

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6552283号
(P6552283)

(45) 発行日 令和1年7月31日 (2019.7.31)

(24) 登録日 令和1年7月12日 (2019.7.12)

(51) Int.Cl. F I
H O 1 F 1/26 (2006.01) H O 1 F 1/26
H O 1 F 1/20 (2006.01) H O 1 F 1/20

請求項の数 4 (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願2015-112704 (P2015-112704)	(73) 特許権者	506334182
(22) 出願日	平成27年6月2日 (2015.6.2)		DOWAエレクトロニクス株式会社
(65) 公開番号	特開2016-225551 (P2016-225551A)		東京都千代田区外神田四丁目14番1号
(43) 公開日	平成28年12月28日 (2016.12.28)	(74) 代理人	100091362
審査請求日	平成30年4月16日 (2018.4.16)		弁理士 阿仁屋 節雄
前置審査		(74) 代理人	100161034
			弁理士 奥山 知洋
		(72) 発明者	上山 俊彦
			東京都千代田区外神田四丁目14番1号
			DOWAエレクトロニクス株式会社内
		(72) 発明者	後藤 昌大
			東京都千代田区外神田四丁目14番1号
			DOWAエレクトロニクス株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 磁性コンパウンド、アンテナおよび電子機器

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

P P S樹脂中に、磁性粉末複合体が含まれている磁性コンパウンド。

但し、前記磁性粉末複合体は、F eまたはF eとC oとを含む合金に、希土類元素（Y（イットリウム）を含む）、A l、S i、M gから選択される一種以上が含有される金属磁性粉末の表面が、マレイン酸、無水マレイン酸、コハク酸、無水コハク酸、マロン酸、フマル酸、グルタル酸、アゼライン酸、セバシン酸、安息香酸およびそれらの誘導体から選択される一種以上により被覆されたものである。

【請求項 2】

S P Sおよびm - P P Eから選択される一種以上の樹脂中に、磁性粉末複合体が含まれている磁性コンパウンド。

但し、前記磁性粉末複合体は、F eまたはF eとC oとを含む合金に、希土類元素（Y（イットリウム）を含む）、A l、S i、M gから選択される一種以上が含有される金属磁性粉末の表面が、フタル酸、無水フタル酸、マレイン酸、無水マレイン酸、コハク酸、無水コハク酸、マロン酸、フマル酸、グルタル酸、アゼライン酸、セバシン酸、安息香酸、フタル酸ジメチルおよびそれらの誘導体から選択される一種以上により被覆されたものである。

【請求項 3】

請求項 1 または 2 に記載の磁性コンパウンドにより構成されたアンテナ。

【請求項 4】

10

20

請求項 3 に記載のアンテナを備えた電子機器。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、磁性粉末複合体、アンテナおよび電子機器に関する。

【背景技術】

【0002】

電子機器や通信機器において、市場の多様な機能に応じるべく、さまざまな材料の開発が盛況である。当該状況の下、高周波領域等に用いる機器において、複合的な機能材料が通信機器の性能を左右するため、重要な技術要素となっている。

10

【0003】

例えば、特許文献 1 においては、高周波領域においても機能する磁性体複合材料について記載されている。この磁性体複合材料は、好ましくはアスペクト比（長軸長／短軸長）が 1.5 ～ 20 の針状である磁性金属粒子を、例えばポリアリーレンエーテル樹脂やポリエチレン樹脂などの誘電体材料中に分散させることにより形成されている（特許文献 1 の請求項 1 や 2、[0025]）。

当該構成により、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られ、しかも、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（特許文献 1 の [0024] [0029] 参照。）ことが記載されている。

20

【0004】

また、特許文献 2 においては、広帯域で使用可能な小型アンテナに利用されうる複合磁性材料について記載されている。この複合磁性材料は、絶縁性材料中に複合磁性材料を分散させたものである。前記磁性粉末は、軟磁性金属を含む略球状の粉末であり、その平均粒子径 D_{50} が 0.1 ～ 3 μm 、且つ、粒子内に平均結晶子径が 2 ～ 100 nm の結晶子を有し、前記絶縁性材料として、各種樹脂が記載されている（特許文献 2 の [0018] ～ [0021]）。例えば、実施例において磁性粉末と熱可塑性の PC / ABS 系樹脂と溶剤等を混合することでアンテナを作製している（[0069]）。このアンテナでは、周波数 2 GHz における $\tan \delta$ が 0.01 未満であり、全体積に対する前記磁性粉末の体積比率が 2 ～ 50 vol % の構成で、アンテナの小型化を図れることが記載されている（同 [0031] [0032] 参照。）。

30

【0005】

特許文献 3 においては、金属磁性粉末により、インダクタやアンテナ等における、GHz 帯での損失係数を低く抑えられることが記載されている。鉄を主成分とする軟磁性金属粉末であり、平均粒子径が 100 nm 以下、軸比（＝長軸長／短軸長）が 1.5 以上、保磁力（ H_c ）が 39.8 ～ 198.9 kA/m（500 ～ 2500 Oe）、飽和磁化 100 A m² / kg 以上である金属粉末を成形し、磁性部品は、kHz ～ GHz 帯での損失係数を低く抑える事ができることが記載されている（特許文献 3 の [0011] ～ [0026] 参照。）。

【0006】

40

特許文献 4 においては、耐熱性を有するボンド磁石において、磁石粉末とポリフェニレンスルフィド（PPS）樹脂とポリアミド（PA）樹脂を含み、磁性複合体中の磁石粉末の含有比率が 79 ～ 94.5 wt %、PPS 樹脂の含有比率が 5 ～ 20 wt %、PA 樹脂の含有比率が 0.1 ～ 2 wt %、であることが記載されている（特許文献 4 の [請求項 1]）。

【0007】

このように金属磁性粉末と樹脂とを含む磁性複合体（または、「磁性コンパウンド」ともいう。）については記載があるが、金属磁性粉末と樹脂とを含む磁性複合体において、金属磁性粉末は無機化合物の微粒子であり、樹脂は高分子化合物である。つまり金属磁性粉末と樹脂とはそれぞれ化学性質および物性も全く異なるものである。このため、磁性複

50

合体が、どのような性能となるかは予測困難であり、先行技術のようにさまざまな試行錯誤による検討が必要である。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0008】

【特許文献1】特開2014-116332号公報

【特許文献2】特開2011-096923号公報

【特許文献3】特開2013-236021号公報

【特許文献4】特開2013-077802号公報

【発明の概要】

10

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

磁性粉末と樹脂材料等との混練により作製される磁性コンパウンドは、電子機器の高性能化の要望に伴い、その特性向上が望まれ、他方、小型化の要請から機械的な強度の向上も望まれている。

特許文献1から4では、磁性コンパウンドにおいて、磁性粉末の含有比率が高いものが開示されている。しかし、出願人らの検討によって達成できた金属磁性粉末の性能の向上に伴い、磁性コンパウンド中の金属磁性粉末の含有量をある程度減じても十分な高周波特性が得られるようになってきた。しかし、かような金属磁性粉末を樹脂に分散させる場合、混練段階で発火したり、金属磁性粉末を添加しない場合と比較して、著しい強度の低下が生じたりすることがわかってきた。すなわち、機械的強度と高周波特性とを共に満足するような磁性コンパウンド用材料は未だ得られていない。

20

【0010】

例えば、特許文献4においては、PPS樹脂と磁性粉末の濡れ性が悪いことなどから、混練・成形時に他の予期せぬ影響が生じる場合があることなどが記載されている。高周波領域において、誘電損失の小さい樹脂は数多く見られるが、単純に良いところだけを取るために、金属磁性粉末と樹脂を混練してみても、誘電損失の小さい磁性コンパウンドを得ることは困難であることが確認された。

【0011】

そこで解決すべき課題は、誘電損失の小さい樹脂に良好に分散する金属磁性粉末を提供することで、誘電損失の小さい磁性コンパウンド、ひいてはその磁性コンパウンドから形成されるアンテナおよびそのアンテナが組み込まれた電子機器を提供することとした。

