結果を表１および表２に示す。

【０１０７】

また、表１および表２には、高周波数領域（１ＭＨｚ）におけるコア部および被覆層形成後のフェライトコアの品質係数を示すＰｃｖ／Ｂｓを示した。Ｐｃｖが小さいほど、あるいは、Ｂｓが大きいほど、このＰｃｖ／Ｂｓは小さくなる。したがって、Ｐｃｖ／Ｂｓの値が小さいほど、電力損失の低減と高い飽和磁束密度とを両立できるため好ましい。また、表２では、被覆層形成後のフェライトコアのＰｃｖ／Ｂｓは、１．０以下を良好とした。

【０１０８】

また、表２には、被覆層形成前のコア部サンプルの電力損失（Ｐｃｖ）の値と、被覆層形成後のフェライトコアの電力損失（Ｐｃｖ）の値から算出した、被覆層形成前後における電力損失（Ｐｃｖ）の向上率（変化率）を示した。なお、本実施例では、向上率（変化率）が１７％以上のものを良好とし、より好ましくは２０％以上のものとした。

【０１０９】

【表１】

表1

試料No.	組成						特性				
	主成分 (mol%)			副成分 (ppm)		熱膨張係数 (ppm/°C)	Tsp		Pcv (1MHz-50mT)	Bs (2kA/m)	性能指数 Pcv/Bs
	Fe_2O_3	ZnO	MnO	SiO_2	CaO		計算値	実測値	ガラス無 at Tsp (kW/m^3)	ガラス無 at Tsp (mT)	ガラス無 at Tsp
1	61.00	18.00	21.00	100	730	10	***0***	***0***	926	570	1.62
2	61.00	22.29	16.71	100	730	10	48	48	750	509	1.47
3	64.00	12.70	23.30	100	730	10	5	5	700	613	1.14
4	64.20	13.30	22.50	100	730	10	16	16	695	586	1.19
5	65.00	14.80	20.20	100	730	10	50	50	765	547	1.40
6	65.00	15.20	19.80	100	730	10	***55***	***55***	791	540	1.46

【０１１０】

【表２】

表2

試料No.	被覆層の熱膨張係数 (ppm/℃)	Pcv (1MHz-50mT)		Bs (2kA/m)	性能指数 Pcv/Bs
		ガラス有 at Tsp (kW/m^3)	変化率 %	ガラス有 at Tsp (kW/m^3)	ガラス有 at Tsp
1a	6	880	***5***	565	***1.56***
2a	6	488	35	506	0.96
3a	6	560	20	610	0.92
4a	6	521	25	583	0.89
5a	6	536	30	547	0.98
6a	6	712	***10***	539	***1.32***
1b	***11***	970	***-5***	564	***1.72***
2b	***11***	773	***-3***	505	***1.53***
3b	***11***	740	***-6***	607	***1.22***
4b	***11***	723	***-4***	580	***1.25***
5b	***11***	804	***-5***	543	***1.48***
6b	***11***	830	***-5***	535	***1.55***
4c	8	556	20	582	0.96
4d	10	577	17	581	0.99

【０１１１】

表１より、計算で求めたＴｓｐと、Ｐｃｖの測定により得られたＴｓｐと、がほぼ一致していることが確認できた。また、試料２～５では、Ｔｓｐが５～５０℃の範囲内であることが確認できた。さらに、試料２～５では、Ｔｓｐが５～５０℃の範囲内にない試料１および６に比べて、高周波数領域（１ＭＨｚ）における電力損失（Ｐｃｖ）が低くなることが確認できた。

【０１１２】

表２の試料２ａ～５ａは、Ｔｓｐが本願の発明の範囲内（Ｔｓｐが５～５０℃の範囲内）にある試料２～５をコア部とし、該コア部の熱膨張係数（１０×１０$^{-6}$／℃）よりも小さい熱膨張係数（６×１０$^{-6}$／℃）を持つガラスＡにより、該コア部の表面を被覆した。

【０１１３】

このような試料２ａ～５ａでは、被覆層を形成する前の試料２～５に比べ、高周波数領域（１ＭＨｚ）における電力損失（Ｐｃｖ）が低減されていることが確認できた。すなわち、コア部サンプル（試料２～５）に比べ、ガラスＡからなる被覆層が形成されたフェライトコア（試料２ａ～５ａ）では、高周波数領域（１ＭＨｚ）における電力損失（Ｐｃｖ）が２０～３５％向上程度することが確認できた。

