

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5248065号  
(P5248065)

(45) 発行日 平成25年7月31日(2013.7.31)

(24) 登録日 平成25年4月19日(2013.4.19)

(51) Int.Cl. F I  
 H O 1 F 1/26 (2006.01) H O 1 F 1/26  
 H O 1 F 1/14 (2006.01) H O 1 F 1/14

請求項の数 5 (全 11 頁)

(21) 出願番号	特願2007-225198 (P2007-225198)	(73) 特許権者	390005223
(22) 出願日	平成19年8月31日 (2007.8.31)		株式会社タムラ製作所
(65) 公開番号	特開2009-59848 (P2009-59848A)		東京都練馬区東大泉1丁目19番43号
(43) 公開日	平成21年3月19日 (2009.3.19)	(74) 代理人	100081961
審査請求日	平成22年8月26日 (2010.8.26)		弁理士 木内 光春
		(72) 発明者	田上 和宏
			埼玉県川越市大字小堤387番地 タムラ精工株式会社内
		(72) 発明者	大島 泰雄
			東京都練馬区東大泉1丁目19番43号
			株式会社タムラ製作所内
		(72) 発明者	富田 学
			埼玉県川越市大字小堤387番地 タムラ精工株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 コア材とそれを用いたコア、そのコアを使用したチョークコイル

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

98%以上の鉄と微量の珪素 Si 及び硼素 B を含む平均粒径が 6 μm 以上 11 μm 以下の、還元雰囲気中で熱処理した金属磁性粉末であって、その粒子形状が平均アスペクト比が 1 ~ 3 の金属磁性粉末の表面に、有機金属カップリング剤が 0.1 wt % 以上 1.0 wt % 以下、有機金属樹脂が 0.2 wt % 以上 0.5 wt % 以下の絶縁被膜を形成したことを特徴とするコア材。

【請求項2】

前記有機金属カップリング剤としてシランカップリング剤を、有機金属樹脂としてシリコーン樹脂を使用したことを特徴とする請求項1に記載のコア材。

【請求項3】

絶縁被膜の形成後、バインダーを混合して造粒してなることを特徴とする請求項1または請求項2に記載のコア材。

【請求項4】

請求項1から請求項3のいずれか1項に記載のコア材を、加圧成型した後、焼成して成ることを特徴とするコア。

【請求項5】

請求項4に記載のコアに、巻線を巻回して作製されたことを特徴とするチョークコイル。

【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、デジタルアンプ用出力チョークコイルなどのコイルを小型化するために使用されるコア材とそれを用いたコア、及びそのコアを使用したチョークコイルに関するものである。

## 【背景技術】

## 【0002】

まず、デジタルアンプにおける出力チョークコイルの働きを記す。デジタルアンプの出力はPWM(パルス幅制御)信号であり、このままではスピーカーを駆動できない。そこで、PWM信号をアナログ信号に変換するために、デジタルアンプとスピーカーとの間にLCローパスフィルタ(チョークコイルとコンデンサ)が必要になる。

10

## 【0003】

このようなデジタルアンプ用出力チョークコイルでは、PWM信号からアナログ信号に変換する際に音声に歪が生じないことが要求されるため、以下の特性が要求される。

## 【0004】

(1) 電流、周波数、温度などに対して、インダクタンス値が安定であること。例えば、図7のようなコイル1aまたは1bに対して、入力2と出力3が接続されている回路において、コイル1aのように電流の増加に伴ってインダクタンスが減少するようなコイルを使用すると、入力信号に対する出力信号として歪み成分が発生するが、コイル1bのような電流の増加にもかかわらずインダクタンスが一定のコイルの場合には、出力信号には歪みが生じない。

20

## 【0005】

(2) 損失が極力少ないこと。すなわち、音声信号がゼロであっても、チョークコイルには高い周波数の高い電圧が常に印加される。従って、チョークコイルには鉄損が低くなるような設計が要求される。目標のインダクタンス(20 $\mu$ H程度)を得るためには、透磁率 $\mu$ が高いコアで巻数を少なくするよりも、透磁率 $\mu$ が低いコアで巻数を多くする方が有利である。

(3) 不要輻射ノイズが少ないこと。

## 【0006】

上記の特性を有するチョークコイルを得るのに適したコア材として、従来から特許文献1に示すように、カーボニル鉄(ダストコア)が提案されている。このカーボニル鉄を使用したコアの特徴を以下に示す。