30

【課題を解決するための手段】

【0012】

本発明者が知り得るところによれば、金属磁性粉末を樹脂に混ぜ込んだものからアンテナを形成すれば、波長短縮効果により、アンテナそのものを小さくすることができ、ひいては携帯機器やスマートフォンの小型化に貢献できる。

【0013】

従来は、特許文献1に代表されるように、アンテナ等に使用される磁性コンパウンド用材料としては、樹脂に混合する構成をとるものであっても、金属材料に関わる検討にとどまっていた。

40

【0014】

それに対し、本発明者は、樹脂に対して混合し、特性を発現しうる金属磁性粉末単体ではなく、金属磁性粉末を混ぜ込む対象となる樹脂とのなじみを、どのように改善するかに上述の課題を解決しうる糸口がある、との画期的な着想に想到し検討を進めた。

【0015】

まず、混ぜ込みの候補になり得る樹脂としては、機械特性（とくに曲げ強度）に優れ、また樹脂そのものの損失が小さい材料を選択することが近道であると考えた。しかしながら、上述の通り特許文献3に開示した金属磁性粉末を、候補になり得る樹脂に対し混合しても、金属磁性粉末が大気に触れた際に発火による焼失が生じてしまうという知見を得た

50

。

また、その混ぜ込みの手法としては、樹脂割合を高くすることで、金属磁性粉末を樹脂で封止し、発火を防止する方法も考えられるが、当然金属磁性粉末の含有割合が低下し、磁性コンパウンドそのものの透磁率が低下するため、アンテナとして十分に動作しない可能性が考えられる。

ここで、本発明者らは、磁性粉末を樹脂に混ぜ込む手法について検討したところ、金属磁性粉末を加工して磁性粉末複合体とすることで、所望の樹脂に対して混ぜ込むことができるようになることを見いだした。

【 0 0 1 6 】

本発明の第 1 の態様は、

PPS 樹脂中に、磁性粉末複合体が含まれている磁性コンパウンドである。

但し、前記磁性粉末複合体は、Fe または Fe と Co とを含む合金に、希土類元素（Y（イットリウム）を含む）、Al、Si、Mg から選択される一種以上が含有される金属磁性粉末の表面が、マレイン酸、無水マレイン酸、コハク酸、無水コハク酸、マロン酸、フマル酸、グルタル酸、アゼライン酸、セバシン酸、安息香酸およびそれらの誘導体から選択される一種以上により被覆されたものである。

【 0 0 1 7 】

本発明の第 2 の態様は、

SPS および m - PPE から選択される一種以上の樹脂中に、磁性粉末複合体が含まれている磁性コンパウンドである。

但し、前記磁性粉末複合体は、Fe または Fe と Co とを含む合金に、希土類元素（Y（イットリウム）を含む）、Al、Si、Mg から選択される一種以上が含有される金属磁性粉末の表面が、フタル酸、無水フタル酸、マレイン酸、無水マレイン酸、コハク酸、無水コハク酸、マロン酸、フマル酸、グルタル酸、アゼライン酸、セバシン酸、安息香酸、フタル酸ジメチルおよびそれらの誘導体から選択される一種以上により被覆されたものである。

【 0 0 1 8 】

本発明の第 3 の態様は、

第 1 または第 2 の態様に記載の磁性コンパウンドにより構成されたアンテナである。

【 0 0 1 9 】

本発明の第 4 の態様は、

第 3 の態様に記載のアンテナを備えた電子機器である。

【 発明の効果 】

【 0 0 2 4 】

本発明によれば、誘電損失の小さい樹脂に良好に分散する磁性粉末複合体を提供することで、誘電損失の小さい磁性コンパウンド、ひいてはその磁性コンパウンドから形成されるアンテナ、およびそのアンテナが組み込まれた電子機器を提供できる。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 2 5 】

以下、本実施形態について、次の順序で説明を行う。

1．磁性コンパウンドを構成するための磁性粉末複合体

1 - 1．金属磁性粉末

1 - 2．被覆物と磁性粉末複合体

2．磁性コンパウンドの製造方法

2 - 1．使用される樹脂

2 - 2．準備工程

2 - 3．被覆工程（表面処理）

2 - 4．樹脂との混練工程

3．変形例等

本明細書において「～」は所定の値以上かつ所定の値以下のことを指す。

【0026】

< 1. 磁性コンパウンドを構成するための磁性粉末複合体 >

本実施形態における磁性コンパウンドを構成するための磁性粉末複合体は、金属磁性粉末と、カルボン酸もしくは、その分子内における脱水、もしくは複数のカルボン酸の脱水作用によって生成した無水物、芳香族カルボン酸エステルおよびそれらの誘導体から選択される一種以上の被覆物とを含む。

以下、各構成について説明する。

【0027】

1-1. 金属磁性粉末

本実施形態における金属磁性粉末は、一例としては、以下の構成を有する。

金属磁性粉末は、磁性特性、粒径などを適宜設計したものを用いれば良い。

磁性特性としては、飽和磁化 (s) により磁性コンパウンドの透磁率、誘電率を設定できる。ほかには、保磁力 (H_c)、角形比 (SQ) 等、また粉体特性として、粒径、形状、 BET (比表面積)、 TAP (タップ) 密度を調整すればよい。例えば、本実施形態における金属磁性粉末には、 Fe (鉄) 若しくは、 Fe と Co (コバルト) に、希土類元素 (Y (イットリウム) を含む、以降同様。)、 Al (アルミニウム)、 Si (ケイ素)、 Mg (マグネシウム) から選択される一種以上 (以後「 Al 等」という。) が含まれる。

金属磁性粉末の原材料となる元素を含む水溶液中において、 Y を含む希土類元素量を変化させることで、最終的に得られる金属粒子の軸比 (= 長軸長 / 短軸長) を変更することができる。

希土類元素が少ない場合は軸比が大きくなり、より損失を低減した金属粉末を得ることができるが、透磁率は低減する。その一方、希土類元素が多い場合は軸比が小さくなり損失はやや大きくなるが、希土類元素が少ない場合と比べると透磁率が大きくなる。

【0028】

つまり、金属磁性粉末において適切な希土類含有量とすることで、より低い損失と高い透磁率を有するようになる。この結果、 kHz から GHz 帯域といった広い範囲において利用できる金属磁性粉末を得ることが出来る。

【0029】

ここで、上述のように特性のバランスを維持するために適切な元素の具体的な含有範囲は、 Fe と Co の総和に対する希土類元素含有量で $0\text{ at}\%$ (好ましくは、 $0\text{ at}\%$ を超え) $\sim 10\text{ at}\%$ とすることが好ましく、 $0\text{ at}\%$ を超え $5\text{ at}\%$ 以下であることがより好ましい。また、使用する希土類元素種としては、 Y や La が好ましい。

【0030】

金属磁性粉末が Co を含む場合、 Co 含有量に関しては、原子割合で Fe に対する Co の割合 (以下「 Co/Fe 原子比」という。) において $0 \sim 60\text{ at}\%$ を含有させることが好ましい。 Co/Fe 原子比が $5 \sim 55\text{ at}\%$ のものがより好ましく、 $10 \sim 50\text{ at}\%$ のものが一層好ましい。このような Co/Fe 原子比の範囲において金属磁性粉末は、飽和磁化が高く、かつ安定した磁気特性が得られやすい。

【0031】

また、 Al 等は焼結抑制効果も有しており、熱処理時の焼結による金属磁性粉末の粒子の粗大化を抑制することができる。本発明では Al 等を「焼結抑制元素」の1つとして扱っている。

ただし、 Al 等是非磁性成分であるので、金属磁性粉末の磁気特性が担保できる範囲で含有させることが好ましい。具体的には、 Fe と Co との総和に対する Al 等の含有量は、 $1\text{ at}\% \sim 20\text{ at}\%$ とすることが好ましく、 $3\text{ at}\% \sim 18\text{ at}\%$ がより好ましく、 $5\text{ at}\% \sim 15\text{ at}\%$ が一層好ましい。

【0032】

本実施形態における金属磁性粉末は、金属成分からなるコアと主として酸化物成分からなるシェルから構成されるコア/シェル構造を有することが好ましい。コア/シェル構造

10

20

30

40

50

を有しているか否かは、例えば、TEM写真により確認することができ、また組成分析は、例えばICP発光分析、ESCA（別名XPS）、TEM-EDX、SIMSなどの方法を採用することができる。

