

明 細 書

複合磁性体チューブとその製造方法、および電磁干渉抑制チューブ

技術分野

本発明は、デジタル電子機器等に接続された電気ケーブルからの不要電磁波の輻射を抑制するためのチューブに関する。

背景技術

周知のように、デジタル電子機器は、ランダムアクセスメモリ（RAM）、リードオンリメモリ（ROM）、マイクロプロセッサ等の多数の電子部品によって構成される。これら電子部品の各々は多数の論理素子から成り、これら電子部品は信号線（配線導体）が張り巡らされたプリント配線基板上に実装される。近年のデジタル電子機器においては、論理素子における演算速度の高速化が図れると共に、装置の軽薄短小化も急速に進んでいる。それに伴い、プリント配線基板への電子部品の実装密度も飛躍的に高くなってきている。

しかしながら、論理素子中を流れる信号は電圧、電流の急激な変化を伴うために、電子部品は高周波ノイズの発生源ともなっている。この高周波ノイズは、クロストークノイズやインピーダンスの不整合によるノイズと相乗的に相互作用し、プリント配線基板内の他の電子部品に対して誤動作を誘発したり他のシステムに悪影響を及ぼす。更に、プリント配線基板への電子部品の高密度実装や電子部品の小型化に伴い、電子部品間の静電結合が増大するために、デジタル電子機器内での電磁波干渉が発生し易くなっている。

このようなノイズ発生源となるデジタル電子機器は、ケーブルを介して他のデジタル電子機器や電源コンセント等に接続される。

そのため、ケーブルから不要電磁波が輻射する虞がある。この不要電磁波は、他の電子機器に対して悪影響を与えるので、それを抑制する必要がある。しかしながら、従来、このケーブルから輻射される不要電磁波に対して何等対策が施されていない。

したがって、本発明の課題は、デジタル電子機器等に接続されたケーブルからの不要電磁波の輻射を抑制するために使用できる、複合磁性体チューブとその製造方法、および電磁干渉抑制チューブを提供することにある。

また、複数本のビニール被覆電線（ケーブル）を配線する場合、合成樹脂製の束線バンドやスパイラルチューブで束ねるのが一般的である。この場合、電源線や信号線が混在する場合が多い。混在配線すると、クロストークの増大や誘導により、電気信号が劣化し、これに伴って回路が誤動作する場合がある。

本発明の他の課題は、複数本のビニール被覆電線（ケーブル）を束線しても、相互干渉を抑制することが可能な、複合磁性体チューブとその製造方法、および電磁干渉抑制チューブを提供することにある。

本発明の更に他の課題は、複数本のケーブルを束ねるばかりでなく、ケーブルから発生される不要輻射ノイズを抑制することもできる束線用チューブを提供することにある。

発明の開示

本発明によれば、請求項1に記載されたように、有機結合剤と、該有機結合剤中に混練・分散された軟磁性体粉末とからなる複合磁性材料で構成されたチューブが得られる。

また、本発明によれば、請求項2に記載されたように、有機結合剤と該有機結合剤中に混練・分散された軟磁性体粉末とからなる複合磁性材料からなる内側の複合磁性体層と、該複合磁性体層の外面に設けた導体層からなる2層構造を有するチューブが得られる。

これらのチューブの変形例、あるいは、用いられる有機結合材料や軟磁性材料の好ましい例は、請求項の3から10に記載されている。

これらのチューブは、請求項13あるいは14に記載のように、電気ケーブルに不要電磁波障害の抑制のための被覆チューブあるいは、束線用チューブとして用いられるのに好適であり、ケーブルへの装着の便のために、請求項11あるいは12に記載のように、長さ方向にスリットをいれるか、スパイラル構造に形成されると良い。

また、本発明によれば、請求項15に記載のように、有機結合剤中に混練・分散された軟磁性体粉末とからなる複合磁性材料の溶融物を、ダイスを通して押し出すことによって環状チューブを成形することを特徴とする複合磁性体よりなるチューブの製造方法が得られる。

