

## 明細書

## 複合磁性体および電磁干渉抑制体

## 技術分野

本発明は、高周波領域特にマイクロ波帯用の電磁干渉抑制体に関し、特にそのための複合磁性材料に関するものである。

## 背景技術

近年、デジタル電子機器をはじめ高周波を利用する電子機器類の普及が進み、中でも準マイクロ波帯あるいはマイクロ波帯を使用する移動通信機器類の普及がめざましい。このような、携帯電話に代表される移動体通信機器では、小型化・軽量化の要求が顕著であり、電子部品の高密度実装化が最大の技術課題となっている。従って、過密に実装された電子部品類やプリント配線あるいはモジュール間配線等が互いに極めて接近することになり、さらには、信号処理速度の高速化も図られている為、静電結合および／または電磁結合による線間結合の増大化や放射ノイズによる干渉などが生じ、機器の正常な動作を妨げる事態が少なからず生じている。

このようないわゆる高周波電磁障害に対して従来は、主に導体シールドを施す事による対策がなされてきた。

しかしながら、導体シールドは、空間とのインピーダンス不整合に起因する電磁波の反射を利用する電磁障害対策である為に、遮蔽効果は得られても不要輻射源からの反射による電磁結合が助長される欠点がある。その欠点を解決するために、二次的な電磁障害対策として、磁性体の磁気損失、即ち虚数部透磁率 $\mu''$ を利用した不要輻射の抑制が有効であると考えられる。

ここで、不要輻射の吸収効率 $\alpha$ は、 $\mu'' > \mu'$ なる周波数範囲において、 $\mu''$ の大きさに見合って高まることが知られている。従って、マイクロ波帯にて大きな磁気損失を得るためには、実数部透磁率がVHF帯(30MHz～300MHz)、準マイクロ波帯(300MHz～3GHz)、ないしはマイクロ波帯の低周波側

(3 GHz ~ 概ね 10 GHz) にて磁気共鳴により減衰する特性を実現する必要がある。

そこで本発明は、VHF帯乃至マイクロ波帯に磁気共鳴が現れ、その結果、マイクロ波帯での磁気損失が大きな(即ち、虚数部透磁率 $\mu''$ が大きな)複合磁性体の提供を目的とする。また、そのような複合磁性体を用いた電磁干渉抑制体の提供を目的とする。

#### 発明の開示

本発明によれば、半硬質磁性体粉末が有機結合剤で結着されており、VHF帯乃至マイクロ波帯に磁気共鳴を有することを特徴とする複合磁性体が得られる。

前記半硬質磁性体粉末は、保磁力 $H_c$ が10~3000eであることを特徴とする。

前記半硬質磁性体粉末は、扁平状乃至針状の形状を有し、前記複合磁性体中で配向、配列されていることを特徴とする。

前記半硬質磁性体粉末の具体的な材料としては、Fe-Co-Mo合金、Co-Fe-Nb合金、Fe-Co-V合金などの磁性金属合金があげられる。

また、前記半硬質磁性体粉末の別な材料としては、 $\gamma$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (マグヘマイト)、Co-Ti置換されたBaフェライトなどの酸化物磁性体 that 得られる。

本発明によれば、上記の複合磁性体を材料とした、マイクロ波帯での磁気損失が大きな電磁干渉抑制体 that 得られる。

#### 図面の簡単な説明

第1図は、本発明の複合磁性体の断面を模式的に示す図であり、

第2図は、本発明による複合磁性体の試料1および試料4の $\mu-f$ 特性を示す図であり、そして、

第3図は、本発明の複合磁性体試料を用いた電磁波干渉抑制体の特性評価に用いた評価系を示す概略図である。

## 発明を実施するための最良の形態

本発明に於いては、Fe-Co-Mo合金、Co-Fe-Nb合金、Fe-Co-V合金等の金属磁性体乃至 $\gamma$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Co-Ti置換されたBaフェライト等の酸化物磁性体の様な保磁力H<sub>c</sub>が10～3000eの半硬質磁性材料を原料素材として用いる。

ここで、原料素材が金属磁性体である場合には、機械的な粉碎法あるいはアトマイズ法等により得られる粗粉末をアトライタ等の湿式摩砕装置を用いて扁平化し、それを有機結合剤で結着することにより複合磁性体を得る。また、原料素材が酸化物磁性体である場合には、水熱合成法等の結晶化手段により直接扁平乃至針状の微粉末を作製し、それを有機結合剤で結着することにより複合磁性体を得る。