30

## 【0007】

- (1) 透磁率が小さい。(  $\mu = 10$  )
- (2) 直流重畳特性がフラットである。
- (3) 磁性体粉末の粒径が小さい。
- (4) トロイダル形状である。

## 【0008】

【特許文献1】特開2002-359118号公報

## 【発明の開示】

40

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0009】

ところが、前記のようなカーボニル鉄を使用したコアには、次のような問題点があった。

- (1) 外形寸法が大きくなる。
- (2) 透磁率が小さいため、必要なインダクタンス(数十 $\mu$ H程度)を得るためのコイルの巻数が多くなる。
- (3) 他のコア材に比較して、高価である。

## 【0010】

すなわち、現状においてチョークコイル用のコア及びそれを使用したコイルには、次の

50

ような特性が要求されているが、従来技術ではこれらの要望を満足することはできなかった。

【0011】

(a) カーボニル鉄コイルよりも小型化することが目的であるため、カーボニル鉄コア ( $\mu = 10$ ) よりも透磁率の値を高くする。例えば、 $\mu = 20$ 程度とする。

(b) 印加される方形波は周波数が高く、電圧も高いため、鉄損をできるだけ抑える。一例として、評価回路は、300kHz、 $\pm 42$ Vの周波数と電圧を印加する。

【0012】

(c) 方形波電圧を減衰させるため、500kHz程度までインダクタンスが低下しない。

(d) 動作周波数の高調波成分やスパイク性ノイズを減衰させるため、コイルとしての自己共振周波数を20MHz以上とする。

(e) 歪率を低く抑えるため、直流重畳特性をフラットとする。例えば、20 $\mu$ Hのコイルで10A程度までとすることが望ましい。

【0013】

本発明は前記のような従来技術の問題点を解決するために提案されたものであって、その目的は、カーボニル鉄コアに比較して小型化及びコイルの巻数の低減化が可能で、しかもデジタルアンプ出力の歪率を低下することがないコア材とこれを用いたチョークコイルを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0014】

本発明のコア材は、98%以上の鉄と微量の珪素Si及び硼素Bを含む平均粒径が6 $\mu$ m以上11 $\mu$ m以下の、還元雰囲気中で熱処理した金属磁性粉末であって、その粒子形状が平均アスペクト比が1~3の金属磁性粉末の表面に、有機金属カップリング剤が0.1wt%以上1.0wt%以下、有機金属樹脂が0.2wt%以上0.5wt%以下の絶縁被膜を形成したことを特徴とする。

【0015】

本発明のコアは、98%以上の鉄と微量の珪素Si及び硼素Bを含む平均粒径が6 $\mu$ m以上11 $\mu$ m以下の、還元雰囲気中で熱処理した金属磁性粉末であって、その粒子形状が平均アスペクト比が1~3の金属磁性粉末の表面に、有機金属カップリング剤が0.1~1.0wt%、有機金属樹脂が0.2~0.5wt%の絶縁被膜を形成したコア材を、加圧成型した後、焼成して成ることを特徴とする。

【0016】

前記有機金属カップリング剤としてシランカップリング剤を、有機金属樹脂としてシリコーン樹脂を使用することも本発明の一態様である。また、絶縁被膜の形成後、PVA(ポリビニルアルコール)やPVB(ポリビニルブチラル)やメチル系などのシリコーン粘着剤などのバインダーを混合して造粒して得られたコア材や、造粒されたコア材を加圧成型後焼成して成るコアに巻線を巻回して作製したチョークコイルも本発明の一態様である。

【発明の効果】

【0017】

前記のような構成を有する本発明のコア材から作製されたコアによると、98%以上の鉄に含まれている微量の珪素Siの存在により、比抵抗が高くなり、渦電流損失と周波数特性の向上が期待できる。

【0018】

また、硼素Bの存在により、金属磁性粉末が球形になり、その結果として、直流重畳特性(コイルに電流を流すと、コア材料の磁気飽和現象によりインダクタンスが低下するという性質があり、この度合いを一般に直流重畳特性という)の改善が可能となる。さらに、前記金属磁性粉末として、水アトマイズ法により粉末化されたものを使用することが、粒子形状を球形とする上で好ましい。

