

(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2004-270143
(P2004-270143A)

(43) 公開日 平成16年9月30日(2004.9.30)

(51) Int. Cl. ⁷	F I	テーマコード (参考)
E 04 B 1/92	E O 4 B 1/92	2 E 0 0 1
B 3 2 B 7/02	B 3 2 B 7/02	4 F 1 0 0
E 0 4 B 1/94	E O 4 B 1/94	5 E 3 2 1
H 0 5 K 9/00	H O 5 K 9/00	
		1 0 4 F M

審査請求 未請求 請求項の数 23 O L (全 26 頁)

(21) 出願番号	特願2003-57979 (P2003-57979)	(71) 出願人	000003067 T D K 株式会社 東京都中央区日本橋1丁目13番1号
(22) 出願日	平成15年3月5日(2003.3.5)	(71) 出願人	390034599 株式会社常盤電機 岐阜県各務原市金属団地65番地
		(74) 代理人	100107559 弁理士 星宮 勝美
		(72) 発明者	栗原 弘 東京都中央区日本橋一丁目13番1号 ティーディーケイ株式会社内
		(72) 発明者	滝沢 幸治 東京都中央区日本橋一丁目13番1号 ティーディーケイ株式会社内

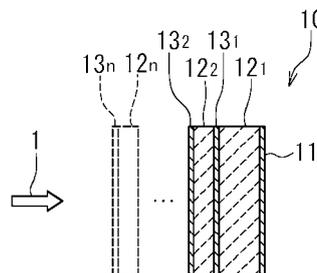
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電波吸収体、電波吸収パネル、電波吸収衝立、電波吸収壁、電波吸収天井および電波吸収床

(57) 【要約】

【課題】 不燃性を有し且つ軽量で、室内において用いるのに適した電波吸収体を実現する。

【解決手段】 電波吸収体10は、不燃性の電波反射体11と、電波反射体11における電波到来側に配置されたn層(nは2以上の整数)の不燃性の誘電体層12₁~12_nと、隣り合う誘電体層の間、および電波反射体11から最も遠い位置に配置された誘電体層12_nにおける電波到来側に配置された抵抗層13₁~13_nとを備えている。誘電体層12₁~12_nは、主に無機材料によって構成されている。抵抗層13₁~13_nは、主に無機材料からなる板状またはシート状の抵抗膜用基体と、この抵抗膜用基体上に形成された抵抗膜とを含んでいる。電波吸収体10は、全体として不燃性になっている。



【選択図】 図3

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

不燃性の電波反射体と、
主に無機材料からなり、前記電波反射体における電波到来側に配置された不燃性の誘電体層と、
主に無機材料からなる板状またはシート状の抵抗膜用基体、およびこの抵抗膜用基体上に形成された抵抗膜を含み、前記誘電体層における電波到来側に配置された抵抗層とを備え、
全体が不燃性であることを特徴とする電波吸収体。

【請求項 2】

不燃性の電波反射体と、
主に無機材料からなり、前記電波反射体における電波到来側に配置された n 層 (n は 2 以上の整数) の不燃性の誘電体層と、
主に無機材料からなる板状またはシート状の抵抗膜用基体、およびこの抵抗膜用基体上に形成された抵抗膜を含み、隣り合う 2 つの誘電体層の間に配置された ($n - 1$) 層の抵抗層と、
主に無機材料からなり、前記電波反射体から最も遠い誘電体層における電波到来側に配置された電波吸収特性調整用誘電体層とを備え、
全体が不燃性であることを特徴とする電波吸収体。

【請求項 3】

複数の周波数において反射減衰量が 15 dB 以上となる特性を有することを特徴とする請求項 2 記載の電波吸収体。

【請求項 4】

2.4 GHz と 5.2 GHz の各周波数において反射減衰量が 15 dB 以上となる特性を有することを特徴とする請求項 2 記載の電波吸収体。

【請求項 5】

不燃性の電波反射体と、
主に無機材料からなり、前記電波反射体における電波到来側に配置された n 層 (n は 2 以上の整数) の不燃性の誘電体層と、
主に無機材料からなる板状またはシート状の抵抗膜用基体、およびこの抵抗膜用基体上に形成された抵抗膜を含み、隣り合う 2 つの誘電体層の間、および前記電波反射体から最も遠い誘電体層における電波到来側に配置された n 層の抵抗層とを備え、
全体が不燃性であることを特徴とする電波吸収体。

