(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2009-21403
(P2009-21403A)
(43)公開日　平成21年1月29日(2009.1.29)

(51)Int.Cl.			F I			テーマコード（参考）
H05K	9/00	(2006.01)	H05K	9/00	M	5E040
H01F	1/00	(2006.01)	H01F	1/00	C	5E041
H01F	1/26	(2006.01)	H01F	1/26		5E321
H01F	1/153	(2006.01)	H01F	1/14	C	

審査請求 未請求　請求項の数 8　ＯＬ　（全 19 頁）

(21)出願番号　特願2007-182958 (P2007-182958)
(22)出願日　平成19年7月12日 (2007.7.12)

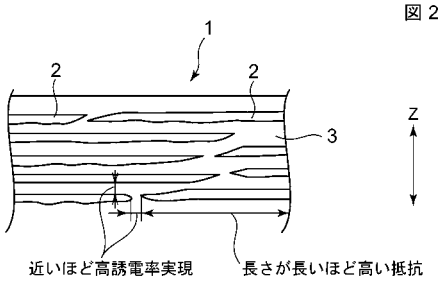
(71)出願人　000010098
アルプス電気株式会社
東京都大田区雪谷大塚町１番７号
(74)代理人　100085453
弁理士　野▲崎▼　照夫
(74)代理人　100121049
弁理士　三輪　正義
(72)発明者　水嶋　隆夫
東京都大田区雪谷大塚町１番７号　アルプス電気株式会社内
(72)発明者　安彦　世一
東京都大田区雪谷大塚町１番７号　アルプス電気株式会社内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】電磁波抑制シート

(57)【要約】
【課題】　特に、薄いシート厚にて、誘電率を高めて電波吸収特性を向上させることが可能な電磁波抑制シートを提供することを目的としている。
【解決手段】　本発明の電磁波抑制シートは、磁性粉末２と絶縁材３とからなるシートで、シート面内方向の誘電率（ε）の実数部（ε’）及び虚数部（ε”）がそれぞれε’≧２００、ε”≧２５を有することを特徴とするものである。これにより、シート面内方向に対して電磁波吸収量が大きく優れた電波吸収特性を発揮する電磁波吸収シートを得ることが可能になる。
【選択図】　図２

図２



【特許請求の範囲】
【請求項１】
磁性粉末と絶縁材とからなるシートで、シート面内方向の誘電率（ε）の実数部（ε’）及び虚数部（ε”）がそれぞれε’≧２００、ε”≧２５を有することを特徴とする電磁波抑制シート。
【請求項２】
前記磁性粉末と絶縁材とからなるシートで、誘電率（ε）の実数部（ε’）及び虚数部（ε”）がシート面内方向に異方性を有していることを特徴とする電磁波抑制シート。
【請求項３】
前記磁性粉末の充填密度は、２．３（ｇ/ｃｍ^3）～３．５（ｇ/ｃｍ^3）の範囲内である請求項１又は２に記載の電磁波抑制シート。
【請求項４】
前記磁性粉末の含有量は、３０体積％以上で４５体積％より小さい範囲内である請求項１ないし３のいずれかに記載の電磁波抑制シート。
【請求項５】
前記磁性粉末の含有量は、３０体積％以上で４０体積％以下の範囲内である請求項１ないし４のいずれかに記載の電磁波抑制シート。
【請求項６】
前記磁性粉末の平均粒径（Ｄ５０）は、２４～７０μｍの範囲内である請求項１ないし５のいずれかに記載の電磁波抑制シート。
【請求項７】
前記磁性粉末のアスペクト比は、１０～８００の範囲内である請求項１ないし６のいずれかに記載の電磁波抑制シート。
【請求項８】
５原子％以下の低アニール化促進元素Ｍと、１０原子％以下のＮｉとを含有するＦｅ基非晶質合金で、Ｍは、Ｓｎ、Ｉｎ、Ｚｎ、Ｇａ、Ｃｏ及びＡｌからなる群から選ばれた少なくとも一つであり、組成式$Fe_{100-a-b-x-y-z-w-t}M_aNi_bCr_xP_yC_zB_wSi_t$（０＜ａ≦５原子％、０＜ｂ≦１０原子％、０≦ｘ≦４原子％、６原子％≦ｙ≦１３原子％、２原子％≦ｚ≦１２原子％、０≦ｗ≦５原子％、０≦ｔ≦４原子％）で示されてなる扁平状磁性金属合金であり、各磁性粉末は、膜厚方向に前記絶縁材を介した層状に分散されており、前記絶縁材は、塩素化率３０質量％～４０質量％の塩素化ポリエチレンで形成され、シート厚は、２０μｍ以上２００μｍ以下である請求項１ないし７のいずれかに記載の電磁波抑制シート。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、電波吸収特性に優れた電磁波抑制シートに関する。
【背景技術】
【０００２】
携帯電話やパーソナルコンピュータ等にはノイズ対策として電磁波抑制シートが内蔵される。電磁波抑制シートは、電磁波を吸収する特性を有するもので、磁性粉末と絶縁材とが混合された内部構造で形成される。
下記の各特許文献には電波吸収体に関して記載されている。
【特許文献１】特開２００５－２０９６８６公報
【特許文献２】特開２００５－１５９３３７号公報
【特許文献３】特開２００５－１１６８１９号公報
【特許文献４】特開２００５－３０７２９１号公報
【特許文献５】特許第３７１０２２６号公報
【特許文献６】特許第３７７１２２４号公報
【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】
【０００３】
電波吸収特性（ノイズ吸収効果）を向上させるには、電波吸収体シートの導電率、誘電率、透磁率を高めることが好適である。
【０００４】
例えば特許文献１には、誘電率を大きくして電波吸収特性を向上させることが記載されている。この特許文献１では例えば、磁性粉末としてＦｅ－Ａｌ－Ｓｉ合金を使用しているが、Ｆｅ－Ａｌ－Ｓｉ合金を使用した場合には、薄いシート厚にて、誘電率を高めて電波吸収特性を向上させることはできなかった。
【０００５】
また他の特許文献においても、薄いシート厚にて、誘電率を高めて電波吸収特性を向上させることは何ら記載されていない。
【０００６】
そこで本発明は上記従来の課題を解決するためのものであり、特に、薄いシート厚にて、誘電率を高めて電波吸収特性を向上させることが可能な電磁波抑制シートを提供することを目的としている。
【課題を解決するための手段】
【０００７】
本発明における電磁波抑制シートは、
磁性粉末と絶縁材とからなるシートで、シート面内方向の誘電率（ε）の実数部（ε’）及び虚数部（ε”）がそれぞれε’≧２００、ε”≧２５を有することを特徴とするものである。
【０００８】
これにより、シート面内方向に対して電磁波吸収量が大きく優れた電波吸収特性を発揮する電磁波吸収シートを得ることが可能になる。
【０００９】
あるいは本発明における電磁波抑制シートは、前記磁性粉末と絶縁材とからなるシートで、誘電率（ε）の実数部（ε’）及び虚数部（ε”）がシート面内方向に異方性を有していることを特徴とするものである。
【００１０】
ここで「異方性」とは、シート面内方向の誘電率（ε）の実数部（ε’）及び虚数部（ε”）が、シート厚方向の誘電率（ε）の実数部（ε’）及び虚数部（ε”）に比べて大きく、且つシート面内方向の誘電率（ε）の実数部（ε’）／シート厚方向の誘電率（ε）の実数部（ε’）、及び、シート面内方向の誘電率（ε）の虚数部（ε”）／シート厚方向の誘電率（ε）の虚数部（ε”）が１０以上、好ましくは２０以上、より好ましくは、１００以上であることを指す。
【００１１】
これにより、シート面内方向に対して電磁波吸収量が大きく優れた電波吸収特性を発揮する電磁波吸収シートを得ることが可能になる。
【００１２】
本発明では、前記磁性粉末の充填密度は、２．３（ｇ/ｃｍ^3）～３．５（ｇ/ｃｍ^3）の範囲内であることが好ましい。高密化により、シート面内方向の誘電率（ε）の実数部（ε’）及び虚数部（ε”）を夫々大きくできる。
【００１３】
また本発明では、前記磁性粉末の含有量は、３０体積％以上で４５体積％より小さい範囲内であることが好ましい。また前記磁性粉末の含有量は、３０体積％以上で４０体積％以下の範囲内であることが好ましい。これにより、効果的に磁性粉末－磁性粉末間の距離を近づけることができるとともに、磁性粉末－磁性粉末間に適切に絶縁材を介在させ、気泡の形成を抑制でき、薄いシート厚でシート面内方向の誘電率（ε）の実数部（ε’）及び虚数部（ε”）を夫々大きくできる。