【0019】

さらに、金属磁性粉末の表面に有機金属カップリング剤が0.1～1.0wt%、有機金属樹脂が0.2～0.5wt%の絶縁被膜を形成した結果、コアロス、特に渦電流損失を小さくすることができる。また、金属磁性粉末自体を還元雰囲気にて熱処理することにより、ヒステリシス損失の低減を図ることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0020】

以下、本発明の一実施形態を具体的に説明する。

本発明における金属磁性粉末は、98%以上の鉄と微量の珪素Si及び硼素Bを含む平均粒径が6μm以上11μm以下であって、その粒子形状が平均アスペクト比が1～3のものである。下記の表1は、そのような金属磁性粉末における鉄以外の成分の一例を示すものである。なお、本実施形態では、このような金属磁性粉末として、エプソンアトミック社のPF20鉄粉（商品名）を使用した。

【0021】

【表1】

Fe以外の成分						
mass%						ppm
Co	Si	Mn	P	S	B	O
0.007	0.6	0.17	0.006	0.002	0.47	2800

【0022】

この金属磁性粉末の粒度分布は、次の通りである。なお、本実施形態で使用した金属磁性粉末の平均粒径については、各粒径寸法ごとに規格値として最大または最小%が規定されているが、その実績値は表2に示す通りである。

- ・公称粒度... - 423 mesh
- ・平均粒径... 9～11μm（規格値）、10.78μm（実績値）
- ・タップ密度... 4.53g/cm<sup>3</sup>

【0023】

【表2】

	規格値	実績
+30μm	MAX10	7.1
30～20μm	MAX15	13.2
20～10μm	MAX45	33.2
-10μm	MIN40	46.5

【0024】

本実施形態において、この金属磁性粉末は、水アトマイズ法により作製されたものであり、その粒子形状は、一例として、図1に示すように球形をなしている。

【0025】

本実施形態のコア材は、前記のような金属磁性粉末に、シランカップリング剤（0.1wt%）、シリコン樹脂（0.5wt%）を混合することで、金属磁性粉末の表面に絶縁被膜を形成したものである。このコア材を5ton/cm<sup>2</sup>で成型し、更に窒素雰囲気中で400にて熱処理することにより、作製される。

【0026】

この場合、絶縁処理後の金属磁性粉末にバインダーを混合して造粒粉末を作製した後、成型した方が粉末の取り扱いが良い利点がある。また、金属磁性粉末を還元雰囲気（N<sub>2</sub>

+ H<sub>2</sub>) で熱処理を行うと、完成されたコア材のヒステリシス損失が低減できる。

【実施例】

【0027】

以下、本発明の実施例について比較例とともに説明するが、本発明はこのような実施例にのみ限定されないことはいうまでもない。

【0028】

[実施例1]

下記の工程で作製した圧粉磁心のコアロス測定した結果、下記の表3に示すように、添加するシリコン樹脂とシランカップリング剤の割合に応じてコアロスが変化することが認められた。

【0029】

- ・大きさ：外径16mm、内径8mm、高さ5mm
- ・成型条件：室温で、10ton/cm<sup>2</sup>にて成型
- ・焼鈍条件：窒素雰囲気中で400、30分にて焼鈍
- ・測定条件：100KHz、30mT

【0030】

コアロスP<sub>c</sub>は、P<sub>h</sub>(ヒステリシス損失)とP<sub>e</sub>(渦電流損失)と異常渦電流損P<sub>a e</sub>で表すことができ、次の式に示すように、P<sub>h</sub>は周波数に比例し、P<sub>e</sub>は周波数の二乗に比例する。

【0031】

$$P_c = P_h + P_e + P_{ae} = K_h \cdot f + K_e \cdot f^2 + K_{ae} \cdot f^n$$

f：周波数 K<sub>h</sub>, K<sub>e</sub>, K<sub>ae</sub>：比例定数

【0032】

【表3】

コアロス(kW/g)		シリコン樹脂(wt%)								
		0			0.2			0.5		
		P <sub>c</sub>	P <sub>h</sub>	P <sub>e</sub>	P <sub>c</sub>	P <sub>h</sub>	P <sub>e</sub>	P <sub>c</sub>	P <sub>h</sub>	P <sub>e</sub>
シランカップリング剤(wt%)	0.0				29.2	20.4	7.6	26.9	20.2	6.1
	0.1	38.8	20.9	16.5	27.6	20.0	6.5	26.2	20.4	4.8
	0.4	37.7	20.5	16.6	27.3	21.3	4.8	27.6	21.3	4.4
	1.0	31.0	19.9	10.0	26.8	20.8	4.4	25.2	20.6	3.4

