

(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2014-116332

(P2014-116332A)

(43) 公開日 平成26年6月26日(2014.6.26)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO1F 1/26 (2006.01)	HO1F 1/26	5E041
HO1F 1/20 (2006.01)	HO1F 1/30	

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号	特願2012-266825 (P2012-266825)	(71) 出願人	598045058 株式会社サムスン日本研究所 神奈川県横浜市鶴見区菅沢町2-7
(22) 出願日	平成24年12月6日(2012.12.6)	(74) 代理人	100093861 弁理士 大賀 真司
		(74) 代理人	100129218 弁理士 百本 宏之
		(72) 発明者	及川 忠昭 神奈川県横浜市鶴見区菅沢町2-7 株式会社サムスン横浜研究所内
		(72) 発明者	島 宏太郎 大阪府箕面市船場西2-1-11 株式会社サムスン横浜研究所大阪研究所内
		Fターム(参考)	5E041 AA01 AA05 BB03 CA01 NN06 NN14 NN15

(54) 【発明の名称】 磁性体複合材料

(57) 【要約】

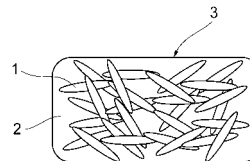
【課題】

本発明の課題は、高周波領域で機能する磁性体複合材料を提供することである。

【解決手段】

本発明は、磁性金属粒子を誘電体材料中に分散させ、3GHzの周波数における複素透磁率の実部 μ' が1よりも大きく、かつ損失正接 $\tan \delta$ が0.1以下である磁性体複合材料である。該金属粒子は、アスペクト比が1.5~2.0の針状形状を有する。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

磁性金属粒子を誘電体材料中に分散させ、3 GHz の周波数における複素透磁率の実部 μ' が1よりも大きく、かつ損失正接 $\tan \delta$ が0.1以下である磁性体複合材料。

【請求項 2】

前記磁性金属粒子の形状が、アスペクト比（長軸長/短軸長）が1.5～20の針状である請求項 1 に記載の磁性体複合材料。

【請求項 3】

前記磁性金属粒子は、鉄又は鉄 - コバルト合金を主成分とする磁性金属粒子である請求項 1 又は請求項 2 に記載の磁性体複合材料。

10

【請求項 4】

前記磁性金属粒子を誘電体材料中に無配向に分散させた請求項 1 ないし請求項 3 に記載の磁性体複合材料。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、磁性体を含む複合材料に関する。特に GHz 帯の高周波領域で機能する高周波電子部品に用いる複合材料に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、電子・通信機器等においては使用周波数の高周波化が急速に進んでいる。例えば携帯電話等の通信機器においては1 GHz 以上の高周波帯域が使用され、かつ複数の通信方式に対応できるマルチバンド化の需要が増大している。これに伴い、これらの機器に装備される電子部品においても高周波化・広帯域化対応が望まれている。

20

【0003】

従来、高周波電子部品等に使用される複合材料の高周波化の手段としては、複合材料に含まれる磁性粒子の異方性磁界を発現させる方法が知られている。そのような複合材料としては、扁平形状の磁性粒子を絶縁性材料中に混合、分散させ、該混合物に対し機械的工工程又は磁氣的工工程を施して磁性粉末を一定方向に配向させ、複合材料に異方性を持たせたものが公知である（特許文献1）。

30

【0004】

上記の従来複合材料は、1 GHz 以下の周波数においては所定の磁性を発現しうることが確認されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2008 - 263098号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかし、電子・通信機器等の更なる高周波化の進展に寄与する、複合材料の更なる機能向上が望まれている。本発明は、高周波領域においても機能する磁性体複合材料を提供することを目的とする。

40

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明者らは、鋭意研究の結果、複合材料中に分散される個々の金属粒子に異方性を付与することにより、高周波で機能する磁性体複合材料を発明するに至った。本発明の複合材料は、磁性金属粒子を誘電体材料中に分散させ、3 GHz の周波数における複素透磁率の実部 μ' が1よりも大きく、かつ損失正接 $\tan \delta$ が0.1以下である磁性体複合材料である。