【００１４】
本発明では、前記磁性粉末の平均粒径（Ｄ５０）は、２４～７０μｍの範囲内であることが好ましい。粒径は大きいほうが磁性粉末の比抵抗を大きくでき、シート面内方向の誘電率（ε）の実数部（ε’）及び虚数部（ε”）を夫々大きくできる。
【００１５】
また本発明では、前記磁性粉末のアスペクト比は、１０～８００の範囲内であることが好ましい。これにより、磁性粉末をシート内部全体に、適切に分散配置でき、磁性粉末－磁性粉末間の距離を効果的に近づけることができるとともに各磁性粉末間の絶縁性を保つことが可能であり、優れた電波吸収特性を得ることが可能である。
【００１６】
また本発明では、５原子％以下の低アニール化促進元素Ｍと、１０原子％以下のＮｉとを含有するＦｅ基非晶質合金で、Ｍは、Ｓｎ、Ｉｎ、Ｚｎ、Ｇａ、Ｃｏ及びＡｌからなる群から選ばれた少なくとも一つであり、組成式$Fe_{100-a-b-x-y-z-w-t}M_aNi_bCr_xP_yC_zB_wSi_t$（０＜ａ≦５原子％、０＜ｂ≦１０原子％、０≦ｘ≦４原子％、６原子％≦ｙ≦１３原子％、２原子％≦ｚ≦１２原子％、０≦ｗ≦５原子％、０≦ｔ≦４原子％）で示されてなる扁平状磁性金属合金であり、各磁性粉末は、膜厚方向に前記絶縁材を介した層状に分散されており、前記絶縁材は、塩素化率３０質量％～４０質量％の塩素化ポリエチレンで形成され、シート厚は、２０μｍ以上２００μｍ以下であることが好ましい。前記シート厚は、１００μｍ以下とすることがさらに好ましい。
【００１７】
このように本発明では、薄いシート厚であっても、優れた電波吸収特性を発揮することが可能である。
【発明の効果】
【００１８】
本発明の電磁波抑制シートによれば、シート面内方向に対して電磁波吸収量が大きく優れた電波吸収特性を発揮する電磁波吸収シートを得ることが可能になる。
【発明を実施するための最良の形態】
【００１９】
図１は本実施形態における電磁波抑制シートの斜視図である。前記電磁波抑制シート１は、使用用途や使用範囲によって変わるが、例えば横寸法Ｔ１（図示Ｘ方向への寸法）は、１０ｍｍ以上、縦寸法Ｌ１（図示Ｙ方向への寸法）は、１０ｍｍ以上の範囲内で形成される。また、前記電磁波抑制シート１のシート厚Ｈ１（図示Ｚ方向への寸法）は、２０μｍ以上で２００μｍ以下で形成される。本実施形態では、前記シート厚Ｈ１を２００μｍ以下、１００μｍ以下より薄く形成しても優れた電波吸収特性（ノイズ抑制効果）を発揮できる。前記シート厚Ｈ１は５０μｍ以上であることが好ましく、８０μｍ以上であることがより好ましい。
【００２０】
図２に示すように前記電磁波抑制シート１は、磁性粉末２と絶縁材３とが混合されて構成される。図２は前記電磁波抑制シート１を膜厚方向（図示Ｚ方向）から切断した切断面の部分拡大模式図である。
【００２１】
前記磁性粉末２は、組成式が、$Fe_{100-a-b-x-y-z-w-t}M_aNi_bCr_xP_yC_zB_wSi_t$（０＜ａ≦５原子％、０＜ｂ≦１０原子％、０≦ｘ≦４原子％、６原子％≦ｙ≦１３原子％、２原子％≦ｚ≦１２原子％、０≦ｗ≦５原子％、０≦ｔ≦４原子％）で示されてなる扁平状の非晶質磁性合金である。ここで、低アニール化促進元素Ｍ（Ｓｎ、Ｉｎ、Ｚｎ、Ｇａ、Ｃｏ及びＡｌからなる群から選ばれた少なくとも一つの元素）を５原子％以下と、１０原子％以下のＮｉのいずれか一方もしくは両方を含んでも良い。
【００２２】
本実施形態の磁性粉末２は、磁性を示すＦｅと、非晶質形成能を有するＰ、Ｃ、Ｂといった半金属元素を具備しているので、非晶質相を主相とするとともに優れた軟磁気特性を

示す。

【００２３】

更に前記磁性粉末２は、ΔＴｘ＝Ｔｘ－Ｔｇ（ただしＴｘは結晶化開始温度、Ｔｇはガラス遷移温度を示す。）の式で表される過冷却液体の温度間隔ΔＴｘが２０Ｋ以上を示すが、組成によってはΔＴｘが３０Ｋ以上、さらには５０Ｋ以上という顕著な温度間隔を有し、また、軟磁性についても室温で優れた特性を有している。

【００２４】

本実施形態の磁性粉末２のＦｅ量（１００－ａ－ｂ－ｘ－ｙ－ｚ－ｗ－ｔ）は、７０原子％以上８０原子％以下であることが好ましく、７２原子％以上７９原子％以下であることがより好ましく、７３原子％以上７８原子％以下であることが更に好ましい。このようにＦｅ量が高いことで高い飽和磁化を示す。なおＦｅの添加量が８０原子％を越えると、合金の非晶質形成能の程度を示す換算ガラス化温度（Ｔｇ／Ｔｍ）が０．５４未満になり、非晶質形成能が低下するので好ましくない。なお、上記式においてＴｍは磁性粉末２の融点を示す。

