(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第5913246号
(P5913246)

(45)発行日　平成28年4月27日(2016.4.27)　(24)登録日　平成28年4月8日(2016.4.8)

(51)Int.Cl.		F I		
H01F 1/24	(2006.01)	H01F	1/24	
H01F 17/04	(2006.01)	H01F	17/04	F
H01F 17/00	(2006.01)	H01F	17/00	D
B22F 3/00	(2006.01)	B22F	3/00	E

請求項の数 5　(全 11 頁)

(21)出願番号　特願2013-199247(P2013-199247)
(22)出願日　平成25年9月26日(2013.9.26)
(65)公開番号　特開2015-65363(P2015-65363A)
(43)公開日　平成27年4月9日(2015.4.9)
審査請求日　平成26年12月9日(2014.12.9)

(73)特許権者　000003089
東光株式会社
埼玉県鶴ヶ島市大字五味ヶ谷１８番地
(74)代理人　100122426
弁理士　加藤　清志
(72)発明者　山本　誠
埼玉県鶴ヶ島市大字五味ヶ谷１８番地　東光株式会社内
(72)発明者　野原　健太
埼玉県鶴ヶ島市大字五味ヶ谷１８番地　東光株式会社内

審査官　小林　大介

最終頁に続く

(54)【発明の名称】金属磁性材料、電子部品

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

鉄と、ケイ素と、クロムとを含有する、その表面に金属酸化物を形成するための処理が行われていない金属磁性合金粉末と、

亜鉛と、

が混在した金属磁性材料を用いて素体が形成され、

前記素体を熱処理することにより、前記金属磁性合金粉末の表面には、亜鉛が析出され、

前記素体中の金属磁性合金粉末同士が、前記亜鉛を介して結合され、

前記素体中にコイルが形成されること、

を特徴とする電子部品の製造方法。

【請求項２】

鉄と、ケイ素と、クロムとを含有する、その表面に金属酸化物を形成するための処理が行われていない金属磁性合金粉末と、

亜鉛と、

が混在した金属磁性材料を用いて素体が形成され、

前記素体を熱処理することにより、前記金属磁性合金粉末の表面には、亜鉛系フェライトが析出され、

前記素体中の金属磁性合金粉末同士が、前記亜鉛系フェライトを介して結合され、

前記素体中にコイルが形成されること、

を特徴とする電子部品の製造方法。
【請求項３】
前記素体の体積抵抗率が１０^{7}Ω・ｃｍ以上である請求項１又は請求項２に記載の電子部品の製造方法。
【請求項４】
前記素体の抗折強度が３０ＭＰａ以上である請求項１から請求項３までのいずれか１項に記載の電子部品の製造方法。
【請求項５】
前記素体中の金属磁性合金粉末同士が、その表面に金属酸化物を介することなく前記素体を構成する他の材料を介して結合されている部分を有する請求項１から請求項４までのいずれか１項に記載の電子部品の製造方法。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、電源回路に用いられるパワーインダクタ等に用いられる金属磁性材料、電子部品に関するものである。
【背景技術】
【０００２】
電源回路で使用されるパワーインダクタは、小型化、低損失化、大電流対応化が要求されており、これらの要求に対応すべく、その磁性材料に飽和磁束密度の高い金属磁性材料を使用することが検討されている。金属磁性材料は、飽和磁束密度が高いという利点があるが、その材料単体の絶縁抵抗は低く、電子部品の磁性体として使用するためには、材料粒子同士の絶縁を確保する必要がある。絶縁が確保できないと、部品本体が導通してしまったり、材料特性が劣化して、製品の損失が増加してしまったりする。
【０００３】
従来は、金属磁性材料を電子部品に用いるときに、樹脂等でボンド化したり、粒子を絶縁膜でコートしたりして、材料粒子同士の絶縁を確保することが行われていた。
例えば、特許文献１には、Ｆｅ－Ｃｒ－Ｓｉ合金の表面をＺｎＯ系ガラスで被覆した材料を真空、無酸素、低酸素分圧下で焼成する電子部品が記載されている。しかし、真空、無酸素、低酸素分圧下では、焼結を防ぐため、コーティングを確実にする必要があり、ガラスの添加量を多くする必要があったり、コーティングのためコストが上昇したりするといった問題がある。
このように、樹脂等でボンド化したり、粒子を絶縁膜でコートしたりする従来の手法では、絶縁性をより確実にするため、磁性材料以外の絶縁材料の量を多くすることが必要であり、磁性材料以外の体積を増加させることは磁気特性の劣化につながるという問題があった。
【０００４】
また、原料由来の酸化物の層を形成する技術が開示されている（特許文献２、特許文献３）。この手法では、原料由来の酸化物の絶縁膜を利用するので、磁気特性の劣化は小さい。しかし、この手法で用いる原料由来の酸化物の絶縁膜では、絶縁性が低かったり、十分な強度が得られなかったりする場合があった。
【０００５】
そこで、原料由来の酸化物の層を形成し、これに樹脂含浸する等の手法も開示されている（特許文献４）。しかし、含浸等の手法は、コストが上昇するばかりか、製品の安定性を欠くため、実用性が低かった。
【０００６】
さらに、特許文献５には、鉄系化合物をコアとし、その周りに金属化合物のシェルを形成したコアシェル構造の金属磁性粉末と、ガラスとを含む磁性層材料が開示されている。しかし、この手法では、コアシェル構造を構成するために、コアを構成する材料に対してシェル形成材料をコーティングする必要があり、上述した粒子を絶縁膜でコートする従来