【0033】

なお、金属磁性粉末の平均一次粒子径は10nm以上500nm以下（好ましくは100nm以下）のナノ粒子であるのが好ましい。尤も、マイクロレベル（ μm ）の大きさの金属磁性粉末であっても用いることができるが、通信特性の向上、機器の小型化の観点からより小さい粒径が望ましい。

【0034】

また、金属磁性粉末の含有量は、所定の樹脂（後述）に対し、50体積％以下、好ましくは40体積％以下、一層好ましくは35体積％以下となるように、配合を調整するとよい。所望の優れた通信特性を得ながら、樹脂の曲げ強度を損なうことなく、弾性率の向上が図れるからである。

【0035】

1-2. 被覆物と磁性粉末複合体

本実施形態における被覆物は、後述の表面処理工程により金属磁性粉末の表面に形成され、磁性粉末複合体となる。おそらく、当該被覆物は、金属磁性粉末の表面の少なくとも一部に付着して磁性粉末複合体を形成していると考えられる。当該被覆物は、カルボン酸もしくは、その分子内の脱水作用によって生成した無水物、芳香族カルボン酸エステルおよびそれらの誘導体から選択される一種以上である。ここで「誘導体」とは、官能基の導入、酸化、還元、原子の置き換えなど、母体の構造や性質を大幅に変えない程度の改変がなされた化合物をさし、「原子の置き換え」には、末端がアルカリ金属で置換がなされ、可溶性とされたものも含む概念である。

【0036】

本発明者が検討したところ、カルボン酸のなかでも、樹脂のように分子量が何万もある高分子より、分子量が500以下のカルボン酸が好ましい。さらに、炭素数は4から30までのものが好ましい。具体的には、カルボン酸もしくはその無水物、芳香族カルボン酸エステル、およびそれらの誘導体のなかでも、フタル酸、無水フタル酸、マレイン酸、無水マレイン酸、コハク酸、無水コハク酸、マロン酸、フマル酸、グルタル酸、アゼライン酸、セバシン酸、安息香酸、フタル酸ジメチル、およびそれらの誘導体であることが好ましく、一層好ましくは、フタル酸、無水フタル酸、マレイン酸、無水マレイン酸、コハク酸、無水コハク酸、マロン酸、フマル酸、グルタル酸、アゼライン酸、セバシン酸、安息香酸、フタル酸ジメチルを主骨格としつつ、炭素数が4以上30以下である構造を有するものが好ましい。

なお、これらカルボン酸又はその誘導体は必ずしも一種だけで使用する必要は無く、複数種のカルボン酸を使用することを妨げるものではない。

炭素数が上記の範囲内ならば、樹脂と磁性粉末複合体とのなじみが一層改善するので適当である。なお、ここでいう「無水物」とは、化合物から水分子が加熱等により除去（分子内脱水）されることで形成される化合物（フタル酸と無水フタル酸の関係）とともに、オキソ酸2分子が脱水縮合した化合物（安息香酸と無水安息香酸の関係）をも含む。

【0037】

なお、金属磁性粉末の表面を被覆物で被覆した磁性粉末複合体における被覆物量は、高周波燃焼法での炭素計測値が、磁性粉末複合体中の0.1質量％以上10質量％以下であることが好ましい。

【0038】

<2. 磁性コンパウンドの製造方法>

以下、磁性コンパウンドの製造方法について説明する。

【0039】

2-1. 使用される樹脂

本実施形態における樹脂として好適なのは、IEC60250またはJISC2138

10

20

30

40

50

：2007に規定された1MHzにおける $\tan \delta$ が0.05以下の熱可塑性樹脂である。当該樹脂を用いることで本実施形態の効果を奏することができる。特に、芳香環を有する熱可塑性樹脂を使用すると $\tan \delta$ が良好であるため好ましく、とりわけ、SPS（シンジオタクチックポリスチレン）、PPS（ポリフェニレンサルファイド）、および、m-PPE（変性ポリフェニレンエーテル）から選択される一種以上を使用することが好ましい。

実施例の項目で後述するように、PPS、SPSおよびm-PPEから選択される一種以上を樹脂として採用し、当該樹脂と本発明に係る磁性粉末複合体とで混練し、本発明に係る磁性コンパウンドを製造することが可能である。

【0040】

本発明に従う磁性コンパウンド（複合体中における金属磁性粉末の構成：30体積%相当）により与えられる成形体の高周波（2GHz）領域における磁気特性としては、複素比透磁率の実数部 μ' が1.450以上、好ましくは1.50以上、更に好ましくは1.70以上であることが好ましい。こうした特性を有する磁性コンパウンドは、透磁率が高いため十分な小型化効果を発揮することができ、かつリターンロスの小さいアンテナの構築に極めて有用である。

【0041】

また、本発明に従う磁性コンパウンドにより形成された成形体の磁気損失については、例えば、前記熱可塑性樹脂、または、前記PPS、SPSおよびm-PPEから選択される一種以上の樹脂に、前記磁性粉末複合体として、前記金属磁性粉末100質量部に対して、前記カルボン酸もしくはその無水物、芳香族カルボン酸エステル、およびそれらの誘導体から選択される一種以上の5質量部を添加して作製した磁性粉末複合体を体積割合で30%含有させて磁性コンパウンドとしたとき、測定時周波数2GHzにおいて、 $\tan \delta$ が0.10以下、より好ましくは0.05以下であり、一層好ましくは0.02以下を示すものであるとよい。また $\tan \delta$ が0.10以下、より好ましくは0.05以下、一層好ましくは0.02以下を示すものであるとよい。

【0042】

2-2. 準備工程

本工程においては、磁性コンパウンドの作製に係る諸々の準備を行う。例えば、上記の金属磁性粉末などの各種原材料や、被覆体の原材料、混ぜ入れる対象となる樹脂を用意する。

【0043】

2-3. 被覆工程（表面処理）

金属磁性粉末に対し、有機化合物（カルボン酸、カルボン酸無水物、芳香族カルボン酸エステルおよびそれらの誘導体から選択される一種以上。）を添加して混合し、磁性粉末複合体を得る。カルボン酸のなかでも、樹脂のように分子量が何万もあるような高分子より、分子量が500以下のカルボン酸が好ましい。さらに、炭素数は4から30までのものとするのが良い。具体的には、カルボン酸、カルボン酸無水物、芳香族カルボン酸エステル、およびそれらの誘導体のなかでも、フタル酸、無水フタル酸、マレイン酸、無水マレイン酸、コハク酸、無水コハク酸、マロン酸、フマル酸、グルタル酸、アゼライン酸、セバシン酸、安息香酸、フタル酸ジメチル、およびそれらの誘導体であることが好ましく、一層好ましくは、フタル酸、無水フタル酸、マレイン酸、無水マレイン酸、コハク酸、無水コハク酸、マロン酸、フマル酸、グルタル酸、アゼライン酸、セバシン酸、安息香酸、フタル酸ジメチルを主骨格としつつ、炭素数が4以上30以下である構造とするのが良い。

なお、これらカルボン酸、カルボン酸無水物、芳香族カルボン酸エステル、およびそれらの誘導体は必ずしも一種だけで構成する必要は無く、複数種のカルボン酸、カルボン酸無水物、芳香族カルボン酸エステル、およびそれらの誘導体を使用することを妨げるものではない。

また、磁性粉末複合体において、炭素量が0.1質量%以上あれば、磁性粉末複合体の

10

20

30

40

50

樹脂への分散が好適に行え好ましい。一方、炭素量が10質量%以下であれば非磁性成分が過剰にならず、磁性粉末複合体あるいはその後に形成する磁性コンパウンドとしたときの透磁率が低下しないので好ましい。