【００２５】

Ｆｅ基非晶質合金においては、低アニール化促進元素Ｍの中でも特にＳｎ量が３．５原子％で、Ｎｉ量が４原子％以上のときに、結晶化温度（Ｔｘ）が６６２Ｋ程度と低い。また、Ｆｅ基非晶質合金においては、低アニール化促進元素であるＳｎ量が３．５原子％の場合に、Ｎｉ添加量が４原子％以上のときに、融点（Ｔｍ）が１２５６Ｋ以下と低い。このような添加量範囲において、非晶質状態を形成することを考慮すると、低アニール化促進元素の添加量が３．５原子％であり、Ｎｉの添加量が４原子％以上であることがもっとも望ましい。

【００２６】

本発明のＦｅ基非晶質合金は、組成式$Fe_{100-a-b-x-y-z-w-t}M_aNi_bCr_xP_yC_zB_wSi_t$を有することが好ましい。

【００２７】

低アニール化促進元素Ｍは、上述したように、Ｎｉと共に含有することにより、結晶化温度（Ｔｘ）、融点（Ｔｍ）を下げる。その含有量は、非晶質状態の形成を考慮して、上記組成式において０＜ａ≦５原子％に設定することが好ましい。

【００２８】

Ｎｉは、Ｆｅとの置換によりガラス転移温度（Ｔｇ）、結晶化温度（Ｔｘ）、融点（Ｔｍ）を低下させる。その含有量は、飽和磁化や融点（Ｔｍ）を考慮して、上記組成式において０＜ｂ≦１０原子％、好ましくは４原子％≦ｂ≦６原子％であることが好ましい。

【００２９】

Ｃｒの含有量は、合金の耐食性、熱的安定性、飽和磁化を考慮して、上記組成式において０≦ｘ≦４原子％、特に２原子％≦ｘ≦４原子％であることが好ましい。

【００３０】

Ｐの含有量は、Ｆｅ－Ｐ－Ｃ（$Fe_{79.4}P_{10.8}C_{9.8}$）の三元合金の共晶組成付近が好ましいことを考慮して、上記組成式において６原子％≦ｙ≦１３原子％、特に６原子％≦ｙ≦１１原子％であることが好ましい。

【００３１】

Ｃの含有量は、Ｆｅ－Ｐ－Ｃ（$Fe_{79.4}P_{10.8}C_{9.8}$）の三元合金の共晶組成付近が好ましいことを考慮して、上記組成式において２原子％≦ｚ≦１２原子％、特に６原子％≦ｚ≦１１原子％であることが好ましい。

【００３２】

Ｂの含有量は、ガラス転移温度（Ｔｇ）、結晶化温度（Ｔｘ）、融点（Ｔｍ）が上昇することを考慮して、上記組成式において０≦ｗ≦５原子％、特に０≦ｗ≦２原子％であることが好ましく、１≦ｗ≦２原子％であることがより好ましい。

【００３３】

Ｓｉの含有量は、ガラス転移温度（Ｔｇ）、結晶化温度（Ｔｘ）、融点（Ｔｍ）が上昇

することを考慮して、上記組成式において０≦ｔ≦４原子％、特に０≦ｔ≦２原子％であることが好ましく、１≦ｗ≦２であることがより好ましい。

【００３４】

上記のいずれの場合の組成においても、本実施形態においては、過冷却液体の温度間隔ΔＴxは２０Ｋ以上、組成によっては３５Ｋ以上が得られる。

また上記の組成で示される元素の他に不可避的不純物が含まれていても良い。

【００３５】

図２に示すように、前記磁性粉末２は、扁平状で形成され、各磁性粉末２は、膜厚方向（図示Ｚ方向）に絶縁材３を介して層状に分散されている。

【００３６】

本実施形態では、前記絶縁材３は、塩素化率が３０質量％～４０質量％の塩素化ポリエチレンで形成される。前記塩素化ポリエチレンには例えば、昭和電工（株）社製のエラスレンを用いることができる。なお前記絶縁材３には、潤滑剤やシランカップリング剤等の微量添加物が添加されていてもよい。

【００３７】

塩素化率が３０質量％～４０質量％の塩素化ポリエチレンを絶縁材３として用いることで、前記磁性粉末２の前記絶縁材３に対するローディング性（充填性）を高くでき、磁性粉末２－磁性粉末２間の距離を適切に近づけることができる。また、本実施形態の上記組成からなる磁性粉末２は、例えばＦｅ－Ａｌ－Ｓｉ合金に比べて十分に比抵抗が高い（具体的には２倍以上である）。また本実施形態の上記組成からなる扁平状の磁性粉末２は、膜厚方向（図示Ｚ方向）に絶縁材３を介して層状に分散されるとともに、前記磁性粉末２と塩素化ポリエチレン間の相互作用は強く、前記磁性粉末２と塩素化ポリエチレンの絶縁材３間が適切に密接しており、前記磁性粉末２と絶縁材３間に気泡が形成されにくい。以上により、２００μｍ以下、特に１００μｍ以下の薄いシート厚においても、シート面内方向の複素比誘電率の実数部ε′及び複素比誘電率の虚数部ε″を共に高くでき、薄いシート厚にて優れた電波吸収特性を得ることが可能となる。

【００３８】

具体的には、数百ＭＨｚ～十数ＧＨｚまでの周波数帯域において、２００～９００程度のシート面内方向の複素比誘電率の実数部ε′、２５～９００程度のシート面内方向の複素比誘電率の虚数部ε″を、２００μｍ以下、特に１００μｍ以下の薄いシート厚にて得ることができる。複素比誘電率の虚数部ε″は、３０以上であることがより好適である。本発明の電磁波抑制シート１がこのような高い比誘電率を示すのは、塩素化ポリエチレンと本発明にて用いる非晶質磁性合金（磁性粉末）との表面の活性化状態に大きく影響している。しかし、例えば後述する実験で示すように磁性粉末２としてＦｅ－Ａｌ－Ｓｉ合金やＮｉＦｅ合金を用いても上記のような比誘電率を得ることできない。これは、磁性粉末表面と塩素化ポリエチレンとの相互作用の違いによるものと考えられる。

【００３９】

さらに、本発明の電磁波抑制シートは、誘電率（ε）の実数部（ε’）及び虚数部（ε”）がシート面内方向に異方性を有していることを特徴とするものである。

【００４０】

ここで「異方性」とは、シート面内方向の誘電率（ε）の実数部（ε’）及び虚数部（ε”）が、シート厚方向の誘電率（ε）の実数部（ε’）及び虚数部（ε”）に比べて大きく、且つシート面内方向の誘電率（ε）の実数部（ε’）／シート厚方向の誘電率（ε）の実数部（ε’）、及び、シート面内方向の誘電率（ε）の虚数部（ε”）／シート厚方向の誘電率（ε）の虚数部（ε”）が１０以上、好ましくは２０以上、より好ましくは１００以上であることを指す。