の手法と同様に、コストの上昇や、コーティング材料（シェル形成材料）の量を多くするために磁気特性の劣化につながるという問題があった。

【０００７】

電子部品用の金属磁性材材料には、磁性粒子同士を、最小の絶縁層で絶縁して、高い絶縁性を確保する必要がある。また、絶縁膜は電気的、機械的にも強固である必要がある。しかし、上記いずれの従来技術であっても、上述したように何らかの未解決な問題点を有していた。

【先行技術文献】

【特許文献】

【０００８】

【特許文献１】特開２０１０－６２４２４号公報

【特許文献２】特許第４８６６９７１号公報

【特許文献３】特許第５０８２００２号公報

【特許文献４】特開２０１２－２３８８４１号公報

【特許文献５】特開２０１３－３３９６６号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００９】

本発明の課題は、絶縁を確実に行え、かつ、飽和磁束密度の高い金属磁性材料と、この金属磁性材料を用いた低損失、かつ、直流重畳特性の良好な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】

【００１０】

本発明は、以下のような解決手段により、前記課題を解決する。なお、理解を容易にするために、本発明の実施形態に対応する符号を付して説明するが、これに限定されるものではない。

【００１７】

請求項１の発明は、鉄と、ケイ素と、クロムとを含有する、その表面に金属酸化物を形成するための処理が行われていない金属磁性合金粉末と、亜鉛と、が混在した金属磁性材料を用いて素体（１１，２１）が形成され、前記素体を熱処理することにより、前記金属磁性合金粉末の表面には、亜鉛が析出され、前記素体中の金属磁性合金粉末同士が、前記亜鉛を介して結合され、前記素体中にコイル（１２ａ，１２ｂ，１２ｃ，２２）が形成されること、を特徴とする電子部品（１０，２０）の製造方法である。

【００１８】

請求項２の発明は、鉄と、ケイ素と、クロムとを含有する、その表面に金属酸化物を形成するための処理が行われていない金属磁性合金粉末と、亜鉛と、が混在した金属磁性材料を用いて素体（１１，２１）が形成され、前記素体を熱処理することにより、前記金属磁性合金粉末の表面には、亜鉛系フェライトが析出され、前記素体中の金属磁性合金粉末同士が、前記亜鉛系フェライトを介して結合され、前記素体中にコイル（１２ａ，１２ｂ，１２ｃ，２２）が形成されること、を特徴とする電子部品（１０，２０）の製造方法である。