【0008】

50

本発明は、磁性金属粒子を誘電体材料中に分散させた磁性体複合材料である。本発明の磁性体複合材料は、3GHzの周波数における複素透磁率の実部 μ' が1よりも大きく、かつ損失正接 \tan が0.1以下である。上記複素透磁率の実部 μ' は、1~5が好ましく、1~3がより好ましい。さらに、損失正接 \tan は0.01~0.1が好ましく、0.01~0.05がより好ましい。

【0009】

本発明に用いられる磁性金属粒子としては、得られる複合材料の物性が、3GHzの周波数における複素透磁率の実部 μ' が1よりも大きく、かつ損失正接 \tan が0.1以下になるものを限定することなく用いることができる。

【0010】

本発明は、好ましくは針状の磁性金属粒子を用いる。図1は本発明に用いる金属粒子1の形状を示す模式図である。図1においてXは該金属粒子の長軸長を示し、Yは短軸長を示す。本発明において針状とは、磁性金属粒子の長軸長と短軸長との比（アスペクト比）が1.1以上である形状をいう。該針状金属粒子のアスペクト比（長軸長/短軸長）は1.5~20が好ましく、1.5~15がより好ましい。アスペクト比が20を超える場合、針状金属粒子の強度が低下する。また後に詳説する理由により、共鳴周波数が高くなりすぎて、十分な透磁率を得られなくなる。また、アスペクト比が1.1より小さい場合は、所望の共鳴周波数を得ることができない。

【0011】

上記の所定のアスペクト比を備える針状粒子は、高周波数帯域においても磁気損失が少なく好ましい。図3に、粒子のアスペクト比に対する磁気損失の周波数依存性を示す。図3においては、アスペクト比が1、2、および4の金属粒子について周波数を変化させた場合の虚部透磁率が示されている。

【0012】

図3によれば、周波数が1.0GHzより小さい場合には、いずれのアスペクト比においても虚部透磁率 μ'' の値は、ほぼ変わらない。しかし周波数が1.0GHzを超えるとアスペクト比が1の金属粒子を用いる場合は虚部透磁率 μ'' が急激に大きくなる。一方、周波数が1.0GHzを超えても、アスペクト比が2の各金属粒子を用いる場合は虚部透磁率 μ'' の勾配は極めて緩やかであり、さらにアスペクト比が4の場合は虚部透磁率 μ'' がほとんど変化しない。

【0013】

すなわち、アスペクト比が大きい金属粒子を用いるほど、高周波領域における磁気損失が抑制される傾向が認められる。

【0014】

したがって本発明は、アスペクト比が1.5~20の針状金属粒子を誘電体材料に分散させることにより磁気損失を抑制することができる。その結果、得られる磁性体複合材料の複素透磁率の実部 μ' を1よりも大きくし、かつ磁気損失 \tan を0.1以下に抑制することに寄与する。

【0015】

上記の本発明に用いる金属粒子のアスペクト比の好ましい範囲は、下記式(1)~(3)を用いても説明することができる。

【0016】

金属粒子の異方性磁界 H_a は、アスペクト比が大きくなるほど急激に増加する。したがって、下記式(1)で表される有効磁界 H は、他の要素が同一条件である場合、アスペクト比が大きくなるほど増大する。

【数1】

$$H = H_{\text{ex}} + h(t) + H_{\text{dip}} + H_{\text{d}} + H_a \quad (1)$$

【0017】

下記式(2)で表されるように、共鳴周波数 f_r は有効磁界 H が大きいほど、大きな共

10

20

30

40

50

鳴周波数 f_r を得ることができる。

【数 2】

$$f_r = \gamma H / 2\pi \quad (2)$$

【0018】

本発明に用いる1.5~20のアスペクト比を備える金属粒子は、アスペクト比1.5より小さい金属粒子と比較して、有効磁界 H が大きくなりうる。したがって、本発明は、上記の所定のアスペクト比の金属粒子を用いることにより、得られる磁性体複合材料の共鳴周波数を高くすることができ、高周波領域においても優れた磁気特性を発揮させることができる。

10

【0019】

本発明に用いる金属粒子は、長軸長が10~1000 nmのものを用いることができる。長軸長20~500 nmのものが好ましく、長軸長45~260 nmのものが好適に用いられる。長軸長が10 nmより短い針状金属粒子は作製することが難しく、得られる磁気特性も十分でないため好ましくない。1000 nmを超える場合、得られる複合材料において過電流による磁気損失が大きくなるため好ましくない。