【0044】

具体的には、磁性粉末複合体において有機化合物の添加量は、質量比で金属磁性粉末100に対して2～15、より好ましくは2.5～10、一層好ましくは5～10である。

当該質量比が2以上だと、金属磁性粉末と樹脂とがなじむため、生産した時の製品の性質安定性が向上する。15以下だと、金属磁性粉末における非磁性成分が適量となり、被覆体が被覆された金属磁性粉末により構成される磁性粉末複合体そのものの磁気特性の低下を抑制できる。ひいては、磁性粉末複合体を樹脂に混ぜ入れて磁性コンパウンドとしたときの高周波特性を比較的高く維持することができ、最終的に形成されるアンテナの特性についても同様に比較的高く維持することができる。

10

【0045】

上記の有機化合物が、当該金属磁性粉末と当該樹脂との間の「ぬれ性」を向上させるメカニズムについての詳細は不明であるので、推測にとどまるが、有機化合物の構造式から鑑みて、カルボキシル基側が金属磁性粉末の表面に引き寄せられる一方、反対側（カルボキシル基が存在しない側）が疎水性の樹脂側になじむようになり、結果として金属磁性粉末が樹脂によくなじむようになると考えられる。また、金属磁性粉末と、所定の有機化合物を混合して、その一部を磁性粉に被覆させるが、「被覆に利用されていない」フリーな状態の当該有機化合物をあえて除去することなく金属磁性粉末中に残存させ、そのままの状態としたため、前述の「ぬれ性」作用以外においても何らかの分散作用も生じさせているとも推察している。

20

【0046】

なお、表面処理の際に添加する溶媒（粉末と被覆物とのなじみを向上させるために添加する液体）は、上記の有機化合物が必ずしも完全に溶解するものであることを要しない。

そこで、乾燥した磁性粉末複合体を得るには、上記の有機化合物と当該溶媒を加えたものに金属磁性粉末を加え、金属磁性粉末を当該溶媒に含浸させた後、溶媒を除去する方法を採用すると簡便である。

【0047】

また、磁性粉末複合体を製造するのに、上記の有機化合物の溶液に金属磁性粉末を加え、自転公転併用式攪拌機で攪拌、もしくは剪断力を加えながら攪拌することでペースト化させる方法を採用してもよい。ペースト化の工程を経ることにより、上記の有機化合物と金属磁性粉末とが良くなじむように混合され、そのため、金属磁性粉末の表面に有機化合物が吸着しやすくなり、ひいては被覆体が形成されやすくなる。

30

つまり、金属磁性粉末に対して添加した有機物が満遍なく行き渡るようであれば、問題はない。また、混練を行いながら溶媒の除去、乾燥を行うために、ミキサーなどを使用しても差し支えない。なお、当該除去、乾燥後において、有機化合物を金属磁性粉末の粒子表面に残存させることが肝要である。

【0048】

また、磁性粉末複合体を製造するのに、金属磁性粉末と上記の有機化合物との間の接触を効率的に生じさせつつ被覆体を形成する必要があるため、高い剪断力を有した分散、混練機を用いてもよく、当該溶媒に対して強い剪断力を加えながら金属磁性粉末を当該溶媒に対して分散させる方法を採用しても良い。

40

【0049】

ペーストの作製後に、乾燥して粉末態にする方法を採用した際に用いられる、強い剪断力を有する分散機としては、タービン・ステータ型攪拌機として知られるプライミクス株式会社のT・K・ホモミクサー（登録商標）、I K A社のUltra-Turrax（登録商標）などが例示でき、コロイドミルとしては、プライミクス株式会社のT・K・マイコロイダー（登録商標）、T・K・ホモミクラインミル（登録商標）、T・K・ハイラインミル（登録商標）や、株式会社ノリタケカンパニーリミテドのスタティックミキサー

50

(登録商標)、高圧マイクロリアクター(登録商標)、高圧ホモジナイザー(登録商標)等が例示できる。

【0050】

上述した剪断力の強弱は、攪拌翼を有する装置であれば、攪拌翼の翼周速度で評価することができる。本実施形態において、「強い剪断力」とは、翼周速度が 3.0 (m/s) 以上、好ましくは 5.0 (m/s) 以上のものを指す。翼周速度が上記の値以上だと、剪断力が適度に高く、ペースト化の時間を短縮化でき、生産効率が適度に良い。ただし、金属磁性粉末に与えるダメージを低減することを考慮すると、翼周速度を低く調整してダメージを低減することも可能である。

【0051】

なお、翼周速度は、円周率 \times タービン翼の直径 $(\text{m})\times 1$ 秒あたりの攪拌回転数(回転数)で算出することができる。例えば、タービン翼の直径が 3.0 cm (0.03 m) で、攪拌回転数が 8000 rpm であれば、1秒あたりの回転数は 133.3 (rps) となり、翼周速度は 12.57 (m/s) となる。

【0052】

得られたペースト状の処理物は、乾燥して溶媒を除くとよい。このときは、ペーストをバット上に広げ、溶媒の乾燥温度以上、被覆物質の分解温度未満に設定して乾燥することができる。溶媒の乾燥は、例えば酸化しやすい物質に対して被覆処理を行っている場合には、不活性雰囲気下、コスト面で考えると窒素中にて乾燥処理を行うことが好ましい。

【0053】

ここで金属磁性粉末に対し強固に被覆されうる有機化合物を用いて表面処理を行う場合には、例えばろ過を行ってある程度の溶媒を除いた後に、乾燥を行うという手法を採用してもよい。こうすることにより、予め溶媒の含有量を減ずることができるので、乾燥時間を短縮することもできる。なお、当該被覆が強固か否かを確認するには、例えばろ液を蒸発させて、残留成分がどの程度あるかで評価することもできる。

【0054】

一方、ペースト化することなく、溶媒と被着されうる有機化合物とを混合後に、金属磁性粉末を添加し、攪拌混合を行いながら表面処理を行う方法を採用する際には、日本コークス株式会社のFMミキサー、株式会社力ワタのスーパーミキサーといったものが使用できる。また、こうした装置に、溶媒を蒸発させるために加熱装置が付属したものを利用すれば、処理後の粉末を取り出して乾燥に付す操作が必要なくなるので好ましい。

【0055】

こうした処理を行う際には、金属磁性粉末の酸化による特性低下を抑制する目的で、不活性雰囲気下で処理を施すのが好ましい。さらに、一旦溶媒と有機化合物を混合した液に不活性ガス(コスト的には窒素)を通気させる操作を施すのがより好ましい。処理容器内を不活性ガスで置換した後、金属磁性粉末を酸化しないように添加して、溶媒、有機化合物、金属磁性粉末を混合して混合体を作製した後、加熱処理を行って溶媒の乾燥温度以上、被覆物質の分解温度未満に設定して乾燥することができる。より短時間で乾燥するには、ミキサーを運転し、混合体を転動させながら乾燥させることが好ましい。

【0056】

こうして得られた、被覆体が表面に形成された磁性粉末複合体の凝集体において、分級機やふるいなどを用いて粗粒子を除くのがよい。大きな粗粒子を除くことで、アンテナを作製した際に、粗粒子のある部分に力がかかってしまい、機械的特性が悪化する事態を回避することができるからである。篩を用いて分級する時には、 500 メッシュ以下の目開きのものを用いるのが適当である。

【0057】

なお、上記の工程を経て得られた磁性粉末複合体の特性および組成は、以下の方法により確認した。

【0058】

(BET比表面積)

BET比表面積は、ユアサイオニクス株式会社製の4ソープUSを用いて、BET一点法により求められる。

【0059】

(磁性粉末複合体の磁気特性評価)

得られた磁性粉末複合体(または金属磁性粉末)の磁気特性(バルク特性)として、東英工業株式会社製のVSM装置(VSM-7P)を使用して、外部磁場10kOe(795.8kA/m)で、保磁力 H_c (OeまたはkA/m)、飽和磁化 M_s (Am²/kg)、角形比SQ、保磁力分布SFDを測定可能である。 M_s は、磁性粉を60、90%の高温多湿環境下に一週間放置した時の飽和磁化の低下割合を百分率(%)で示したものである。

10

【0060】

(TAP密度の測定)