【００１９】

請求項３の発明は、前記素体（１１，２１）の体積抵抗率が10^{7}Ω・ｃｍ以上である請求項１又は請求項２に記載の電子部品（１０，２０）の製造方法である。

【００２０】

請求項４の発明は、前記素体（１１，２１）の抗折強度が３０ＭＰａ以上である請求項１から請求項３までのいずれか１項に記載の電子部品（１０，２０）の製造方法である。

【００２２】

請求項５の発明は、前記素体（１１，２１）中の金属磁性合金粉末同士が、その表面に金属酸化物を介することなく前記素体を構成する他の材料を介して結合されている部分を

有する請求項１から請求項４までのいずれか１項に記載の電子部品（１０，２０）の製造方法である。

【発明の効果】

【００２３】

本発明によれば、金属磁性材料は、鉄と、ケイ素と、クロムとを含有する金属磁性合金粉末と、亜鉛とが混在している。よって、金属磁性材料は、絶縁を確実に行え、かつ、飽和磁束密度の高い材料とすることができる。また、この金属磁性材料を用いた電子部品は、低損失、かつ、直流重畳特性の良好なものとすることができる。

【図面の簡単な説明】

【００２４】

【図１】本発明による電子部品１０の第１実施形態を示す斜視図である。

【図２】本発明による電子部品１０の分解斜視図である。

【図３】比較試験を行った実施例と比較例の組成と比較試験結果とをまとめて示した表である。

【図４】原料粉末を混合したもの、これを脱バインダ処理（ここでは４００℃）したもの、さらにこれを８００℃で熱処理したもののＸ線回折図である。

【図５】８００℃で熱処理後の材料断面のＺｎ分布を示す写真である。

【図６】本発明による電子部品２０の第２実施形態を示す斜視図である。

【図７】電子部品２０の断面図である。

【発明を実施するための形態】

【００２５】

以下、本発明を実施するための最良の形態について図面等を参照して説明する。

【００２６】

（第１実施形態）

図１は、本発明による電子部品１０の第１実施形態を示す斜視図である。

図２は、本発明による電子部品１０の分解斜視図である。図２では、外部端子１３，１４を省略している。

なお、図１を含め、以下に示す各図は、模式的に示した図であり、各部の大きさ、形状は、理解を容易にするために、適宜誇張して示している。

また、以下の説明では、具体的な数値、形状、材料等を示して説明を行うが、これらは、適宜変更することができる。

【００２７】

電子部品１０は、素体１１と、外部端子１３，１４とを備えた積層型のインダクタである。

素体１１は、図２に示すように、金属磁性体層１１ａ，１１ｂ，１１ｃ，１１ｄと、コイル用導体パターン１２ａ，１２ｂ，１２ｃとを有している。

【００２８】

金属磁性体層１１ａから１１ｄは、金属磁性合金粉末と、亜鉛と、が混在する金属磁性材料により形成されている。

金属磁性合金粉末は、金属磁性体として、鉄（Ｆｅ）と、ケイ素（Ｓｉ）と、クロム（Ｃｒ）とを含有する金属磁性合金（いわゆる、Ｆｅ－Ｃｒ－Ｓｉ系金属磁性合金）の粉末である。素体１１（金属磁性体層１１ａから１１ｄ）中では、金属磁性合金粉末の表面には、亜鉛系フェライトが析出しており、素体１１中の金属磁性合金粉末同士が、亜鉛系フェライトを介して結合されている。金属磁性体層１１ａから１１ｄを形成する金属磁性材料の詳細については、後述する。

【００２９】

コイル用導体パターン１２ａから１２ｃは、銀、銀系、金、金系、銅、銅系等の金属材料をペースト状にした導体ペーストを用いて形成されている。

【００３０】

金属磁性体層１１ａの表面には、コイル用導体パターン１２ａが形成されている。この

コイル用導体パターン１２ａは、１ターン未満分が形成されている。コイル用導体パターン１２ａの一端は、金属磁性体層１１ａの端面に引き出されており、外部端子１３に接続されている。

