【公報種別】特許法第１７条の２の規定による補正の掲載
【部門区分】第７部門第２区分
【発行日】平成29年10月19日(2017.10.19)

【公開番号】特開2016-219760(P2016-219760A)
【公開日】平成28年12月22日(2016.12.22)
【年通号数】公開・登録公報2016-069
【出願番号】特願2015-113490(P2015-113490)
【国際特許分類】
Ｈ０５Ｋ　9/00　(2006.01)
【ＦＩ】
Ｈ０５Ｋ　9/00　Ｍ

【手続補正書】
【提出日】平成29年9月5日(2017.9.5)
【手続補正１】
【補正対象書類名】特許請求の範囲
【補正対象項目名】全文
【補正方法】変更
【補正の内容】
【特許請求の範囲】
【請求項１】
電磁ノイズを抑制するペーストを製造する製造方法は、液体からなる絶縁性の有機化合物中に、硬磁性と絶縁性とを兼備する金属酸化物の微粒子の集まりを析出させた第一の懸濁液と、合金の組成が互いに異なり、複素透磁率の虚数部の周波数特性が互いに異なる複数種類の合金からなる扁平形状の軟磁性粉の集まりを、前記有機化合物より多い量のアルコールに分散させた第二の懸濁液とを混合し、前記金属酸化物の微粒子の集まりと前記複数種類の扁平形状の軟磁性粉の集まりとが、前記アルコールで希釈された前記有機化合物中に分散されたペーストを製造する、電磁ノイズを抑制するペーストの製造方法。
【請求項２】
請求項１に記載した電磁ノイズを抑制するペーストの製造方法は、前記金属酸化物の微粒子が、酸化第二鉄のガンマ相であるマグヘマイトの微粒子である、請求項１に記載した電磁ノイズを抑制するペーストの製造方法。
【請求項３】
請求項２に記載した電磁ノイズを抑制するペーストの製造方法は、前記マグヘマイトの微粒子は、ナフテン酸鉄の熱分解で酸化第一鉄の微粒子を生成し、さらに、該酸化第一鉄の微粒子を、大気雰囲気での熱処理でマグヘマイトの微粒子に酸化させたマグヘマイトの微粒子である、請求項２に記載した電磁ノイズを抑制するペーストの製造方法。
【請求項４】
請求項１に記載した電磁ノイズを抑制するペーストの製造方法は、前記有機化合物が、アルコールに溶解ないしは混和する第一の性質と、前記アルコールより粘度が高い第二の性質と、酸化第一鉄をマグヘマイトに酸化する大気雰囲気での熱処理温度より沸点が高い第三の性質と、絶縁体である第四の性質とからなる、これら４つの性質を兼備する有機化合物である、請求項1に記載した電磁ノイズを抑制するペーストの製造方法。
【請求項５】
請求項４に記載した電磁ノイズを抑制するペーストの製造方法は、前記有機化合物が、カルボン酸エステル類からなる有機化合物である、請求項４に記載した電磁ノイズを抑制するペーストの製造方法。
【手続補正２】
【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】全文
【補正方法】変更
【補正の内容】
【発明の詳細な説明】
【発明の名称】電磁ノイズを抑制するペーストの製造方法
【技術分野】
【０００１】
本発明は、電磁ノイズを抑制するペーストの製造方法に関わる。電磁ノイズを抑制するペーストを、電子機器の必要な部位に塗布することで、電子機器から放出される不要な電磁波が外部に漏洩する、あるいは、内部回路と干渉することを防ぐシートになる。または、外部からの不要な電磁波が電子機器に入り込んで、内部回路と干渉することを防ぐシートになる。
【背景技術】
【０００２】
近年、高周波数信号を使用する携帯電話やパーソナルコンピュータなどの電子機器の普及が著しい。例えば、携帯電話や無線ＬＡＮなどでは、数ＧＨｚから１０ＧＨｚに及ぶ高周波数信号を用いるものがある。さらに、電子機器が使用する信号の高周波数化に加え、電子機器の小型化や薄型化、高性能化に伴って、電子機器内での電磁干渉による誤動作や機器外部への放射ノイズに依る障害が問題となっている。このため、２００５年に発行された国際無線障害特別委員会（ＣＩＳＰＲ）の規格ＣＩＳＰＲ２２では、最高６ＧＨｚの電磁ノイズを規制している。
【０００３】
電磁ノイズの吸収エネルギーＰは数式１で与えられる。第一項は軟磁性材料に依る電磁ノイズの吸収であり、複素透磁率の複素部μ”の大きさと周波数とに応じて磁気損失が発生し、この磁気損失は熱に替わる。第二項は誘電体材料に依る電磁ノイズの吸収であり、複素誘電率の複素部ε”の大きさと周波数とに応じて誘電損失が発生し、この誘電損失も熱に替わる。第三項は導電性に依る電磁ノイズの吸収であり、高周波数の電界の表皮効果で表面に導電電流が流れて抵抗被膜を形成し、この抵抗被膜が導電率σの大きさに応じて抵抗損失を発生させ、この抵抗損失も熱に替わる。従って、電磁ノイズの周波数帯域で、軟磁性材料が一定の大きさの複素透磁率の複素部μ”を持てば、ないしは、誘電体材料が一定の大きさの複素誘電率の複素部ε”を持てば、一定の周波数帯域に及ぶ電磁ノイズが吸収される。数式１で、Ｅは電磁ノイズにおける電界の大きさ、Ｈは電磁ノイズにおける磁界の大きさ、ｆは電磁ノイズの周波数、σは導電率である。なお、磁性体（ないしは誘電体）が電磁ノイズにおける交番磁界（ないしは交番電界）を受信した時に、磁束密度（ないしは電束密度）の変化に位相の遅れが生じ、透磁率（ないしは誘電率）は、実数部μ’と虚数部μ”との差であるμ’－ｊμ”で与えられる（ないしは複素誘電率は実数部ε’と虚数部ε”との差ε’－ｊε”で与えられる）。
【０００４】
数１
$$P = \pi f \mu'' H^2 + \pi f \varepsilon'' E^2 + 1/2 \cdot \sigma E^2$$
【０００５】
電磁ノイズに係わる基材の性能は、従来は主として基材の透磁率に基づいて行われてきた。つまり、１００ＭＨｚ付近までの電磁ノイズに対しては、軟磁性材料の複素透磁率の実数部μ’による磁束収束効果が、磁界を遮蔽して磁気シールド効果をもたらす。また、複素透磁率の虚数部μ”による磁気損失効果が、電磁ノイズを吸収して熱に替え、電磁ノイズを抑制する効果をもたらす。しかし、多くの軟磁性材料は１００ＭＨｚの手前の周波数から複素透磁率の実数部μ’が低下し、μ’の値が大きいほど急激に低下する。いっぽう複素透磁率の複素部μ”は、μ’がピーク値を示す周波数の手前の周波数から急増し、一定の周波数でピーク値を示し、ピーク値を示す周波数から離れるほど低下し、５００ＭＨｚを超える周波数帯域では必要な大きさを持たない。また、電磁ノイズの放射源、つまり

電子部品と電磁ノイズを抑制するシートとの距離は、電磁ノイズの波長よりも短い近傍電磁界の領域であり、軟磁性材料の表面抵抗を増大させ、電磁ノイズが基材の表面で反射しないことが必要になる。

【０００６】

従って、誘電体材料の複素誘電率の虚数部ε”が、５００ＭＨｚを超える周波数帯域で一定の大きさを持てば、数式１に基づく誘電体材料の誘電損失によって、５００ＭＨｚを超える周波数帯域の電磁ノイズが吸収される。つまり、誘電体の双極子（これを配向分極という）が５００ＭＨｚ以上の電界の変化に追随できず、誘電体の誘電率が低下する誘電分散が起こればよい。この現象は、３段落で説明した電磁ノイズの交番電界に、電束密度の変化に位相の遅れが生じる現象である。しかしながら、５００ＭＨｚ以上の周波数帯域において、ほとんどの誘電体の複素誘電率の虚数部ε”の値は小さい。このことを、電子レンジで用いている２．４５ＧＨｚのマイクロ波におけるε”の値で説明する。

電磁ノイズを抑制するシートにおいて、軟磁性材料を分散させる高分子材料の２．４５ＧＨｚにおける複素誘電率の虚数部ε”は、フェノール樹脂で０．２－０．５、尿素樹脂で０．１６－０．２３、塩化ビニル樹脂で０．０８－０．２５、ナイロン樹脂で０．１２－０．２８、セルロース樹脂で０．０３－０．４２、合成ゴムで０．０２７－０．０３、ポリエチレン樹脂で０．００１２、ポリプロピレン樹脂で０．０００４であり、いずれの高分子材料のε”は小さい。いっぽう、代表的な極性分子である水の複素誘電率の虚数部ε”は２２．０と大きい。この２．４５ＧＨｚにおける水のε”の大きさが、電レンジにおける食品の加熱の原理に利用される。つまり食品に２．４５ＧＨｚのマイクロ波を照射すると、食品に含まれる水分子は電界の変化に追随できず、誘電損失によってマイクロ波を吸収して熱に替える。いっぽう、２．４５ＧＨｚにおける氷の複素誘電率の虚数部ε”は０．０００２８と小さく、マイクロ波の照射によって氷は溶けない。以上に説明したように、水やアルコールやアセトンといった極性分子からなる液体を除くと、５００ＭＨｚ以上の周波数帯域における複素誘電率の虚数部ε”の値は小さく、５００ＭＨｚ以上の周波数帯域における電磁ノイズを吸収できない。