【0020】

本発明に用いる金属粒子は、鉄又は鉄 - コバルト合金を主成分とする金属粒子であることが好ましく、金属粒子100質量部に対し90~95質量部の鉄又は鉄 - コバルト合金を好ましく含有する。共鳴周波数 f_r は、下記式(3)で表される。

20

【数 3】

$$(\mu - 1) \times f_r = \gamma M_s / 2\pi \quad (3)$$

【0021】

上記式(3)において、 μ は透磁率、 γ はジャイロ磁気定数、 M_s は飽和磁化である。上記式(3)によれば、高周波領域においては共鳴周波数 f_r が増大し、透磁率 μ が減少する。したがって共鳴周波数 f_r と透磁率 μ とのいずれも高値で維持する場合には、飽和磁化 M_s が高い磁性体を用いることが好ましい。かかる観点から、本発明においては飽和磁化 M_s が高い鉄や鉄 - コバルト合金を使用することが好ましい。これにより高周波数領域において、上記に説明した形状異方性に基づく磁気損失抑制効果と合わせて高透磁率を維持することができる。

30

【0022】

上記の鉄 - コバルト合金の組成は、鉄 65~75 at%、コバルト25~35 at%が好ましく、鉄70at%、コバルト30at%のものが最も好ましい。

【0023】

本発明は、アスペクト比1.5~20の針状金属粒子を用いることにより、少なくとも3 GHzの周波数領域における虚部透磁率 μ'' の増大が抑制され、実部透磁率 μ' を1よりも大きくすることができる。また、本発明の損失正接 $\tan \delta$ は0.1以下に抑制される。特に、金属粒子の主成分を鉄または鉄 - コバルト合金とする場合には、高周波数領域において高透磁率を維持させることができる。

40

【0024】

本発明は、上記の所定の針状金属粒子を用いることにより、誘電体材料中で、金属粒子を配向させるか否かにかかわらず所定の磁気特性を備えることができる。

【0025】

本発明に用いる誘電体材料としては、上記の磁性金属粒子を均質に混合させ得る誘電体材料を特に限定することなく用いることができる。例えば、エポキシ樹脂、シリコン樹脂、フェノール樹脂、ポリイミド樹脂、ポリベンゾオキサゾール樹脂、ポリフェニレン樹脂、ポリベンゾシクロブテン樹脂、ポリアリーレンエーテル樹脂、ポリシクロヘキサン樹脂、ポリエステル樹脂、フッ素樹脂、ポリオレフィン樹脂、ポリシクロオレフィン樹脂、シアネート樹脂、ポリフェニレンエーテル樹脂、ポリスチレン樹脂、ポリエチレン樹脂な

50

どが好適であり、ポリエチレン樹脂がより好適である。

【0026】

本発明の複合材料中の磁性金属粒子と誘電体材料との混合比は、誘電体材料中で磁性金属粒子が均質に分散され、かつ得られる複合材料の磁気特性を損なわない範囲で適宜決定される。磁性金属粒子と誘電体材料との熱硬化前混合体における好ましい体積比は、誘電体材料65～75vol%に対し、磁性金属粒子25～35vol%が好ましく、誘電体材料70vol%に対し磁性金属粒子30vol%がより好ましい。

【0027】

本発明の複合材料は、本発明の磁気特性を損なわない範囲で、上記の磁性金属粒子および誘電体材料のほかに分散剤やカップリング剤等の他の成分を含有しうる。

10

【0028】

上記に説明した本発明の複合材料の各成分の混合方法は、ミキサー、ロール(2軸、3軸)、攪拌機等公知の混合装置を用いて行うことができる。原料成分の混合は、磁性金属粒子が誘電体材料中に均質に分散されるまで行われる。混合温度は、用いる誘電体材料の融点を超える温度において、誘電体材料の取扱性等を考慮して適宜調整される。得られた混合体は、加熱下でプレス成形され、本発明の磁性体複合材料となる。

【0029】

本発明の磁性体複合材料は、その製造工程において磁性金属粒子を一定方向に配向させる処理を行うか否かにかかわらず、3GHzの周波数における複素透磁率の実部 μ' が1よりも大きく、かつ損失正接 $\tan \delta$ が0.1以下になる。