金属磁性体層１１ｂの表面には、コイル用導体パターン１２ｂが形成されている。このコイル用導体パターン１２ｂは、１ターン未満分が形成されている。コイル用導体パターン１２ｂの一端は金属磁性体層１１ｂのスルーホール内の導体を介してコイル用導体パターン１２ａの他端に接続されている。

金属磁性体層１１ｃの表面には、コイル用導体パターン１２ｃが形成されている。このコイル用導体パターン１２ｃは、１ターン未満分が形成されている。コイル用導体パターン１２ｃの一端は、金属磁性体層１１ｃのスルーホール内の導体を介してコイル用導体パターン１２ｂの他端に接続される。また、コイル用導体パターン１２ｃの他端は、金属磁性体層１１ｃの端面に引き出されており、外部端子１４に接続されている。

このコイル用導体パターン１２ｃが形成された金属磁性体層１１ｃの上には、コイル用導体パターンを保護するための金属磁性体層１１ｄが形成されている。

なお、ここでは、理解を容易にするために、金属磁性体層を４層としているが、この層の数を増加させて、コイルパターンの実質的な巻き数を増やしてもよい。

【００３１】

このように、金属磁性体層間のコイル用導体パターン１２ａから１２ｃによって素体１１内にコイルパターンが形成されている。そして、コイル用導体パターン１２ａから１２ｃは、図２に示すように素体（成形体）１１の両端面に形成された外部端子１３と外部端子１４との間に接続されている。

【００３２】

上述した構成を有する本実施形態の電子部品１０は、以下のようにして製造される。先ず、所定組成のＦｅ－Ｃｒ－Ｓｉ合金の粉末に所定量のＺｎＯ（酸化亜鉛）添加物を加えた後、混合して、ＰＶＡ（ポリビニルアルコール）等のバインダをさらに添加する。そして、これを混練してペースト状にして金属磁性材料ペーストを得る。また、コイル用導体パターン１２ａから１２ｃを形成する導体ペーストを別途用意する。この金属磁性材料ペーストと導体ペーストとを交互に層状に印刷することにより、素体（成形体）１１が得られる。得られた素体１１は、所定温度で脱バインダ処理、及び、熱処理が行われて、電子部品１０が得られる。なお、外部端子１３，１４については、例えば、熱処理後に形成することができる。この場合、例えば、熱処理後の素体１１の両端に、外部端子用の導電ペーストを塗布した後、加熱処理を行い、外部端子１３，１４を設けることができる。

【００３３】

本実施形態では、素体１１を構成する金属磁性体層１１ａから１１ｄに用いられる金属磁性材料に、上述したように、金属磁性合金粉末に対してＺｎＯ添加物を混合したものを用いることにより、磁気特性と絶縁特性との両立を図っている。以下、この金属磁性材料について、より具体的な実施例を、比較例を含めた比較試験結果を挙げて説明する。

【００３４】

図３は、比較試験を行った実施例と比較例の組成と比較試験結果とをまとめて示した表である。

比較試験には、本発明による実施例を２例用意し、比較例を５例用意した。

この比較実験では、所定組成のＦｅ－Ｃｒ－Ｓｉ合金の粉末に図３に示す所定量の添加物を加えた後、混合して、ＰＶＡ等のバインダをさらに添加し、これを混練した金属磁性材料ペーストを用いて素体（成形体）を形成し、４００℃～６００℃で脱バインダ（脱脂）処理を行った後、８００℃で熱処理してインダクタを作製した。なお、Ｆｅ－Ｃｒ－Ｓｉ合金の粉末は、その表面に金属酸化物を形成するための処理が行われていないものを用いている。すなわち、特別な処理が行われていない、Ｆｅ－Ｃｒ－Ｓｉ合金の粉末そのものを用いている。