【０１１４】

さらに、ガラスＡからなる被覆層をコア部の表面に形成する前後で、高い飽和磁束密度（Ｂｓ）が維持されており、その結果、ガラスＡからなる被覆層が形成されたフェライトコア（試料２ａ～５ａ）では、Ｐｃｖ／Ｂｓで表される品質係数が向上することが確認された。

【０１１５】

しかし、Ｔｓｐが本願の発明の範囲内にない試料１および６をコア部として用いた場合には、ガラスＡからなる被覆層をコア部の表面に形成しても、被覆層の形成の前後において、高周波数領域（１ＭＨｚ）における電力損失（Ｐｃｖ）の改善効果が十分に得られないことが確認できた（試料１ａおよび６ａ）。

【０１１６】

これらの結果から、コア部を形成するフェライト組成物のＴｓｐが本願の発明の範囲内

（Ｔｓｐが５～５０℃の範囲内）にある場合には、コア部以下の熱膨張係数を持つ被覆層をコア部の表面に形成することにより、飽和磁束密度（Ｂｓ）を高く維持しつつ、高周波領域（たとえば、１ＭＨｚ以上）においても電力損失（Ｐｃｖ）を低減でき、結果として品質係数（Ｐｃｖ／Ｂｓ）を改善することができることが確認できた。

【０１１７】

特に、このような電力損失の改善効果は、コア部を形成するフェライト組成物のＴｓｐが本願の発明の範囲内（Ｔｓｐが５～５０℃の範囲内）にある場合に顕著に現れる効果である。

【０１１８】

表２の試料１ｂ～６ｂは、試料１ａ～６ａで用いたガラスＡに代えて、コア部よりも大きい熱膨張係数（１１×１０$^{-6}$／℃）を持つガラスＢを用いた以外は、試料１ａ～６ａと同様にフェライトコアを作成し、同様の評価を行った。

【０１１９】

試料１ｂ～６ｂでは、コア部を形成するフェライト組成物のＴｓｐが本願の発明の範囲内にあるか否かに関係なく、ガラスＢの被覆層の形成前後において、高周波数領域（１ＭＨｚ）における電力損失（Ｐｃｖ）の改善効果が得られず、むしろ悪化していることが確認できた。

【０１２０】

すなわち、コア部より大きい熱膨張係数を持つ被覆層によりコア部を被覆した場合には、Ｔｓｐの範囲に関係なく、被覆層の形成の前後において電力損失（Ｐｃｖ）の改善効果は得られないことが確認できた。

【０１２１】

また、表２の試料４ｃおよび４ｄでは、試料４ａで用いたガラスＡに代えて、コア部より小さい熱膨張係数（１１×１０$^{-6}$／℃）を持つガラスＣ、またはコア部と同じ熱膨張係数（１０×１０$^{-6}$／℃）を持つガラスＤを用いた以外は、試料４ａと同様にフェライトコアを作成し、同様の評価を行った。

【０１２２】

試料４ｃおよび４ｄでは、コア部を形成するフェライト組成物のＴｓｐが本願の発明の範囲内にある試料４のコア部サンプルを用い、コア部の熱膨張係数以下の熱膨張係数を持つ被覆層により、コア部を被覆しているため、４ａと同様に、被覆層の形成前後において高周波数領域（１ＭＨｚ）における電力損失（Ｐｃｖ）の改善効果が得られることが確認できた。

【０１２３】

実施例２

コア部を形成するフェライト組成物中の副成分の含有量を表３のように変動させた以外は、実施例１の試料４（Ｔｓｐが１６℃）と同様にコア部となるサンプルを作成し、同様の評価を行った（試料７～１５）。結果は表３に示す。

【０１２４】

次に、表３に示すフェライト組成物をコア部とし、ガラスＡまたはガラスＢにより、コア部の表面に被覆層を形成したフェライトコア（トロイダル形状）を得た。得られたフェライトコアサンプルに対し、実施例２と同様の評価を行った（試料７ａ～１５ａおよび試料７ｂ～１５ｂ）。結果は表４に示す。

