

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5496879号
(P5496879)

(45) 発行日 平成26年5月21日(2014.5.21)

(24) 登録日 平成26年3月14日(2014.3.14)

(51) Int.Cl.		F I	
H05K 9/00 (2006.01)		H05K 9/00	M
H01F 1/00 (2006.01)		H01F 1/00	C

請求項の数 4 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2010-508181 (P2010-508181)	(73) 特許権者	000139023
(86) (22) 出願日	平成21年4月8日(2009.4.8)		株式会社リケン
(86) 国際出願番号	PCT/JP2009/057211		東京都千代田区九段北1丁目13番5号
(87) 国際公開番号	W02009/128377	(74) 代理人	100147485
(87) 国際公開日	平成21年10月22日(2009.10.22)		弁理士 杉村 憲司
審査請求日	平成24年3月28日(2012.3.28)	(74) 代理人	100165696
(31) 優先権主張番号	特願2008-105656 (P2008-105656)		弁理士 川原 敬祐
(32) 優先日	平成20年4月15日(2008.4.15)	(74) 代理人	100146374
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		弁理士 有馬 百子
		(72) 発明者	廣瀬 敬太
			埼玉県熊谷市末広4丁目14番1号 株式
			会社リケン熊谷事業所内
		(72) 発明者	小野 敬
			埼玉県熊谷市末広4丁目14番1号 株式
			会社リケン熊谷事業所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 複合型電波吸収体

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

磁性吸収体板と、

前記磁性吸収体板に対して垂直に配置される複数の誘電損失体板を交差させたクロス型電波吸収体と、

前記磁性吸収体板上の、前記クロス型電波吸収体の誘電損失体板に区切られた空間に設置される小型電波吸収体と、を備える複合型電波吸収体であって、

前記小型電波吸収体は、そのいずれの位置でも前記磁性吸収体板に対して垂直方向において複数層かつ同数層で延在し、かつ、前記磁性吸収体板に対して傾斜して配置された、複数の電波吸収層と、前記電波吸収層間に介在し、前記電波吸収層より誘電率の低い低誘電率層と、を有することを特徴とする複合型電波吸収体。

【請求項2】

前記低誘電率層の垂直方向の厚さが、10mm～500mmであることを特徴とする請求項1に記載の複合型電波吸収体。

【請求項3】

前記小型電波吸収体の垂直方向の寸法が、200mm～700mmであることを特徴とする請求項1又は2に記載の複合型電波吸収体。

【請求項4】

前記小型電波吸収体は、上方から見た平面視において前記磁性吸収体板の全体を覆うように設置される請求項1～3のいずれか1項に記載の複合型電波吸収体。

10

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、電磁波を吸収する電波吸収体に関し、特に電波暗室に使用される複合型電波吸収体に関する。

【背景技術】

【0002】

電波暗室は、各種電子機器から発生する電磁妨害波(ノイズ)の評価や、外来電磁波ノイズに対する電子機器の耐性評価を行うEMC(Electro Magnetic Compatibility)評価用測定室として、広く利用されている。また、近年は、上記用途の他にアンテナを校正するための校正測定室としても電波暗室が利用されるようになっている。電波暗室はサイズによって、小型電波暗室、3m法電波暗室、及び10m法電波暗室の3種類に大別され、使用する電波暗室の種類は、測定物や測定方法により決められる。

【0003】

前記電波暗室の側壁、天井、及び床面には、電波吸収体が設置される。電波吸収体の構成は設置される電波暗室の要求特性やサイズによって異なる。一般的には、磁性吸収体板であるフェライトタイルと誘電損失体とを組み合わせた基本構成を有する複合型電波吸収体が多く用いられている。このような複合型電波吸収体では、300MHz以上の周波数帯域の電磁波を誘電損失体により吸収し、それ以下の周波数帯域の電磁波をフェライトタイルにより吸収するため、幅広い周波数帯域において優れた電波吸収特性を発揮することが知られている。

一般に、誘電損失体は、発泡ポリスチレンや発泡ウレタン等の基材にカーボンブラックやグラファイト等の導電材料を混入した材料で構成される。形状としてはくさび形状やピラミッド形状に成型した電波吸収体を用いられている。特に、ピラミッド形状は、形状の異方性が無く、様々な入射角度の電磁波を効率よく吸収できることが知られ、多くの電波暗室で利用されている。くさび形状又はピラミッド形状の電波吸収体の高さは、電波暗室のサイズにも依存するが、幅広い周波数帯域の電磁波に対応するためには、一般に、0.5m~2.0m程度の大型の電波吸収体が必要とされている。このため、従来の中実の電波吸収体では、重量及び体積が大きくなり、施工性に問題があった。

【0004】

近年、成型性及施工性に優れ、搬送も容易な電波吸収体として、導電性材料を含んだ電波吸収板からなる中空構造の電波吸収体や電波吸収板を交差させたクロス型電波吸収体が検討されている。特許文献1には、三角形又は台形等多角形の電波吸収板を複数交差し、底板上に設置したクロス型電波吸収体と、電波吸収板間の底板上に設置した、くさび形状、ピラミッド形状又は斜板等の小型電波吸収体を有する複合型電波吸収体が記載されている。このような複合型電波吸収体では、クロス型電波吸収体がインピーダンスの整合性に優れ、小型電波吸収体により高周波数帯域の電波吸収特性を向上させることができる。そのため、優れた電波吸収特性を維持しつつ、コスト低減も図ることができる。

【0005】

近年、情報伝達の高速化及び高密度化に伴い、電子機器は高周波化の一途を辿っている。これに伴い、これらの電子機器を評価する電波暗室にもさらなる高性能化が求められている。具体的には、従来から要求されている30MHz~1GHzの周波数帯域に、さらに1GHz~20GHzの高周波数帯域までを加えた幅広い周波数帯域で、電磁波を効率良く吸収する電波吸収体が必要とされている。