更に、請求項16に記載の通り、前記環状チューブにその長さ方向に沿ってスリットを形成することにより、スリット付きチューブを得ることができる。

また、請求項17に記載の通り、前記環状チューブをその長さ方向に沿ってスパイラル状にスリットを形成することにより、スパイラル構造のチューブを得ることができる。

図面の簡単な説明

第1図は、本発明の第1の実施の形態によるチューブを示す斜視図である。

第2図は、本発明の第2の実施の形態によるチューブを示す斜視図である。

第3図は、本発明の第3の実施の形態によるチューブを示す断面図である。

第4図は、本発明の第4の実施の形態によるチューブを示す断面図である。

第5図は、本発明の第5の実施の形態によるチューブを示す斜視図である。

第6図は、本発明の第6の実施の形態によるチューブを示す断面図である。

第7図は、複数本のビニール被覆電線を束線バンドで束ねる際に、本発明に係るチューブを各電線に適用した場合を示す斜視図である。

第8図は、本発明のチューブにより複数本のケーブルを束ねた状態を示す斜視図である。

第9図は、本発明に用いる複合磁性体の一例の透磁率の周波数特性（ $\mu - f$ 特性）曲線を示すグラフである。

第10図は、本発明に用いる複合磁性体の表面抵抗に対する、第11図及び第12図に示す測定装置で測定した透過減衰レベルおよび結合レベルの関係を示すグラフである。

第11図は、本発明の電磁波抑制効果を評価するために使用される透過減衰レベルを測定する場合の評価系を示す。

第12図は、結合レベルを測定する場合の評価系を示す。

第13図は、本発明に用いる複合磁性体からなる板（サンプル1）、複合磁性体と導電体層の積層板（サンプル2）、及び銅箔付き合成樹脂（比較サンプル）の透過減衰レベルを示す。

第14図は、同各サンプルの結合レベルを示す。

発明を実施するための最良の形態

次に、本発明の種々の実施の形態について図面を参照して詳細に説明する。

第1図を参照して、図示のチューブ10は、軟磁性体粉末12が有機結合剤14中に混練・分散されてなる複合磁性材料で構成された複合磁性体チューブである。

有機結合剤14としては、伸縮特性の良好なエラストマーを使用することが好ましい。また、軟磁性体粉末12は、実質的に扁平状の粉末であることが好ましい。

有機結合剤14としては、ポリエステル系樹脂、ポリ塩化ビニル系樹脂、ポリビニルブチラル樹脂、ポリウレタン樹脂、セルロース系樹脂、ニトリル・ブタジエン系ゴム、スチレン・ブタジエン系ゴム等の熱可塑性樹脂あるいはそれらの重合体等を挙げることができる。

軟磁性体粉末12としては、高周波透磁率の大きな鉄アルミ珪素合金（これはセンダスト（商標）と呼ばれる）、鉄ニッケル合金（パーマロイ）をその代表的素材として挙げることができる。軟磁性体粉末12は、微細粉末化され表面部分を酸化して使用される。なお、軟磁性体粉末12のアスペクト比は十分に大きい（例えば、おおよそ5：1以上）ことが望ましい。

このような複合磁性体チューブ10は、押出し成形法により作製することができる。すなわち、押出し機（図示せず）を用いて、前記複合磁性材料を熔融し、ダイ（図示せず）から押出すことによって複合磁性体チューブ10を成形する。

この複合磁性体チューブ10は、不要電磁波を輻射している電気ケーブル（図示せず）に被覆して使用される。これにより、ケーブルから輻射された不要電磁波は軟磁性体粉末12によって吸収され、ケーブルからの不要電磁波の輻射を抑