【０１２５】

【表３】

表3

試料No.	主成分 (mol%)			副成分 (ppm)		熱膨張係数 (ppm/°C)	Tsp		Pcv (1MHz-50mT)	Bs (2kA/m)	性能指数 Pcv/Bs
	Fe_2O_3	ZnO	MnO	SiO_2	CaO		計算値	実測値	ガラス無 at Tsp (kW/m^3)	ガラス無 at Tsp (mT)	ガラス無 at Tsp
7	64.20	13.30	22.50	100	***55***	10	16	16	***4723***	493	***9.58***
8	64.20	13.30	22.50	100	110	10	16	16	730	580	1.26
4	64.20	13.30	22.50	100	730	10	16	16	695	586	1.19
9	64.20	13.30	22.50	100	1120	10	16	16	723	584	1.24
10	64.20	13.30	22.50	100	***2000***	10	16	16	***4442***	500	***8.88***
11	64.20	13.30	22.50	***15***	730	10	16	16	***2768***	495	***5.59***
12	64.20	13.30	22.50	50	730	10	16	16	772	580	1.33
4	64.20	13.30	22.50	100	730	10	16	16	695	586	1.19
13	64.20	13.30	22.50	200	730	10	16	16	710	584	1.22
14	64.20	13.30	22.50	300	730	10	16	16	762	583	1.31
15	64.20	13.30	22.50	***350***	730	10	16	16	***3409***	570	***5.98***

【０１２６】

【表４】

表4

試料No.	被覆層の熱膨張係数 (ppm/℃)	Pcv (1MHz-50mT)		Bs (2kA/m)	性能指数 Pcv/Bs
		ガラス有 at Tsp (kW/m^3)	変化率 %	ガラス有 at Tsp (kW/m^3)	ｶﾞﾗｽ有 at Tsp
7a	6	4487	***5***	492	***9.12***
8a	6	548	25	575	0.95
4a	6	521	25	583	0.89
9a	6	542	25	580	0.93
10a	6	4220	***5***	498	***8.47***
11a	6	2713	***2***	493	***5.50***
12a	6	540	30	578	0.93
4a	6	521	25	583	0.89
13a	6	533	25	582	0.91
14a	6	572	25	580	0.99
15a	6	3239	***5***	565	***5.73***
7b	***11***	4830	***-2***	491	***9.84***
8b	***11***	751	***-3***	570	***1.32***
4b	***11***	723	***-4***	580	***1.25***
9b	***11***	745	***-3***	578	***1.29***
10b	***11***	4502	***-1***	495	***9.09***
11b	***11***	2830	***-2***	490	***5.78***
12b	***11***	792	***-3***	575	***1.38***
4b	***11***	723	***-4***	580	***1.25***
13b	***11***	746	***-5***	580	***1.29***
14b	***11***	823	***-8***	577	***1.43***
15b	***11***	3609	***-6***	563	***6.41***

【０１２７】

表３より、フェライト組成物中の副成分の含有量が本願の発明の範囲内にある試料４、８、９および１２～１４では、副成分の含有量が本願の発明の範囲内にない試料７、１０、１１、および１５に比べて、高周波数領域（１ＭＨｚ）における電力損失（Ｐｃｖ）が低いことが確認できた。

【０１２８】

表４の試料４ａ、８ａ、９ａおよび１２ａ～１４ａは、フェライト組成物中の副成分の含有量が本願の発明の範囲内にある試料２～５をコア部とし、該コア部より小さい熱膨張係数を持つガラスＡにより、該コア部の表面を被覆した。

【０１２９】

このような試料４ａ、８ａ、９ａおよび１２ａ～１４ａでは、被覆層を形成する前の試料４、８、９および１２～１４に比べ、高周波数領域（１ＭＨｚ）における電力損失（Ｐｃｖ）が低減されていることが確認できた。すなわち、コア部サンプル（試料４、８、９および１２～１４）に比べ、ガラスＡからなる被覆層が形成されたフェライトコア（試料４ａ、８ａ、９ａおよび１２ａ～１４ａ）では、高周波数領域（１ＭＨｚ）における電力損失（Ｐｃｖ）が２５～３０％程度向上することが確認できた。

【０１３０】

さらに、ガラスＡからなる被覆層をコア部の表面に形成する前後で、高い飽和磁束密度（Ｂｓ）が維持されており、その結果、ガラスＡからなる被覆層が形成されたフェライトコア（試料４ａ、８ａ、９ａおよび１２ａ～１４ａ）では、Ｐｃｖ／Ｂｓで表される品質係数が向上することが確認された。