P<sub>c</sub>…コアロス P<sub>h</sub>…ヒステリシス損失 P<sub>e</sub>…渦電流損失

【0033】

前記表3から明らかのように、シランカップリング剤が0.1wt%以下だと渦電流損失(P<sub>e v</sub>)が大きい。シリコン樹脂が0wt%だと、渦電流損失が大きい。よって、金属磁性粉末の表面に有機金属カップリング剤が0.1~1.0wt%、有機金属樹脂が0.2~0.5wt%の絶縁被膜を形成した結果、コアロス、特に渦電流損失を小さくすることができることが確認された。

【0034】

[実施例2]

下記の工程で作製した圧粉磁心の磁気特性((1)透磁率の周波数特性と(2)最大磁束密度)を測定した。比較例として、同様な大きさ及び成型条件で作製した従来のカーボニル鉄コイルについても、その磁気特性を測定した。その結果が図2のグラフ及び表4である。

【0035】

- ・絶縁被膜：カップリング剤0.1wt%、シリコン樹脂0.5wt%
- ・大きさ：外径29mm、内径12mm、高さ8mm、密度5.63g/cm<sup>3</sup>
- ・成型条件：室温で、5ton/cm<sup>2</sup>にて成型
- ・焼鈍条件：窒素雰囲気中で400、30分にて焼鈍

## 【 0 0 3 6 】

## (1) 透磁率の周波数特性

図 2 のグラフに記載のように、実施例 2 によるコアは、5 0 0 k H z で透磁率  $\mu' = 20$  の目標値を達成した。一方、比較例として作製したカーボニル鉄コイルは、透磁率  $\mu' = 10 \sim 11$  程度であった。

## 【 0 0 3 7 】

## (2) 最大磁束密度

$H = 8000 \text{ A/m}$ での最大磁束密度は、下記の表 4 に示すとおり、実施例 2 のほうが高い磁束密度が得られた。

## 【 0 0 3 8 】

## 【表 4】

10

## H=8000A/mでの最大磁束密度

	Bm (mT)
鉄粉磁心 (開発品)	216
カーボニル鉄 (従来品)	145

## 【 0 0 3 9 】

## [ 実施例 3 ]

下記の工程で作製した本発明のコアにより作製したコイルと、従来のカーボニル鉄コイルとを比較評価した。

## 【 0 0 4 0 】

## (1) 本発明のコアの製造工程

工程 1) 鉄粉に絶縁剤を混合

工程 2)  $5 \text{ t o n / c m}^2$  で圧縮成型

工程 3) 400 熱処理

## 【 0 0 4 1 】

## (2) チョークコイルの構成

従来のカーボニル鉄コイルと本発明のコアを使用したコイルとの比較評価のために、それぞれのコアで同等の特性のチョークコイルを設計した。

## 【 0 0 4 2 】

## (a) 実施例 3 のコア材によるコイル ( 実施例 3 のコイル )

・外形寸法  $29 \text{ mm} \times 12 \text{ mm}$

・体積  $7.93 \text{ cm}^3$

・インダクタンス  $20 \mu \text{ H}$

## 【 0 0 4 3 】

## (b) カーボニル鉄コイル ( 従来品 )

・外形寸法  $30 \text{ mm} \times 14 \text{ mm}$

・体積  $9.90 \text{ cm}^3$

・インダクタンス  $20 \mu \text{ H}$

## 【 0 0 4 4 】

20

30

40

【表 5】

## チョークコイルでの形状

	形状		
	外径 (mm)	内径 (mm)	体積 (cm <sup>3</sup> )
鉄粉磁心 (本発明品)	29	12	7.93
カーボニル鉄 (従来品)	30	14	9.90

## 【 0 0 4 5 】

## (3) チョークコイル単体の比較評価

10

- ・外形寸法...実施例 3 のコイルは、従来品に対して体積比で 20% 減となった。
- ・直流重畳特性...図 3 に示すように、実施例 3 のコイルは、従来品に対してほぼ同等の特性を示した。
- ・コアロス...図 4 に示すように、コアとしては、実施例 3 のコイルと従来品とはほぼ同等の特性となった。