制することができる。また、軟磁性体粉末12の形状を実質的に扁平状とすることにより、より効率的にケーブルから輻射された不要電磁波を吸収、抑制することができる。何故なら、軟磁性体粉末12の形状が実質的に扁平状であると、形状異方性が出現し、高周波領域にて磁気共鳴に基づく複素透磁率が增大するからである。

第2図を参照すると、図示のチューブ10Aは、その長手方向に沿ってスリット16が切られている点を除いて、第1図に示した複合磁性体チューブ10と同様の構成を有する。

このような構造の複合磁性体チューブ10Aは、第1図に示した複合磁性体チューブ10と同様の電磁波吸収効果を奏する。したがって、ケーブルに対して、不要電磁波の輻射抑制のための被覆用チューブとして用いることができる。また、複合磁性体チューブ10Aにスリット16が切られているので、容易にケーブルに装着することができる。

第3図を参照すると、図示のチューブ20は、複合磁性体チューブ10と、この複合磁性体チューブ10の外壁に設けられたシールド層としての導電体チューブ30とから構成される。複合磁性体チューブ10の構造は第1図に示したものと同様なので、その説明を省略する。

導電体チューブ30は、導電性の細線からなる網で構成されても良いし、金属メッキにより形成しても良い。

このような構成のチューブ20は、第1図に示した複合磁性体チューブ10と同様の電磁波吸収効果を奏するばかりでなく、導電体チューブ30に基づく電磁波遮蔽効果をも奏する。尚、シールドチューブ30を接地させることにより、より効率的に電磁波を遮蔽することができる。すなわち、ケーブルに対して、電磁干渉抑制のための被覆用チューブとして用いることができる。

第4図を参照すると、図示のチューブ20Aは、その長手方向に沿ってスリット16が切られている点を除いて、第3図に示したチューブ20と同様の構成を有する。このチューブ20Aは、第2図のスリット付き複合磁性体チューブ10Aとスリット付き導電体チューブ30Aとから構成される。

このような構造のチューブ20Aは、第3図に示したチューブ20と同様に、

電磁波吸収効果および電磁波遮蔽効果を奏する。したがって、第3図のチューブ20と同様に、ケーブルに対して、電磁干渉抑制のための被覆用チューブとして用いることができる。また、チューブ20Aにスリット16が切られているので、容易にケーブルに装着することができる。

第5図を参照して、図示のチューブ10Bは、前記の複合磁性材料よりなるスパイラル構造を有したチューブである。

このようなスパイラル構造のチューブ10Bは、第1図の複合磁性体チューブ10を押出し成形法により製造した後、その環状チューブにスパイラル状にスリットを設けてスパイラル構造とすることによって製造される。

この複合磁性体からなるスパイラル構造のチューブ10Bは、第1図に示した複合磁性体チューブ10と同様の電磁波吸収効果を奏する。したがって、ケーブルに対して、不要電磁波の輻射抑制のための被覆用チューブとして用いることができる。また、チューブ10Bはスパイラル構造を有しているので、容易にケーブルに装着することができる。

第6図を参照すると、図示のチューブ20Bは、第5図のスパイラル構造のチューブ10Bの変形であり、複合磁性体層10と、この複合磁性体層10の外壁に積層された導電体層30とから構成された、2層構造を有する。外観は、第1図と同様であり、スパイラル構造を有する。複合磁性体層10は第5図に示したチューブ10Bと同様の構成を有し、導電体層30は、たとえば、金属メッキにより形成される。もちろん、導電性の細線からなる網で構成されても良い。

この2層スパイラル構造を有するチューブ20Bは、第1図に示したスパイラルチューブ10と同様の電磁波吸収効果を奏するばかりでなく、導電体層30に基づく電磁波遮蔽効果をも奏する。したがって、この2層スパイラル構造のチューブ20Bは、ケーブルに対して、そこからの不要電磁波の輻射の抑制および外部から侵入する電磁波の遮蔽のための、被覆用チューブとして用いることができる。