上記複合磁性体において大きな虚数部透磁率 $\mu''$ を得るためには、磁性粉を扁平化乃至針状化して、その厚みを表皮深さと同等以下にすると共に、反磁界係数Ndをほぼ1に近づけるために扁平化乃至針状化された軟磁性体材料のアスペクト比を概ね10以上とすると共に、磁性粉を複合磁性体中で配向、配列させるとよい。ここで表皮深さ $\delta$ は次式により与えられる。

$$\delta = (\rho / \pi \mu f)^{1/2}$$

前式において、 $\rho$ は比抵抗、 $\mu$ は透磁率、 $f$ は周波数を表す。ここで、目的の周波数によってその値が異なってくるが、所望の表皮深さとアスペクト比を得るには、金属磁性体を用いる場合においては出発粗原料粉末の平均粒径を特定するのが最も簡便な手段の一つである。

金属磁性材料の扁平化に用いることのできる代表的な摩砕手段として、ボールミル、アトライタ、ピンミル等を挙げることができ、前述した条件を満足する磁性体粉末の厚さとアスペクト比が得られれば摩砕手段に制限はない。

また、複合磁性体中において個々の磁性粉末同士の電氣的絶縁を確保し、磁性粉の高充填状態においても複合磁性体に電氣的絶縁材としての働きを与えるためには、合金材料の磁性体粉末の表面に誘電体層を形成することが望ましい。この誘電体層は、金属磁性粉末の表面を酸化させることにより、合金を構成する金属元素の酸化物層として実現できる。金属粉末の表面を酸化させる手段の一例とし

て、特に粉末の大きさが比較的小さく、活性度の高いものについては、炭化水素系有機溶媒中あるいは不活性ガス雰囲気中にて酸素分圧の制御された窒素-酸素混合ガスを導入する液相中徐酸法あるいは気相中徐酸法により酸化処理することが制御の容易性、安定性、および安全性の点で好ましい。

磁性粉末として酸化物磁性体粉末を用いるときは、それ自体の電気抵抗が高い為に、上述のような表面酸化処理を行なう必要はない。

本発明の複合磁性体の一構成要素として用いる有機結合剤としては、ポリエステル系樹脂、ポリエチレン系樹脂、ポリ塩化ビニル系樹脂、ポリビニルブチラール樹脂、ポリウレタン樹脂、セルロース系樹脂、ABS樹脂、ニトリル-ブタジエン系ゴム、スチレン-ブタジエン系ゴム、エポキシ樹脂、フェノール樹脂、アミド系樹脂、イミド系樹脂、あるいはそれらの共重合体を挙げることができる。

以上に述べた、半硬質磁性体粉末と有機結合剤とを混練・分散し複合磁性体を得る手段には特に制限はなく、用いる結合剤の性質や工程の容易さを基準に好ましい方法を選択すればよい。

この混練・分散された磁性体混合物中の磁性粒子を配向・配列させる手段としては、剪断応力による方法と磁場配向による方法があり、いずれの方法を用いても良い。

本発明の複合磁性体の構造を説明するために、その断面を、第1図に模式的に示す。同図を参照して、複合磁性体1は、扁平状半硬質磁性体粒子2を有機結合剤3の層の中に分散し結着してなるものである。尚、4は、取扱上で強度を必要とする場合、あるいは電磁干渉抑制体として高周波磁気損失特性の他にシールド特性を必要とする場合に設けられる支持体で、機械的強度の改善を目的とする場合には絶縁板でよいが、シールド特性を必要とする場合には電気的特性を考慮して導電性の良い材料を選択する必要がある。尚、後述する第3図における銅板も導電性の高いシールド材として用いている。

以下、より具体的な実施例について述べる。

はじめに、複数のFe-Cu-Mo合金、Co-Fe-Nb合金およびFe-Co-V合金のインゴットを用意し、これをスタンプミルにより粗粉碎した後、

アトライタを用いて様々な条件下にて摩砕加工を行い、さらに、炭化水素系有機溶媒中で酸素分圧35%の窒素-酸素混合ガスを導入しながら8時間攪拌し液相中徐酸処理した後、分級処理を施し保磁力Hcの異なる複数の扁平状磁性粉末試料を得た。ここで得られた粉末を表面分析した結果、金属酸化物の生成が明確に確認され、試料粉末の表面に於ける酸化被膜の存在が認められた。

一方、水熱合成法により、 $\gamma$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 粉末およびCo-Ti置換されBaフェライト粉末を作成し、これらを酸化物磁性粉末試料とした。