特開2007-263860号明細書に記載された方法で測定可能である。また、JISK-5101:1991の手法を採用しても測定可能である。

【0061】

2-4. 樹脂との混練工程

得られた磁性粉末複合体と上述の樹脂とを混練し、磁性コンパウンドを形成する。混練工程により樹脂中に金属磁性粉末が分散された状態となる。混練後の状態は、樹脂中に磁性粉末が均一濃度に分散されているのが好ましい。樹脂に混ぜ込むことのできる磁性粉末複合体の量が多い場合、高周波を加えた際の透磁率が高くなる一方、樹脂の有する機械的

20

【0062】

磁性コンパウンドを作製する手段としては、特に制限はない。例えば、市販の混練機を用いて、混練強度等を調整すればよい。

樹脂、金属磁性粉末、上記の有機化合物を含む混合物を加熱し、磁性コンパウンドを作製する方法を採用しても構わないし、樹脂を溶融させたところに磁性粉末複合体を添加する方法を採用しても構わない。

【0063】

なお、樹脂の溶融温度は樹脂の溶融温度よりも高い温度で通常行い、樹脂の分解性が高いときには分解温度以下で設定する。

30

【0064】

また、樹脂の機械的強度などを改善するために、通常知られている添加物として知られている、繊維態であるガラス繊維、炭素繊維、石墨繊維、アラミド繊維、ビニロン繊維、ポリアミド繊維、ポリエステル繊維、麻繊維、ケナフ繊維、竹繊維、スチール繊維、木綿、レーヨン、アルミニウム繊維、カーボンナノファイバー、カーボンナノチューブ、コットンファイブリル、窒化珪素ウイスキー、アルミナウイスキー、炭化珪素ウイスキー、ニッケルウイスキー、板状であるタルク、カオリンクレイ、マイカ、ガラスフレーク、アラゴナイト、硫酸カルシウム、水酸化アルミニウム、有機化モンモリロナイト、膨潤性合成マイカ、黒鉛、粒状である炭酸カルシウム、シリカ、ガラスビーズ、酸化チタン、酸化亜鉛、ワラストナイト、パーミキュライト、シラスバルーン、ガラスバルーン、ナノ酸化チタン、ナノシリカ、カーボンブラックといったものを添加することができる。その他、添加によりアンテナとしての特性が低下しない範囲で、経時劣化抑制物質を添加することもできる。

40

【0065】

(磁性コンパウンドの特性評価)

上述の方法により得られた磁性粉末複合体と特定の樹脂から構成される磁性コンパウンド0.2gをドーナツ状の容器内に入れて、ハンドプレス機、もしくはホットプレス機を用い、外径7mm、内径3mmのトロイダル形状の磁性コンパウンドの成形体を形成する。その後、アジレント・テクノロジー株式会社製のネットワーク・アナライザー(E8

50

362C)と株式会社関東電子応用開発製の同軸型Sパラメータ法サンプルホルダーキット(製品型番:CSH2-APC7、試料寸法:7.0mm-3.04mm×5mm)を用い、得られた磁性コンパウンドの成形体の高周波特性すなわち0.5~5GHzの区間、測定幅は0.05GHz刻みで行い、透磁率の実数部(μ')、透磁率の虚数部(μ'')、誘電率の実数部(ϵ')、誘電率の虚数部(ϵ'')を測定し、高周波特性を確認した。ここで、 $\tan \delta = \mu'' / \mu'$ であり、 $\tan \delta = \epsilon'' / \epsilon'$ で算出することができる。

【0066】

以上、本実施形態によれば、SPS(シンジオタクチックポリスチレン)、PPS(ポリフェニレンサルファイド)、および、m-PPE(変性ポリフェニレンエーテル)のいずれかの樹脂を用いて、高周波特性に優れ、かつ機械的強度に優れた磁性コンパウンドおよびその関連物を提供できる。

【0067】

<3.変形例等>

なお、本発明の技術的範囲は上述した実施の形態に限定されるものではなく、発明の構成要件やその組み合わせによって得られる特定の効果を導き出せる範囲において、種々の変更や改良を加えた形態も含む。

【0068】

(金属磁性粒子、被覆体、磁性粉末複合体および樹脂)

本実施形態においては、金属磁性粒子、被覆体、磁性粉末複合体および樹脂に関し、主となる元素や化合物について詳述した。その一方、上記で列挙した元素や化合物以外のものを、金属磁性粒子、被覆体、磁性粉末複合体および樹脂が含有していても構わない。

【0069】

(アプリケーション)

本実施形態における得られた磁性粉末複合体と特定の樹脂から構成される磁性コンパウンドは、アンテナ、インダクタ、電波遮蔽材に用いることができる。特に、当該磁性コンパウンドにより構成されるアンテナ、更には当該アンテナを備えた電子通信機器(電子機器)においても、後述の実施例の項目で示すような比較的高い通信特性を享受することが可能である。つまり、本実施形態における磁性コンパウンドは、上記のような電子部品、アンテナ、電子機器等々へと加工可能なものである。

【0070】

このような電子通信機器としては、例えば、本実施形態におけるアンテナが受信した電波に基づいて電子通信機器としての機能を奏する部分と、受信した電波に基づいて当該部分を制御する制御部とを有するものが挙げられる。

【0071】

なお、本実施形態における電子通信機器としては、アンテナを備える関係上、通信機能を有する通信機器であるのが好ましい。しかしながら、アンテナにより電波を受信して機能を発揮する電子機器であれば、通話などの通信機能を備えない電子機器であっても差し支えない。

【実施例】

【0072】

次に実施例を示し、本発明について具体的に説明する。もちろん本発明は、以下の実施例に限定されるものではない。

【0073】

なお、本項目で挙げる各例における条件および測定結果を表1~5に記載する。

表1は、実施例1~20、比較例1~6に係る試料の原料について記載する。

表2は、実施例1~20、比較例1~6に係る試料の磁気的特性および機械的特性について記載する。

表3は、実施例1~20、比較例1~6に係る試料の高周波特性(750MHz~1GHz、2GHz)について記載する。

10

20

30

40

50

表 4 は、実施例 1 ～ 20、比較例 1 ～ 6 に係る試料の高周波特性（800 MHz、1.5 GHz）について記載する。

表 5 は、実施例 1 ～ 20、比較例 1 ～ 6 に係る試料の高周波特性（2.5 GHz、3.0 GHz）について記載する。

【表 1】

	被覆物	樹脂	金属磁性粉末 (vol%)	ガラス繊維 (質量%)
実施例1	フタル酸	PPS	30	0
実施例2	無水マレイン酸	PPS	30	0
実施例3	マレイン酸	PPS	30	0
実施例4	フタル酸ジメチル	PPS	30	0
実施例5	コハク酸	PPS	30	0
実施例6	無水コハク酸	PPS	30	0
実施例7	無水フタル酸	PPS	30	0
実施例8	安息香酸	PPS	30	0
実施例9	マロン酸	PPS	30	0
実施例10	フマル酸	PPS	30	0
実施例11	グルタル酸	PPS	30	0
実施例12	アゼライン酸	PPS	30	0
実施例13	セバシン酸	PPS	30	0
実施例14	フタル酸	PPS	30	0
実施例15	フタル酸	PPS	30	30
実施例16	フタル酸	SPS	20	0
実施例17	フタル酸	SPS	30	0
実施例18	フタル酸	SPS	40	0
実施例19	フタル酸	PPE	30	0
実施例20	フタル酸	PPE	30	30
比較例1	なし	エポキシ	30	0
比較例2	フタル酸	エポキシ	30	0
比較例3	なし	PPS	30	0
比較例4	なし	SPS	30	0
比較例5	なし	PPE	30	0
比較例6	なし	PPS/PA6T	30	0

