

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	Ferrite/Metal Composite Materials for Magnetic Powder Cores with High Saturation Flux Density and Low Loss Properties
著者(和文)	森智史
Author(English)	Satoshi Mori
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第10829号, 授与年月日:2018年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:松下 伸広,川路 均,矢野 哲司,平山 雅章,生駒 俊之
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10829号, Conferred date:2018/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	論文要旨
Type(English)	Summary

論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻： Department of	物質電子化学	専攻	申請学位（専攻分野）： Academic Degree Requested	博士 Doctor of	（工学）
学生氏名： Student's Name	森 智史		指導教員（主）： Academic Supervisor(main)	松下 伸広	
			指導教員（副）： Academic Supervisor (sub)		

要旨（和文 2000 字程度）

Thesis Summary (approx.2000 Japanese Characters)

本論文では溶液プロセスを用いたフェライト/金属複合材料の開発、および高飽和磁束密度かつ低鉄損な軟磁性圧粉磁心への応用について記述した。

Chapter-1 では、磁気部品に対する特性の高度化と高周波用途での有用性が期待される圧粉磁心の特性や応用例について紹介し、圧粉磁心用材料として期待されるフェライト/金属複合材料を作製可能とする超音波励起フェライトめっき法をはじめとした各種フェライトめっきプロセスならびに作製した試料の評価方法について概説した。本研究の目的が種々の金属粒子上にフェライト膜を被覆する複合化技術の確立とそれを用いた高飽和磁化および低損失圧粉磁心の作製・評価であることを述べた上で、本論文の章構成を示した。

Chapter-2 では、フェライト膜の作製手法である超音波励起フェライトめっき法について説明し、超音波励起フェライトめっきの条件(各種溶液濃度、pH、温度等)がフェライト膜の性状や磁気特性に与える影響について明らかにした。平均直径 10 μ m の Fe-3.5Si(mass%)金属粒子へのマグネタイト膜形成において、特に pH がフェライトめっき膜の性状に大きく影響し、SEM 像より強アルカリ領域の pH においてフェライト堆積量が増加し緻密な膜となることが明らかとなった。Fe-3.5Si 金属粒子に pH=9 の条件でマグネタイト膜を被覆した試料では、600 $^{\circ}$ C、2h の熱処理後に 20MHz において透磁率 μ' =10 を示し、緻密なフェライト膜を得るための pH 条件最適化が熱処理後も高透磁率を得る上で重要である事が示された。

Chapter-3 では、高電気抵抗率を有する材料として Ni-Zn-Fe フェライトに着目し、平均直径 10 μ m の Fe-3.5Si(mass%)金属粒子及び組成の異なる 3 種類の Fe-Si-Cr(Fe-3.5Si-4.5Cr, Fe-3.0Si-6.5Cr, Fe-5.5Si-4.0Cr)(mass%)金属粒子表面にこれを被覆し、圧粉磁心を作製した。Ni-Zn-Fe フェライトの被覆により複合コアの電気抵抗率は 1~10 $^3\Omega\cdot$ cm と、フェライト膜を被覆していない複合コアと比較して 10 倍以上に向上した。また Cr を含む金属粒子表面に形成された Cr₂O₃ 膜が保護膜として機能し、熱処理時にフェライト-金属間の原子拡散を抑制することを明らかにした。Fe-Si-Cr 粒子を用いた場合は、この効果により 700 $^{\circ}$ C 15 分の熱処理後も 50MHz において μ' >50 と高透磁率であり、鉄損値もフェライト膜を被覆していない圧粉磁心と比べて半分まで低減することが示された。これは高電気抵抗な Ni-Zn-Fe フェライト膜、および Cr₂O₃ 保護膜の効果により金属粒子内および粒子間の渦電流を抑制したためである。

Chapter-4 では、コアの鉄損を低減するために金属磁性粒子表面のフェライト膜を薄膜化した試料を作製し、磁気特性と鉄損特性の評価を行った。薄膜化はフェライト膜作製の反応時間を 25 分から 10 分、5 分と短縮することで実施した。Fe-Si-Cr 金属表面の Ni-Zn-Fe フェライト膜について薄膜化を実施し、厚みが 100nm 以下まで薄くできることを断面 SEM 像より確認した。フェライト膜が薄くなるに従い成型した圧粉コアのヒステリシス損は低減できるものの、一方で電気絶縁性の低下が問題となるため、渦電流損を十分に抑制するためにはフェライト膜厚は 100nm が最適であることを示した。Fe-5.5Si-4.0Cr 金属に 100nm まで薄膜化した Ni-Zn-Fe フェライト膜を持つコアでは、励磁交流磁界が 50mT、100kHz の場合に 415kW/m³ と低損失の実現に成功した。