特許文献1の複合型電波吸収体では、小型電波吸収体に含有される導電性材料の濃度、即ち、カーボン濃度を向上させることにより、高周波数帯域における電波吸収特性を向上させることができる。しかし、小型電波吸収体のカーボン濃度を高くすると、小型電波吸収体により電磁波が反射し、電磁波の磁性吸収体板への到達が妨げられる。このため、磁性吸収体板による電波吸収性能が発揮されることなく、低周波数帯域での電波吸収特性が

10

20

30

40

50

低下するという問題があった。このように、現状では、30MHz～20GHzという幅広い周波数帯域にわたって優れた電波吸収性能を有する電波吸収体は得られていない。

【0006】

【特許文献1】特開2001-127483号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

本発明は上記事情に鑑みてなされたもので、30MHz～20GHzの幅広い周波数帯域において、反射減衰量20dB以上の優れた電波吸収特性を有する電波吸収体を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

上記目的に鑑み鋭意研究の結果、本発明者らは、磁性吸収体板、磁性吸収体板上に設置されたクロス型電波吸収体、及び磁性吸収体板上の、クロス型電波吸収体の誘電損失体板に区切られた空間に設置された小型電波吸収体を有する複合型電波吸収体において、小型電波吸収体の構造を、磁性吸収体板に対して垂直方向において複数の電波吸収層と、電波吸収層間に介在し、電波吸収層より誘電率の低い低誘電率層を有する複層構造とすることにより、低周波数帯域での電波吸収特性を維持しつつ、高周波数帯域での電波吸収特性を大幅に向上させることができることを見出し、本発明を完成した。即ち、本発明の複合型電波吸収体は、磁性吸収体板、磁性吸収体板に対して垂直に配置される複数の誘電損失体板を交差させたクロス型電波吸収体、及び磁性吸収体板上の、クロス型電波吸収体の誘電損失体板に区切られた空間に設置される小型電波吸収体を有する複合型電波吸収体であって、小型電波吸収体は、そのいずれの位置でも磁性吸収体板に対して垂直方向において複数層かつ同数層で延在し、かつ、前記磁性吸収体板に対して傾斜して配置された、複数の電波吸収層と、電波吸収層間に介在し、電波吸収層より誘電率の低い低誘電率層と、を有する構造であることを特徴とする。

【発明の効果】

【0009】

本発明によれば、磁性吸収体板上の、クロス型電波吸収体に区切られた空間に、低誘電率層を介した複数の電波吸収層を、磁性吸収体板に対して垂直方向で見て常に複数層かつ同数層で延在し、かつ磁性吸収体板に対して傾斜して設置することにより、電磁波が複数回にわたり電波吸収層に到達することとなり、それぞれの電波吸収層での熱変換による電磁波の減衰効果と、位相差による電磁波の打ち消し効果との相乗効果により、より広い周波数帯域の電磁波を効果的に吸収することができる。上記効果は、電波吸収体に含まれる導電性材料の濃度を増加させることなく実現されるため、高周波数帯域の電波吸収特性を向上させるために導電性材料の濃度を高くする必要がない。このため、磁性吸収体板による低周波数帯域での電波吸収性能を充分に発揮でき、低周波数帯域から高周波数帯域までの幅広い周波数帯域にわたって優れた電波吸収特性が得られる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0010】

以下に本発明の電波吸収体について図面を参照して詳細に説明する。

図1に本発明の複合型電波吸収体の一例を示す。本発明の複合型電波吸収体1は、磁性吸収体板2、磁性吸収体板2上に設置されたクロス型電波吸収体3、及び磁性吸収体板2上の、クロス型電波吸収体3に区切られた空間に設置された小型電波吸収体4を基本構成として備える。なお、磁性吸収体板2上にクロス型電波吸収体3を設けている構造から、以下の説明においては板2に対する垂直方向を上下方向とし、クロス型電波吸収体3側を上側と定義して説明する。従って個別の記述においては方向の説明は基本的に省略する。

磁性吸収体板2としては、一般にフェライトタイルが用いられる。

クロス型電波吸収体3は、誘電損失材料からなる板材で構成される。板材の構造としては、通常は、シート状、段ボール構造又はハニカム構造等が挙げられる。具体的な誘電損

10

20

30

40

50

失材料の例としては、カーボン含有発泡ウレタン、カーボン含有発泡スチレン、カーボン含有発泡ポリプロピレン等が挙げられる。また、カーボンを含有し、若しくはカーボン層を塗布したプラスチック、紙、シリカやアルミナ等の無機材料も誘電損失材料として用いることができる。誘電損失材料中のカーボン含有率は、通常、0.05質量%～1.5質量%、好ましくは、0.05質量%～1質量%の範囲である。

【0011】

クロス型電波吸収体3は、通常、誘電損失材料からなる多角形の誘電損失体板を交差させることにより形成される。クロス型電波吸収体3の一例を図2(A)及び(B)に示す。この例においては、上部中央に縦長の切欠き部を有する多角形の誘電損失体板33(図2(A))と、下部中央に縦長の切欠き部を有する多角形の誘電損失体板33(図2(B))を作製し、互いの切欠き部で嵌め合わせることによって形成される(図3(A)参照)。この状態で、磁性吸収体板2に対して垂直に配置される。

本発明において「交差させた」とは、クロス型電波吸収体3が載置される磁性吸収体板2に対して平行な断面において、少なくともその一部で二つ以上の誘電損失材料が交差している構造を有することを言う。クロス型電波吸収体3が、磁性吸収体板2に対して平行な断面で見て、誘電損失体板33が交差した構造を有せば、特にその製法は限定されない。例えば、折り曲げた2枚の誘電損失体板を張り合わせることもよっても形成される。また、クロス型電波吸収体3は磁性吸収体板2上に直接設置されるのが好ましい。しかし、磁性吸収体の特性に支障を及ぼさない範囲で磁性吸収体板とクロス型電波吸収体との間に適宜中間層を設置することもできる。