【０００７】

いっぽう、フェライトを除く軟磁性材料は導電性であるため、電磁ノイズを反射させる。また、電子回路に直接電磁ノイズを抑制するシートを形成すると回路が短絡する。このため、軟磁性材料の占有率を低減してシートの導電性を低下させると、軟磁性材料の占有率の低減に応じて、電磁ノイズの吸収能力が低下する。従って、軟磁性材料を主成分とするシートの上下に絶縁シートを積層することで、軟磁性材料を主成分とするシートによる電磁波の反射を防ぎ、回路の短絡が防止できる。しかし、２種類のペーストを塗布して熱処理する処理を３回重ねることになり、電磁ノイズの対策費が増大する。また、携帯電話やデジタルスチルカメラなどの電子部品が高密度に実装された電子回路には余分なスペースがないため、積層シートが形成できない。

【０００８】

前記したような電磁ノイズを抑制する基材の課題に対して、様々な提案がなされている。例えば、特許文献１には、誘電体及び／又は磁性体と共に、誘電率調整剤として黒鉛を含有したものを電磁ノイズの吸収剤として用い、この電磁ノイズ吸収剤をゴムや合成樹脂に分散させる技術が提案されている。つまり、高周波数帯域で材料組成物中に含有する誘電体材料の複素誘電率に着目し、電磁波吸収特性における誘電損失を重視した。

しかし、特許文献１の複合材料の比抵抗が低いため、電子部品の回路基板に直接貼りつけると、回路がショートする可能性があり、絶縁性の接着テープをシートの外側に貼り付ける必要がある。また、電磁ノイズを表面で反射する。さらに、誘電体と磁性体と黒鉛とが電磁ノイズの吸収剤として作用するには、予め絶縁処理が必要になり、絶縁処理によってノイズ吸収剤の製造費用が高くなる。

【０００９】

このような課題を解決する技術として、特許文献２には、軟磁性材料と炭素材料を合成樹脂中に分散させた複合シートを用い、ＧＨｚ帯域の高周波数ノイズに対する抑制効果をも

たせ、さらに、電子部品の回路基板に直接貼り付ける場合のショート対策として、複合シートの片面ないしは両面に、表面抵抗が大きく、低周波ノイズに対する抑制効果を持つ軟磁性材料が合成樹脂に分散させた磁性シートを積層することが提案されている。
しかし、特許文献２は、ノイズ抑制シートの絶縁性を確保するために絶縁性の磁性シートを積層させるため、ノイズ抑制シートの絶縁性を確保する観点では、特許文献１と同様の範疇に入る。なお、特許文献２には、従来の軟磁性材料と黒鉛と高分子材料とを従来の方法で複合化するだけで、何ゆえＧＨｚの周波数帯域における電磁ノイズが吸収できるかの記載が全くなく、ＧＨｚの周波数帯域における複合シートの複素透磁率の虚数部μ”と複素誘電率の虚数部ε”との値との記載がない。いっぽう、特許文献２で、特許文献1の技術ではＧＨｚの周波数帯域の高周波数ノイズが吸収できないことが記載されている。
【先行技術文献】
【特許文献】
【００１０】
【特許文献１】特開２００９－２７８１３７号公報
【特許文献２】特開２０１３－１８２９３１号公報
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【００１１】
電磁ノイズの周波数が５００ＭＨｚ以上に及ぶ場合は、現実に電磁波を吸収することは難しい。この理由は５段落で説明した軟磁性材料の複素透磁率の虚数部μ”の値と、６段落で説明した誘電体材料の複素誘電率の虚数部ε”の値とが、５００ＭＨｚ以上の周波数帯域では必要な大きさを持たないことに依る。このため、５００ＭＨｚ以上の周波数帯域に及ぶ電磁ノイズは、新たな材料構造からなるシートで吸収するしか手段がない。従って、本発明の第一の課題は、新たな材料構造をシートに形成し、５００ＭＨｚから１０ＧＨｚの周波数帯域に及ぶ電磁ノイズを吸収するシートを実現することにある。さらに、電磁ノイズを抑制するシートが電子回路を短絡させず、表面で電磁ノイズを反射しなければ、一度のペーストの塗布でシートが形成できる。従って、本発明の第二の課題は、シートの表面が絶縁性であることにある。また、電磁ノイズは表皮効果によって、周波数が高いほど基材の表層にしか入り込まず、１ＧＨｚでは１．５μｍ程度の表層の深さである。いっぽう、電磁ノイズを吸収する基材が少ない量で面が形成できれば、電磁ノイズの受信感度が高く、電磁ノイズを吸収する性能が高いシートが安価に製造できる。さらに、余分なスペースがない電子回路にも電磁ノイズを抑制するシートが形成できる。従って、本発明の第三の課題は、電磁ノイズを吸収する基材が、ミクロンレベルの厚みで面を形成する構造を持つことにある。また、電磁ノイズを抑制するシートは汎用的な電子機器に形成される。従って、本発明の第四の課題は、安価な原料を用いて安価な費用でペーストが製造できることにある。本発明の電磁ノイズを抑制するペーストは、これら電磁ノイズを吸収するシートに関わる４つの課題を解決するペーストを実現することにある。
【００１２】
本発明における電磁ノイズを抑制するペーストの製造方法は、液体からなる絶縁性の有機化合物中に、硬磁性と絶縁性とを兼備する金属酸化物の微粒子の集まりを析出させた第一の懸濁液と、合金の組成が互いに異なり、複素透磁率の虚数部の周波数特性が互いに異なる複数種類の合金からなる扁平形状の軟磁性粉の集まりを、前記有機化合物より多い量のアルコールに分散させた第二の懸濁液とを混合し、前記金属酸化物の微粒子の集まりと前記複数種類の扁平形状の軟磁性粉の集まりとが、前記アルコールで希釈された前記有機化合物中に分散されたペーストを製造する、電磁ノイズを抑制するペーストの製造方法である。
【００１３】
つまり、本製造方法によるペーストを基材に塗布し、この後アルコールを気化させると、ペーストの体積が著しく縮小し、ペーストに分散されていた金属酸化物の微粒子と複数種類の合金の扁平軟磁性粉との距離が短くなる。この際、硬磁性の性質を持つ金属酸化物の

微粒子は、最も近い扁平形状の軟磁性粉に磁気吸着する。これによって、扁平軟磁性粉に硬磁性の性質が付与され、扁平軟磁性粉は互いに磁気吸着する。この結果、磁気吸着した複数種類の合金の扁平軟磁性粉の集まりが、液体の有機化合物中に閉じ込められた新たな材料構造からなるシートが基材に形成される。従って、磁気吸着した扁平軟磁性粉の集まりが、シートの全体に広がって面を形成するため、電磁ノイズを受信する感度が増大する。また、複数種類の合金の組成が互いに異なるため、扁平軟磁性粉における複素透磁率の虚数部μ”の周波数特性は互いに異なり、磁気吸着した扁平軟磁性粉の集まりにおける複素透磁率の虚数部μ”の周波数特性は、各々の扁平軟磁性粉における複素透磁率の虚数部μ”の周波数特性が加算された特性になる。この結果、複数種類の扁平軟磁性粉の集まりにおける複素透磁率の虚数部μ”は、広い周波数帯域において一定の値を持ち、従来では困難であった５００ＭＨから１０ＧＨｚの電磁ノイズを吸収する。なお、シートの厚みはペーストの粘度で決まり、シートは有機化合物の粘度に基づく粘着力で基材に接合する。また、粘着テープの表面にペーストを塗布し、その後アルコールを気化させ、粘着テープを必要な部位に張り付けて電磁ノイズを抑制するシートとして使用することもできる。

つまり、軟磁性粉に磁化の容易軸方向である面方向に扁平処理を施すと反磁界係数が縮小され、厚みに対する長軸の比率である扁平率が大きいほど複素透磁率の虚数部μ”が増大する。いっぽう、電磁ノイズの表皮効果で、周波数が高いほど電磁ノイズが入り込む深さは浅く、１０ＧＨｚの電磁ノイズでは軟磁性粉の１μｍ程度の深さまでしか入り込めない。従って、軟磁性粉を１μｍより薄い厚みに扁平処理した扁平軟磁性粉は、扁平軟磁性粉の全体が電磁ノイズの吸収に参画し、厚みが薄いが電磁ノイズを吸収する性能が高いシートを形成することができる。

しかしながら、扁平軟磁性粉の複素透磁率の虚数部μ”は、ピーク値を示す手前の周波数で立ち上がって増大し、一定の周波数でピーク値を示し、ピーク値の周波数から離れるほど減衰する。従って、複素透磁率の虚数部μ”が一定の大きさを持つ周波数帯域は限られ、これによって、１種類の扁平軟磁性粉によって電磁ノイズを吸収できる周波数帯域は限られる。