## 【 0 0 4 6 】

## (4) デジタルアンプ回路における評価

次に、それぞれのチョークコイルをデジタルアンプ回路に搭載して、比較評価を行った。デジタルアンプ回路は、評価用に出願人で製作したものを使用した。

- ・歪率...図 5 及び図 6 に示すように、実施例 3 のコイルを搭載した場合と従来品を搭載した場合の比較で、ほぼ同等の結果が得られた。

20

## 【 0 0 4 7 】

- ・コアロス...実施例 3 のコイルは、従来品に比べて、コア断面積が小さくなり、巻数も少なくなった。そのため、実施例 3 のコイルのコアロスが  $1.19 \text{ W}$  (磁束密度  $B_m = 27.7 \text{ mT}$ ) であるのに対して、従来品のコアロスは  $0.34 \text{ W}$  (磁束密度  $B_m = 14.0 \text{ mT}$ ) と、多少増加した。

## 【 0 0 4 8 】

## (5) 実施例 3 の効果

前記の比較例との対比から明らかなように、本実施例においては、次のような効果が確認された。

30

## 【 0 0 4 9 】

- ・外形寸法...同等の特性を有するチョークコイルで、従来品に比べて体積比 20% 減を実現した。
- ・特性...デジタルアンプ出力の歪率は、従来品に比べてほぼ同等であった。但し、コアロスは増大した。
- ・価格...カーボニル鉄コアに比較して、同等の特性となる本実施形態のコア材は、その工場原価が半減することが確認された。

## 【 0 0 5 0 】

## [ その他の実施形態 ]

本発明は、前記の実施例に限定されるものではなく、下記のような他の実施形態も包含する。

40

(1) 金属磁性粉末を還元雰囲気 (窒素 + 水素) にて  $700 \sim 1100$  にて熱処理する。このようにすると、粉末内の結晶粒子を成長させてヒステリシス損失の低減を図ることができる。

(2) 絶縁被膜の形成後、バインダー (PVA、PVB、メチル系などのシリコーン粘着剤など) を混合して、造粒してもよい。このようにすると、成型性が向上し、成型後においてその形状を安定して保持することができる。