【0012】

図2(A)及び2(B)に示した実施形態では、誘電損失体板33の多角形状として変形六角形(二等辺三角形の各頂点を切断した形状)を例として用いているが、誘電損失体板33の形状はこれに限定されない。例えば、三角形、四角形(長方形)、五角形などの誘電損失体板を交差させてクロス型電波吸収体を形成することもできる。本発明においては、クロス型電波吸収体の底部(磁性吸収体板に近い下方部分)から先端上部に向かって誘電損失体板の幅が狭くなるような形状が好ましい。そのような形状としては三角形、台形、変形六角形等が挙げられる。このような形状の誘電損失体板を用いて、クロス型電波吸収体を先細の傾斜構造とすると、上下方向に導電材料の濃度勾配が付与されることになる。そのため、より広い周波数帯域において、垂直入射だけでなく、様々な入射角度の電磁波を効果的に吸収することができる。なお、そのような傾斜構造を構成する場合、各辺は直線であっても曲線であってもよい。傾斜構造の例としては、図3(A)に示すような直線的な傾斜構造、図3(B)に示すような曲線状の傾斜構造が挙げられる。

電波吸収体の吸収性能を向上させるためには、電波吸収体の先端から底面にかけて、垂直方向の誘電率変化を小さくして、電波吸収体表面での反射を出来るだけ小さくすることが有効である。そのため、クロス型電波吸収体の先端角度 θ を出来る限り小さい鋭角にして、導電性材料の濃度勾配を緩やかにする必要がある。具体的には、クロス型電波吸収体の先端角度 θ は、 $1^{\circ} \sim 45^{\circ}$ が好ましく、 $5^{\circ} \sim 30^{\circ}$ がより好ましい(図2(A)参照)。

電波暗室のサイズを大きく設定するには限界があり、例えば、EMC評価用に広く用いられている10m法電波暗室の一般的な暗室サイズは $15\text{m} \times 24\text{m} \times 9\text{m}$ (高さ)である。また、電波暗室に設置される電波吸収体の底面積はコストや施工性を考慮して決められ、一般には、一辺が600mm程度に設定されている。このような条件下で、電波吸収特性に優れ、且つ測定有効空間の広い電波暗室を設計するためには、電波吸収体の高さは600mm～2000mmに設定するのが好ましい。電波暗室の要求性能によって、クロス型電波吸収体の高さ h と先端角度 θ は適宜調整される。

ここで、低誘電率層11の垂直方向の厚み(図4の h に相当する)を $t_{11}(\text{mm})$ 、電波吸収層12及び13の誘電率を ϵ_{12} 、 ϵ_{13} 、電波吸収層12及び13の垂直方向の厚みを $t_{12}(\text{mm})$ 、 $t_{13}(\text{mm})$ とする。低誘電率層11及び電波吸収層12、13は磁性吸収体板2による低周波帯域での電波吸収性能を十分に発揮でき、且つ低周波帯域から高周波帯域までの広

10

20

30

40

50

い周波数帯域に渡って優れた電波吸収性能を得ることが出来る特性値にする必要がある。同量のカーボンが含まれる電波吸収層は、厚みが薄いと見た目上の誘電率は高くなり、厚みが厚いと見た目上の誘電率は低くなる。この特性を利用し、電波吸収層 12、13 のそれぞれの特性値の範囲は、それぞれの誘電率 (ϵ_{12} 、 ϵ_{13}) と厚み (t_{12} 、 t_{13}) の積 ($\epsilon_{12} \times t_{12}$ 、 $\epsilon_{13} \times t_{13}$) によって規定することが出来る。具体的には、誘電率と厚み (mm) の積が 10 ~ 40 であることが好ましく、20 ~ 35 であることがより好ましい。また低誘電率層 11 の厚み t_{11} (mm) は、電波吸収層 12、13 の特性値によって変化する。具体的には、10mm ~ 500mm に設定することが好ましく、電波吸収層 12、13 の特性値が上限に近い場合は、電波吸収層 12、13 自身で十分に電波を吸収することができるため、 t_{11} (mm) は下限近くでも十分な吸収性能を得ることが出来る。電波吸収層 12、13 の特性値が下限に近い場合は、電波吸収層 12、13 自身の電波吸収性能が低いため、十分な吸収性能を得るために t_{11} (mm) は上限近くに設定することがより好ましい。

10

【0013】

図 1 に示す本発明の複合型電波吸収体の側面図を図 4 に示す。ここでは、磁性吸収体板 2 上の誘電損失体板 33 で区切られた空間に、誘電損失体板 33 から磁性吸収体板 2 に向けて傾斜した形状 (斜板構造) の小型電波吸収体 4 が設置されている。図 4 において、小型電波吸収体 4 は、平行に配置された 2 枚の斜板 121、123 及び斜板 121、123 間を連結する 2 枚の垂直板 122 により形成され、内部は低誘電率層 (この例では空間層) 11 となっている。即ち、小型電波吸収体 4 は、垂直方向において低誘電率層 11 を介して 2 層の電波吸収層 12、13 (斜板 121、123) を有する構造である。このように複数の電波吸収層 12、13 を設置することにより、電磁波が複数回にわたり電波吸収層 12、13 に到達する。それぞれの電波吸収層 12、13 で熱変換による電磁波の減衰効果と、位相差による電磁波の打ち消し効果との相乗効果が得られる。これにより、より広い周波数帯域の電磁波を効果的に吸収することができる。従来の単層構造においては高周波数帯域の電波吸収特性を向上させるために導電性材料の濃度を高くする必要があった。これに対して本発明では先のような効果を奏し、電波吸収体板に含まれる導電性材料の濃度を増加させることなく高周波数帯域の電波吸収特性を向上することができる。この結果、磁性吸収体板 2 による低周波数帯域での電波吸収性能に加えて十分にその効果を発揮でき、低周波数帯域から高周波数帯域までの広い周波数帯域にわたって優れた電波吸収特性が得られる。