【０１３１】

しかし、フェライト組成物中の副成分の含有量が本願の発明の範囲内にない試料７、１０、１１、および１５をコア部として用いた場合には、ガラスＡからなる被覆層を形成しても、被覆層の形成の前後において、高周波数領域（１ＭＨｚ）における電力損失（Ｐｃｖ）の改善効果が十分に得られないことが確認できた（試料７ａ、１０ａ、１１ａ、および１５ａ）。

【０１３２】

これらの結果から、コア部を形成するフェライト組成物のフェライト組成物中の副成分の含有量が本願の発明の範囲内にある場合には、コア部以下の熱膨張係数を持つ被覆層をコア部の表面に形成することにより、飽和磁束密度（Ｂｓ）を高く維持しつつ、高周波領域（たとえば、１ＭＨｚ以上）においても電力損失（Ｐｃｖ）を低減でき、結果として品質係数（Ｐｃｖ／Ｂｓ）を改善することができることが確認できた。

【０１３３】

試料７ｂ～１５ｂでは、コア部を形成するフェライト組成物のフェライト組成物中の副成分の含有量が本願の発明の範囲内にあるか否かに関係なく、ガラスＢの被覆層の形成前後において、高周波数領域（１ＭＨｚ）における電力損失（Ｐｃｖ）の改善効果が得られず、むしろ悪化していることが確認できた。

【０１３４】

すなわち、コア部より大きい熱膨張係数を持つ被覆層によりコア部を被覆した場合には、フェライト組成物中の副成分の含有量に関係なく、被覆層の形成の前後において電力損失（Ｐｃｖ）の改善効果は得られないことが確認できた。

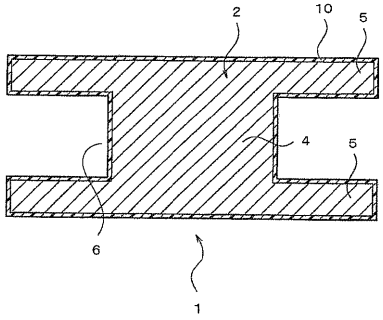
【符号の説明】

【０１３５】

１…　フェライトコア
２…　コア部
１０…　被覆層
１０ａ…　熱処理前被覆層
２０…　バレル装置

【図１】

図1



【図２】

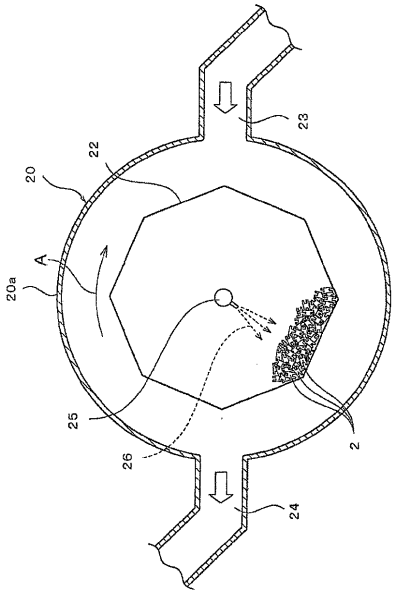
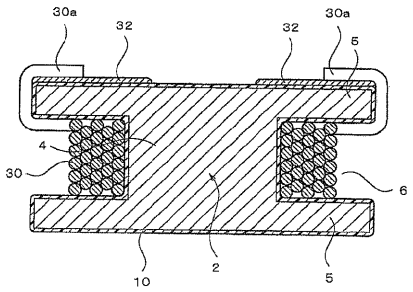


図2

【図３】

図3



フロントページの続き

(72)発明者　川口　達哉
東京都中央区日本橋一丁目１３番１号　ＴＤＫ－ＥＰＣ株式会社内
(72)発明者　佐々木　弘勝
東京都中央区日本橋一丁目１３番１号　ＴＤＫ－ＥＰＣ株式会社内
(72)発明者　▲高▼木　栄光
東京都中央区日本橋一丁目１３番１号　ＴＤＫ－ＥＰＣ株式会社内

Ｆターム(参考) 4G018 AA08 AA21 AA25 AA31
5E041 AB02 BC01 CA01 NN15
5E070 AA01 BA03 DA15