20

【図面の簡単な説明】

【0030】

【図1】本発明に用いる金属粒子の模式図の一例である。

【図2】本発明の磁性体複合材料の模式図の一例である。

【図3】金属粒子のアスペクト比に対する虚部透磁率 μ'' の周波数依存性を表す図である。

【発明を実施するための形態】

【実施例】

【0031】

以下に実施例を挙げて、本発明をさらに説明する。ただし本発明は下記の実施例に限定されるものではない。

30

【0032】

[実施例1]

長軸長45nm、アスペクト比1.5の $\text{Fe}_{70}\text{Co}_{30}$ 合金針状粒子と、誘電体材料としてポリエチレン樹脂とを、針状磁性粒子とポリエチレン樹脂の割合が、30 vol% : 70 vol%となるように秤量した。上記の材料に分散剤およびカップリング剤を適宜添加して、安田精機製作所製ミキシングロール(No191-TM/WM)を用いて、混練した。

【0033】

混練は、原料を140℃に加熱しながら針状磁性粒子がポリエチレン樹脂中に均質に混合されるまで行った。

40

【0034】

次に、得られた原料混合物を180℃に加熱した金型に投入し、35 MPaのプレス圧で成形して、本発明の磁性体複合材料を作製し、実施例1とした。

【0035】

[実施例2]

アスペクト比が異なる他は、実施例1と同様の方法で実施例2～6および比較例1～3の磁性体複合材料を作製した。

【0036】

実施例1～6および比較例1～3の磁性体複合材料の高周波特性を測定するために、実施例1～6および比較例1～3の磁性体複合材料からトロイダル状試料(φ7mm, 厚さ2

50

mm) を切削加工により作製した。高周波特性の測定方法を以下に記載する。

【0037】

[透磁率測定方法]

作製した実施例1～6および比較例1～3のトロイダル状試料を用いて高周波特性を測定した。評価方法は、ネットワークアナライザ（Agilent社製HP8753E）と同軸管（外径：7mm，内径：3mm）のSパラメータ用測定治具を使用した。30MHz～6GHzの測定周波数帯域でS11（複素反射率）及び、S21（複素透過率）パラメータを測定し、これらの値から複素比透磁率 $\mu_r = \mu_r' - j\mu_r''$ を評価した(Sパラメータ法)。表1に実施例1～6および比較例1～3の3GHzでの複素比透磁率の実数部 μ_r' と、損失正接 $\tan \delta$ ($=\mu_r'' / \mu_r'$)と、周波数に対する μ_r'' のピーク位置で定義される共鳴周波数とを示す。

10

【0038】

【表1】

	磁性体 粒子径 長軸長 [nm]	アスペクト 比	透磁率 μ_r' at 3GHz	虚部 透磁率 μ_r'' at 3GHz	損失正接 $\tan \delta$ at 3GHz	共鳴 周波数 fr[GHz]	粒子形状
実施例1	45	1.5	1.98	0.19	0.096	>6	針状粒子
実施例2	45	2	1.76	0.06	0.036	>6	
実施例3	45	4	1.24	0.04	0.032	>6	
実施例4	100	6	1.37	0.02	0.014	>6	
実施例5	110	4	1.56	0.08	0.054	>6	
実施例6	260	10	1.59	0.06	0.038	>6	
比較例1	45	1	2.2	0.42	0.192	5	球状粒子
比較例2	55	1	2.02	0.66	0.329	3	
比較例3	75	1	1.7	0.73	0.432	2	

20

30

40

【0039】

本発明の磁性体複合材料は、高周波電子部品に用いることができる。特にGHz帯の高周波領域で使用する電子機器、通信機器に装備する高周波電子部品に好適に用いることができる。

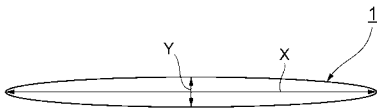
50

【符号の説明】

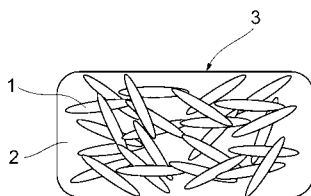
【 0 0 4 0 】

- 1 磁性金属粒子
- 2 誘電体材料
- 3 磁性体複合材料
- X 磁性金属粒子の長軸長
- Y 磁性金属粒子の短軸長

【図 1】



【図 2】



【 図 3 】