20

30

電波吸収層間に、電波吸収層より誘電率が低くなるように気体又は固体を充填した低誘電率層を介在させることにより、本発明の効果は得られる。低誘電率層の誘電率は 3 以下であるのが好ましく、誘電率及びコストを考慮すると空気層 (空間層) であるのがより好ましい。

【0014】

図 4 に示した実施形態では、2 枚の斜板 121、123 及び垂直板 122 から形成される小型電波吸収体 4 を用いているが、本発明はこれに限定されない。空間層 (低誘電率層) 11 を介した 2 枚以上の電波吸収体板 121、123 があれば本発明の効果は実現される。しかし、以下の理由から、より広範囲の電磁波に対応でき構造的にも安定するため、小型電波吸収体 4 は垂直板 122 を有する構成が好ましい。複数の複合型電波吸収体を配置した場合であって、隣接する電波吸収体の谷間となる部分、即ち、小型電波吸収体 4 が磁性吸収体板 2 に接触する下方部分に垂直上方向から波長の短い高周波数帯域の電磁波が到来した場合を考える。この場合、垂直板 122 があることで電波吸収体板 121、123 を離間して支えると同時に、電磁波を直接磁性吸収体板 2 まで到達させることなく、垂直板 122 により充分吸収できるという利点がある。

40

【0015】

図 4 に示す斜板構造の小型電波吸収体 4 は、例えば図 5 に示す長方形の電波吸収体板の点線部を折り曲げ、のりしろ部 d に接着剤等をつけて対応部分に付着することにより、容易に形成することができる。このように斜板構造の小型電波吸収体は、施工性及びコスト面で非常に有利である。

50

図 1 に示すように誘電損失体板に区切られる 4 カ所の空間に配置される斜板構造の小型電波吸収体 4 はそれぞれ異なる向きに配置するのが好ましい。このような構造にすることにより、偏波依存性がなく、様々な角度から到来する電磁波を効果的に吸収することができる。

【 0 0 1 6 】

上述の通り、本発明では、小型電波吸収体 4 の電波吸収層 1 2、1 3 間に低誘電率層 1 1 を設けることにより、電波吸収層での複数回にわたる熱変換による電磁波の減衰効果と位相差による電磁波の打ち消し効果との相乗効果を利用している。このため、要求性能に応じて、低誘電率層 1 1 の厚さを変更してその性能を調整することができる。電波吸収体全体の大きさにも依存するが、通常、低誘電率層の厚さは、10 mm ~ 500 mm に設定するの
10
のが好ましい。なお、ここで、「低誘電率層の厚さ」とは、図 4 の h で示されるように低誘電率層 1 1 の垂直方向（磁性吸収体板 2 に対する垂直方向）における寸法をいう。低誘電率層 1 1 の厚さを前記範囲に設定することにより、高周波数帯域の電波吸収特性が大幅に向上し、複数の電波吸収層 1 2、1 3 を設置した効果が顕著に発揮される。なお、図 4 に示した実施形態では低誘電率層を 1 層、電波吸収層を 2 層としているが、本発明はこの構造には限定されない。例えば、低誘電率層を 2 層、電波吸収層を 3 層とした構造、又はさらに低誘電率層及び電波吸収層を増やした構造とすることもできる。

【 0 0 1 7 】

本発明の小型電波吸収体 4 は、磁性吸収体板 2 に対して垂直方向において、低誘電率層 1 1 を介した複数の電波吸収層 1 2、1 3 を有する構造であることを特徴とする。例えば
20
、磁性吸収体板 2 と平行に低誘電率層 1 1 を介した 2 層の電波吸収層 1 2、1 3 が設置された構成であっても所定の電磁波には対応し得る。本発明においてはより好ましくは、小型電波吸収体 4 を磁性吸収体板 2 に対して所定角度傾斜させた構造を備える。この構造により、十分な電磁波散乱効果が得られ、より優れた電波吸収特性が実現される。このような電磁波散乱効果を発現できる傾斜角度を確保し、且つ、小型電波吸収体 4 全体に含まれる導電性材料の濃度により磁性吸収体板 2 の電波吸収特性を阻害しないためには、小型電波吸収体の高さ（垂直方向の寸法）は、200 mm ~ 700 mm に設定するのが好ましい。なお、本発明における「小型電波吸収体の垂直方向の寸法（高さ）」とは、図 4 の i で示されるように磁性吸収体板 2 に接触する小型電波吸収体 4 の最下部から最上部までの垂直方向における寸法である。また、高周波数帯域の電磁波が、磁性吸収体板 2 に直接到達
30
することがないように、小型電波吸収体 4 は、上方から見た平面視において磁性吸収体板 2 全体を覆い隠すように設置されるのが好ましい。

【 0 0 1 8 】

以下に本発明の複合型電波吸収体 1 に設置される小型電波吸収体 4 の構造の他の態様を説明する。本発明による小型電波吸収体 4 の構造は斜板構造に限らず、例えば図 6 (A) に示すピラミッド形状や図 6 (B) に示すくさび形状等にもすることもできる。小型電波吸収体 4 をピラミッド形状及びくさび形状とする場合でも、磁性吸収体板 2 に対して垂直方向において低誘電率層を介した複数の電波吸収層を有する必要がある。