【００４１】

これは、金属と樹脂との混合状態は、小さなコンデンサーの集合体として見ることができる。このため、上記の稠密構造をとることにより、各々のコンデンサー容量が上がり、全体として、高誘電率を示す。本発明の非晶質磁性合金（磁性粉末）の場合、磁性粉末が

アモルファス構造であるため表面活性が高く、塩素化ポリエチレンとの密着性が他の結晶性樹脂よりも高い。従って、シート内の微細組織が密となり、結晶金属シートよりも高充填状態を実現する。また、面内方向で見た場合には、金属－金属間の距離がより近接していること、金属の長手方向への長さが長いほど抵抗が高くなることに起因して高誘電率を実現しやすくなることから本発明の非晶質磁性合金（磁性粉末）を有する電磁波抑制シート１はシート面内方向で高い誘電率を実現する。

【００４２】

そして前記電磁波抑制シート１を極薄で形成できることで、例えば携帯電話のような小型機器の筐体内部の壁面に前記電磁波抑制シート１を貼着しても部品の設置の邪魔にならない。また電磁波抑制シート１は図１のような平面が四角形状のものに限定されず様々な形状に加工可能でまた折り曲げ性にも優れるため、前記電磁波抑制シート１の設置に関する自由度は非常に高く、どのような電子機器に対しても本実施形態の電磁波抑制シート１を用いることでノイズ対策に万全を期すことができる。

【００４３】

本実施形態では、前記磁性粉末２の充填密度は、２．３（ｇ／ｃｍ^3）～３．５（ｇ／ｃｍ^3）の範囲内であることが好ましい。後述する実験に示すように前記磁性粉末２の充填密度は、塩素化ポリエチレンの塩素化率と密接に関係している。しかし、例えば磁性粉末２としてＦｅ－Ａｌ－Ｓｉ合金やＮｉＦｅ合金を用いても上記の充填密度を得ることは困難である。磁性粉末２として塩素化ポリエチレンとの相互作用が強い上記した組成の非晶質磁性合金を用いることで、充填密度が高い状態で上述したようなシート面内方向に高い比誘電率ε′、ε″を得ることが可能となる。

【００４４】

また、前記磁性粉末２の含有量は、３０体積％以上で４５体積％以下より小さい範囲内であることが好ましい。これにより効果的に磁性粉末２－磁性粉末２間の距離を近づけることができるとともに、磁性粉末２－磁性粉末２間に適切に絶縁材３を適切に介在させることができ、気泡の形成を抑制できる。以上により、シート厚Ｈ１を適切に２００以下あるいは１００μｍ以下と薄く形成できるとともに、このような薄いシート厚においても、シート面内方向での複素比誘電率の実数部ε′及び複素比誘電率の虚数部ε″を効果的に高くできる。また透磁率（複素比透磁率の実数部μ′及び虚数部μ″）も適切に高くできる。本実施形態では、前記磁性粉末２の含有量は、３５体積％～４０体積％であることがより好ましい。

【００４５】

また前記磁性粉末２の平均粒径（Ｄ５０）は、２４μｍ～７０μｍの範囲内であることが好ましい。ここでＤ５０とは、累積５０％粒径（メジアン粒径）である。また平均粒径は、本実施形態の磁性粉末２が扁平状のため、長辺と短辺との平均値で求められる。また、前記平均粒径（Ｄ５０）は、５０μｍ以下であることがより好ましい。

【００４６】

後述する実験にも示すように、平均粒径が大きいと磁性粉末２の比抵抗を大きくでき、シート面内方向での複素比誘電率の実数部ε′及び複素比誘電率の虚数部ε″を効果的に高くできる。しかし、前記平均粒径があまり大きくなりすぎると相対的に絶縁材３の量が減り、磁性粉末２どうしが接触しやすくなり、また磁性粉末２間に介在する絶縁材３の量が減り気泡が形成されやすくなる等して、複素比誘電率の実数部ε′及び複素比誘電率の虚数部ε″が低下しやすくなる。よって本実施形態では、前記磁性粉末２の平均粒径（Ｄ５０）を、２４μｍ～７０μｍの範囲内に規定している。

【００４７】

また扁平状で形成された磁性粉末２のアスペクト比（縦横比）は、１０～８００の範囲内であることが好ましい。これにより、前記磁性粉末２どうしの接触を抑制でき、また前記磁性粉末２を均一に分散配置でき、前記磁性粉末２の充填密度を高めることができ、シート面内方向での複素比誘電率の実数部ε′及び複素比誘電率の虚数部ε″を効果的に高めることが可能である。前記アスペクト比の上限値は３００であることがより好ましく、

最も好ましい上限値は１００である。

【００４８】

本実施形態の前記磁性粉末２は、例えば、水アトマイズ法により略球状の非晶質の磁性粉末を製造し、アトライタなどにより扁平状に加工したものである。

【００４９】

また塩素化率が３０質量％～４０質量％の塩素化ポリエチレンを、トルエンや、メチルエチルケトン（ＭＥＫ）等の溶剤に溶かして溶液を調製する。

【００５０】

続いて、前記磁性粉末２を前記溶液中に投入・攪拌してスラリーを得、前記スラリーを例えばドクターブレード法で塗工した後、加熱処理を行い、シート状の電磁波抑制シート１を形成する。

【実施例】

【００５１】

［実験例１：塩素化率］

次の電磁波抑制シートを作製した。

【００５２】

実施例では、塩素化率が３０質量％、あるいは４０質量％の塩素化ポリエチレン（昭和電工（株）社製のエラスレン）を用い、また磁性粉末の含有量を３５体積％、あるいは４０体積％とした。

【００５３】

一方、比較例では、塩素化率が４５質量％の塩素化ポリエチレン（昭和電工（株）社製のエラスレン）を用い、また磁性粉末の含有量を３５体積％、あるいは４０体積％とした。

【００５４】

実施例及び比較例ともに磁性粉末には、$Fe_{67.9}Co_4Ni_4Sn_{3.5}P_{8.8}C_{10.8}B_1$（ａｔ％）から成る非晶質磁性合金を用いた。前記磁性粉末は、扁平状で、前記磁性粉末の平均粒径（Ｄ５０）は５８μｍ、アスペクト比は１０２であった。

【００５５】

また実施例の電磁波抑制シートのシート厚は９０μｍ、比較例の電磁波抑制シートのシート厚は９２μｍであった。

【００５６】

実験では、５００ＭＨｚあるいは１ＧＨｚの周波数にて、シート面内方向での複素比誘電率の実数部ε′、及び複素比誘電率の虚数部ε″を夫々、求めた。その実験結果を以下の表１に示す。

【００５７】

【表１】

表1

	塩素化率wt%	磁性粉末含有量(vol%)		500MHz	1GHz
比較例	45	40	ε′	105	98
			ε″	10	8
		35	ε′	120	118
			ε″	18	12
実施例	40	40	ε′	218	205
			ε″	34	29
		35	ε′	228	216
			ε″	39	31
	30	40	ε′	673	616
			ε″	210	175
		35	ε′	535	497
			ε″	139	119