いっぽう、合金の扁平軟磁性粉は次の３つの特徴を持つため、複数種類の合金の扁平軟磁性粉を混合することで、従来では不可能であった５００ＭＨｚから１０ＧＨｚ帯域に及ぶ電磁ノイズが吸収できる。第一に、複素透磁率の虚数部μ”がピーク値を示す周波数が軟磁性のフェライト粉より高く、合金の組成によってμ”がピーク値を示す周波数が変わる。第二に、合金の組成によって合金の硬さが変わり、合金の硬さによって扁平処理における扁平率が変わり、扁平率が大きいほど複素透磁率の虚数部μ”のピーク値が大きくなる。第三に、合金の組成によって合金の伸び率が変わり、合金の伸び率が大きいほど扁平処理における扁平粉の面積が広くなり、扁平粉の面積が広いほど電磁ノイズの受信感度が高まり、少ない軟磁性粉でも電磁ノイズが吸収できる。従って、複数種類の合金の扁平軟磁性粉について、複素透磁率の虚数部μ”がピーク値を示す周波数が広い周波数帯域に及ぶように合金の扁平軟磁性粉を組み合わせて混合すると、磁気吸着した複数種類の合金の扁平軟磁性粉の集まりは、各々の合金の扁平軟磁性粉のμ”の特性が加算されたμ”の特性を示し、この結果、広い周波数範囲で一定の大きさを持つことになる。

こうして、本製造方法によるペーストを用いることで、磁気吸着した複数種類の合金の扁平軟磁性粉の集まりが、液体の有機化合物中に閉じ込められた新たな材料構造からなるシートが形成され、電磁ノイズを抑制するシートとして次の５つの作用効果を発揮する。

第一の作用効果は、金属酸化物の微粒子が持つ硬磁性の性質に依る。つまり、アルコールが気化するとペーストの体積が著しく縮小し、有機化合物中に分散されていた金属酸化物の微粒子と扁平軟磁性粉との距離が短くなり、自発磁化を持つ硬磁性の金属酸化物の微粒子は、最も近い扁平軟磁性粉の表面に磁気吸着する。これによって、扁平軟磁性粉が硬磁性の性質を持ち、扁平軟磁性粉は面同士で互いに磁気吸着する。こうして扁平軟磁性粉の少ない量で厚みが薄いシートが形成でき、余分なスペースがない電子回路にもシートが形成できる。つまり、電磁ノイズは表皮効果によって、周波数が高いほど軟磁性粉の表層にしか入り込まず、１ＧＨｚでは１．５μｍ程度の表層の深さである。本ペーストの製造方

法に依れば、サブミクロンの厚みからなる扁平軟磁性粉が、４層から６層をなして面同士で磁気吸着するため、シートの全体にミクロンレベルの薄い面を形成し、効率よく電磁ノイズを吸収する。この結果、少ない量の扁平軟磁性粉の集まりが互いに面同士で磁気吸着して、広い面積を持ち、厚みが薄いシートを形成し、高い性能をもって効率よく電磁ノイズを吸収する。
つまり、軟磁性粉は自発磁化を持たない軟磁性体であり、自らが互いに吸着しない。従って、扁平軟磁性粉の集まりを高分子材料に混合するだけでは、扁平軟磁性粉が面方向に揃わない。このため、電磁ノイズの表皮効果で、扁平軟磁性粉の扁平率が大きいほど、また、電磁ノイズの周波数が高いほど、扁平軟磁性粉の多くが電磁ノイズの吸収に参画しない。これによって、電磁ノイズの周波数が高くなるほど電磁ノイズの受信感度が低下し、電磁ノイズを吸収する性能も低下する。また、高分子材料中に扁平軟磁性粉が分散されてシートが形成されるため、隣接する扁平軟磁性粉の間には必ず高分子材料が存在し、電磁ノイズの受信感度が低下し、電磁ノイズを吸収する性能も低下する。しかし、本製造方法のペーストに依れば、扁平率が大きいほど、扁平軟磁性粉の側面より表面に、圧倒的に多くの金属酸化物の微粒子が磁気吸着し、扁平軟磁性粉は互いに面同士で磁気吸着する。この結果、磁気吸着した扁平軟磁性粉の集まりが、シート全体に広がって厚みが薄い面を形成し、電磁ノイズの受信感度が増大し、電磁ノイズを吸収する性能も向上する。
第二の作用効果は、金属酸化物の微粒子が持つ絶縁性の性質に依る。つまり、扁平軟磁性粉は、絶縁性の金属酸化物の微粒子の集まりを介して磁気吸着するが、金属酸化物に依る渦電流損失は発生しない。このため、扁平軟磁性粉の磁気特性が阻害されず、扁平軟磁性粉の磁気特性によって磁気吸着した扁平軟磁性粉の集まりが形成される。
第三の作用効果は軟磁性粉の扁平形状に依る。つまり、軟磁性粉は磁化の容易軸方向の面方向に扁平化されるため、反磁場係数が小さくなり、扁平率が大きいほど複素透磁率の虚数部μ”が増大する。このため、ミクロンレベルの厚みからなる磁気吸着した扁平軟磁性粉の集まりでも、電磁ノイズを十分に吸収する。なお、軟磁性粉の扁平処理は、ボールミルに依る長時間のバッチ処理に依らず、アトマイズ軟磁性粉をメディア撹拌型ミルに依ってアトライタ処理するため、短時間で連続して扁平軟磁性粉が得られるため、扁平軟磁性粉は安価な軟磁性粉である。
第四の作用効果は、合金の組成が互いに異なる複数種類の合金からなる扁平軟磁性粉を用いることに依る。つまり、合金の扁平軟磁性粉は、次の３つの特徴を持ち、複数種類の合金の扁平軟磁性粉を混合することで、従来では不可能であった５００ＭＨｚから１０ＧＨｚの帯域に及ぶ電磁ノイズが吸収できる。第一に、複素透磁率の虚数部μ”がピーク値を示す周波数が、軟磁性のフェライト粉より高く、また、合金の組成によって複素透磁率の虚数部μ”の値の周波数特性が変わる。第二に、合金の組成によって合金の硬さが変わり、合金の硬さによって扁平処理における扁平率が変わり、扁平率が大きいほど複素透磁率の虚数部μ”のピーク値が大きくなる。第三に、合金の組成によって合金の伸び率が変わり、合金の伸び率によって扁平処理における扁平粉の面積が変わり、扁平粉の面積が大きいほど電磁ノイズの受信感度が高くなる。このため、複数種類の合金の扁平軟磁性粉について、複素透磁率の虚数部μ”がピーク値を示す周波数が、広い周波数範囲に及ぶように、複数種類の合金の扁平軟磁性粉を組み合わせて混合すると、磁気吸着した複数種類の合金の扁平軟磁性粉の集まりは、各々の合金の扁平軟磁性粉の複素透磁率の虚数部μ”の特性が加算された複素透磁率の虚数部μ”の特性を示し、この結果、複素透磁率の虚数部μ”の値が広い周波数範囲で一定の大きさを持つことになる。また、複数種類の合金からなる扁平軟磁性粉の集まりを液体の有機化合物に混合するため、有機化合物中でランダムに混ざり合い、アルコールを気化すれば、ランダムに混ざり合った扁平軟磁性粉が磁気吸着して扁平軟磁性粉の集合体を形成する。このため、扁平軟磁性粉の集合体は、各々の合金の扁平軟磁性粉の複素透磁率の虚数部μ”の特性が加算された複素透磁率の虚数部μ”の特性を示す。これによって、シートは５００ＭＨｚから１０ＧＨｚの周波数帯域に及ぶ電磁ノイズを吸収する。
第五の作用効果は、扁平軟磁性粉の集まりを閉じ込める有機化合物が、絶縁性の性質を持

つことに依る。このため、シートの表面は絶縁性を示し、次の４つの作用効果をもたらす。第一に、電磁ノイズを抑制するペーストと絶縁性のペーストとを重ねる必要はない。第二に、電子回路に直接ペーストを塗布しても回路は短絡しない。第三に、シートの表面で電磁ノイズを反射しない。第四に、合金の扁平軟磁性粉が酸化しやすいあるいは水蒸気で腐食しやすい性質でも、有機化合物の被膜が外界を遮断するため、また、有機化合物は吸水性を持たないため、合金の扁平軟磁性粉の酸化や腐食は起こらない。
以上に説明したように、本製造方法に依るペーストは、前記した５つの作用効果を発揮し、これによって、１１段落で説明した第一と第二と第三との課題が解決できた。

【００１４】

前記した電磁ノイズを抑制するペーストを製造する製造方法において、前記した金属酸化物の微粒子が、酸化第二鉄のガンマ相であるマグヘマイトの微粒子である、前記した電磁ノイズを抑制するペーストを製造する製造方法である。