【００３５】

実施例１及び実施例２の金属磁性材料は、ＺｎＯを添加することにより、無添加の場合

（比較例３，４，５）よりも、絶縁抵抗が上昇し、抗折強度も上昇している。

【００３６】

また、複素透磁率μ’等の磁気特性についても、実施例１及び実施例２の金属磁性材料は、ＺｎＯを添加することにより、無添加の場合（比較例３，４，５）と同等の性能を確保できている。

【００３７】

図３に示した比較試験結果において、無添加時に対する複素透磁率μ’の低下が２０％以内であり、かつ、体積抵抗率が10^7Ω・ｃｍ以上であり、かつ、抗折強度が３０Ｍｐａ以上のものを「可」、それ以外を「不可」として判定した結果を判定欄に示した。この条件は、インダクタとして利用可能な最低限の条件として設定してある。実施例１及び実施例２の金属磁性材料は、上記条件を満たして「可」となっている。この結果からすると、上記条件を満たすためには、ＺｎＯは、１．０ｗｔ％以上、２．０ｗｔ％以下の添加量が必要との結果が得られている。

一方、比較例の未添加品や軟化点の高いホウケイ酸ガラス、又は、ＺｎＯ以外の酸化物であるＮｉＯを添加した比較例３から比較例５では、上記条件を満たす特性は得られなかった。この理由としては、Ｚｎフェライトの生成温度が関連していると考えられる。

なお、比較例１及び比較例２については、実施例と同様にＺｎＯを添加したが、添加量が１．０ｗｔ％以上、２．０ｗｔ％以下の範囲を外れており、このような添加量不足、又は、添加量過多の場合には、抗折強度が低下したので、不可の判定となり、比較例としてある。

【００３８】

ＺｎＯを添加したことにより、Ｆｅ－Ｃｒ－Ｓｉ合金の表面にＺｎフェライトが生成したことは、Ｘ線回折やＳＥＭ－ＥＤＸにより確認できる。

図４は、実施例２の金属磁性材料を用いた場合における、原料粉末を混合したもの、これを脱バインダ処理（ここでは４００℃）したもの、さらにこれを８００℃で熱処理したもののＸ線回折図である。なお、図４では、３種類の線図が重ならないように、縦軸（強度）の基準位置をずらして示している。

原料を混合しただけのものと脱バインダ後のものとは、いずれも２θ＝３０から４０にＺｎＯのピークが確認される。しかし、８００℃の熱処理を行ったものでは、ＺｎＯのピークは消失し、代わりにスピネルフェライト（$ZnFe_2O_4$）のピークが出現している。Ｚｎ添加の無いサンプルでは、この変化は確認されない。

【００３９】

コイル用導体パターン１２ａから１２ｃには、例えば、銀（Ａｇ）等の金属を用いることができるが、これらの金属は、８００℃以上の温度で熱処理を行うことにより、焼結が進んで抵抗値を下げることができる。しかし、熱処理温度が８００℃に満たないと、金属の焼結が進まず、抵抗値が高いままとなってしまう。熱処理は、コイル用導体パターン１２ａから１２ｃによって成形体内にコイルパターンが形成されている状態で行われる。したがって、コイル用導体パターン１２ａから１２ｃの金属の熱処理に必要な８００℃まで温度を上げて熱処理を行っても、金属磁性体層１１ａから１１ｄの透磁率が必要な値を維持していることが必要である。

【００４０】

図５は、実施例２の金属磁性材料を用いた場合における、８００℃で熱処理後の材料断面のＺｎ分布を示す写真である。図５（ａ）は、ＳＥＭによる写真であり、図５（ｂ）は、図５（ａ）と同じ部位のＳＥＭ－ＥＤＸによる写真である。図５（ｂ）において白く表示されている部分が、Ｚｎの存在している部分である。