【００５８】

これに対し、さらに比較実験としてＦｅ－Ａｌ－Ｓｉ合金（山陽特殊鋼（株）製扁平粉末ＰＳＴ－４－ＦＭ６０、Ｄ５０＝約５０μｍ、アスペクト比１００）を使用し塩素化率３０質量％、３５質量％、４０質量％の塩素化ポリエチレンを使用し電磁波抑制シートを作成した。実験では上記表1の実験と同様にシート面内方向での比誘電率ε′、ε″を求めた。その実験結果を以下の表２に示す。

【００５９】

【表２】

表2

Fe-Al-Siシートの誘電率

塩素化率 %	粉末充填率 (vol%)		500MHz	1GHz
40	35	ε'	188	185
		ε″	11	10
	40	ε'	242	238
		ε″	15	16
35	35	ε'	179	173
		ε″	13	11
	40	ε'	298	297
		ε″	23	22
30	35	ε'	169	164
		ε″	13	12
	40	ε'	273	270
		ε″	22	20

【００６０】

表１に示すように、実施例では比較例よりもシート面内方向での複素比誘電率の実数部ε′、及び複素比誘電率の虚数部ε″がいずれも高くなった。実施例では、周波数帯域が５００ＭＨｚ～１ＧＨｚの範囲内で、複素比誘電率の実数部ε′を約２００以上、好ましくは約５００以上、複素比誘電率の虚数部ε″を約２５以上、好ましくは約３０以上、より好ましくは約１００以上にできることがわかった。また、表２に示すように、Ｆｅ－Ａｌ－Ｓｉ合金においては塩素化ポリエチレンを使用してもそれほど大きな複素比誘電率の実数部ε′、及び複素比誘電率の虚数部ε″を得ることができず、さらに塩素化率に対する明確な依存性も見られなかった。

【００６１】

この実験結果から塩素化ポリエチレンの塩素化率を３０質量％～４０質量％に規定することとした。

【００６２】

［実験例２：磁性粉末の充填密度］

実験では、塩素化率が３０質量％、４０質量％、あるいは４５質量％の塩素化ポリエチレン（昭和電工（株）社製のエラスレン）を用いた電磁波抑制シートを形成し、塩素化率と磁性粉末の充填密度との関係を調べた。

【００６３】

実験に使用した磁性粉末は、$Fe_{67.9}Co_4Ni_4Sn_{3.5}P_{8.8}C_{10.8}B_1$から成る非晶質磁性合金であり、前記磁性粉末は、扁平状で、前記磁性粉末の平均粒径（Ｄ５０）は５６μｍ、アスペクト比は１００であった。

【００６４】
また電磁波抑制シートのシート厚は９０μｍであった。
塩素化率と磁性粉末の充填密度との関係を以下の表３及び図３に示す。
【００６５】
【表３】

表3

塩素化率 (%)	密度 (g/cm^3)
30	2.837
40	2.494
45	1.118

【００６６】
表３及び図３に示すように、塩素化率が４０質量％を超えると、急激に前記磁性粉末の充填密度が低下することがわかった。前記塩素化率が大きくなると、塩素化ポリエチレンどうしの結合力が強まり、前記磁性粉末が塩素化ポリエチレンの網目構造の内部に入り込みにくくなるため充填密度が低下すると考えられる。
【００６７】
［実験例３：磁性粉末の含有量］
次の電磁波抑制シートを作製した。
【００６８】
磁性粉末の含有量を、３５体積％、３７．５体積％、４０体積％、４５体積％、あるいは５０体積％とした。
【００６９】
磁性粉末には、$Fe_{67.9}Co_4Ni_4Sn_{3.5}P_{8.8}C_{10.8}B_1$から成る非晶質磁性合金を用いた。前記磁性粉末は、扁平状で、前記磁性粉末の平均粒径（Ｄ５０）は５６μｍ、アスペクト比は１００であった。
【００７０】
また塩素化率が３０質量％の塩素化ポリエチレン（昭和電工（株）社製のエラスレン）を用いた。
【００７１】
実験では、各電磁波抑制シートのシート厚、シート面内方向の複素比透磁率の実数部μ′（１３．５６ＭＨｚ）、複素比透磁率の虚数部μ″（１ＧＨｚ）、磁性粉末の充填密度、相対密度を夫々求めた。その実験結果を以下の表４に示す。
【００７２】
【表４】

表4

Samp.	含有量 (vol%)	厚さ (μm)	μ' 13.56M	μ″ 1G	密度 (g/cm^3)	相対密度 (%)
1	35	86.00	24.97	6.35	3.122	96.3
2	37.5	81.67	25.21	6.32	3.122	92.0
3	40	90.67	24.71	6.30	3.055	86.2
4	45	137.00	21.83	5.61	2.272	59.0
5	50	185.33	20.76	5.54	1.897	45.7

【００７３】
図４は、磁性粉末の含有量と磁性粉末の充填密度との関係、図５は、磁性粉末の含有量と、複素比透磁率の実数部μ′（１３．５６ＭＨｚ）との関係、図６は、磁性粉末の含有量と複素比透磁率の虚数部μ″（１ＧＨｚ）との関係、図７は、磁性粉末の含有量と相対

密度の関係を示している。

【００７４】

また前記磁性粉末の含有量は、３５体積％～４０体積％であることがより好ましいことがわかった。

【００７５】

図４に示すように、前記磁性粉末の充填密度は、例えば前記磁性粉末の含有量を４０体積％以下にすれば非常に高くなることがわかった。

【００７６】

表３、表４及び図４に示す実験結果により、磁性粉末の充填密度を、２．３（ｇ／ｃｍ^3）～３．５（ｇ／ｃｍ^3）の範囲内に規定することとした。

【００７７】

図５ないし図７に示すように、複素比透磁率の実数部μ′（１３．５６ＭＨｚ）、複素比透磁率の虚数部μ″（１ＧＨｚ）及び相対密度は、いずれも、前記磁性粉末の含有量を４０体積％以下にすれば非常に高くなることがわかった。

【００７８】

次に、上記した磁性粉末の含有量が異なる各電磁波抑制シートを用い、９００ＭＨｚの周波数にて、シート面内方向での複素比誘電率の実数部ε′、複素比誘電率の虚数部ε″、複素比透磁率の実数部μ′及び、複素比透磁率の虚数部μ″を夫々求めた。その実験結果が以下の表５に示されている。

【００７９】

【表５】

表5

充填率	ε'	ε"	μ'	μ"
35%	559.53	84.24	10.48	6.50
37.50%	655.91	115.86	9.28	4.82
40%	938.78	223.56	10.44	6.12
45%	490.64	72.57	8.26	5.39
50%	297.60	30.73	8.23	5.75