例えば、図 6 (A) の複合型電波吸収体は、上側から見ると、一見従来の複合型電波吸収体との違いは認められない。しかし、その小型電波吸収体 4 を垂直な断面で見ると低誘電率層を介した 2 枚の斜板で構成されている。これにより複層の斜板構造の小型電波吸収体と同様にピラミッド型の複数の吸収層による電磁波の減衰効果と位相差による電磁波の打ち消し効果との相乗効果が得られる。図 6 (A) では誘電損失体板に区切られる 1 空間毎に 4 個のピラミッド構造体が配置されているが、ピラミッド構造体の個数は複合型電波吸収体全体の大きさや要求性能に応じて適宜変更することもできる。また、図 6 (A) では、ピラミッド構造体の下に正四角筒の構造体が配置されているが、ピラミッド構造体を磁性吸収体板上に直接設置することもできる。例えば図 6 (C) に示すような異なる傾斜のピラミッド形状のものを二つ重ねたピラミッド構造体を磁性吸収体板上に直接設置したもの（低誘電率層の厚さが変化）が挙げられる。くさび形状の場合については図示していないが、ピラミッド断面の左右半分の形状をその断面形状とするくさび形状が例として挙
40
50

げられる。

なお、本発明においては、隣接するピラミッドの谷間部に到来する波長の短い高周波数帯域の電磁波も有効に吸収するためには、図6(A)に示すように正四角筒の構造体を配置するのが好ましい。また、上部から見て、磁性吸収体板が覆い隠されるように小型電波吸収体が配置されることが好ましい。

【0019】

図6(B)に示すくさび形状の小型電波吸収体も平行に配置された複数の斜板及びその間の低誘電率層から形成されている。この構造においても、複層の斜板構造又はピラミッド形状の小型電波吸収体と同様にくさび形状の複数の吸収層による電磁波の減衰効果と位相差による電磁波の打ち消し効果との相乗効果が得られる。また、図6(B)では誘電損失体板に区切られる1空間毎に1個のくさび構造体が配置されているが、くさび構造体の個数は複合型電波吸収体全体の大きさや要求性能に応じて適宜変更することもできる。図6(B)では、外側のくさび状斜板と磁性吸収体板との間に垂直板が配置されているが、くさび構造体を磁性吸収体板上に直接設置することもできる。但し、隣接する複合型電波吸収体との間に形成されるくさび間の谷間部に到来する波長の短い高周波数帯域の電磁波も有効に吸収するためには、図6(B)に示すように垂直板を配置するのが好ましい。また、上部から見て、磁性吸収体板が覆い隠されるように小型電波吸収体が配置されることが好ましい。

【0020】

上述した小型電波吸収体4もクロス型電波吸収体と同様に誘電損失材料からなる板材により構成される。板材の構造としては、シート状、段ボール構造又はハニカム構造等が挙げられる。具体的な誘電損失材料の例としては、カーボン含有発泡ウレタン、カーボン含有発泡スチレン、カーボン含有発泡ポリプロピレン等が挙げられる。また、カーボンを含み、若しくはカーボン層を塗布したプラスチック、紙、シリカやアルミナ等の無機材料も誘電損失材料として用いることができる。導電材料として用いられるカーボンとしては、カーボンブラックやグラファイト等の粉末の他、カーボンファイバーやカーボンナノチューブ等の繊維状の材料も挙げられる。また、本発明では、小型電波吸収体はクロス型電波吸収体と別個に成形してもよい。この場合、小型電波吸収体の導電材料含有率をクロス型電波吸収体の導電材料含有率と変えることもできる。本発明の小型電波吸収体は、低誘電率層を介した複数の電波吸収層を配置することにより、複数の電波吸収層による電磁波の減衰効果と位相差による電磁波の打ち消し効果との相乗効果を利用する。そのため、小型電波吸収体中の導電材料含有量を磁性吸収体板の吸収性能を阻害しないように適度な低濃度に調整しつつ、高周波数帯域での電波吸収特性を向上させることができる。

導電材料の含有率は導電材料の種類や形態等により異なる。例えば、グラファイトの様な粉末状のカーボンであれば、誘電損失材料の全質量に対して、1.7質量%~7質量%が好ましく、カーボンファイバーの様な繊維状のカーボンであれば、0.03質量%~1.7質量%が好ましく、0.03質量%~0.4質量%がより好ましい。なお、繊維状のカーボンを用いる場合には、その繊維長が0.5mm~7mmであることが好ましく、この場合に最適な導電性が得る。

【0021】

また、前記クロス型電波吸収体を構成する誘電損失板及び小型電波吸収体を構成する導電性シートに難燃剤を適用することで難燃性を付与することができる。例えば、誘電損失板や導電性シートを、所定濃度の難燃剤溶液中に浸漬、又は、誘電損失板や導電性シートに、所定濃度の難燃剤溶液を塗布した後、乾燥する。これにより、電波吸収体の難燃性能、不燃性能が向上し、建築基準法の「不燃材料」に適合する電波吸収体材料を得ることも可能となる。前記方法により得られた電波吸収体は、不燃ボード等を付加する必要はなく、比較的容易に、軽量且つ不燃性能に優れた電波吸収体を得られる。得られた難燃性電波吸収体は、大電力でのEMI(Electro Magnetic Interference)試験が義務づけられている自動車及び自動車部品用電波暗室への適用も可能となる。

難燃剤は、誘電損失板や導電性シート等電波吸収体の構成材料に適用できるものであれ

ば、特に限定されないが、ホウ酸系やリン酸系の難燃剤が好ましい。ホウ酸系化合物としては、ホウ酸ナトリウム、ホウ酸カリウム、ホウ酸マグネシウム、ホウ酸ストロンチウム、ホウ酸亜鉛等公知の難燃剤が挙げられる。また、リン酸系化合物としては、リン酸ナトリウム、リン酸カリウム、リン酸カルシウム、リン酸亜鉛、ポリリン酸アンモニウム等公知の難燃剤が挙げられる。難燃剤の添加量は、各板材の質量に対して、固形分量で5～50質量%であるのが好ましく、10～30質量%であるのがより好ましい。