【００１５】

つまり、マグヘマイトは次の３つの性質を持ち、合金の軟磁性粉同士がマグヘマイトの微粒子を介して磁気吸着することで画期的な作用効果をもたらす。
第一に比抵抗が10^{6}Ωｍの絶縁体である。従って、マグヘマイトに依る渦電流損失が極微小になり、マグヘマイトの微粒子で磁気吸着した複数種類の合金の扁平軟磁性粉の集まりは、扁平軟磁性粉の透磁率特性を阻害させることなく、扁平軟磁性粉の集まりを形成する。これによって、複数種類の合金の扁平軟磁性粉の集まりは、５００ＭＨｚから１０ＧＨｚの周波数帯域に及ぶ電磁ノイズを吸収する。ちなみに、扁平軟磁性粉の比抵抗は、10^{-6}－10^{-7}Ωｍであり、渦電流損失は比抵抗に反比例するため、マグヘマイトに依る渦電流損失は著しく小さい。
第二に硬磁性の一種のフェリ磁性の性質を持つ。このため、自発磁化を持つマグヘマイト微粒子は合金の扁平軟磁性粉の表面に優先的に磁気吸着し、また、マグヘマイト微粒子同士も磁気吸着し、磁気吸着したマグヘマイト微粒子は合金の軟磁性粉の表面に磁気吸着する。これによって、硬磁性の性質が付与された合金の扁平軟磁性粉は、面同士で磁気吸着して軟磁性粉の集合体を形成する。一度磁気吸着したマグヘマイト微粒子は、重量を殆ど持たない微粒子であるため、磁気吸着を解除することは困難である。従って、磁気吸着した合金の軟磁性粉の集まりは解除されず、電磁ノイズを抑制する機能を維持し続ける。
第三に安定した酸化物で、鉄の不働態皮膜を形成する物質として知られている。従ってマグヘマイトの微粒子の集まりで覆われた合金の扁平軟磁性粉の表面は、マグヘマイト微粒子の集まりで保護される。

【００１６】

前記した電磁ノイズを抑制するペーストを製造する製造方法において、前記したマグヘマイトの微粒子は、ナフテン酸鉄の熱分解で酸化第一鉄の微粒子を生成し、さらに、前記酸化第一鉄の微粒子を大気雰囲気での熱処理でマグネタイトの微粒子に酸化させたマグヘマイト微粒子である、前記した電磁ノイズを抑制するペーストを製造する製造方法である。

【００１７】

つまり、ナフテン酸鉄は、大気雰囲気の３４０℃で熱分解が完了して、酸化第一鉄ＦｅＯになる。さらに、昇温速度を抑えて３８０℃まで昇温し、３８０℃に一定時間放置すると、酸化第一鉄ＦｅＯにおける２価の鉄イオンFe^{2+}が３価の鉄イオンFe^{3+}に酸化され、酸化第二鉄Fe_2O_3のガンマ相であるマグヘマイトγ－Fe_2O_3が生成される。すなわち、ナフテン酸鉄は、ナフテン酸のカルボキシル基を構成する酸素イオンO^{-}が配位子になって、鉄イオンFe^{2+}に近づいて鉄イオンFe^{2+}に配位結合する錯体である。つまり、最も大きいイオンである鉄イオンFe^{2+}に酸素イオンO^{-}が近づいて配位結合するため、両者の距離は短くなる。これによって、鉄イオンFe^{2+}に配位結合する酸素イオンO^{-}が、鉄イオンの反対側で共有結合するイオンとの距離が最も長くなる。こうした分子構造上の特徴を持つナフテン酸鉄は、ナフテン酸の主成分の沸点を超えると、ナフテン酸鉄におけるカルボキシル基を構成する酸素イオンO^{-}が、鉄イオンFe^{2+}の反対側で共有結合するイオンとの結合部が最初に分断され、鉄イオンFe^{2+}と酸素イオン

O^-との化合物である酸化第一鉄ＦｅＯとナフテン酸とに分解する。さらに、昇温すると、ナフテン酸が気化熱を奪って気化し、ナフテン酸の気化が完了すると、酸化第一鉄ＦｅＯが析出して熱分解を終える。なおナフテン酸は５員環をもつ飽和脂肪酸の混合物で、$C_nH_{2n-1}COOH$からなる一般式で示され、主成分は沸点が２６８℃で、分子量が１７０の$C_9H_{17}COOH$からなる。なお、ナフテン酸鉄の熱分解反応は、窒素雰囲気より大気雰囲気の方が４０℃近く低い温度で進む。

さらに、大気雰囲気で昇温速度を抑えて３８０℃まで昇温すると、酸化第一鉄ＦｅＯにおける２価の鉄イオンFe^{2+}が３価の鉄イオンFe^{3+}になる酸化反応が進む。この酸化反応の初期段階では、酸化第一鉄ＦｅＯを構成する２価の鉄イオンFe^{2+}の一部が、３価の鉄イオンFe^{3+}になってFe_2O_3になり、組成式がＦｅＯ・Fe_2O_3のマグネタイトFe_3O_4になる。さらに、酸化反応が進むと、酸化第一鉄の全てがマグネタイトFe_3O_4になる。さらに、３８０℃に一定時間保持すると、マグネタイトＦｅＯ・Fe_2O_3を構成する２価の鉄イオンFe^{2+}の全てが３価の鉄イオンFe^{3+}になって酸化第二鉄Fe_2O_3になって酸化反応を終える。この酸化第二鉄Fe_2O_3は、マグネタイトFe_3O_4と同様の立方晶系である酸化第二鉄Fe_2O_3のガンマ相であるマグヘマイトγ－Fe_2O_3である。なお、酸化第二鉄Fe_2O_3のアルファ相であるヘマタイトα－Fe_2O_3の結晶構造は三方晶系であり、マグネタイトとは結晶構造が異なる。

なお、ナフテン酸鉄は、容易に合成できる安価な工業用薬品である。すなわち、汎用的な有機酸であるナフテン酸を、強アルカリと反応させるとナフテン酸アルカリ金属化合物が生成され、ナフテン酸アルカリ金属化合物を無機鉄化合物と反応させると、ナフテン酸鉄が合成される。従って、有機酸鉄化合物の中で最も安価な化合物の一つである。また、原料となるナフテン酸は、有機酸の沸点の中で相対的に沸点が低いため、大気雰囲気で３４０℃程度の熱処理で酸化第一鉄が析出する。このような性質を持つナフテン酸鉄は、塗料・印刷インキ用のドライヤー、ゴム・タイヤの接着剤、潤滑油の極圧剤、ポリエステルの硬化剤、助燃剤や重合触媒などに汎用的に使用されている。

以上に説明したように、ナフテン酸鉄は、１５段落に記載したマグヘマイトの安価な原料になる。

【００１８】

前記した電磁ノイズを抑制するペーストを製造する製造方法において、前記した有機化合物は、アルコールに溶解ないしは混和する第一の性質と、前記アルコールより粘度が高い第二の性質と、酸化第一鉄をマグヘマイトに酸化する大気雰囲気での熱処理温度より沸点が高い第三の性質と、絶縁体である第四の性質とからなる、これら４つの性質を兼備する有機化合物である、前記した電磁ノイズを抑制するペーストを製造する製造方法である。

【００１９】

つまり、有機化合物が４つの性質を兼備するため、有機化合物は電磁ノイズを抑制するペーストの原料となり、電磁ノイズを吸収するシートにおいて、磁気吸着した合金の扁平軟磁性粉の集まりを閉じ込める被膜として作用する。これによって、シートの表面は絶縁性を示す。また、合金の扁平軟磁性粉の集まりは、有機化合物で外界と遮断されるため、酸化ないしは腐食が起きない。

すなわち、有機化合物がアルコールに溶解ないしは混和する第一の性質を持つため、ナフテン酸鉄をアルコールに分散したアルコール分散液に有機化合物を混合すると、ナフテン酸鉄と有機化合物とが均一に混ざりあった混合液になる。さらに、有機化合物はアルコールより粘度が高い第二の性質を持つため、電磁ノイズを抑制するペーストにおける粘度は有機化合物の配合割合に応じて増大し、ペーストの塗布が可能になる。また、塗布した後のペースト厚みは、有機化合物の配合割合で決まる。

さらに、有機化合物は酸化第一鉄をマグヘマイトに酸化する熱処理温度より沸点が高い第三の性質を持つ。このため、前記した混合液を大気中で熱処理すると、最初にアルコールが気化し、有機化合中にナフテン酸鉄の微細結晶が均一に析出する。さらに３４０℃まで昇温すると、ナフテン酸鉄が熱分解し、有機化合物中に酸化第一鉄ＦｅＯの４０－６０ｎｍの大きさからなる粒状の微粒子が均一に析出する。さらに昇温速度を抑えて３８０℃ま