図５を見ると、Ｚｎは、粒子の表面と粒子間に偏析して析出おり、粒子の内部には存在していない。すなわち、Ｚｎフェライトが粒子表面に形成されていることが確認できる。

【００４１】

なお、比較例１及び比較例２のようにＺｎＯを添加してもよい結果が得られない場合もある。したがって、本発明のＺｎＯを含む金属磁性材料を使用するときには、金属材料の

粒子径、熱処理を行う温度によって添加の最適量を設定すればよい。なお、金属磁性合金粉末の粒子径が大きくなれば必要なＺｎＯの量は減少する（表面積が減る）。また、熱処理温度を上げる場合にも、添加量を調整するとよい。

【００４２】

以上説明したように、第１実施形態によれば、鉄と、ケイ素と、クロムとを含有する金属磁性合金粉末と、亜鉛とが混在する金属磁性材料を用いた。よって、第１実施形態の電子部品１０は、導体の抵抗値を下げるために必要な熱処理温度で熱処理を行っても、十分な透磁率を確保でき、低損失、かつ、直流重畳特性の良好な高特性の積層インダクタとすることができる。また、第１実施形態では、金属磁性合金粉末に対してその表面に金属酸化物を形成するためのコーティング等の処理が不要であり、製造工程を簡素化できる。

【００４３】

（第２実施形態）

図６は、本発明による電子部品２０の第２実施形態を示す斜視図である。

図７は、電子部品２０の断面図である。

第２実施形態の電子部品２０は、素体２１と、コイル２２とを備えた巻線型のインダクタである。第２実施形態の電子部品２０は、その製造方法が異なることから、コイル２２の形態及び材料が第１実施形態とは異なっている。一方、素体２１を形成する金属磁性材料は、第１実施形態の金属磁性体層１１ａから１１ｄを形成する金属磁性材料と同様なものを用いている。

よって、前述した第１実施形態と同様の機能を果たす部分には、同一の符号を付して、重複する説明を適宜省略する。

【００４４】

コイル２２は、断面が矩形の平角導線をエッジワイズ巻で螺旋状に巻回して構成されている。コイル２２は、被膜を有する導線を用いてもよいし、密着巻きにしなければ、素体２１が絶縁性を有することから、被覆の無い導線を用いてもよい。

コイル２２は、金属磁性合金粉末と、亜鉛と、が混在する金属磁性材料により形成されている素体２１により、その周囲が覆われている。

また、コイル２２の両端は、素体２１の端面から引き出され、底面に折り曲げられている。

【００４５】

上述した構成を有する本実施形態の電子部品２０は、以下のようにして製造される。

先ず、所定組成のＦｅ－Ｃｒ－Ｓｉ合金の粉末に所定量の添加物（ＺｎＯ）を加えた後、混合して、ＰＶＡ等のバインダをさらに添加する。そして、これを造粒して金属磁性材料を得る。また、コイル２２を所定形状に形成する。

次に、コイル２２が収納された金型内にこの樹脂のバインダに混合された金属磁性材料の粉を注入し、これに圧力を加えて素体２１を形成する。

次に、この素体２１は、大気中において４００℃程度の温度で脱バインダ処理された後、例えば、８００℃で熱処理が行われ、電子部品２０が得られる。

【００４６】

以上説明したように、第２実施形態によれば、巻線型の電子部品２０についても、第１実施形態と同様な効果を得ることができる。

【００４７】

（変形形態）

以上説明した実施形態に限定されることなく、種々の変形や変更が可能であって、それらも本発明の範囲内である。

【００４８】

（１）各実施形態において、金属磁性材料の具体的な組成の例を挙げて説明したが、これに限らず、各成分の分量（構成比率）は、磁性材料の粒子径や所望の磁気特性等に応じて適宜変更してもよい。

【００４９】

（２）各実施形態において、熱処理を行う温度について、具体例を挙げて説明したが、これに限らず、熱処理を行う温度は、磁性材料の粒子径や所望の磁気特性等に応じて適宜変更してもよい。

【００５０】

（３）各実施形態において、金属磁性材料に添加する添加物は、Ｚｎｏである例を挙げて説明した。これに限らず、例えば、添加物はＺｎＯを含む酸化物やＺｎの化合物、Ｚｎ系フェライト等を含むものでもよい。