【実施例】

【0022】

本発明を以下の実施例によりさらに詳細に説明するが、本発明はこれらの例に限定されるものではない。

紙製の非導電性シートからなる厚み15mmのハニカム構造体を、底面部（下辺）600mm、先端部（上辺）100mm、高さ1400mmの台形状に切断した。この形状の板をクロス型電波吸収体の基礎部材として2枚作製した。2枚の基礎部材の表裏に、繊維長6mm、繊維径7 μ mのカーボンファイバーを混練した紙製の導電性シート（導電性シートのカーボン含有率：1質量%）を貼り合わせ、誘電損失体板とした。なお、誘電損失体板全体に占めるカーボンの含有率は、0.1質量%であった。得られた誘電損失体板の一方は、上部に切欠きを入れ、他方は下部に切欠きを入れた（図2（A）、2（B）参照）。それぞれの切欠き部同士を嵌め合わせることによってクロス型電波吸収体を形成した。このクロス型電波吸収体をフェライトタイル上に設置して、フェライトタイル上の誘電損失体板（クロス型電波吸収体）により、区切られた空間に以下の実施例1～4及び比較例1～3により作製した小型電波吸収体をそれぞれ設置して、複合型電波吸収体とした。

【0023】

（実施例1）

パルプ中にカーボンの含有率が1質量%となるように繊維長3mm、繊維径7 μ mのカーボンファイバーを分散させ、抄紙することにより導電性シートを作製した。この導電性シートを紙製の非導電性シートを中芯としてその表裏に貼り付けることによって、厚さ3mmの段ボールシートを作製し、300mm（幅） $\times$ 1530mm（長さ）に切断した。なお、段ボールシート全体の質量に対するカーボン含有率は0.4質量%であった。得られた段ボールシートを図5に示す展開図に従って、aを600mm、bを150mm、dを30mmとして、折り曲げ、のりしろ部分（d）に接着剤をつけて付着することにより、空間層（低誘電率層）150mmを介した2層の電波吸収体層構造とした。この構造の小型電波吸収体を図1に示すようにクロス型電波吸収体で区切られた空間4カ所にそれぞれ異なる向きで斜めに配置して斜板構造とし、これを含む複合型電波吸収体を作製した。

【0024】

（実施例2）

実施例1と同様の段ボールシートを用いて、小型電波吸収体を作製した。ここで、図5に示す展開図のbを100mmとして、空間層（低誘電率層）を100mmとした他は全て実施例1と同様とした。

【0025】

（実施例3）

実施例1と同様の段ボールシートを用いて、図7（A）に示す展開図から中空の四角錐（ピラミッド形状）を複数個作製した。ここで、四角錐の底辺の長さeは、150mmとして、高さfは500mmとした。また、図7（B）に示す展開図から底辺eが150mm、高さgが100mmの正四角筒を複数個作製した。2つの四角錐と1つの正四角筒を用いて、図7（D）に示すように、一方の四角錐の底辺と他方の四角錐の底辺をそれぞれ正四角筒の上辺と下辺とで合わせた形状とし、この内部に100mmの空間層（低誘電率層）が形成されるように2層構造の電波吸収体とした。このようにして形成した電波吸収体をクロス型電波吸収体で区切られた空間4カ所にそれぞれ4個ずつ合計16個を配置し、複合型電波吸収体とした。

【0026】

(実施例4)

パルプ中にカーボンの含有率が20質量%となるように粒径4 μ mのグラファイト粉末分散させ、抄紙することにより導電性シートを作製した。この導電性シートを紙製の非導電性シートを中芯としてその表裏に貼り付けることによって、厚さ3mmの段ボールシートを作製した。なお、段ボールシート全体の質量に対するカーボン含有率は8質量%であった。得られた段ボールシートを用いて、実施例1と同様に2層構造の小型電波吸収体を作製し、実施例1と同様にフェライトタイル上に設置することにより、複合型電波吸収体を作製した。

【0027】

(実施例5)

電波吸収体を構成する導電性シート及びハニカム構造体に予め難燃剤を用いて難燃性を付与した以外は、実施例1と同様に複合型電波吸収体を作製した。用いた難燃剤としては、株式会社トラストライフ製ファイアレスBを用いた。導電性シートは、固形分濃度を25%に調整した難燃剤溶液を塗工機で塗布した後、100で1時間乾燥して不燃処理を行った。不燃処理後、導電性シートの質量に対して10%の難燃液固形分が含まれていた。一方、ハニカム構造体は、固形分濃度を25%とした難燃剤溶液を入れた含浸槽に所定時間含浸させた後、100で1時間乾燥して不燃処理を行った。不燃処理後、ハニカム構造体の質量に対して、13%の難燃液固形分が含まれていた。

【0028】

(比較例1)

実施例3と同様の段ボールシートを用いて、実施例3と同様に四角錐と正四角筒の吸収体を形成した。ここでは、1個の四角錐に1個の正四角筒を組み合わせて、単層構造の電波吸収体を作製した。得られた電波吸収体を実施例3と同様にクロス型電波吸収体で区切られた空間4カ所にそれぞれ4個ずつ合計16個を配置し、複合型電波吸収体とした。

【0029】

(比較例2)

パルプ中にカーボンの含有率が4質量%となるように繊維長3mm、繊維径7 μ mのカーボンファイバーを分散させ、抄紙することにより導電性シートを作製した。この導電性シートを紙製の非導電性シートを中芯としてその表裏に貼り付けることによって、厚さ3mmの段ボールシートを作製した。なお、段ボールシート全体の質量に対するカーボン含有率は1.6質量%であった。この段ボールシートを用いて、比較例1と同様に、1個の四角錐と1個の正四角筒とを組み合わせた形状の単層構造の電波吸収体を作製した。この電波吸収体を比較例1と同様にクロス型電波吸収体で区切られた空間4カ所にそれぞれ4個ずつ合計16個を配置し、複合型電波吸収体とした。