で昇温し、３８０℃に一定時間放置すると、酸化第一鉄ＦｅＯにおける２価の鉄イオンＦｅ$^{2+}$が３価の鉄イオンＦｅ$^{3+}$に酸化され、酸化第二鉄Fe_2O_3のガンマ相のマグヘマイトの粒状微粒子になる。この結果、マグヘマイトの４０－６０ｎｍの大きさからなる粒状微粒子が、液体の有機化合物中に均一に析出する。この有機化合物に、過剰のアルコールと、合金からなる扁平軟磁性粉の集まりを混合してペーストを作成し、このペーストを基材に塗布した後にアルコールを気化すれば、磁気吸着した合金の扁平軟磁性粉の集りが、液体の有機化合物に閉じ込められた構成からなる電磁ノイズを吸収するシートが基材に形成される。
また、有機化合物は絶縁体である第四の性質を持つ。これによって、電磁ノイズを吸収するシートの表面は絶縁性を示す。従って、電磁ノイズを抑制するペーストと、絶縁性のペーストとを重ねて塗布する必要はない。また、電子部品の回路基板に直接ペーストを塗布しても回路は短絡しない。また、表面で電磁ノイズを反射しない。
以上に説明したように、４つの性質を兼備する有機化合物は、電磁ノイズを抑制するペーストの原料となり、電磁ノイズを吸収するシートにおいては、表面が絶縁性となって磁気吸着した合金の扁平軟磁性粉の集まりを閉じ込め、扁平軟磁性粉の酸化と腐食を防ぐ。
【００２０】
前記した電磁ノイズを抑制するペーストを製造する製造方法において、前記した有機化合物が、カルボン酸エステル類からなる有機化合物である、前記した電磁ノイズを抑制するペーストを製造する製造方法である。
【００２１】
つまり、カルボン酸エステル類の中で比較的高分子量のカルボン酸エステル類に、１８段落で説明した４つの性質を兼備する有機化合物が存在する。こうしたカルボン酸エステル類は電磁ノイズを抑制するペーストの原料になり、電磁ノイズを吸収するシートにおいて、磁気吸着した合金の軟磁性粉の集まりを閉じ込める。また、このような４つの性質を兼備するカルボン酸エステル類は汎用的な工業用薬品である。
従って、前記したナフテン酸鉄をアルコールに分散したアルコール分散液に、カルボン酸エステル類からなる有機化合物を混合すると、アルコール中にナフテン酸鉄と有機化合物とが均一に混ざりあった混合液になる。この混合液を大気中で熱処理する。アルコールを気化させた後に３４０℃まで昇温すると、ナフテン酸鉄が熱分解し酸化第一鉄ＦｅＯの粒状微粒子が有機化合物に均一に析出する。さらに、昇温速度を抑えて３８０℃まで昇温し、３８０℃に一定時間放置すると、酸化第一鉄ＦｅＯの２価の鉄イオンＦｅ$^{2+}$が３価の鉄イオンＦｅ$^{3+}$に酸化され、酸化第一鉄ＦｅＯの粒状微粒子が酸化第二鉄Fe_2O_3のガンマ相のマグヘマイトの粒状微粒子になる。さらに、熱処理した混合液に、過剰のアルコールと複数種類の合金の扁平軟磁性粉の集まりとを混合してペーストを作成し、このペーストを基材に塗布した後にアルコールを気化すれば、磁気吸着した複数種類の合金の軟磁性粉の集りが、液体の有機化合物で覆われた電磁ノイズを吸収するシートが基材に形成される。
以上に説明したように、４つの性質を兼備するカルボン酸エステル類からなる有機化合物は、電磁ノイズを抑制するペーストの原料になり、電磁ノイズを吸収するシートにおいては、磁気吸着した合金の軟磁性粉の集まりを閉じ込める。これによって、シートの表面は絶縁性を示す。また、合金の軟磁性粉は有機化合物で保護される。
本発明によれば、一度のペーストの塗布で５００ＭＨｚから１０ＧＨｚの周波数帯域に及ぶ電磁ノイズが抑制されるシートが形成され、従来の概念を払拭するペーストが実現できる。従って、１３段落で説明した安価な扁平磁性粉と、１７段落で説明した安価なナフテン酸と、前記したカルボン酸エステル類からなる安価な有機化合物とからなる、安価な原料を用い、１３段落で説明した製造方法に基づく安価な製造費用で、電磁ノイズを抑制するペーストが製造できる。これによって１１段落で説明した第四の課題が解決できた。
【００２２】
（削除）
【００２３】

（削除）
【図面の簡単な説明】
【００２４】
【図１】マグヘマイト微粒子で磁気吸着したパーマロイの扁平軟磁性粉の集まりが、オレイン酸ブチルで閉じ込められた状態を模式的に説明する図である。
【発明を実施するための形態】
【００２５】
実施形態１
本実施形態は、第一にアルコールに溶解ないしは混和し、第二にアルコールより粘度が高く、第三に沸点が３８０℃より高く、第四に絶縁体であるこれら４つの性質を兼備する有機化合物に関する実施形態である。このような有機化合物として、比較的分子量が大きいカルボン酸エステルが存在する。
いっぽう、カルボン酸エステル類は、飽和カルボン酸からなる第一のエステル類と、不飽和カルボン酸からなる第二のエステル類と、芳香族カルボン酸からなる第三のエステル類と、２つのカルボキシル基を持つジカルボン酸からなる第四のエステルからなる、４種類のエステル類に分けられる。
【００２６】
第一のエステル類である飽和カルボン酸からなるエステル類は、酢酸エステル類、プロピオン酸エステル類、酪酸エステル類、ビバリン酸エステル類、カプロン酸エステル類、カプリル酸エステル類、カプリン酸エステル類、ラウリン酸エステル類、ミリスチン酸エステル類、パルミチン酸エステル類、ステアリン酸エステル類などからなる。
沸点が３８０℃より高く、アルコールに溶解ないしは混和し、アルコールより粘度が高いカルボン酸エステルは、ステアリン酸ブチル以上の分子量を持つステアリン酸エステル類である。ちなみにステアリン酸ブチルの沸点は３８９℃で、ステアリン酸オクチルの沸点は４３２℃である。また、ステアリン酸ブチルは比誘電率が３．１で、ステアリン酸オクチルは比誘電率が３．４の絶縁体である。
【００２７】
次に、不飽和カルボン酸からなるエステル類には、アクリル酸エステル類、クロトン酸エステル類、メタクリル酸エステル類、オレイン酸エステル類などがある。
このうち沸点が３８０℃より高く、アルコールに溶解ないしは混和し、アルコールより粘度が高いカルボン酸エステルは、オレイン酸エチル以上の分子量を持つオレイン酸エステル類である。ちなみに、オレイン酸エチルの沸点は３８６℃で、オレイン酸ブチルの沸点は４１５℃である。また、オレイン酸エチルは比誘電率が３．２で、オレイン酸ブチルは比誘電率が４．０の絶縁体である。
【００２８】
さらに、芳香族カルボン酸からなるエステル類には、安息香酸エステル類とフタル酸エステル類がある。
沸点が３８０℃より高く、アルコールに溶解ないしは混和し、アルコールより粘度が高いカルボン酸エステルは、フタル酸ビス（２－エチルヘキシル）以上の分子量を持つフタル酸エステル類である。ちなみにフタル酸ビス（２－エチルヘキシル）の沸点は３８５℃であり、フタル酸ジイソノニルの沸点は４０３℃である。また、フタル酸ビス（２－エチルヘキシル）は比誘電率が５．１で、フタル酸ジイソノニルは比誘電率が５．０の絶縁体である。
【００２９】
さらに、ジカルボン酸からなるエステル類には、シュウ酸、マロン酸、コハク酸、グルタル酸、アジピン酸、ピメリン酸、スペリン酸、アゼライン酸、セバシン酸、フマル酸などのジカルボン酸とのエステル類がある。
沸点が３８０℃より高く、アルコールに溶解ないしは混和し、アルコールより粘度が高いエステルは、セバシン酸ジオクチル以上の分子量を持つセバシン酸エステル類である。ちなみにセバシン酸ジオクチルの沸点は４３５℃で、比誘電率が４．０の絶縁体である。

以上に説明したように、相対的に高分子量のカルボン酸エステル類の中に、２５段落で説明した４つの性質を兼備する有機化合物が存在する。

【００３０】

実施形態２

本実施形態は、合金の扁平軟磁性粉に関する実施形態である。軟磁性粉に磁化の容易軸方向である面方向に扁平処理を施すと反磁界係数が縮小され、厚みに対する長軸の比率である扁平率が大きいほど複素透磁率の虚数部μ”が増大する。いっぽう、電磁ノイズの表皮効果で、周波数が高いほど電磁ノイズが入り込む深さは浅く、１０ＧＨｚの電磁ノイズでは軟磁性粉の１μｍ程度の深さまでしか入り込めない。従って、軟磁性粉を１μｍより薄い厚みに扁平処理した扁平軟磁性粉は、扁平軟磁性粉の全体が電磁ノイズの吸収に参画し、厚みが薄いが電磁ノイズを吸収する性能が高いシートを形成することができる。

しかしながら、扁平軟磁性粉の複素透磁率の虚数部μ”は、ピーク値を示す手前の周波数で立ち上がって増大し、一定の周波数でピーク値を示し、ピーク値の周波数から離れるほど減衰する。従って、複素透磁率の虚数部μ”が一定の大きさを持つ周波数帯域は限られ、これによって、１種類の扁平軟磁性粉によって電磁ノイズを吸収できる周波数帯域は限られる。

いっぽう、合金の扁平軟磁性粉は次の３つの特徴を持ち、複数種類の合金の扁平軟磁性粉を混合することで、従来では不可能であった５００ＭＨｚから１０ＧＨｚ帯域に及ぶ電磁ノイズが吸収できる。第一に、複素透磁率の虚数部μ”がピーク値を示す周波数が、軟磁性のフェライト粉より高く、合金の組成によって複素透磁率の虚数部μ”がピーク値を示す周波数が変わる。第二に、合金の組成によって合金の硬さが変わり、合金の硬さによって扁平処理における扁平率が変わり、扁平率が大きいほど複素透磁率の虚数部μ”のピーク値が大きくなる。第三に、合金の組成によって合金の伸び率が変わり、合金の伸び率が大きいほど、扁平処理における扁平粉の面積が広くなり、扁平粉の面積が広いほど、電磁ノイズの受信感度が高まり、少ない軟磁性粉でも電磁ノイズが吸収できる。従って、複数種類の合金の扁平軟磁性粉について、複素透磁率の虚数部μ”がピーク値を示す周波数が広い周波数帯域に及ぶように合金の扁平軟磁性粉を組み合わせて混合すると、磁気吸着した複数種類の合金の扁平軟磁性粉の集まりは、各々の合金の扁平軟磁性粉の複素透磁率の虚数部μ”の特性が加算された複素透磁率の虚数部μ”の特性を示し、この結果、広い周波数範囲で一定の大きさを持つことになる。