【請求項 6】

前記電波反射体に近い抵抗膜ほど面抵抗値が小さいことを特徴とする請求項 5 記載の電波吸収体。

【請求項 7】

複数の周波数において反射減衰量が 15 dB 以上となる特性を有することを特徴とする請求項 5 または 6 記載の電波吸収体。

【請求項 8】

2.4 GHz と 5.2 GHz の各周波数において反射減衰量が 15 dB 以上となる特性を有することを特徴とする請求項 5 または 6 記載の電波吸収体。

【請求項 9】

更に、前記電波反射体から最も遠い面を覆うように配置された内装材を備えたことを特徴とする請求項 1 ないし 8 のいずれかに記載の電波吸収体。

【請求項 10】

前記電波反射体から最も遠い面には塗装が施されていることを特徴とする請求項 1 ないし 9 のいずれかに記載の電波吸収体。

【請求項 11】

前記電波反射体は、主に無機材料からなる板状の電波反射体用基体と、前記電波反射体用

10

20

30

40

50

基体における電波到来側の面上に配置された導電性膜とを有することを特徴とする請求項 1 ないし 10 のいずれかに記載の電波吸収体。

【請求項 12】

前記電波反射体は、無機系接着剤または有機系接着剤によって前記誘電体層に貼り合わされていることを特徴とする請求項 1 ないし 11 のいずれかに記載の電波吸収体。

【請求項 13】

前記誘電体層は、電波の進行方向に貫通する複数の孔を有する板状の部材、または板状の発泡体によって形成されていることを特徴とする請求項 1 ないし 12 のいずれかに記載の電波吸収体。

【請求項 14】

前記誘電体層は、電波到来側の第 1 の面とその反対側の第 2 の面とを有し、この第 1 の面と第 2 の面のうち、少なくとも第 1 の面は、主に無機材料からなる板状またはシート状の部材によって覆われていることを特徴とする請求項 13 記載の電波吸収体。

【請求項 15】

前記抵抗膜は、コーティング剤に導電性材料が混合されて構成され前記抵抗膜用基体上に塗布された導電性塗料によって形成されていることを特徴とする請求項 1 ないし 14 のいずれかに記載の電波吸収体。

【請求項 16】

前記コーティング剤は、無機系コーティング剤と有機系コーティング剤の少なくとも一方を含むことを特徴とする請求項 15 記載の電波吸収体。

【請求項 17】

前記導電性材料は、カーボン粉末、カーボン繊維、金属粉末、金属繊維のうちの少なくとも 1 つを含むことを特徴とする請求項 15 または 16 記載の電波吸収体。

【請求項 18】

前記抵抗層は、無機系接着剤または有機系接着剤によって前記誘電体層に貼り合わされていることを特徴とする請求項 1 ないし 17 のいずれかに記載の電波吸収体。

【請求項 19】

請求項 1 ないし 18 のいずれかに記載の電波吸収体を含むパネルであって、衝立、壁、天井、床のいずれかにおける少なくとも一部として用いられることを特徴とする電波吸収パネル。

【請求項 20】

請求項 1 ないし 18 のいずれかに記載の電波吸収体を含む衝立であって、電波吸収機能を有することを特徴とする電波吸収衝立。

【請求項 21】

請求項 1 ないし 18 のいずれかに記載の電波吸収体を含む壁であって、電波吸収機能を有することを特徴とする電波吸収壁。

【請求項 22】

請求項 1 ないし 18 のいずれかに記載の電波吸収体を含む天井であって、電波吸収機能を有することを特徴とする電波吸収天井。

【請求項 23】

請求項 1 ないし 18 のいずれかに記載の電波吸収体を含む床であって、電波吸収機能を有することを特徴とする電波吸収床。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、例えば、室内で構築される無線 LAN (ローカルエリアネットワーク) における電波干渉や電波漏洩等の電波障害を防止するのに利用可能な電波吸収体、電波吸収パネル、電波吸収衝立、電波吸収壁、電波吸収天井および電波吸収床に関する。

【0002】

【従来の技術】

10

20

30

40

50

近年、オフィス内や家庭内等の室内におけるネットワーク構築技術として、無線LANが注目されている。しかしながら、室内で無線LANを構築する場合には、電波干渉や電波漏洩等の電波障害が発生しやすいという問題点がある。例えば、通信に使用される電波が壁面やパーテーション等により多重反射すると、データ転送レートの低下や、ノイズ混入等の通信信号の劣化や、他の通信機器への妨害が生じる。また、例えばオフィス内に複数個の基地局を設けたい場合であっても、複数の基地局で使用する電波の周波数が同一であると、複数の基地局間での電波の干渉が生じるため、希望する回線数を確保することができなくなってしまう。そこで、このような電波障害を防止するEMC（電磁的両立性）技術の一つとしては、室内の壁面やパーテーションに電波吸収性能を持たせることが考えられている。