第7図を参照して、本発明に係るチューブを40として、ケーブル51-55のそれぞれの被覆チューブとして用いた場合の例を示す。図示の被覆用チューブ40は、第1図から第6図に示すいずれのチューブでも良い。

図示の応用例においては、電源線として2本のビニール被覆ケーブル51、52と、信号線として3本のビニール被覆ケーブル53～55が、コネクタ70から延在し、途中で束線バンド60によって束ねられている。このように電源線や信号線を混在配線すると、前述したように、相互に電磁干渉を生じて回路が誤動作する虞がある。各々のビニール被覆ケーブル51～55にチューブ40を装着することによって、このようなビニール被覆ケーブル51～55間の相互干渉を抑制することができる。外側導体層30を有する第3図、第4図及び第6図のチューブを用いた場合には、外部からの電磁波ノイズの各ケーブルへの侵入も抑制することができる。

第8図は、第5図及び第6図のチューブを、複数のビニール被覆ケーブル50のための束線用チューブ70として用いた場合の例を示している。この場合、各ケーブル50からの不要輻射は、束線用チューブ70の複合磁性体層によって吸収されるので、外部への不要輻射を抑制することができる。ここで、第6図のチューブを用いる時は、外部からの高周波ノイズが導体層により遮蔽されるので、各ケーブル50への外部ノイズの侵入を防止することができる。尚、各ケーブル50それ自体に、第7図に示すように本発明のチューブ40を適用しても良い。その場合、各ケーブル50間の相互干渉が抑制されることはいうまでもない。

束線用チューブ70として、第1図から第4図に示すチューブを用いることもできるが、第2図及び第4図に示すスリット付きチューブの方が、ケーブルを挿入しやすいので、便利である。ただし、スリットから外れ易いので、その場合には、周囲を第5図の束線バンドで縛るのが良い。

本発明のチューブ電磁輻射の抑制及び遮蔽の効果を検証するために、以下の試験を行った。この試験に用いた軟磁性体粉末と有機結合剤を下記の表1に示す。

[表1]

軟磁性体粉末 組 成: Fe-Al-Si 合金 平均粒径: $45\mu\text{m}$ アスペクト比: >5 アニール処理: Ar 雰囲気 $660^{\circ}\text{C} \times 2\text{時間}$	80重量部
有機結合剤 ABS樹脂	20重量部

軟磁性体粉末は、酸素分圧20%の窒素-酸素混合ガス雰囲気中で気相酸化し、表面に酸化被膜が形成されていることを確認してある。軟磁性体粉末と有機結合剤とを加熱、混練、加工成形した成形体（複合磁性体）を得る。この複合磁性体の表面抵抗を測定したところ $1 \times 10^6 \Omega$ であった。

第9図に複合磁性体の透磁率-周波数 ($\mu - f$) 特性の測定結果を示す。第9図において、横軸は周波数 (MHz) を示し、縦軸は透磁率を示す。周知のように、透磁率 μ は実数部成分である実数部透磁率 μ' と、虚数部成分である虚数部透磁率 μ'' とを合成したものである。実数部透磁率 μ' と虚数部透磁率 μ'' との比 (μ'' / μ') は損失係数 $\tan \delta$ を表す。虚数部透磁率 μ'' は電磁波の吸収に必要な磁気損失項を表し、したがって、この値が大きい程、より良く電磁波を吸収できる。第9図において、点線がアニール処理前の複合磁性体における実数部透磁率 μ' および虚数部透磁率 μ'' の周波数特性を示し、実線がアニール処理後の複合磁性体における実数部透磁率 μ' および虚数部透磁率 μ'' の周波数特性

を示す。

第9図の点線から明らかなように、アニール処理前の複合磁性体は虚数部透磁率 μ'' のピークが異なる周波数で2つ現れており、磁気共鳴が2ヶ所で起こっていることが伺える。この複合磁性体をアニール処理すると、第9図の実線で示すように、複合磁性体の虚数部透磁率 μ'' が広い範囲で高い値を示し、実数部透磁率 μ' も高い周波数で大きな値を示すようになる。