【００３１】

いっぽう、合金の軟磁性材料には、鉄に少量のケイ素を加えたケイ素鋼と、鉄にニッケルを加えたパーマロイと、鉄にケイ素とアルミニウムとを加えたセンダストと、鉄にコバルトを加えたパーメンジュールと、鉄にクロムとケイ素とを加えた電磁ステンレス鋼とがある。このうち、ケイ素鋼はケイ素の含有量が増えると脆くなり扁平処理ができなくなるため、ケイ素の添加量は１０％以下に抑える必要がある。また、パーマロイはニッケルの添加量が多くなるほど製造コストが高くなるいっぽうで、ニッケルの添加量が少ないと透磁率が低下するため、ニッケルの量を５０％程度に抑える必要がある。また、センダストは硬度が高いため扁平処理には不向きである。さらに、パーメンジュールはコバルトとの合金であるため製造コストが高く、電磁ノイズを抑制するシートの原料としては適さない。また、電磁ステンレス鋼は扁平処理をしやすくするため、アルミニウムを添加するのが好ましい。このような理由から、ケイ素を３％と６％を加えた２種類のケイ素鋼と、ニッケルを５０％加えたパーマロイと、鉄に７％のクロムと１％のケイ素と１．６％のアルミニウムとを加えた電磁ステンレス鋼とからなる４種類の合金の扁平軟磁粉について説明する。なお、合金の扁平軟磁性粉はこれら４種類に限定されることはない。つまり、パーマロイではニッケルの添加量を変えると、ケイ素鋼ではケイ素の添加量を変えると、電磁ステンレス鋼ではクロムの添加量を変えると、複素透磁率の虚数部μ”がピーク値を示す周波数と複素透磁率の虚数部μ”のピーク値が変わり、また、こうした合金の製造は容易である。従って４種類の合金の組成は一例に過ぎない。

【００３２】

合金の扁平軟磁性粉の製造は、最初にアルゴンガスのアトマイズ処理によって球状の合金粉末を作成する。次に、メディア撹拌型粉砕機に依って合金粉末を連続してアトライタ処理し、扁平化が飽和状態になる条件で合金粉を扁平処理する。この際、合金の硬さに応じて扁平化が進み、硬度が低いほど扁平率が大きくなる。また、合金の伸び率が大きいほど、扁平粉の面積、すなわち、粒径が大きくなる。前記した４種類の合金では、パーマロイ、ケイ素が３％のケイ素鋼、電磁ステンレス鋼、ケイ素が６％のケイ素鋼の順番で硬度が低く、この順番で、扁平率が３８、３４、２９、２３の扁平処理粉が得られる。また、前記した４種類の合金では、パーマロイ、電磁ステンレス鋼、ケイ素が３％のケイ素鋼、ケイ素が６％のケイ素鋼の順番で伸び率が大きく、このため、この順番で、平均粒径が１４μｍ、１２μｍ、９μｍ、８．５μｍからなる扁平処理粉が得られる。従って、扁平軟磁性粉の厚みの平均値は、パーマロイで０．３７μｍ、電磁ステンレス鋼で０．４１μｍ、ケイ素が３％のケイ素鋼で０．２６μｍ、ケイ素が６％のケイ素鋼で０．３７μｍとなり、いずれの扁平軟磁性粉の厚みが１μｍより十分に薄いため、１０ＧＨｚの電磁ノイズであっても扁平軟磁性粉の全体に電磁ノイズが入り込み、扁平軟磁性粉は効率よく電磁ノイズを吸収する。

次に、ネットワークアナライザーによるＳパラメータ法で、複素透磁率の虚数部μ”がピーク値を示す周波数とピーク値とを測定した。複素透磁率の虚数部μ”がピーク値を示す周波数とピーク値は、パーマロイが３．３ＧＨｚで８．８、ケイ素が３％のケイ素鋼が５．９ＧＨｚで８．７、電磁ステンレス鋼が４．８ＧＨｚで７．５、ケイ素が６％のケイ素鋼が６．０ＧＨｚで５．７になった。本発明においては、扁平軟磁性粉の集まりが、マグヘマイトの微粒子を介してランダムに磁気吸着した扁平軟磁性粉の集まりが形成できるため、これら４種類の合金の扁平軟磁性粉を混合する際の配合割合に応じて、吸収できる電磁ノイズの周波数帯域と性能とが変えられる。

ここで、４種類の合金の扁平軟磁性粉の複素透磁率の虚数部μ”がピーク値を示す周波数と、複素透磁率の虚数部μ”のピーク値による扁平軟磁性粉の配合について説明する。パーマロイの複素透磁率の虚数部μ”がピーク値となる周波数が、３．３ＧＨｚと最も低く、３．３ＧＨｚにおける複素透磁率の虚数部μ”の値が８．８と最も大きい。また、パーマロイの複素透磁率の虚数部μ”の値は、４．７ＧＨｚでケイ素が３％のケイ素鋼の複素透磁率の虚数部μ”の値と交差する。このため、４．７ＧＨｚまでの周波数帯域ではパーマロイの複素透磁率の虚数部μ”の値が最も大きい。従って、パーマロイの配合比率を高めるほど、相対的に低い周波数帯域の電磁ノイズが吸収される。これとは対照的に、ケイ素が３％のケイ素鋼の複素透磁率の虚数部μ”がピーク値となる周波数が５．９ＧＨｚと高く、５．９ＧＨｚにおける複素透磁率の虚数部μ”の値が８．７と大きい。従って、ケイ素が３％のケイ素鋼は、５．９ＧＨｚ以上の周波数帯域では複素透磁率の虚数部μ”の値が最も大きい。このため、ケイ素が３％のケイ素鋼の配合比率を高めるほど、相対的に高い周波数帯域の電磁ノイズが吸収できる。また、電磁ステンレス鋼の複素透磁率の虚数部μ”がピーク値を示す周波数が、パーマロイとケイ素が３％のケイ素鋼との複素透磁率の虚数部μ”が、ピーク値を示す周波数の中間の４．８ＧＨｚであり、４．８ＧＨｚにおける複素透磁率の虚数部μ”の値は７．５と低くない。従って、電磁ステンレス鋼の配合比率を高めると、２－８ＧＨｚに至る中間の周波数帯域の電磁ノイズを吸収することに貢献する。さらに、ケイ素が６％のケイ素鋼の複素透磁率の虚数部μ”がピーク値を示す周波数が６．０ＧＨｚと最も高い周波数であるが、６．０ＧＨｚにおける複素透磁率の虚数部μ”のピーク値が５．７と低く、電磁ステンレス鋼の複素透磁率の虚数部μ”のピーク値がより小さいため、中間の周波数帯域の電磁ノイズを吸収する役割は電磁ステンレス鋼に劣る。なお、ケイ素が３％のケイ素鋼が示す複素透磁率の虚数部μ”の値が、電磁ステンレス鋼が示す複素透磁率の虚数部μ”の値と交差する周波数は４．２ＧＨｚであり、４．２ＧＨｚ以下の周波数では、電磁ステンレス鋼の方が電磁ノイズの吸収性能が高く、４．２ＧＨｚ以上の周波数ではケイ素が３％のケイ素鋼の方が電磁ノイズの吸収性能が高い。

【００３３】

合金の扁平軟磁性粉を用いる第一の事例は、相対的に低い周波数帯域の電磁ノイズを吸収する事例である。パーマロイは、最も硬度が低いため最も扁平率が大きく、かつ、最も伸び率が大きいため最も平均粒径が大きい。さらに、４．７ＧＨｚ以下の周波数帯域では複素透磁率の虚数部μ”の値が最も大きく、１ＧＨｚにおいても複素透磁率の虚数部μ”が５．６の値を持つ。従って、４．７ＧＨｚ以下の周波数帯域の電磁ノイズを吸収するシートは、パーマロイを用いるのが望ましい。

合金の扁平軟磁性粉を用いる第二の事例は、相対的に高い周波数帯域の電磁ノイズを吸収する事例である。ケイ素が３％のケイ素鋼は、伸び率が小さいため平均粒径は３番目であるが、パーマロイの複素透磁率の虚数部μ”の値と交差する４．７ＧＨｚ以上の周波数帯域では複素透磁率の虚数部μ”の値が最も大きく、１０ＧＨｚにおいても複素透磁率の虚数部μ”が５．８の値を持つ。従って、４．７ＧＨｚ以上の周波数帯域の電磁ノイズを吸収するシートは、ケイ素が３％のケイ素鋼を用いるのが望ましい。