【００８０】

図８は、上記の実験結果から求めた磁性粉末の含有量とシート面内方向での複素比誘電率の実数部ε′及び、複素比誘電率の虚数部ε″との関係を示すグラフである。

【００８１】

図８を見てわかるように、磁性粉末の含有量が４０体積％まで大きくなるにつれて徐々に複素比誘電率の実数部ε′及び、複素比誘電率の虚数部ε″は大きくなっていき、磁性粉末の含有量が４０体積％より大きくなってくと、徐々に複素比誘電率の実数部ε′及び、複素比誘電率の虚数部ε″は小さくなっていくことがわかった。

【００８２】

［実験例４：磁性粉末の平均粒径（Ｄ５０）］

次の電磁波抑制シートを作製した。

【００８３】

平均粒径（Ｄ５０）が５０μｍ、あるいは２４μｍの扁平状の磁性粉末を用いた。平均粒径（Ｄ５０）が５０μｍの磁性粉末のアスペクト比は９２、平均粒径（Ｄ５０）が２４μｍの磁性粉末のアスペクト比は８３であった。

【００８４】

磁性粉末の含有量を、３５体積％とした。磁性粉末には、$Fe_{67.9}Co_4Ni_4Sn_{3.5}P_{8.8}C_{10.8}B_1$（ａｔ％）から成る非晶質磁性合金を用いた。

【００８５】

また塩素化率が３０質量％の塩素化ポリエチレン（昭和電工（株）社製のエラスレン）

を用いた。

【００８６】

実験では、周波数が１ＧＨｚあるいは７００ＭＨｚのときの各電磁波抑制シートのシート面内方向での複素比誘電率の実数部ε′及び、複素比誘電率の虚数部ε″を求めた。その実験結果が以下の表６に示されている。

【００８７】

【表６】

表6

	1GHzのε'	1GHzのε"	700MHzのε'	700MHzのε"
D50=50μm	195.2	38.1	203.0	42.3
D50=24μm	130.9	8.0	132.4	8.2

【００８８】

表６に示すように、前記磁性粉末の平均粒径（Ｄ５０）は大きいほうが複素比誘電率の実数部ε′及び、複素比誘電率の虚数部εを格段に大きくできることがわかった。

【００８９】

なおこの実験結果に基づき、磁性粉末の平均粒径（Ｄ５０）を２４μｍ～５０μｍとするとより好ましいことが判明した。

【００９０】

［実験例５：実施例と比較例（Ｆｅ－Ｓｉ－Ａｌ合金）の内部構造］

次の電磁波抑制シートを作製した。

【００９１】

実施例では、$Fe_{67.9}Co_4Ni_4Sn_{3.5}P_{8.8}C_{10.8}B_1$から成る非晶質の磁性粉末（含有量３５体積％）を用いた。実施例の前記磁性粉末の平均粒径（Ｄ５０）は５６μｍ、アスペクト比は１００であった。

【００９２】

一方、比較例では、実験例1で使用したＦｅ－Ｓｉ－Ａｌ合金の磁性粉末（含有量３５体積％）を用いた。比較例の前記磁性粉末の平均粒径（Ｄ５０）は約５０μｍ、アスペクト比は１００であった。

【００９３】

実施例及び比較例ともに塩素化率が３０質量％の塩素化ポリエチレン（昭和電工（株）社製のエラスレン）を用いた。

【００９４】

図９（ａ）は、本実施例の電磁波抑制シートを膜厚方向へ切断した断面の走査電子顕微鏡写真（ＳＥＭ写真）、図９（ｂ）は、比較例の電磁波抑制シートを膜厚方向へ切断した断面の走査電子顕微鏡写真（ＳＥＭ写真）である。

【００９５】

略平面方向へ線状に見えるのが扁平状の磁性粉末の断面である。磁性粉末が層状に分散しているのがわかる。

【００９６】

図９（ａ）の実施例のほうが、図９（ｂ）の比較例に比べて内部に気泡の発生が少なく、磁性粉末間に塩素化ポリエチレンが密に詰まっていることがわかった。

【００９７】

なお図９（ａ）の実施例の電磁波抑制シートのシート厚は８６μｍで、図９（ｂ）の比

較例の電磁波抑制シートのシート厚は２０５μｍであった。

【００９８】

［実験例６：５００ＭＨｚ～９ＧＨｚまでの周波数帯域とシート面内方向での複素比誘電率の実数部ε′、複素比誘電率の虚数部ε″との関係］

次の４つの電磁波抑制シートを作製した。

【００９９】

第１の電磁波抑制シートでは、組成が$Fe_{67.9}Co_4Ni_4Sn_{3.5}P_{8.8}C_{10.8}B_1$（ａｔ％）、平均粒径（Ｄ５０）が８０μｍ、アスペクト比が９６の磁性粉末及び、塩素化率が４０％の塩素化ポリエチレン（昭和電工（株）社製のエラスレン）を用いた。シート厚は９１μｍであった。

【０１００】

第２の電磁波抑制シートでは、組成が$Fe_{67.9}Co_4Ni_4Sn_{3.5}P_{8.8}C_{10.8}B_1$（ａｔ％）、平均粒径（Ｄ５０）が８０μｍ、アスペクト比が８７の磁性粉末及び、塩素化率が３５％の塩素化ポリエチレン（昭和電工（株）社製のエラスレン）を用いた。シート厚は８６μｍであった。

【０１０１】

第３の電磁波抑制シートでは、組成が$Fe_{67.9}Co_4Ni_4Sn_{3.5}P_{8.8}C_{10.8}B_1$（ａｔ％）、平均粒径（Ｄ５０）が８０μｍ、アスペクト比が１０２の磁性粉末及び、塩素化率が４０％の塩素化ポリエチレン（昭和電工（株）社製のエラスレン）を用いた。シート厚は６５μｍであった。

【０１０２】

第４の電磁波抑制シートでは、組成が$Fe_{67.9}Co_4Ni_4Sn_{3.5}P_{8.8}C_{10.8}B_1$（ａｔ％）、平均粒径（Ｄ５０）が８０μｍ、アスペクト比が９８の磁性粉末及び、塩素化率が３５％の塩素化ポリエチレン（昭和電工（株）社製のエラスレン）を用いた。シート厚は５９μｍであった。

【０１０３】

各電磁波抑制シートを用い、５００ＭＨｚ～９ＧＨｚまでの周波数帯域におけるシート面内方向での複素比誘電率の実数部ε′、複素比誘電率の虚数部ε″を測定した。

【０１０４】

図１０は、第１の電磁波抑制シートを用いて得られた複素比誘電率の実数部ε′、複素比誘電率の虚数部ε″の測定結果、図１１は、第２の電磁波抑制シートを用いて得られた複素比誘電率の実数部ε′、複素比誘電率の虚数部ε″の測定結果、図１２は、第３の電磁波抑制シートを用いて得られた複素比誘電率の実数部ε′、複素比誘電率の虚数部ε″の測定結果、図１３は、第４の電磁波抑制シートを用いて得られた複素比誘電率の実数部ε′、複素比誘電率の虚数部ε″の測定結果である。

【０１０５】

いずれの実験結果においても、５００ＭＨｚ～９ＧＨｚまでの周波数帯域において、高いシート面内方向での複素比誘電率の実数部ε′、及び複素比誘電率の虚数部ε″が得られた。