10

20

30

40

【表 2】

	Hc (Oe)	Hc (kA/m)	σ_s (Am ² /kg)	SQ (-)	SFD (-)	$\Delta\sigma_s$ (%)	BET (m ² /g)	TAP (g/cc)	曲げ強度 (MPa)	弾性率 (MPa)
実施例1	697	55.5	173.8	0.318	3.333	6.4	33.3	1.574	55.8	6021
実施例2	703	55.9	171.7	0.319	3.313	8.7	31.3	1.517	80.6	6415
実施例3	696	55.4	172.2	0.310	3.409	9.7	31.1	1.537	83.5	6533
実施例4	698	55.5	173.4	0.312	3.355	4.8	33.5	1.535	62.4	5832
実施例5	702	55.9	172.6	0.319	3.310	9.9	32.1	1.44	60.0	7352
実施例6	704	56.0	173.8	0.315	3.329	8.4	33.4	1.605	71.8	7403
実施例7	695	55.3	173	0.311	3.369	5.4	28.2	1.558	51.8	5929
実施例8	687	54.7	174.9	0.304	3.450	4.8	29.3	1.702	56.7	5632
実施例9	707	56.3	173.1	0.326	3.281	10.7	32.1	1.365	57.6	6523
実施例10	716	57.0	170.900	0.325	3.249	9.0	36.2	1.37	69.4	5837
実施例11	721	57.4	173.8	0.324	3.277	7.4	30.4	1.374	47.5	6533
実施例12	708	56.3	174.7	0.328	3.249	5.1	28.8	1.368	60.1	5355
実施例13	703	55.9	174.7	0.321	3.319	4.9	28.8	1.408	67.7	5714
実施例14	724	57.6	173.5	0.322	3.268	5.7	34.9	1.373	50.0	5529
実施例15	724	57.6	173.5	0.322	3.268	5.7	34.9	1.373	77.8	10527
実施例16	724	57.6	173.5	0.322	3.268	5.7	34.9	1.373	43.3	3400
実施例17	724	57.6	173.5	0.322	3.268	5.7	34.9	1.373	38.6	3952
実施例18	724	57.6	173.5	0.322	3.268	5.7	34.9	1.373	35.0	5642
実施例19	724	57.6	173.5	0.322	3.268	5.7	34.9	1.373	39.1	4424
実施例20	724	57.6	173.5	0.322	3.268	5.7	34.9	1.373	60.6	7721
比較例1	757	60.2	179.3	0.337	3.141	7.6	37.3	1.093	—	—
比較例2	724	57.6	173.5	0.322	3.268	5.7	34.9	1.373	—	—
比較例3	757	60.2	179.3	0.337	3.141	7.6	37.3	1.093	—	—
比較例4	757	60.2	179.3	0.337	3.141	7.6	37.3	1.093	—	—
比較例5	757	60.2	179.3	0.337	3.141	7.6	37.3	1.093	—	—
比較例6	757	60.2	179.3	0.337	3.141	7.6	37.3	1.093	—	—

10

20

30

【表 3】

	750MHz~1GHz				2.0GHz					
	μ'		ϵ'		μ'	μ''	$\tan\delta\mu$	ϵ'	ϵ''	$\tan\delta\epsilon$
	平均	標準偏差	平均	標準偏差						
実施例1	1.739	0.002	6.066	0.001	1.786	0.062	0.034	6.074	0.061	0.010
実施例2	1.738	0.003	6.190	0.002	1.786	0.059	0.033	6.184	0.089	0.014
実施例3	1.776	0.002	6.376	0.002	1.826	0.064	0.035	6.361	0.099	0.016
実施例4	1.747	0.003	6.108	0.002	1.794	0.056	0.031	6.111	0.066	0.011
実施例5	1.854	0.004	6.696	0.007	1.912	0.088	0.046	6.658	0.146	0.022
実施例6	1.825	0.003	6.718	0.009	1.878	0.079	0.042	6.657	0.190	0.028
実施例7	1.724	0.002	5.930	0.002	1.770	0.058	0.032	5.937	0.054	0.009
実施例8	1.731	0.002	6.310	0.007	1.776	0.054	0.030	6.261	0.148	0.024
実施例9	1.720	0.005	6.405	0.007	1.756	0.068	0.039	6.363	0.138	0.022
実施例10	1.774	0.003	6.028	0.004	1.821	0.088	0.048	6.013	0.095	0.016
実施例11	1.823	0.004	6.452	0.009	1.880	0.082	0.043	6.392	0.176	0.028
実施例12	1.809	0.008	6.075	0.008	1.857	0.093	0.050	6.044	0.124	0.021
実施例13	1.838	0.002	6.259	0.010	1.894	0.081	0.043	6.178	0.203	0.033
実施例14	1.730	0.003	5.364	0.004	1.776	0.052	0.029	5.364	0.052	0.010
実施例15	1.749	0.002	5.921	0.001	1.793	0.057	0.032	5.926	0.059	0.010
実施例16	1.436	0.001	3.983	0.001	1.459	0.033	0.022	3.989	0.031	0.008
実施例17	1.676	0.003	5.291	0.001	1.718	0.052	0.030	5.293	0.055	0.010
実施例18	1.836	0.003	5.877	0.001	1.888	0.072	0.038	5.883	0.055	0.009
実施例19	1.730	0.003	5.364	0.004	1.776	0.052	0.029	5.364	0.052	0.010
実施例20	1.749	0.002	5.921	0.001	1.793	0.057	0.032	5.926	0.059	0.010
比較例1	1.859	0.005	6.710	0.039	1.916	0.113	0.059	6.466	0.470	0.073
比較例2	1.921	0.005	7.848	0.057	1.980	0.120	0.060	7.494	0.664	0.089
比較例3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
比較例4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
比較例5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
比較例6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

10

20

30

【表 4】

	800MHz						1.5GHz					
	μ'	μ''	$\tan\delta\mu$	ε'	ε''	$\tan\delta\varepsilon$	μ'	μ''	$\tan\delta\mu$	ε'	ε''	$\tan\delta\varepsilon$
実施例1	1.738	0.015	0.009	6.064	0.029	0.005	1.763	0.034	0.019	6.069	0.040	0.007
実施例2	1.736	0.012	0.007	6.189	0.059	0.010	1.762	0.029	0.016	6.184	0.070	0.011
実施例3	1.776	0.015	0.008	6.377	0.063	0.010	1.802	0.035	0.020	6.365	0.079	0.012
実施例4	1.745	0.011	0.006	6.106	0.029	0.005	1.771	0.031	0.017	6.108	0.043	0.007
実施例5	1.850	0.018	0.010	6.700	0.126	0.019	1.886	0.045	0.024	6.670	0.129	0.019
実施例6	1.823	0.017	0.010	6.724	0.171	0.025	1.854	0.042	0.023	6.675	0.173	0.026
実施例7	1.725	0.014	0.008	5.926	0.017	0.003	1.748	0.031	0.018	5.935	0.034	0.006
実施例8	1.732	0.015	0.008	6.311	0.125	0.020	1.755	0.033	0.019	6.275	0.132	0.021
実施例9	1.719	0.034	0.020	6.411	0.121	0.019	1.747	0.044	0.025	6.377	0.123	0.019
実施例10	1.773	0.037	0.021	6.025	0.056	0.009	1.801	0.059	0.033	6.020	0.066	0.011
実施例11	1.822	0.017	0.009	6.456	0.154	0.024	1.856	0.043	0.023	6.411	0.160	0.025
実施例12	1.809	0.036	0.020	6.076	0.104	0.017	1.839	0.053	0.029	6.050	0.105	0.017
実施例13	1.835	0.017	0.009	6.267	0.193	0.031	1.869	0.038	0.020	6.204	0.194	0.031
実施例14	1.700	0.027	0.016	5.987	0.036	0.006	1.725	0.037	0.021	5.984	0.048	0.008
実施例15	1.854	0.018	0.010	6.959	0.061	0.009	1.890	0.043	0.022	6.947	0.073	0.010
実施例16	1.436	0.018	0.013	3.983	0.007	0.002	1.448	0.023	0.016	3.986	0.015	0.004
実施例17	1.676	0.024	0.014	5.291	0.025	0.005	1.700	0.032	0.019	5.290	0.034	0.006
実施例18	1.834	0.025	0.013	5.877	0.020	0.003	1.865	0.042	0.022	5.878	0.033	0.006
実施例19	1.734	0.023	0.013	5.359	0.023	0.004	1.755	0.033	0.019	5.362	0.033	0.006
実施例20	1.747	0.018	0.011	5.922	0.026	0.004	1.769	0.034	0.019	5.926	0.038	0.006
比較例1	1.858	0.052	0.028	6.726	0.470	0.070	1.896	0.070	0.037	6.542	0.461	0.070
比較例2	1.920	0.044	0.023	7.872	0.688	0.087	1.958	0.073	0.037	7.604	0.660	0.087
比較例3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
比較例4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
比較例5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
比較例6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