合金の扁平軟磁性粉を用いる第三の事例は、広い周波数帯域の電磁ノイズを吸収する事例である。パーマロイが示す複素透磁率の虚数部μ”の値が、ケイ素が３％のケイ素鋼が示す複素透磁率の虚数部μ”の値と交差する周波数は４．７ＧＨｚであり、４．７ＧＨｚ以下の周波数帯域ではパーマロイの複素透磁率の虚数部μ”の値が最も大きく、４．７ＧＨｚ以上の周波数帯域ではケイ素が３％のケイ素鋼のμ”の値が最も大きい。いっぽう、電磁ステンレス鋼は、ケイ素が３％のケイ素鋼より平均粒径が１．３倍大きい。また、電磁ステンレス鋼が示す複素透磁率の虚数部μ”の値が、パーマロイが示す複素透磁率の虚数部μ”の値と交差する周波数は５．２ＧＨｚであり、５．２ＧＨｚ以上の周波数帯域ではケイ素が３％のケイ素鋼の複素透磁率の虚数部μ”の値が、電磁ステンレス鋼の複素透磁率の虚数部μ”の値より大きい。従って、電磁ステンレス鋼からなる扁平軟磁性粉を、パーマロイの扁平軟磁性粉とケイ素が３％のケイ素鋼の扁平軟磁性粉とに加え、３種類の合金の扁平軟磁性粉を混合すると、２－８ＧＨｚに至る中間の周波数帯域の電磁ノイズを吸収する性能が向上する。特に、電磁ステンレス鋼によって、パーマロイの複素透磁率の虚数部μ”がピーク値を示す３．３ＧＨｚから、ケイ素が３％のケイ素鋼の複素透磁率の虚数部μ”ピーク値を示す４．８ＧＨｚまでの周波数帯域における電磁ノイズを吸収する性能が向上する。この結果、５００ＭＨｚから１０ＧＨｚまでの電磁ノイズを吸収することができる。

以上に説明した合金の扁平軟磁性粉を用いる３つの事例の詳細は実施例で説明する。

【００３４】

実施例１

本実施例は、パーマロイの扁平軟磁性粉の集まりと、マグヘマイトの微粒子の集まりとが、メタノールで希釈されたオレイン酸ブチルに分散されたペーストを作成する実施例である。扁平軟磁性粉として、ニッケルが５０％からなるパーマロイの扁平軟磁性粉（例えば山陽特殊製鋼の開発品）を用いた。この扁平軟磁性粉の扁平率は３８で、平均粒径は１４μｍである。また、複素透磁率の虚数部μ”は、１０ＭＨｚ付近から鋭く立ち上がり、３．３ＧＨｚでピーク値の８．８を示し、４ＧＨｚからなだらかに減少し、１０ＧＨｚで３．５の値を持つ。また、マグヘマイトの原料としてナフテン酸鉄（例えば東栄化工株式会社の製品）を用いた。なおオレイン酸ブチル（例えば純正化学株式会社の製品）は、メタノールと混和し、メタノールの８．６倍の粘度を持ち、沸点が４１５℃で、誘電率が４．０の絶縁体である。

最初に、オレイン酸ブチルにマグヘマイトの微粒子の集まりを析出させる。このため、ナフテン酸鉄の０．１モルに相当する４０グラムをメタノールに１０重量％として分散させ、メタノール分散液にオレイン酸ブチルの０．０５モルに相当する１７グラムを混合する。この混合液を大気中で熱処理する。最初に、混合液を６５℃に昇温してメタノールを気化させ、オレイン酸ブチル中にナフテン酸鉄の微細結晶を均一に析出させる。次に混合液を４０℃／分の昇温速度で３４０℃まで昇温し、３４０℃に５分間放置してナフテン酸鉄を熱分解し、酸化第一鉄ＦｅＯの微粒子をオレイン酸ブチル中に均一に析出させる。この後、１℃／分の昇温速度で３８０℃まで昇温し、さらに３８０℃に３０分間放置し、酸化

第一鉄ＦｅＯを酸化第二鉄Fe_2O_3のガンマ相であるマグヘマイトγ－Fe_2O_3に酸化させ、０．０５モルのオレイン酸ブチル中に、０．１モルに相当するマグヘマイトの微粒子の集まりを均一に析出させる。
次に、熱処理した混合液に、パーマロイの扁平粉の５７グラムとメタノールの５モルに相当する１６０グラムを混合する。こうして、メタノールで１０．４倍に希釈されたオレイン酸ブチルに、マグヘマイトの微粒子の集まりと、パーマロイの扁平粉の集まりとが分散されたペーストが作成される。
【００３５】
次に、前記したペーストを基板に５０μｍの厚みで印刷し、メタノールを気化させてシートを形成した。このシートの表面抵抗を表面抵抗計（例えば、シムコジャパン株式会社の表面抵抗計ＳＴ－４）によって測定した。表面抵抗値は、1×10^{13}Ω／□以上であったため、シート表面はオレイン酸ブチルの絶縁性を有する。
次に、シートが形成された部位を切断し、切断面を電子顕微鏡で観察し、電磁ノイズを抑制するシートの構造を調べた。電子顕微鏡は、ＪＦＥテクノリサーチ株式会社の極低加速電圧ＳＥＭを用いた。この装置は、１００Ｖからの極低加速電圧による表面観察が可能で、試料に導電性の被膜を形成せずに直接試料の表面が観察できる特徴を持つ。
切断面の観察から、シートの厚みは５．８μｍの厚みを形成していた。次に、反射電子線の９００－１０００Ｖの間にある２次電子線を取り出して画像処理を行なった。０．３７μｍの厚みで長さが１４μｍからなる物質が、４０－６０ｎｍの大きさの粒状の微粒子の集まりを介して４層に接合されていた。
さらに、０．３７μｍの厚みで長さが１４μｍからなる物質と、４０－６０ｎｍの大きさの粒状の微粒子とについて、反射電子線の９００－１０００Ｖの間にあるエネルギーを抽出して画像処理を行い、画像の濃淡によって微粒子の材質を観察した。双方とも濃淡が認められため、双方とも複数種類の元素から形成されていることが分かった。
次に、特性エックス線のエネルギーとその強度を画像処理し元素を分析した。０．３７μｍの厚みで長さが１４μｍからなる物質は、鉄原子とニッケル原子との双方が均一に１対１の割合で存在し、偏在する箇所が見られなかったため、パーマロイであることが分かった。また、粒状の微粒子は、鉄原子と酸素原子との双方が均一に存在し、偏在する箇所が見られなかったため、酸化鉄からなることが分かった。さらに、ＳＥＭの機能にＥＢＳＰ解析機能を付加し、結晶構造の解析を行なった。この結果、粒状の微粒子がマグヘマイトγ－Fe_2O_3であることが確認できた。
これらの結果から次のことが分かった。パーマロイの扁平軟磁性粉は、マグヘマイトの粒状微粒子の集まりを介して互いに磁気吸着し、４層からなる扁平軟磁性粉の集まりを形成し、この扁平軟磁性粉の集まりは約１．５μｍの厚みをなしてオレイン酸ブチルで閉じ込められ、厚みが５．８μｍの電磁ノイズを抑制するシートを形成した。図１に、この結果を模式的に図示する。図１は、パーマロイの扁平軟磁性粉１は、マグヘマイトの微粒子２の集まりによって４層に磁気吸着し、この４層に磁気吸着したパーマロイの扁平軟磁性粉１の集まりが、オレイン酸ブチル３に閉じ込められた状態を拡大して模式的に図示した図である。
【００３６】
前記したペーストを用いて、マイクロストリップライン上にシートを形成し、電磁ノイズを抑制する性能を評価した。長さが１４０ｍｍ、幅が３０ｍｍで特性インピーダンスが５０Ωに調整されたマイクロストリップラインを施工した基板に、ペーストを幅が５０ｍｍ、長さが２５ｍｍ、厚みが５０μｍとして印刷した後に、メタノールを気化させ、マイクロストリップラインの長さ方向にノイズ抑制シートの長さ方向を合わせ、それぞれの中心が一致するようにシートを装着し、ノイズを抑制するシートとした。この後、マイクロストリップラインに接続したネットワークアナライザー（アジレント・テクノロジー（株）の製品Ｎ５２３０Ａ）を用いてＳパラメータを測定した。なお、反射によるＳパラメータS_{11}と透過によるＳパラメータS_{12}とから下記の数式２により、マイクロストリップラインにおける伝送損失が電磁ノイズの吸収量となる。

測定結果は、５００ＭＨｚにおいて反射量が－３６ｄＢで吸収量が１５％、１ＧＨｚにおいて反射量が－３４ｄＢで吸収量が２０％、３．３ＧＨｚで吸収量が－３２ｄＢで吸収量が２８％、９．５ＧＨｚで反射量が－３２ｄＢで吸収量が１５％、１０ＧＨｚで反射量が－３０ｄＢで吸収量が１８％であった。５００ＭＨｚから９．５ＧＨｚの周波数帯域において１５％以上の吸収量であった。また、シートの表面が絶縁性であるため、電磁ノイズを反射させることなく電磁ノイズを吸収した。

【００３７】

数２

反射量（ｄＢ）＝２０ｌｏｇ｜S_{11}｜

透過量（ｄＢ）＝２０ｌｏｇ｜S_{12}｜

吸収量（％）＝（１－｜S_{11}｜^{2}－｜S_{12}｜^{2}）×１００

【００３８】

実施例２

本実施例は、合金の扁平軟磁性粉として、ケイ素が３％のケイ素鋼からなる扁平軟磁性粉（例えば山陽特殊製鋼の開発品）を用いる。ケイ素が３％のケイ素鋼からなる扁平軟磁性粉は、扁平率は３４で平均粒径は９μｍである。また複素透磁率の虚数部μ”は、実施例１のパーマロイとは対照的に高周波数帯域で必要な大きさを持つ。１０ＭＨｚ付近から緩やかに増大し、１ＧＨｚで２．３の値を持ち、４．７ＧＨｚでパーマロイの複素透磁率の虚数部μ”の値と交差し、５．９ＧＨｚでピーク値の８．７を示し、６．３ＧＨｚ付近からなだらかに減少し、１０ＧＨｚでも５．９の値を持ち、１２ＧＨｚで３．７の値を持つ。４．７ＧＨｚ以上では、パーマロイより複素透磁率の虚数部μ”の値が大きい。