【０１０６】

具体的には、図１０～図１３に示すように、２００～６００程度の複素比誘電率の実数部ε′を得ることができ、２５～５００程度の複素比誘電率の虚数部ε″を得ることができた。また既に説明した図８のように、複素比誘電率の実数部ε′及び、複素比誘電率の虚数部ε″を９００程度まで大きくすることも可能であることがわかった。

【０１０７】

［実験例７：複素比誘電率ε′、ε″の異方性］

次の電磁波抑制シートを作製した。

【０１０８】

塩素化率が３０質量％塩素化ポリエチレン（ダイソー（株）社製のダイソラックＣ１３０）を用いた電磁波抑制シートを形成し、電磁波抑制シートの面内方向と厚さ方向の複素

比誘電率の実数部ε′及び、複素比誘電率の虚数部ε″を測定した。

【０１０９】

磁性粉末には、$Fe_{67.9}Co_4Ni_4Sn_{3.5}P_{8.8}C_{10.8}B_1$（ａｔ％）から成る非晶質磁性合金を用いた。前記磁性粉末は、扁平状で、前記磁性粉末の平均粒径（Ｄ５０）は５６μｍ、アスペクト比は１００であった。また、磁性粉末の含有量は３５体積％とした。

【０１１０】

図１４は電磁波抑制シートの厚さ方向の複素比誘電率の実数部ε′及び、複素比誘電率の虚数部ε″の周波数特性を示したものであり、図１５は電磁波抑制シートの面内方向の複素比誘電率の実数部ε′及び、複素比誘電率の虚数部ε″の周波数特性を示したものである。

【０１１１】

図１４と図１５から本実施例の電磁波抑制シートの面内方向の複素比誘電率の実数部ε′は厚さ方向に比較して５００ＭＨｚで約１００倍、１ＧＨｚで約７０倍となっており、複素比誘電率の虚数部ε″については５００ＭＨｚで約１５０倍１ＧＨｚで約２０倍となっていることが分かる。このような大きな複素比誘電率の異方性を持つことで電磁波抑制能力を格段に向上させることが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【０１１２】

【図１】本実施形態における電磁波抑制シートの斜視図、

【図２】本実施形態の電磁波抑制シートを膜厚方向へ切断した切断面の模式図（部分拡大図）、

【図３】塩素化ポリエチレンの塩素化率と磁性粉末の充填密度との関係を示すグラフ、

【図４】磁性粉末の含有量と磁性粉末の充填密度とをの関係を示すグラフ、

【図５】磁性粉末の含有量と、複素比透磁率の実数部μ′（１３．５６ＭＨｚ）との関係を示すグラフ、

【図６】磁性粉末の含有量と複素比透磁率の虚数部μ″（１ＧＨｚ）との関係を示すグラフ、

【図７】磁性粉末の含有量と相対密度の関係を示すグラフ、

【図８】磁性粉末の含有量と、シート面内方向の複素比誘電率の実数部ε′及び、複素比誘電率の虚数部εとの関係を示すグラフ、

【図９】（ａ）は、本実施例（磁性粉末；$Fe_{67.9}Co_4Ni_4Sn_{3.5}P_{8.8}C_{10.8}B_1$）の電磁波抑制シートを膜厚方向へ切断した断面の走査電子顕微鏡写真（ＳＥＭ写真）、図９（ｂ）は、比較例（磁性粉末；Ｆｅ－Ｓｉ－Ａｌ合金）の電磁波抑制シートを膜厚方向へ切断した断面の走査電子顕微鏡写真（ＳＥＭ写真）、

【図１０】本実施例の第１の電磁波抑制シート（塩素化ポリエチレン（昭和電工（株）社製（塩素化率４０％）　シート厚：９１μｍ）を用い、５００ＭＨｚ～９ＧＭｚの周波数帯域での複素比誘電率の実数部ε′、複素比誘電率の虚数部εの測定結果、

【図１１】本実施例の第２の電磁波抑制シート（塩素化ポリエチレン：昭和電工（株）社製（塩素化率３５％）　シート厚：８６μｍ）を用い、５００ＭＨｚ～９ＧＭｚの周波数帯域での複素比誘電率の実数部ε′、複素比誘電率の虚数部εの測定結果、

【図１２】本実施例の第３の電磁波抑制シート（塩素化ポリエチレン：昭和電工（株）社製（塩素化率４０％）　シート厚：６５μｍ）を用い、５００ＭＨｚ～９ＧＭｚの周波数帯域での複素比誘電率の実数部ε′、複素比誘電率の虚数部εの測定結果、

【図１３】本実施例の第４の電磁波抑制シート（塩素化ポリエチレン：昭和電工（株）社製（塩素化率３５％）　シート厚：５９μｍ）を用い、５００ＭＨｚ～９ＧＭｚの周波数帯域での複素比誘電率の実数部ε′、複素比誘電率の虚数部εの測定結果、