これらの粉末を用いて以下に述べる複合磁性体試料を作製し、 $\mu$ -f特性を調べた。

$\mu$ -f特性の測定には、トロイダル形状に加工された複合磁性体試料を用いた。これを1ターンコイルを形成するテストフィクスチャに挿入し、インピーダンスを計測することにより、 $\mu'$  および  $\mu''$  を求めた。

#### [試料1]

以下の配合からなる半硬質磁性体ペーストを調合し、これをドクターブレード法により製膜し、熱プレスをした後に85℃にて24時間キュアリングを行い試料1を得た。

尚、得られた試料1を走査型電子顕微鏡を用いて解析したところ、粒子配列方向は試料膜面内方向であった。

扁平状半硬質磁性体 (Fe-Cu-Mo合金) 微粉末A・95重量部

平均粒径 :  $\phi 20 \mu\text{m} \times 0.3 \mu\text{m}$

保磁力Hc : 25 Oe

ポリウレタン樹脂 . . . 8重量部

硬化剤 (イソシアネート化合物) . . . 2重量部

溶剤 (シクロヘキサノンとトルエンの混合物) . . . 40重量部

#### [試料2]

以下の配合からなる半硬質磁性体ペーストを調合し、これをドクターブレード法により製膜し、熱プレスをした後に85℃にて24時間キュアリングを行い試料2を得た。

尚、得られた試料2を走査型電子顕微鏡を用いて解析したところ、粒子配列方

向は試料膜面内方向であった。

扁平状半硬質磁性体 (Co-Fe-Nb 合金) 微粉末 B・95 重量部

平均粒径 :  $\phi 20 \mu\text{m} \times 0.3 \mu\text{m}^t$

保磁力  $H_c$  : 32 Oe

ポリウレタン樹脂 . . . 8 重量部

硬化剤 (イソシアネート化合物) . . . 2 重量部

溶剤 (シクロヘキサノンとトルエンの混合物) . . . 40 重量部

### [試料 3]

以下の配合からなる半硬質磁性体ペーストを調合し、これをドクターブレード法により製膜し、熱プレスをした後に 85℃にて 24 時間キュアリングを行い試料 3 を得た。

尚、得られた試料 3 を走査型電子顕微鏡を用いて解析したところ、粒子配列方向は試料膜面内方向であった。

扁平状半硬質磁性体 (Fe-Co-V 合金) 微粉末 C . . . 95 重量部

平均粒径 :  $\phi 30 \mu\text{m} \times 0.4 \mu\text{m}^t$

保磁力  $H_c$  : 130 Oe

ポリウレタン樹脂 . . . 8 重量部

硬化剤 (イソシアネート化合物) . . . 2 重量部

溶剤 (シクロヘキサノンとトルエンの混合物) . . . 40 重量部

### [試料 4]

以下の配合からなる半硬質磁性体ペーストを調合し、これをドクターブレード法により製膜し、試料膜面内方向の磁界中で乾燥させた後、熱プレスをし、さらに 85℃にて 24 時間キュアリングを行い試料 4 を得た。

尚、得られた試料 4 を振動型磁力計を用いて解析したところ、磁化容易軸方向は試料膜面内方向であった。

針状半硬質磁性体 ( $\gamma$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 微粉末 D . . . 95 重量部

平均粒径 :  $\phi 0.1 \times 0.8 \mu\text{m}^t$

保磁力  $H_c$  : 2700 e

ポリウレタン樹脂 . . . 8 重量部

硬化剤（イソシアネート化合物）・・・ 2重量部  
 溶剤（シクロヘキサノンとトルエンの混合物）・・・ 40重量部

# [試料5]

以下の配合からなる半硬質磁性体ペーストを調合し、これをドクターブレード法により製膜し、試料面内方向の磁界中で乾燥させた後、熱プレスを施し、さらに85℃にて24時間キュアリングを行い試料5を得た。

尚、得られた試料5を走査型電子顕微鏡を用いて解析したところ、粒子配列方向は試料膜面内に直交する方向であり、振動型磁力計を用いて解析したところ、磁化容易軸は試料面内方向であった。

扁平状半硬質磁性体（Co-Ti置換Baフェライト）微粉末E

・・・ 95重量部

平均粒径 :  $\phi 1 \mu\text{m} \times 0.3 \mu\text{m}^t$

保磁力Hc : 2950e

ポリウレタン樹脂・・・ 8重量部

硬化剤（イソシアネート化合物）・・・ 2重量部

溶剤（シクロヘキサノンとトルエンの混合物）・・・ 40重量部

上記の各試料について測定された磁気共鳴周波数f<sub>r</sub>および虚数部透磁率μ''を下記表1に示す。

[表1]

|     | 磁気共鳴周波数 f <sub>r</sub> | 虚数部透過磁率率 μ'' |
|-----|------------------------|--------------|
| 試料1 | 80MHz                  | 4.1          |
| 試料2 | 90MHz                  | 3.5          |
| 試料3 | 400MHz                 | 2.3          |
| 試料4 | 850MHz                 | 1.5          |
| 試料5 | 1.1GHz                 | 1.3          |