【0030】

(比較例3)

実施例3と同様の段ボールシートを用いて、実施例3と同様に四角錐と正四角筒を組み合わせた形状の電波吸収体を形成した。ここで、上下2段に重なった正四角筒の内部に密着2層構造のピラミッドが収まった2層構造電波吸収体とした。得られた電波吸収体を実施例3と同様にクロス型電波吸収体で区切られた空間4カ所にそれぞれ4個ずつ合計16個を配置し、複合型電波吸収体とした。

【0031】

(電波吸収特性の評価)

実施例1～4及び比較例1～3の複合型電波吸収体の電波吸収特性を測定した結果を表1に示す。ここで、電波吸収特性の評価は、30MHz～1GHzの低周波数側は、同軸管法により、1GHz～20GHzの高周波数側は、垂直入射法により行った。単層構造の比較例1では、高周波数帯域で十分な電波吸収特性を得られず、単層構造で、カーボン濃度を増加させた比較例2では、高周波数帯域の電波吸収特性は向上するが、低周波数帯域での電波吸収特性が低下した。また、比較例3のように電波吸収板を直接重ね合わせても高周波数帯域における電波吸収特性はあまり改善されなかった。一方、空間層（低誘電

10

20

30

40

50

率層)を介した複数の電波吸収層を有する本発明の電波吸収体(実施例1~4)では、全て30MHz~18GHzにおいて20dB~40dBの良好な電波吸収特性を有していることが確認された。なお、表1には記載されていないが、全ての実施例において、20GHzにおいても良好な電波吸収特性が得られることが確認されている。

【0032】

【表1】

	30MHz	100MHz	500MHz	1GHz	2GHz	5GHz	8GHz	10GHz	12GHz	15GHz	18GHz
実施例1	23dB	22dB	24dB	25dB	23dB	25dB	30dB	33dB	35dB	40dB	40dB
実施例2	23dB	22dB	24dB	24dB	24dB	26dB	30dB	35dB	32dB	32dB	30dB
実施例3	22dB	21dB	22dB	25dB	26dB	28dB	35dB	40dB	37dB	35dB	34dB
実施例4	20dB	22dB	21dB	23dB	22dB	25dB	30dB	24dB	22dB	20dB	20dB
比較例1	23dB	22dB	24dB	22dB	18dB	15dB	12dB	12dB	13dB	11dB	11dB
比較例2	16dB	15dB	18dB	20dB	21dB	22dB	23dB	23dB	24dB	22dB	23dB
比較例3	22dB	21dB	24dB	23dB	20dB	17dB	15dB	15dB	14dB	16dB	15dB

10

【0033】

(不燃性能の評価)

実施例5の電波吸収体の不燃性能を評価した結果を図8に示す。比較として、比較例1の電波吸収体について不燃性能を評価した結果も図8に示す。不燃性能評価は、建築基準法の「不燃材料」試験に定められているコーンカロリメーターによる燃焼試験により行った。比較例1では、20分燃焼後の総発熱量が 14.9 MJ/m^2 であるのに対し、実施例5の電波吸収体では、 4.7 MJ/m^2 以下と難燃性が大幅に向上し、建築基準法の「不燃材料」に適合することが確認された。

20

【0034】

なお、上記実施形態は例示にすぎず、また本明細書の構成の変形及び修飾は当業者にとって自明である。従って、本発明は特許請求の範囲によってのみ限定されるものであり、本明細書の詳細な記述およびこれらの態様によっては限定されない。