本発明者らは、電磁波をより効果的に吸収するには、複合磁性体の表面抵抗をどの程度にすれば良いかについて、種々検討した。すなわち、本発明者らは、複合磁性体の表面抵抗に対する透過減衰レベルおよび結合レベルを測定した。その結果、本発明者らは第10図に示すような関係を得た。第10図において、Aは透過減衰レベル(dB)を、Bは結合レベル(dB)を示す。第10図から、電磁波を外部に透過させず、かつ内部に反射させないためには、複合磁性体の表面抵抗は、 $10^3 \Omega$ 以上あれば良いことが分かる。

〈サンプル1〉

上記複合磁性体で平均板厚が1mmのサンプル板を形成した。

〈サンプル2〉

複合磁性体を2層とし、それらの間に厚さ 10μ の銅メッキを施し、3層の積層構造のサンプル板を得た。トータルの平均板厚は1mmあった。

〈比較サンプル〉

比較サンプルとして、平均板厚1mmの合成樹脂板に厚さ 35μ mの銅箔テープを巻き付けたものを使用した。

サンプル1、サンプル2および比較サンプルを評価するために、第11図及び第12図に示す測定装置によって、それぞれの透過減衰レベル及び結合レベルを測定した。測定装置は、電磁界波源用発振器21と、電磁界強度測定器(受信素子)22と、電磁界波源用発振器21に接続されたループ径2mm以下の電磁界送信用マイクロループアンテナ23と、電磁界強度測定器22に接続されたループ径2mm以下の電磁界受信用マイクロループアンテナ24とから構成される。電磁界強度測定器22としては、例えば、スペクトラムアナライザを使用することができ、評価試料100が存在しない状態での電磁界強度を基準として測定を

行った。

第11図は透過減衰レベル[dB]を測定装置により測定する評価系を示し、電磁界送信用マイクロループアンテナ23と電磁界受信用マイクロループアンテナ24との間に評価試料100を位置させた。第12図は結合レベル[dB]を測定装置により測定する評価系を示し、評価試料100の一面側に電磁界送信用マイクロループアンテナ23と電磁界受信用マイクロループアンテナ24と対向配置させた。

第13図および第14図に、サンプル1、サンプル2および比較サンプルに対して、それぞれ、第11図および第12図に示した評価系により測定した透過減衰レベル[dB]および結合レベル[dB]を示す。第13図において、横軸は周波数[GHz]を表し、縦軸は透過減衰レベル[dB]を表す。第14図において、横軸は周波数[GHz]を表し、縦軸は結合レベル[dB]を表す。第13図および第14図において、サンプル1を①で、サンプル2を②で、比較サンプルを③で示してある。

第13図および第14図から以下のことが分かる。サンプル1では、透過減衰レベルが測定周波数範囲内で約-7.5[dB]あり、結合レベルが測定周波数範囲内で約-6[dB]あった。すなわち、サンプル1では、透過減衰レベルおよび結合レベルが共に減少していることが分かる。また、サンプル2では、透過減衰レベルが測定周波数範囲内で約-34.5[dB]あり、サンプル1に比較していっそう減少し、電磁波の遮蔽吸収効果が高まっていることが分かる。一方、サンプル2の結合レベルは測定周波数範囲内で約-0.5[dB]あり、サンプル1ほどではないが、これも減少していることが分かる。

これに対して、比較サンプルでは、透過減衰レベルが測定周波数範囲内で約-47.5[dB]あり、サンプル1およびサンプル2に比較して非常に減少している。しかしながら、比較サンプルの結合レベルは測定周波数範囲内で約+9.5[dB]もあり、サンプル1およびサンプル2に比較して非常に高くなっていることが分かる。