また、第2図は、試料1および試料4のμ-f特性を示すもので、他の試料についてもほぼこの周波数範囲にある特性を示した。

前記表1および第2図からわかるように、本発明によれば、マイクロ波帯で磁気損失の高い複合磁性材料が得られる。

また、上の試料を用いて、その電磁干渉抑制効果を第3図のような評価系を用いて測定した。

ここで、厚さ2mmで一辺の長さが20cmの複合磁性体試料10の裏に銅板11を裏打ちして電磁干渉抑制体試料を作成した。この試料に対し、電磁界波源用発信器12からループ径1mmの微小ループアンテナ13を介して、電磁波を発射し、電磁干渉抑制体試料からの反射波を同じ寸法形状のアンテナ14で受信して、反射波の強度をネットワークアナライザ（電磁界強度測定器）15で測定した。

その結果を表面抵抗と共に表2に示す。

[表2]

|                               | 試料1 | 試料4 |
|-------------------------------|-----|-----|
| 表面抵抗 ( $\times 10^7 \Omega$ ) | 5.8 | 4.3 |
| 信号減衰量 (dB) (8GHzで)            | 7.9 | 5.7 |

ここで、表面抵抗はASTM-D-257法による測定値である。電磁干渉抑制効果の値は、銅板を基準(0dB)としたときの信号減衰量である。

前記表2により以下に述べる効果が明白である。

即ち、本発明の複合磁性体によれば、表面抵抗の値が $10^7 \sim 10^8 \Omega$ となっており、少なくとも表面が酸化された磁性粉末を用いる事によって、複合磁性体に高い絶縁性を付与することができ、導体やバルクの金属磁性体等にみられるようなインピーダンス不整合による電磁波の表面反射を抑制できる。

さらに、本発明の複合磁性体は、マイクロ波帯で良好な電磁干渉抑制効果を有することが理解できる。

以上述べたように、本発明によれば、半硬質磁性体粉末が有機結合剤で結着されてなり、マイクロ波帯で高い磁気損失を有し、従ってマイクロ波帯の電磁波を抑制できる複合磁性体を得られる。それゆえ、この複合磁性体を用いてマイクロ波帯で有効な薄厚の電磁干渉抑制体を得ることができる。

#### 産業上の利用可能性

本発明の複合磁性体および電磁干渉抑制体は、その構成要素から判るように容

易に可撓性を付与することが可能であり、複雑な形状への対応や、厳しい耐振動、衝撃要求への対応が可能である。



## 請求の範囲

1. 半硬質磁性体粉末が有機結合剤で結着されており、VHF帯乃至マイクロ波帯に磁気共鳴を有することを特徴とする複合磁性体。
2. 前記半硬質磁性体粉末の保磁力H<sub>c</sub>が10～3000eであることを特徴とする請求の範囲第1項に記載の複合磁性体。
3. 前記半硬質磁性体粉末が扁平状乃至針状の形状を有し、前記複合磁性体中で配向、配列されていることを特徴とする請求の範囲第1乃至第2項のいずれかに記載の複合磁性体。
4. 前記半硬質磁性体粉末がFe-Co-Mo合金粉末であることを特徴とする請求の範囲第2乃至第3項のいずれかに記載の複合磁性体。
5. 前記半硬質磁性体粉末がCo-Fe-Nb合金粉末であることを特徴とする請求の範囲第2乃至第3項のいずれかに記載の複合磁性体。
6. 前記半硬質磁性体粉末がFe-Co-V合金粉末であることを特徴とする請求の範囲第2乃至第3項のいずれかに記載の複合磁性体。
7. 前記半硬質磁性体粉末がγ-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>（マグヘマイト）粉末であることを特徴とする請求の範囲第2乃至第3項のいずれかに記載の複合磁性体。
8. 前記半硬質磁性体粉末がCo-Ti置換されたBaフェライト粉末であることを特徴とする請求の範囲第2乃至第3項のいずれかに記載の複合磁性体。
9. 請求の範囲第1乃至第8項のいずれかに記載の複合磁性体を材料とした、マイクロ波帯での磁気損失が大きな電磁干渉抑制体。