10

20

30

【表 5】

	2.5GHz						3.0GHz					
	μ'	μ''	$\tan\delta\mu$	ϵ'	ϵ''	$\tan\delta\epsilon$	μ'	μ''	$\tan\delta\mu$	ϵ'	ϵ''	$\tan\delta\epsilon$
実施例1	1.801	0.101	0.056	6.059	0.087	0.014	1.807	0.141	0.078	6.038	0.109	0.018
実施例2	1.804	0.098	0.055	6.166	0.114	0.018	1.809	0.141	0.078	6.145	0.134	0.022
実施例3	1.843	0.107	0.058	6.344	0.123	0.019	1.849	0.150	0.081	6.319	0.145	0.023
実施例4	1.810	0.098	0.054	6.098	0.088	0.014	1.816	0.136	0.075	6.076	0.110	0.018
実施例5	1.927	0.139	0.072	6.634	0.172	0.026	1.932	0.190	0.098	6.603	0.193	0.029
実施例6	1.895	0.125	0.066	6.625	0.212	0.032	1.902	0.172	0.090	6.590	0.233	0.035
実施例7	1.785	0.097	0.054	5.927	0.078	0.013	1.790	0.134	0.075	5.907	0.101	0.017
実施例8	1.794	0.092	0.051	6.236	0.168	0.027	1.803	0.128	0.071	6.204	0.187	0.030
実施例9	1.770	0.095	0.054	6.348	0.156	0.025	1.774	0.132	0.074	6.323	0.178	0.028
実施例10	1.830	0.129	0.071	6.007	0.102	0.017	1.829	0.174	0.095	5.986	0.125	0.021
実施例11	1.898	0.132	0.069	6.358	0.196	0.031	1.902	0.179	0.094	6.327	0.211	0.033
実施例12	1.871	0.135	0.072	6.029	0.133	0.022	1.870	0.188	0.101	6.005	0.152	0.025
実施例13	1.911	0.131	0.068	6.141	0.221	0.036	1.921	0.181	0.094	6.096	0.234	0.038
実施例14	1.758	0.095	0.054	5.977	0.096	0.016	1.764	0.133	0.075	5.957	0.119	0.020
実施例15	1.934	0.120	0.062	6.928	0.124	0.018	1.950	0.168	0.086	6.900	0.149	0.022
実施例16	1.467	0.050	0.034	3.984	0.046	0.012	1.475	0.068	0.046	3.970	0.061	0.015
実施例17	1.732	0.082	0.047	5.285	0.077	0.014	1.742	0.116	0.066	5.268	0.096	0.018
実施例18	1.903	0.113	0.059	5.875	0.079	0.013	1.916	0.156	0.082	5.852	0.100	0.017
実施例19	1.789	0.080	0.045	5.362	0.074	0.014	1.808	0.114	0.063	5.338	0.092	0.017
実施例20	1.809	0.090	0.050	5.917	0.084	0.014	1.823	0.127	0.070	5.896	0.105	0.018
比較例1	1.922	0.163	0.085	6.399	0.485	0.076	1.919	0.212	0.111	6.333	0.496	0.078
比較例2	1.987	0.178	0.090	7.399	0.673	0.091	1.978	0.241	0.122	7.312	0.682	0.093
比較例3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
比較例4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
比較例5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
比較例6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

なお、各表の空欄は未測定または測定不能であった項目である。

以下、各例について説明する。

【0074】

<実施例1>

本例においては、少量サンプルを作製した。

まず、金属磁性粉末（DOWAエレクトロニクス株式会社製：鉄 - コバルト金属粒子、長軸長：40 nm、BET：37.3 m²/g、 μ_s ：179.3 A m²/kg、炭素含有量（高周波燃焼法）：0.01質量%）を500メッシュ篩で篩わけし、篩下の金属磁性粉末（50 g）に、フタル酸（和光純薬工業製特級試薬）を磁性粉に対して5%（2.5 g）、エタノールを磁性粉に対して30重量%（15 g）添加して、メノウ乳鉢中で5分間混合させた。乾燥は60℃で2時間行い、本例における磁性粉末複合体を得た。なお、得られた磁性粉末複合体の真密度を気相（Heガス）置換法で求めたところ、5.58 g/cm³であった。求めた真密度の値は、コンパウンド中の磁性粉末複合体の含有量を所望の割合にするための配合比の算出に使用した。

【0075】

酸素濃度計で0%になるまで窒素にて充満させた雰囲気中においた小型混練機（DSMX Explore（登録商標）MC15、Explore Instruments社製）中で、ポリフェニレンサルファイド樹脂（PPS/ポリプラスチック株式会社製ジュラフ

アイド（登録商標）0220A9）13.2gを、設定温度300において、混練攪拌速度100rpmにて溶解させつつ、磁性粉末複合体を溶解樹脂に混ぜ入れた。なお、磁性粉末複合体の量としては、成形体形成時の体積充填率が30体積%に相当する23.4gとした。そして、10分間混練（樹脂および磁性粉の投入時間を含む）し、混練物すなわち磁性コンパウンドを作製した。

【0076】

得られた磁性コンパウンドは、小型混練機のオプション装置である射出成形機にシリンダ温度300、金型温度130の条件で投入し、曲げ試験用の成形体（ISO178規格サイズ：80mm×10mm×4mm）を作製したのち、デジタルフォースゲージ（株式会社イマダ製 ZTS-500N）を用い、支点間距離を16mmとして、曲げ強度を測定し、曲げ変位を算出した上で弾性率（MPa）を測定した。

10

【0077】

更に、高周波特性を測定するため、磁性コンパウンド0.2gを直径6mmのドーナツ形治具中へ投入後、小型ホットプレス機（アズワン製）にて300で20分間加熱した。こうすることにより磁性コンパウンド中の樹脂を熔融させた後、加圧しながら、外径7mm、内径3mmのトロイダル形状の成形体へと成形して冷却し、得られた成形体に対し、上記の実施の形態に記載の方法で高周波特性を測定した。

【0078】

<実施例2>

本例では、実施例1において添加する処理剤を無水マレイン酸とした以外は実施例1と同様にした。

20

【0079】

<実施例3>

本例では、実施例1において添加する処理剤をマレイン酸とした以外は実施例1と同様にした。

【0080】

<実施例4>

本例では、実施例1において添加する処理剤をフタル酸ジメチルとした以外は実施例1と同様にした。

【0081】

30

<実施例5>

本例では、実施例1において添加する処理剤をコハク酸とした以外は実施例1と同様にした。

【0082】

<実施例6>

本例では、実施例1において添加する処理剤を無水コハク酸とした以外は実施例1と同様にした。

【0083】

<実施例7>

本例では、実施例1において添加する処理剤を無水フタル酸とした以外は実施例1と同様にした。

40

【0084】

<実施例8>

本例では、実施例1において添加する処理剤を安息香酸とした以外は実施例1と同様にした。

【0085】

<実施例9>

本例では、実施例1において添加する処理剤をマロン酸とした以外は実施例1と同様にした。

【0086】

50

< 実施例 10 >

本例では、実施例 1 において添加する処理剤をフマル酸とした以外は実施例 1 と同様にした。

【 0 0 8 7 】

< 実施例 11 >

本例では、実施例 1 において添加する処理剤をグルタル酸とした以外は実施例 1 と同様にした。

【 0 0 8 8 】

< 実施例 12 >

本例では、実施例 1 において添加する処理剤をアゼライン酸とした以外は実施例 1 と同様にした。

【 0 0 8 9 】

< 実施例 13 >

本例では、実施例 1 において添加する処理剤をセバシン酸とした以外は実施例 1 と同様にした。

【 0 0 9 0 】

< 実施例 14 >

本例においては、中量サンプルを作製した。

まず、フタル酸（和光純薬工業株式会社製特級試薬）25 g にエタノール（和光純薬工業株式会社製特級試薬）を 500 g になるように添加し、フタル酸をエタノールへと溶解させた。この溶液に対し、金属磁性粉末（DOWA エレクトロニクス株式会社製：鉄 - コバルト金属粒子、長軸長：40 nm、 $BET: 37.3 \text{ m}^2/\text{g}$ 、 $s: 179.3 \text{ Am}^2/\text{kg}$ 、炭素含有量（高周波燃焼法）：0.01 質量%）500 g を不活性雰囲気下で添加し、溶液中にて金属磁性粉末を沈降させた。これを大気中で高速攪拌機（プライミクス株式会社製 TK ホモミキサー Mark II）で 8000 rpm において 2 分間攪拌して、金属磁性粉末のペースト態とした。