【００５１】

（４）各実施形態において、金属磁性材料に含まれている金属磁性合金粉末は、その表面に酸化物が形成されていないものとして説明を行った。これに限らず、例えば、金属磁性合金粉末の表面には、酸化物が形成されていてもよい。金属磁性合金粉末は、自然に酸化が進んだり、高温の熱処理において酸化が進んだりして、その表面に、金属磁性合金粉末に由来する金属酸化物が例えば部分的に、又は、全体的に、自然に形成されてしまうこともある。本発明では、この金属磁性合金粉末に由来する金属酸化物による絶縁性について期待するものではないが、この金属酸化物が金属磁性合金粉末の表面に形成されていても、何ら支障は無い。

【００５２】

（５）各実施形態において、金属磁性合金粉末の表面には、亜鉛が析出している例を挙げて説明を行った。これに限らず、例えば、金属磁性合金粉末の表面には、亜鉛の他に、金属磁性合金粉末を構成する元素の混合物がさらに析出していてもよい。また、これと関連して、素体中の金属磁性合金粉末同士が、亜鉛と金属磁性合金粉末を構成する元素との混合物を介して結合されていてもよい。

【００５３】

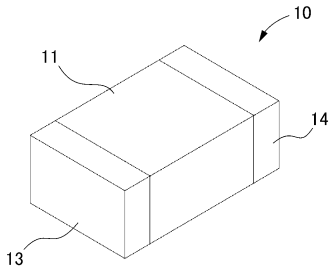
なお、各及び変形形態は、適宜組み合わせて用いることもできるが、詳細な説明は省略する。また、本発明は以上説明した各実施形態によって限定されることはない。

【符号の説明】

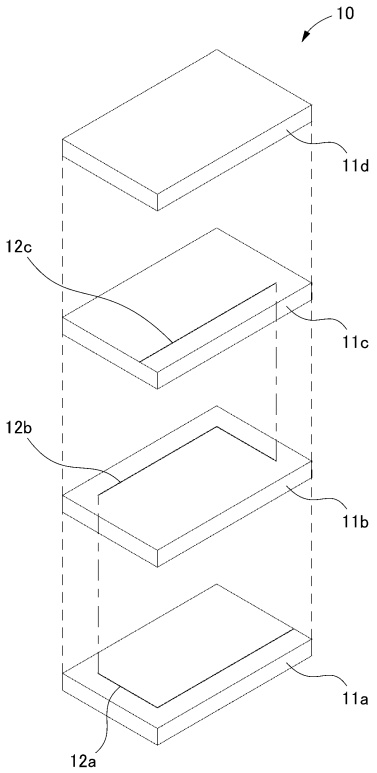
【００５４】

１０　電子部品
１１　素体
１１ａ，１１ｂ，１１ｃ，１１ｄ　金属磁性体層
１２ａ，１２ｂ，１２ｃ　コイル用導体パターン
１３，１４　外部端子
２０　電子部品
２１　素体
２２　コイル