(3) 焼鈍温度は、実施例に記載の温度に限定されるものではなく、 $400 \sim 600$  程度であれば、要求される特性を満足するコアを得ることができる。

## 【 図面の簡単な説明 】

50

【 0 0 5 1 】

【図 1】本発明のコア材に使用する金属磁性粉末の一例を示す図面代用写真。

【図 2】本発明の実施例 2 におけるコイルの周波数特性を示すグラフ。

【図 3】本発明の実施例 3 におけるコイル単体の直流重畳特性を示すグラフ。

【図 4】本発明の実施例 3 におけるコイル単体のコアロスを示すグラフ。

【図 5】本発明の実施例 3 のコイル単体をデジタルアンプ回路に搭載した場合の歪率を示すグラフ。

【図 6】本発明の実施例 3 のコイル単体をデジタルアンプ回路に搭載した場合の歪率を示すグラフ。

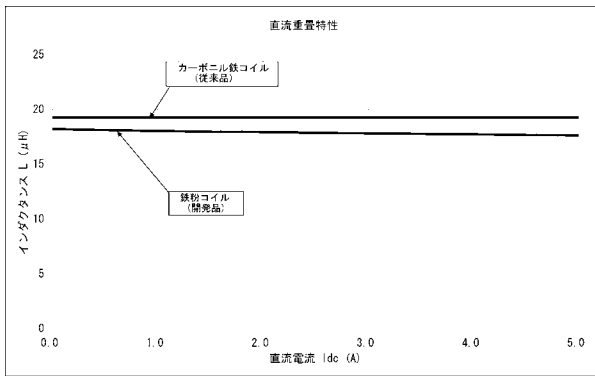
【図 7】コイルの特性と、入力信号に対する出力信号の歪みとの関係を示す図。

【符号の説明】

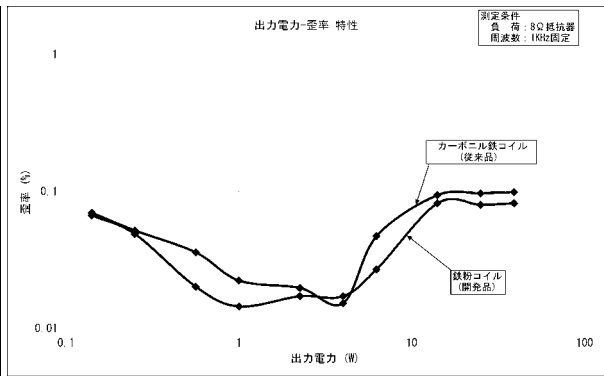
【 0 0 5 2 】

- 1 a , 1 b ... コイル
- 2 ... 入力
- 3 ... 出力

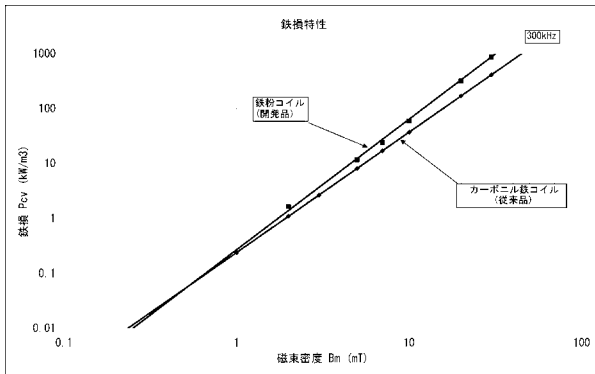
【 図 3 】



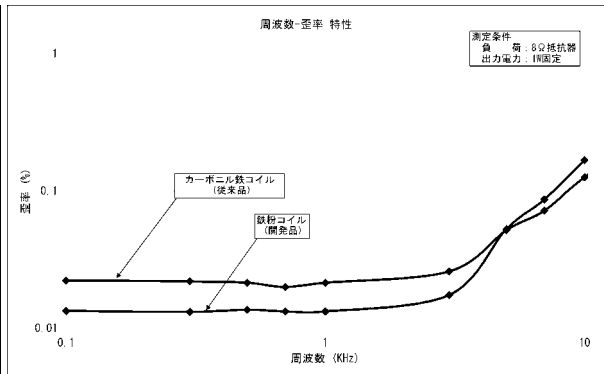
【 図 5 】



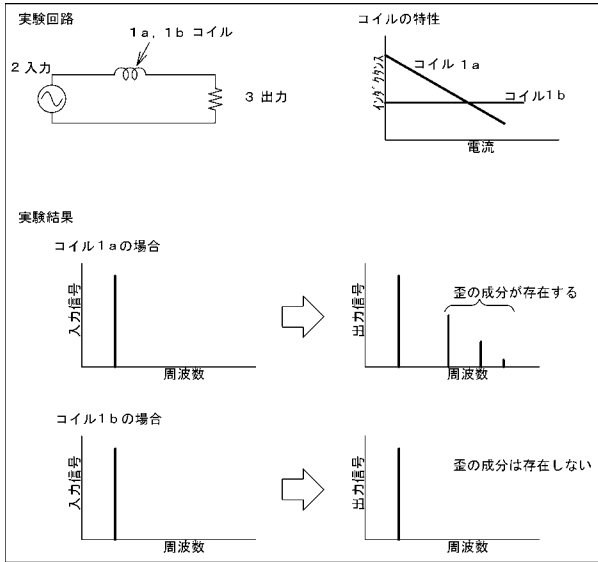
【 図 4 】



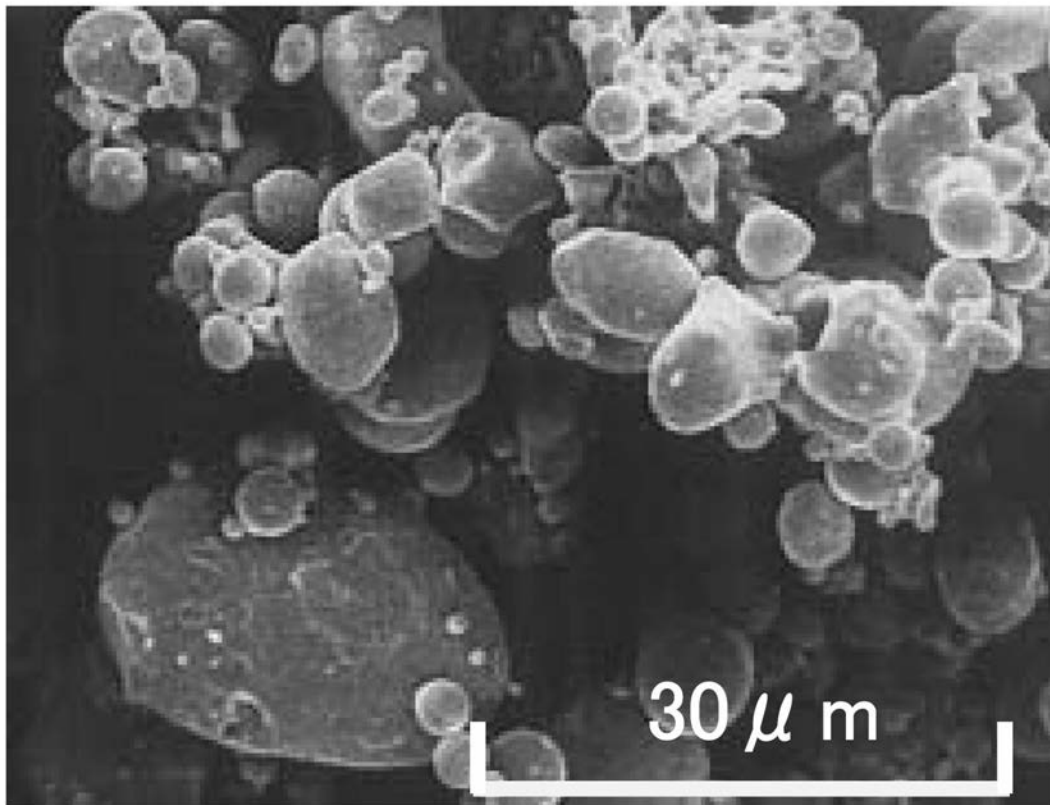
【 図 6 】



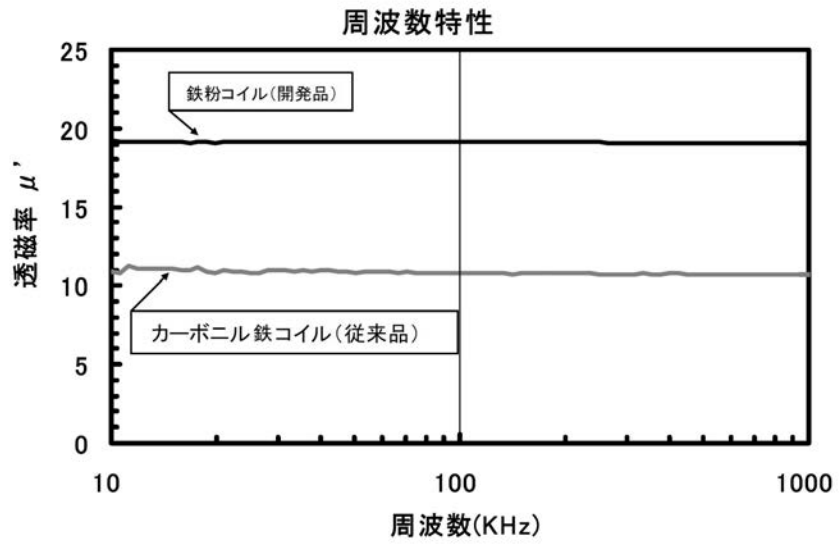