【 0 0 9 1 】

得られたペーストをアルミのバット上に広げ、エタノールの揮発温度近傍（78℃）で 1 時間、その後 120℃ に昇温して 1.5 時間加熱し、ペーストからエタノールを除き、フタル酸と金属磁性粉末が混在した凝集体を得た。得られた凝集体を 500 メッシュのふるいにかけて粗大粒子を除き、本例にかかる磁性粉末複合体とした。得られた磁性粉末複合体は、 $BET: 34.9 \text{ m}^2/\text{g}$ 、 $s: 173.5 \text{ Am}^2/\text{kg}$ 、炭素含有量（高周波燃焼法）：2.82 質量% の特性を有したものだった。

ここで、磁性粉末複合体の真密度を気相（He ガス）置換法で求め、求めた真密度の値を、コンパウンド中の磁性粉末複合体の含有量を所望の割合にするための配合比の算出に使用した。

以降は実施例 1 と同様にして評価した。

【 0 0 9 2 】

< 実施例 15 >

本例では、ガラス繊維が 30% 含有された比重 1.57 g/cm³ のジュラファイド（登録商標）1130A64（PPS / ポリプラスチック株式会社製 ポリフェニレンサルファイド）へと樹脂を変更した以外は実施例 14 と同様にした。

【 0 0 9 3 】

< 実施例 16 >

本例では、成形体形成時の体積充填率が 20 体積% に相当する磁性粉末複合体と、比重 1.18 g/cm³ の XAREC（登録商標）SP105（SPS / 出光興産株式会社製、シンジオタクチックポリスチレン）を 11.5 g それぞれ窒素中で秤量して 5 号規格瓶に入れてフタをした。軽く手で振ってかき混ぜたあと、小型混練機（DSM Xplore（登録商標）MC15、Xplore Instruments 社製）にて、窒素雰囲気中で、設定温度 300℃、混練攪拌速度 100 rpm にて、10 分間混練（樹脂およ

10

20

30

40

50

び磁性粉の投入時間を含む)して、混練物すなわち磁性コンパウンドを作製した。その余は実施例1と同様にして評価した。

【0094】

<実施例17>

本例では、実施例16において、磁性粉末複合体の体積充填率が30体積%に相当するように、磁性粉末複合体とSPSの添加量を調整した以外は実施例16と同様にした。

【0095】

<実施例18>

本例では、実施例16において、磁性粉末複合体の体積充填率が40体積%に相当するように、磁性粉末複合体とSPSの添加量を調整した以外は実施例16と同様にした。

10

【0096】

<実施例19>

本例では、樹脂を比重 1.06 g/cm^3 のザイロン(登録商標)AH-40(PPE/旭化成ケミカルズ株式会社製 変性ポリフェニレンエーテル)に変更した以外は実施例16と同様にした。

【0097】

<実施例20>

本例では、ガラス繊維が30%含有された比重 1.31 g/cm^3 のザイロン(登録商標)GH-30(PPE/旭化成ケミカルズ株式会社製 変性ポリフェニレンエーテル)へと樹脂を変更した以外は実施例16と同様にした。

20

【0098】

<比較例1>

本例では、実施例1において、フタル酸で表面処理していない金属磁性粒子を用いた。更に、熱可塑性樹脂ではなく熱硬化性樹脂であるエポキシ樹脂(一液型エポキシ樹脂 テスク株式会社製)を、金属磁性粉末が30質量%になるように秤量し、株式会社EME社製真空攪拌・脱泡ミキサー(V-mini300)を用いて、当該金属磁性粉末をエポキシ樹脂に分散させペースト状にした。このペーストをホットプレート上で60、2時間乾燥させて、金属磁性粉末-樹脂の複合体を得た。この複合体を解粒して複合体の粉末を作製し、この複合体粉末0.2gをドーナツ状の容器内に入れて、ハンドプレス機により1tの荷重をかけることにより、外径7mm、内径3mmのトロイダル形状の成形体とした。以降は実施例1と同様にして評価した。

30

【0099】

<比較例2>

本例では、比較例1に用いた金属磁性粉末を実施例14で使用した磁性粉末複合体に変更した以外は同様にした。

【0100】

<比較例3>

本例では、実施例14において、金属磁性粉末をフタル酸で表面処理しなかった以外は同様にした。

本例においては、混練物の作製の際、混練物を大気中に取り出した段階で金属磁性粉末が発火して発煙が生じ、そもそも混練物を作製することができなかった。

40

【0101】

<比較例4>

本例では、実施例17において、金属磁性粉末をフタル酸で表面処理しなかった以外は同様にした。

本例においては、混練物の作製の際、混練物を大気中に取り出した段階で金属磁性粉末が発火して発煙が生じ、そもそも混練物を作製することができなかった。

【0102】

<比較例5>

本例では、実施例19において、金属磁性粉末をフタル酸で表面処理しなかった以外は

50

同様にした。

本例においては、混練物の作製の際、混練物を大気中に取り出した段階で金属磁性粉末が発火して発煙が生じ、そもそも混練物を作製することができなかった。

【0103】

< 比較例 6 >

本例においては、既存の技術である熱可塑性樹脂と芳香族ナイロンの混合樹脂を用いて、磁性粉末複合体に同様の効果が見られるか確認した。具体的には、実施例 1 において、金属磁性粉末をフタル酸で表面処理せず、かつ、樹脂をジュラファイド（登録商標）（PPS / ポリフェニレンサルファイド樹脂 ポリプラスチックス株式会社製 A0220A9）と、芳香族ナイロン 6T ベスタミド（登録商標）（ダイセル・エボニック株式会社製 HTplus M1000）を混合した以外は同様にした。

10

本例においては、混練物の作製の際、混練物を大気中に取り出した段階で金属磁性粉末が発火して発煙が生じ、そもそも混練物を作製することができなかった。

【0104】

< 結果 >

上記の内容をまとめたのが、先に挙げた表 1 ~ 5 である。

上記の各表を見ると、いずれの実施例も、各表に記載した全ての周波数において、透磁率の実数部 (μ')、透磁率の虚数部 (μ'')、誘電率の実数部 (ϵ')、誘電率の虚数部 (ϵ'')、($\tan \delta$) および ($\tan \delta$)、更には 750 MHz ~ 1 GHz における μ' や ϵ' の標準偏差も含め、全てが良好な値となっていた。それに加え、曲げ強度や弾性率についても良好であった。

20

【0105】

その一方、比較例においては、比較例 3 ~ 6 において磁性コンパウンドを作製する際に、発火の手前の発煙が生じて、混練物を得ることができなかった。

比較例 1、2 においては、磁性コンパウンドを作製できた。しかし、高周波特性において実施例よりも劣る結果となっていた。

【0106】

以上の結果、上記の実施例によれば、電子通信機器の小型化を図ることを可能としつつも所望の通信特性を実現可能な磁性粉末複合体およびその関連物を提供できることが明らかとなった。

30

フロントページの続き

- (72)発明者 吉田 貴行
東京都千代田区外神田四丁目14番1号 DOWAエレクトロニクス株式会社内
- (72)発明者 馬場 拓行
東京都千代田区外神田四丁目14番1号 DOWAエレクトロニクス株式会社内

審査官 久保田 昌晴

- (56)参考文献 特開2009-105170(JP,A)
特開2008-214665(JP,A)
欧州特許出願公開第02783774(EP,A1)
特開2009-155545(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- | | |
|------|------|
| H01F | 1/26 |
| H01F | 1/20 |
| C22C | 1/04 |