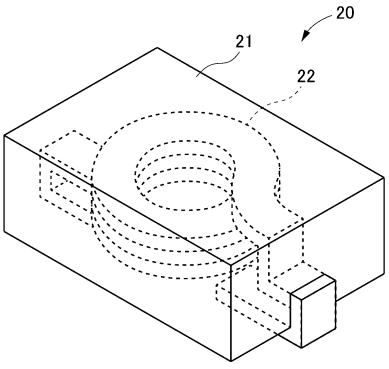
【図１】



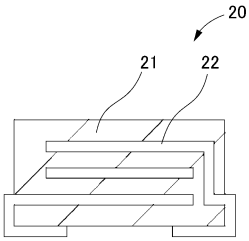
【図２】



【図６】



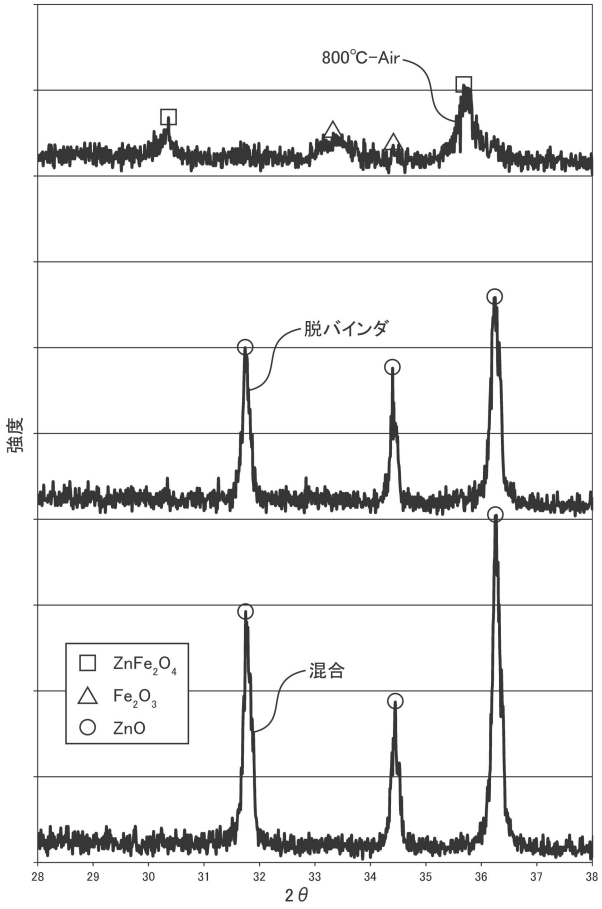
【図７】



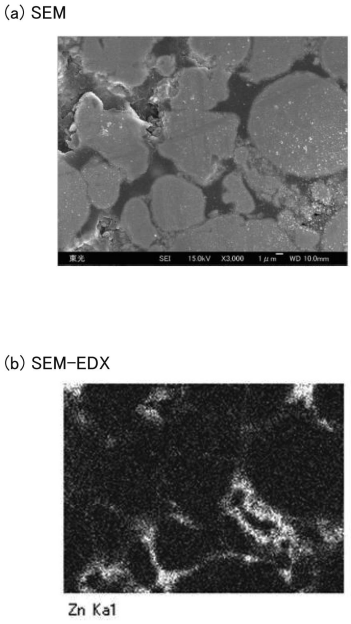
【図３】

材料		添加物	添加量 (wt%)	熱処理温度 (℃)	密度(g/cm3)	μ' (at10MHz)	体積抵抗率 ($\times 10^7\ \Omega \cdot cm$)	抗折強度 [Mpa]	判定
Fe-Si-Cr合金	比較例1	ZnO	0.5	800	5.35	20	1.25	26.7	不可
	実施例1		1		5.33	19	1.51	31.5	可
	実施例2		2		5.38	18	1.72	49.9	可
	比較例2		5		5.33	16	1.45	36.0	不可
	比較例3	無	–		5.33	20	0.574	24.4	不可
	比較例4	ホウケイ酸ガラス	1		5.41	19	1.35	測定不能(弱い)	不可
	比較例5	NiO	1		5.33	19	0.248	–	不可

【図４】


800℃-Air
脱バインダ
混合
ZnFe2O4
Fe2O3
ZnO
強度
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
2θ

【図５】


(a) SEM
(b) SEM-EDX
Zn Ka1

フロントページの続き

(56)参考文献 特開２００５－１５０２５７（ＪＰ，Ａ）
特開２０１２－１６４９５９（ＪＰ，Ａ）
特開２０１１－２０２２１３（ＪＰ，Ａ）
特開２００６－１３１４６２（ＪＰ，Ａ）
特開２００２－２５６３０４（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｈ０１Ｆ　　１／２４
Ｈ０１Ｆ　１７／００
Ｈ０１Ｆ　１７／０４
Ｂ２２Ｆ　　３／００