【図7】



【図1】



【図2】



フロントページの続き

(72)発明者 繁田 進

東京都練馬区東大泉1丁目19番43号 株式会社タムラ製作所内

審査官 塩 崎 義晃

(56)参考文献 特開2002-313621(JP,A)  
特開2004-327762(JP,A)  
国際公開第2005/015581(WO,A1)  
特開2000-150256(JP,A)  
特開2005-294458(JP,A)  
特開2007-077488(JP,A)  
特開2004-156134(JP,A)  
特開2000-080401(JP,A)  
特開2003-059710(JP,A)  
特開2002-249802(JP,A)  
特開平01-175300(JP,A)  
特開昭63-248105(JP,A)  
特開2007-129045(JP,A)  
特開2003-217919(JP,A)  
特開2007-092162(JP,A)  
特開2005-325426(JP,A)  
特開平02-057608(JP,A)  
特開2007-123376(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B22F 1/00 - 8/00  
C22C 1/04 - 1/05  
5/00 - 25/00  
27/00 - 28/00  
30/00 - 30/06  
33/02  
35/00 - 45/10  
H01F 1/12 - 1/375  
1/44  
17/00 - 27/08  
27/23 - 27/26  
27/29 - 27/42  
30/00 - 38/12  
38/16  
38/42 - 41/04  
41/08 - 41/10