Chapter-5 では、高透磁率 μ' と大きな飽和磁化値を実現できる材料として Mn-Zn-Fe フェライト膜に着目し、Fe-3.5Si-4.5Cr 金属と複合化した試料について評価を行った。組成の異なる 3 種類の Mn-Zn-Fe フェライト膜(Mn_{0.18}Zn_{0.27}Fe_{2.55}O₄, Mn_{0.38}Zn_{0.25}Fe_{2.37}O₄, Mn_{0.54}Zn_{0.24}Fe_{2.22}O₄)を金属表面に被覆し、特に Mn_{0.54}Zn_{0.24}Fe_{2.22}O₄ 膜を被覆した圧粉磁心では 500 $^{\circ}$ C 15 分熱処理後に μ' =56(50MHz) と高い値を示した。これは Ni-Zn-Fe フェライト膜を被覆した圧粉磁心に比べ高い値であり(μ' =49)、Mn-Zn-Fe フェライト膜による高透磁率化の効果が示された。鉄損値はフェライト膜を持たない圧粉磁心のものと比べて 1/6 であり、Mn-Zn-Fe フェライト膜が低鉄損の圧粉磁心とするのに有用である事が示された。

Chapter-6 では本研究で得られた結果を総括した。

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。
Note：Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。
Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).

論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻 : Department of	物質電子化学	専攻	申請学位 (専攻分野) : Academic Degree Requested	博士 Doctor of	(工学)
学生氏名 : Student's Name	森 智史		指導教員 (主) : Academic Supervisor(main)	松下 伸広	
			指導教員 (副) : Academic Supervisor(sub)		

要旨 (英文 300 語程度)

Thesis Summary (approx.300 English Words)

This thesis describes the ferrite/metal composite materials for magnetic powder cores with high saturation flux density and low loss properties. It was composed of 6 chapters in total and the belief summary in each of the chapters is listed below.

Chapter-1 describes the background and the objective of this thesis. The general properties, advantages, synthesis method of the ferrite/metal composite materials are described in this chapter.

Chapter-2 describes the preparation of ferrite/metal composite powders by ultra-sonic enhanced ferrite plating method. The influences of reaction parameters such as pH, or concentration of plating solution on the morphology and the magnetic properties are discussed. In particular, pH condition strongly affected on the morphology, permeability, and thermal stability of the compacted cores. The suitable conditions for ferrite formation are also discussed.

Chapter-3 describes the development of the Ni-Zn-Fe ferrite/metal composite cores. The effect of high electric resistive Ni-Zn-Fe ferrite layer on the frequency dependence of permeability and that of loss properties are discussed. The passivation effect of Cr₂O₃ layer on the thermal stability of the Ni-Zn-Fe ferrite-coated Fe-Si-Cr cores is investigated.

Chapter-4 describes the correlation between the thickness of the ferrite layer and magnetic properties of the Ni-Zn-Fe ferrite/Fe-Si-Cr composite cores. The ferrite layer thickness was controlled by varying the reaction time from 5 to 25 min. The Ni-Zn-Fe ferrite layer of 100 nm in thickness showed excellent loss property, which inhibited both hysteresis and eddy current loss. The influences of the ferrite thickness on electrical resistivity and magnetic properties are discussed.

Chapter-5 describes the development of Mn-Zn-Fe ferrite/metal composite materials. The Mn-Zn-Fe ferrite was deposited on the Fe-3.5Si-4.5Cr powder, and the Mn-Zn-Fe ferrite-coated cores exhibited higher μ' than the Ni-Zn-Fe ferrite-coated cores. The influences of chemical compositions of Mn-Zn-Fe ferrites for magnetic and loss properties are discussed.

In chapter-6, the thesis has been summarized and the future work and possible application are also highlighted.

備考 : 論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note : Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意 : 論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).