【図１４】本実施例における電磁波抑制シートの厚さ方向の複素比誘電率の実数部ε′及び、複素比誘電率の虚数部ε″の周波数特性を示したグラフ、

【図１５】本実施例における電磁波抑制シートの電磁波抑制シートの面内方向の複素比誘

電率の実数部ε′及び、複素比誘電率の虚数部ε″の周波数特性を示したグラフ、

【符号の説明】

【０１１３】

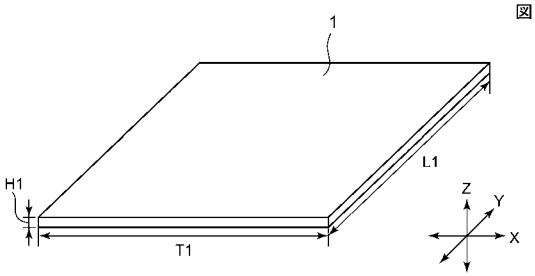
１　電磁波抑制シート

２　磁性粉末

３　絶縁材

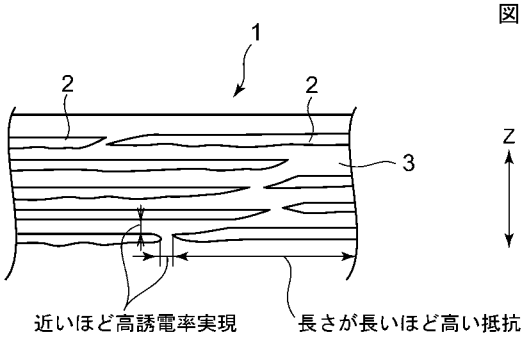
【図１】

図１



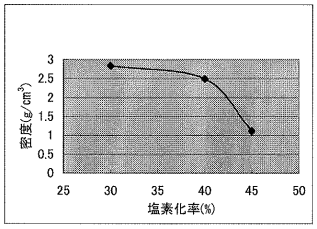
【図２】

図２



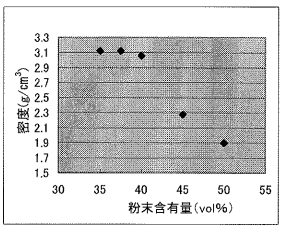
【図３】

図3



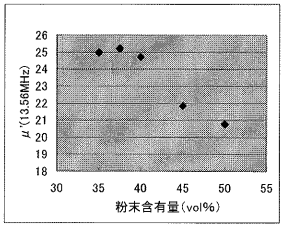
【図４】

図4



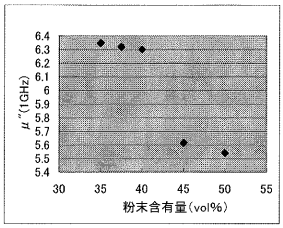
【図５】

図5



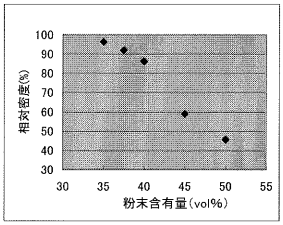
【図６】

図6



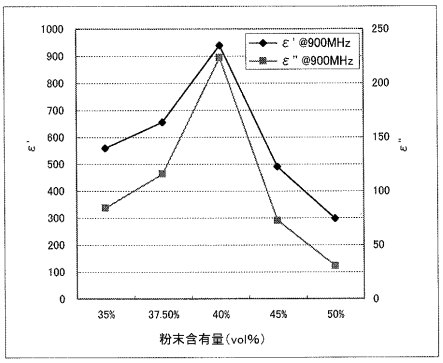
【図７】

図7



【図８】

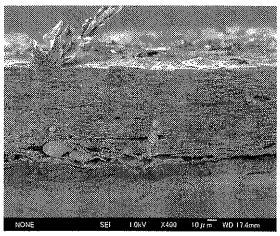
図8



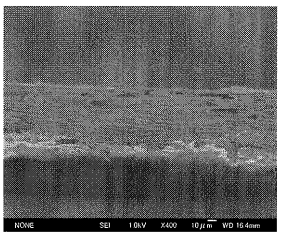
【図９】

図9

(a)

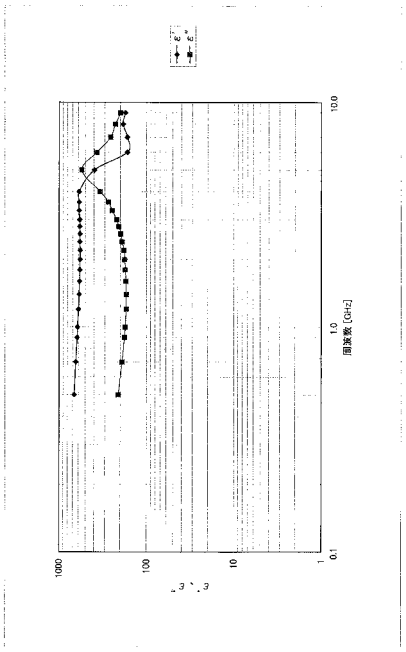


(b)



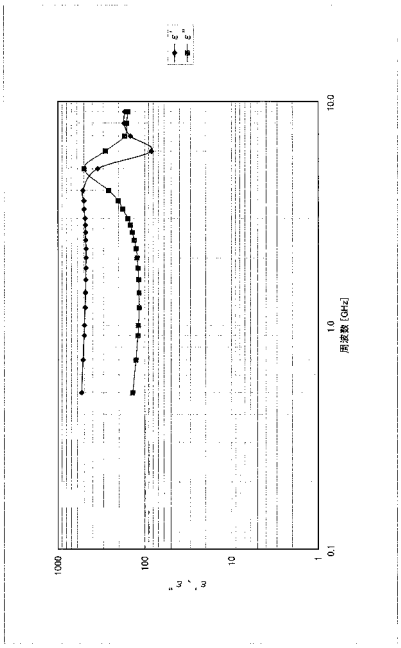
【図１０】

図10



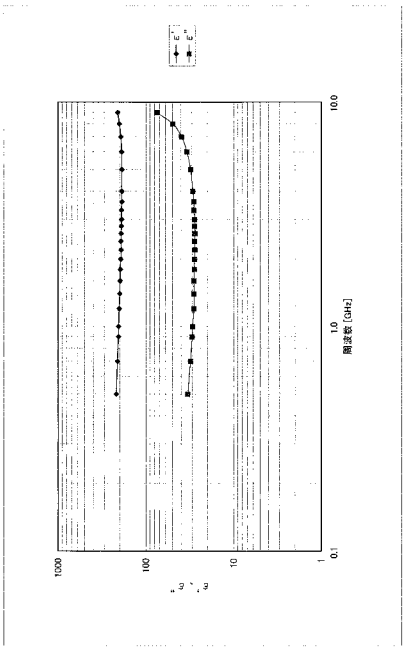
【図１１】

図11



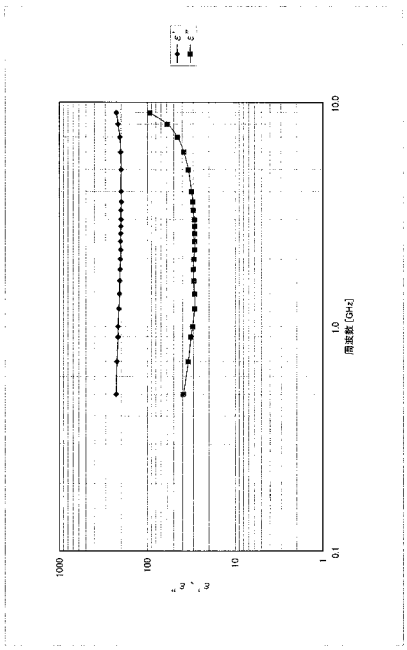
【図１２】

図12



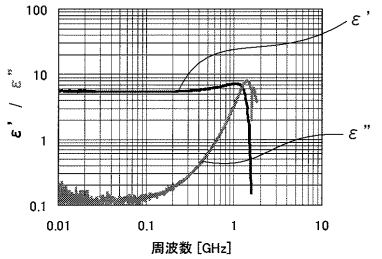
【図１３】

図13



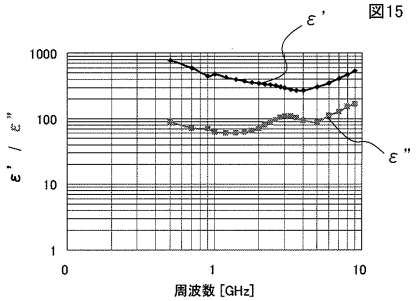
【図１４】

図14



【図１５】

図15



フロントページの続き

(72)発明者　川瀬　恭一
東京都大田区雪谷大塚町１番７号　アルプス電気株式会社内
(72)発明者　高橋　利男
東京都大田区雪谷大塚町１番７号　アルプス電気株式会社内
(72)発明者　丸山　智史
東京都大田区雪谷大塚町１番７号　アルプス電気株式会社内

Ｆターム(参考) 5E040 AA11 BB03 CA13 NN01 NN04 NN06
5E041 AA11 BB03 CA06 NN01 NN04 NN06
5E321 AA23 BB32 BB53 BB55 GG11