実施例１と同様に、０．０５モルのオレイン酸ブチル中に０．１モルに相当するマグヘマイトの微粒子を析出させる。次に、ケイ素鋼の扁平軟磁性粉の５７グラムと、メタノールの５モルとをオレイン酸ブチルに混合する。こうして作成された混合液をペーストとして用いる。

【００３９】

次に、実施例１と同様にペーストを基板に５０μｍの厚みで印刷し、メタノールを気化させてシートを形成した。このシートの表面抵抗を表面抵抗計によって測定した。表面抵抗値は、実施例１と同様に１×１０^{13}Ω／□以上であったため、シート表面は絶縁性を有する。

次に、実施例１と同様に、シートが形成された部位を切断し、切断面を電子顕微鏡で観察し、電磁ノイズを抑制するシートの構造を調べた。この結果、シートの厚みは５．９μｍであった。また、ケイ素鋼の扁平軟磁性粉は、マグヘマイトの粒状微粒子の集まりを介して磁気吸着し、６層からなる扁平軟磁性粉の集まりを形成し、この扁平軟磁性粉の集まりは約１．６μｍの厚みをなしてオレイン酸ブチルで閉じ込められ、厚みが５．９μｍの電磁ノイズを抑制するシートを形成した。シートの断面の構造の図は、図1に類似するため省略する。

さらに、実施例１と同様に、本実施例のペーストを用いてマイクロストリップライン上にシートを形成し、電磁ノイズを抑制する性能を評価した。測定結果は、５００ＭＨｚにおいて反射量が－３６ｄＢで吸収量が８％、１ＧＨｚにおいて反射量が－３４ｄＢで吸収量が１２％、３ＧＨｚで吸収量が－３２ｄＢで吸収量が２１％、５．９ＧＨｚで反射量が－３０ｄＢで吸収量が２８％、１０ＧＨｚで反射量が－２８ｄＢで吸収量が２１％であった。この結果、１．７－１１．６ＧＨｚの周波数帯域において、１５％以上の吸収量であった。また、シートの表面が絶縁性であるため、電磁ノイズを反射させることなく電磁ノイズを吸収した。

【００４０】

実施例３

本実施例は、合金の扁平軟磁性粉として、パーマロイとケイ素が３％のケイ素鋼と電磁ステンレス鋼との３種類の扁平軟磁性粉を用いる実施例である。パーマロイの扁平軟磁性粉は実施例１で用いたものを、ケイ素が３％のケイ素鋼の扁平軟磁性粉は実施例２で用いた

ものを使用した。また、鉄に７％のクロムと１％のケイ素と１．６％のアルミニウムとを加えた電磁ステンレス鋼からなる扁平軟磁性粉（例えば、山陽特殊製鋼の開発品）は、扁平率は２９で平均粒径は１２μｍである。複素透磁率の虚数部μ”は、１０ＭＨｚ付近から急激に増大し、１ＧＨｚで３．４の値を持ち、４．２ＧＨｚでケイ素鋼のμ”と交差し、４．８ＧＨｚでピーク値の７．５を示し、５．５ＧＨｚ付近からなだらかに減少し、１０ＧＨｚでも４．８の値を持ち、１２ＧＨｚで３．１の値を持つ。従って、電磁ステンレス鋼からなる扁平軟磁性粉を、パーマロイの扁平軟磁性粉とケイ素が３％のケイ素鋼の扁平軟磁性粉とに加え３種類の合金の扁平軟磁性粉を混合すると、２－８ＧＨｚに至る中間の周波数帯域の電磁ノイズを吸収する性能が向上し、特に、パーマロイの複素透磁率の虚数部μ”がピーク値を示す３．３ＧＨｚから、ケイ素が３％のケイ素鋼の複素透磁率の虚数部μ”がピーク値を示す４．８ＧＨｚまでの周波数帯域における電磁ノイズを吸収する性能が向上する。

実施例１と同様に、０．０５モルのオレイン酸ブチル中に、０．１モルに相当するマグヘマイトの微粒子の集まりを析出させる。次に、パーマロイの扁平軟磁性粉の１８グラムと、ケイ素鋼の扁平軟磁性粉の１８グラムと、電磁ステンレス鋼の軟磁性粉の２１グラムとを混合し、この混合した扁平軟磁性粉の集まりと、メタノールの５モルとを、オレイン酸ブチルに混合する。こうして作成された混合液をペーストとして用いる。

【００４１】

次に、実施例１と同様にペーストを基板に５０μｍの厚みで印刷し、メタノールを気化させてシートを形成した。このシートの表面抵抗を表面抵抗計によって測定した。表面抵抗値は、実施例１と同様に１×１０^{13}Ω／□以上であったため、シート表面は絶縁性を有する。

さらに、実施例１と同様に、シートが形成された部位を切断し、切断面を電子顕微鏡で観察し、電磁ノイズを抑制するシートの構造を調べた。この結果、シートの厚みは６．０μｍであった。また、３種類の扁平軟磁性粉は、マグヘマイトの粒状微粒子の集まりを介して磁気吸着し、５層からなる扁平軟磁性粉の集まりを形成し、この扁平軟磁性粉の集まりは約１．７μｍの厚みをなしてオレイン酸ブチルで閉じ込められ、厚みが６．０μｍの電磁ノイズを抑制するシートを形成した。シートの断面の構造の図は、図1に類似するため省略する。

次に実施例１と同様に、本実施例のペーストを用い、マイクロストリップライン上にシートを形成し、電磁ノイズを抑制する性能を評価した。測定結果は、５００ＭＨｚにおいて反射量が－３６ｄＢで吸収量が１８％、１ＧＨｚにおいて反射量が－３４ｄＢで吸収量が２４％、３．３ＧＨｚで反射量が－３２ｄＢで吸収量が３６％、４．７ＧＨｚで反射量が－３０ｄＢで吸収量が３８％、５．９ＧＨｚで反射量が－２８ｄＢで吸収量が３７％、１０ＧＨｚで反射量が－２６ｄＢで吸収量が２８％であった。この結果、５００ＭＨｚから１１．６ＧＨｚの広い周波数帯域において１８％以上の高い吸収量で、さらに、１－１０ＧＨｚの広い周波数帯域において２４％以上の高い吸収量であった。また、シートの表面が絶縁性であるため、電磁ノイズを反射させることなく電磁ノイズを吸収した。

【００４２】

実施例３は、複素透磁率の虚数部μ”がピーク値を示す周波数が互い異なる３種類の合金の扁平軟磁性粉を用い、これらの扁平軟磁性粉をランダムに磁気吸着させて扁平軟磁性粉の集まりを形成させたため、実施例１と実施例２との単一の合金の扁平軟磁性粉を磁気吸着させた事例より、吸収できる電磁ノイズの周波数範囲が格段に広がるとともに、ノイズの吸収量も格段に増加した。これによって、従来は困難であった５００ＭＨｚから１０ＧＨｚを超える広い周波数帯域における電磁ノイズを吸収することが可能になった。さらに、電磁ノイズを吸収するシートは、磁気吸着した扁平軟磁性粉の集まりが、絶縁性の液体からなる有機化合物で閉じ込められるため、シート表面は高い絶縁性を示し、５００ＭＨｚから１０ＧＨｚを超える広い周波数帯域において、電磁ノイズの反射量が低く、かつ、電磁ノイズの吸収量が高い画期的なシートが実現できた。また、扁平軟磁性粉の集まりは、２μｍより薄い厚みであっても電磁ノイズを効率よく吸収することが確認できたため、

わずかな使用量の扁平軟磁性粉でも、面状に磁気吸着させることで画期的な性能を持つシートが実現できることが確認できた。さらに、電磁ノイズを吸収するシートを６μｍ程度の薄い絶縁性の被膜として形成しても、電磁ノイズの反射量が低く、かつ、電磁ノイズの吸収量が高い画期的なシートが実現できたため、一度のペーストの塗布で、電子回路を短絡させず、また、余分なスペースがない電子回路にもシートが形成できることが確認できた。

なお、複数種類の合金の扁平軟磁性を組み合わせる事例は、実施例３に限らない。つまり、複素透磁率の虚数部μ”がピーク値を示す周波数が広い周波数帯域に及ぶように合金の扁平軟磁性粉を組み合わると、磁気吸着した扁平軟磁性粉の集まりは、各々の合金の扁平軟磁性粉の複素透磁率の虚数部μ”の特性が加算された複素透磁率の虚数部μ”の特性を示し、この結果、広い周波数範囲で複素透磁率の虚数部μ”が一定の大きさを持つことができ、広い周波数帯域における電磁ノイズを吸収することができる。

【符号の説明】

【００４３】

１　パーマロイの扁平軟磁性粉　２　マグヘマイト微粒子　３　オレイン酸ブチル