【図面の簡単な説明】

【0035】

【図1】本発明の複合型電波吸収体の一例を示す斜視図である。

【図2】本発明のクロス型電波吸収体を構成する誘電損失体板の一例を示す図である。

30

【図3】本発明のクロス型電波吸収体の形状の例を示す斜視図である。

【図4】図1の複合型電波吸収体の側面図である。

【図5】図4の小型電波吸収体を形成する電波吸収体板の展開図及び完成図である。

【図6】本発明の複合型電波吸収体の別の例を示す斜視図((A)(B))及びその変形例を示す断面図((C))である。

【図7】実施例3の小型電波吸収体を形成する展開図((A)(B))、完成した小型電波吸収体の斜視図(C)及び断面図(D)である

【図8】実施例5及び比較例1の電波吸収体の不燃性能評価結果を示す図である。

【符号の説明】

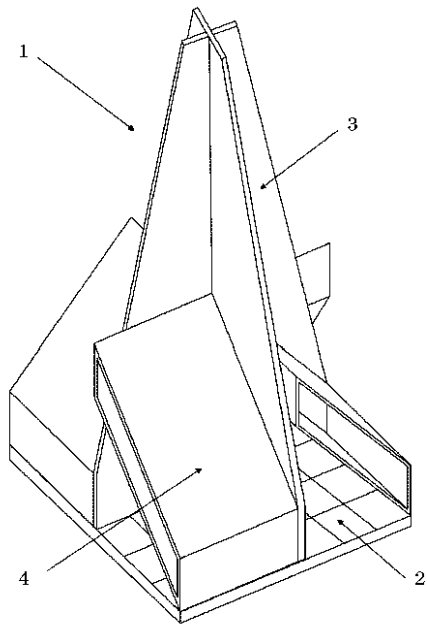
【0036】

40

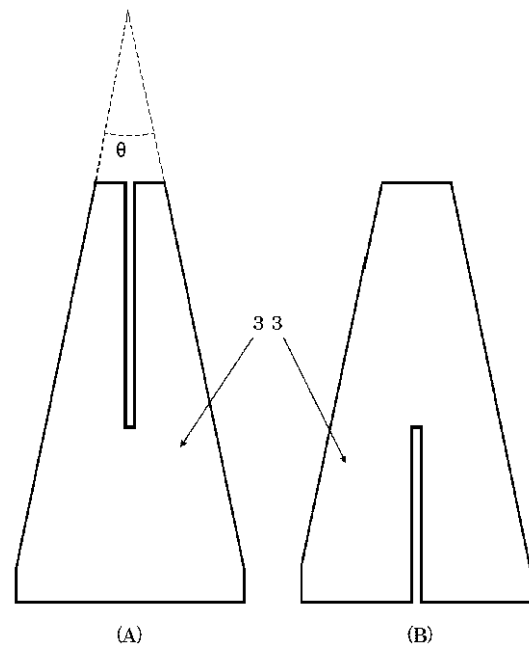
- 1 複合型電波吸収体
- 2 磁性吸収体板
- 3 クロス型電波吸収体
- 4 小型電波吸収体
- 11 低誘電率層
- 12、13 電波吸収層
- 33 誘電損失体板
- 121、123 斜板
- 122 垂直板

50

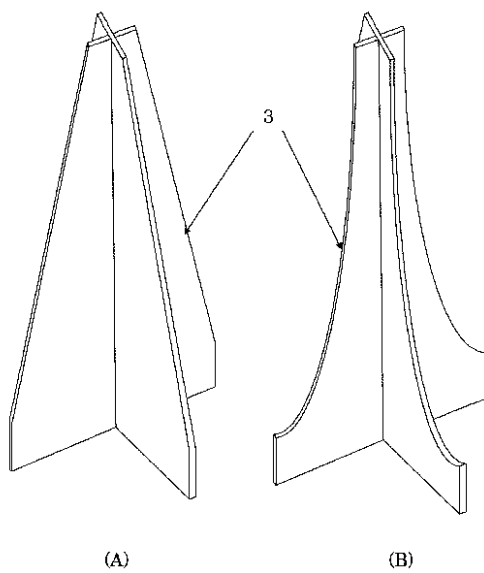
【図 1】



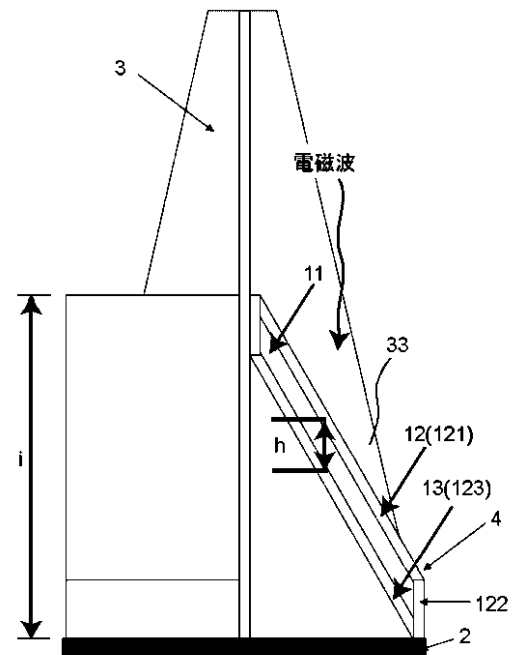
【図 2】



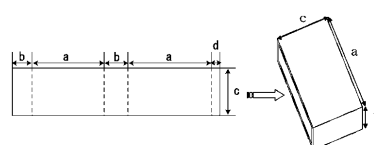
【図 3】



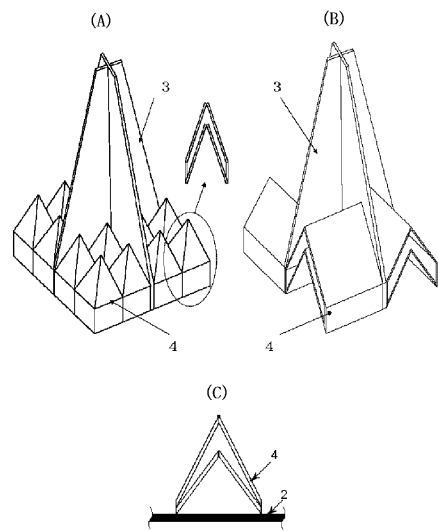
【図 4】



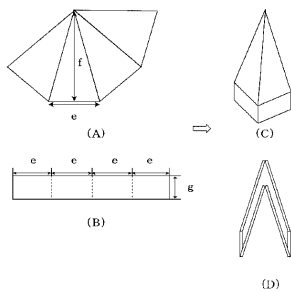
【図 5】



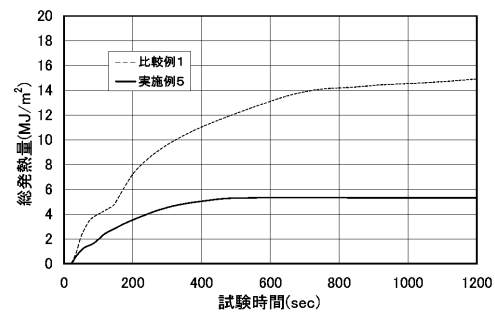
【図 6】



【図 7】



【図 8】



フロントページの続き

審査官 遠藤 邦喜

- (56)参考文献 特開 2 0 0 1 - 1 2 7 4 8 3 (J P , A)
特開平 0 4 - 0 7 9 3 0 0 (J P , A)
特開 2 0 0 4 - 2 5 3 7 6 0 (J P , A)
特開平 0 8 - 2 7 4 4 9 1 (J P , A)
特開昭 6 2 - 0 4 0 7 9 8 (J P , A)
特開 2 0 0 7 - 0 6 7 3 9 5 (J P , A)

- (58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
H 0 5 K 9 / 0 0
H 0 1 F 1 / 0 0