以上のことから、本発明によるチューブは、電気ケーブルに用いて、効果的に不要電磁波の輻射を抑制できるものに、2次反射ノイズを引き起こすことがない。

したがって、電気ケーブルの被覆用及び束線用として優れていることが分かる。

以上、本発明についていくつかの実施の形態を挙げて説明したが、本発明は上述した実施の形態に限定せず、本発明の要旨を逸脱しない範囲内で種々の変更が可能なのはいうまでもない。

産業上の利用の可能性

以上説明したように、本発明に係る複合磁性体を用いたチューブは、不要電磁波を輻射するケーブルの被覆または束線に用いることにより、ケーブルからの不要電磁波の輻射を抑制することができる。また、チューブにその長手方向に沿ってスリットを切ることにより、チューブを容易にケーブルに装着することができる。更に、複合磁性体チューブとシールドチューブとの組合せ構造とすることにより、外部からの放射ノイズの影響を遮蔽することもできる。

請 求 の 範 囲

1. 有機結合剤と、該有機結合剤中に混練・分散された軟磁性体粉末とからなる複合磁性材料で構成されたチューブ。
2. 有機結合剤と該有機結合剤中に混練・分散された軟磁性体粉末とからなる複合磁性材料からなる内側の複合磁性体層と、該複合磁性体層の外面に設けた導体層からなる2層構造を有するチューブ。
3. 前記導体層の外面に設けた前記複合磁性材料からなる外側複合磁性体層を有することを特徴とする請求項2のチューブ。
4. 前記導体層が、導電性細線からなる網で構成されていることを特徴とする請求項2または3記載のチューブ。
5. 前記有機結合剤がエラストマーであることを特徴とする請求項1から4のいずれか1つに記載のチューブ。
6. 前記有機結合剤が、ポリエステル系樹脂、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、セルロール系樹脂、ニトリル-ブタジエン系ゴム、スチレン-ブタジエン系ゴムの熱可塑性樹脂あるいはそれらの重合体であることを特徴とする請求項1から5のいずれか1つに記載のチューブ。
7. 前記軟磁性体粉末が実質的に偏平状の粉末であることを特徴とする請求項1から6のいずれか1つに記載のチューブ。
8. 前記軟磁性体粉末が表面に酸化被膜を有する金属磁性粉末であり、前記複合磁性体の表面抵抗が $10^3 \Omega$ 以上であることを特徴とする請求項1から7のい

ずれか1つに記載のチューブ。

9. 前記複合磁性体は、周波数の互いに異なる磁気共鳴を少なくとも2つ有することを特徴とする請求項1から8のいずれか1つに記載のチューブ。

10. 前記軟磁性体粉末は、高周波透磁率の大きな鉄アルミ珪素合金、あるいは鉄ニッケル合金であることを特徴とする請求項1から9のいずれか1つに記載のチューブ。

11. 前記チューブの長手方向に沿って1つのスリットが切られていることを特徴とする請求項1から10のいずれか1つに記載のチューブ。

12. 長手方向にスパイラル状に延びる切れ目を有し、これによって、スパイラル構造を有することを特徴とする請求項1から10のいずれか1つに記載のチューブ。

13. 請求項1から12のいずれか1つに記載のチューブであって、電気ケーブルの電磁干渉抑制用の外部被覆として用いられることを特徴とする電磁干渉抑制用チューブ。

14. 請求項11および12のいずれか1つに記載のチューブであって、複数本の電気ケーブルを内包して束線すると共に電磁干渉抑制のために用いられることを特徴とする電磁干渉抑制・束線用チューブ。

15. 有機結合剤中に混練・分散された軟磁性体粉末とからなる複合磁性材料の熔融物を、ダイスを通して押し出すことによって環状チューブを成形することを特徴とする複合磁性体よりなるチューブの製造方法。

16. 請求項15のチューブの製造方法において、更に、前記環状チューブに