10

【0003】

例えば、特許文献1には、内装用不燃電波吸収壁材が記載されている。この壁材は、無機系電波吸収板と、この無機系電波吸収板の片面に設けられた電波反射体とを備えている。無機系電波吸収板は、セメント、シリカ原料、繊維補強材および含有量が50～70重量%のフェライト粉末を原料としている。

【0004】

また、非特許文献1には、石膏ボードに抵抗膜を貼り合わせて構成された / 4型電波吸収体が記載されている。この電波吸収体において、抵抗膜は、PET（ポリエチレンテレフタレート）フィルムに導電性塗料を塗布することによって形成されている。

【0005】

20

【特許文献1】

特開2002-364154号公報

【非特許文献1】

CMC技術セミナー「電波吸収体の最新技術動向」講演予稿集，株式会社シーエムシー出版，2002年11月18日，p81-82

【0006】**【発明が解決しようとする課題】**

特許文献1に記載された内装用不燃電波吸収壁材は、その原料からみて、軽量の壁材とはなり難い。そのため、この内装用不燃電波吸収壁材は、内装用の壁材として適しているとは言いがたい。また、特許文献1に記載された内装用不燃電波吸収壁材の電波吸収特性は、周波数2.4GHzにおいてのみ、反射損失のピークが存在するものである。しかし、現在、無線LANにおいては、IEEE802.11bとIEEE802.11aの2つの規格に準拠した2つの周波数帯域、すなわち2.4GHz帯と5.2GHz帯が利用されている。そのため、特許文献1に記載された内装用不燃電波吸収壁材では、2.4GHz帯における電波障害を防止できても、5.2GHz帯における電波障害を防止することができないという問題点がある。なお、IEEE802.11bに準拠した2.4GHz帯は、日本では2.4GHz～2.497GHzである。また、IEEE802.11aに準拠した5.2GHz帯は、日本では5.15GHz～5.25GHzである。

30

【0007】

非特許文献1に記載された電波吸収体では、抵抗膜が、PETフィルムに導電性塗料を塗布することによって形成されている。そのため、この電波吸収体は、不燃性ではなく、室内の壁に用いるのには適していない。また、この電波吸収体では、導電性塗料の塗布方向によって電波吸収特性に変化が生じるという問題点がある。また、この電波吸収体の電波吸収特性は、1つの周波数においてのみ、反射損失のピークが存在するものである。そのため、この電波吸収体では、無線LANにおいて用いられる2つの周波数帯域の両方における電波障害を防止することができないという問題点がある。

40

【0008】

本発明はかかる問題点に鑑みてなされたもので、その第1の目的は、不燃性を有し且つ軽量で、室内において用いるのに適した電波吸収体、電波吸収パネル、電波吸収衝立、電波吸収壁、電波吸収天井および電波吸収床を提供することにある。

50

【0009】

また、本発明の第2の目的は、上記第1の目的に加え、少なくとも2つの周波数帯域における電波障害を防止することのできる電波吸収体、電波吸収パネル、電波吸収衝立、電波吸収壁、電波吸収天井および電波吸収床を提供することにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】

本発明の第1の電波吸収体は、

不燃性の電波反射体と、

主に無機材料からなり、電波反射体における電波到来側に配置された不燃性の誘電体層と、

主に無機材料からなる板状またはシート状の抵抗膜用基体、およびこの抵抗膜用基体上に形成された抵抗膜を含み、誘電体層における電波到来側に配置された抵抗層とを備え、全体が不燃性となっているものである。

【0011】

本発明の第2の電波吸収体は、

不燃性の電波反射体と、

主に無機材料からなり、電波反射体における電波到来側に配置された n 層(n は2以上の整数)の不燃性の誘電体層と、

主に無機材料からなる板状またはシート状の抵抗膜用基体、およびこの抵抗膜用基体上に形成された抵抗膜を含み、隣り合う2つの誘電体層の間に配置された($n-1$)層の抵抗層と、

主に無機材料からなり、電波反射体から最も遠い誘電体層における電波到来側に配置された電波吸収特性調整用誘電体層とを備え、

全体が不燃性となっているものである。

【0012】

本発明の第2の電波吸収体は、複数の周波数において反射減衰量が15dB以上となる特性を有していてもよい。また、本発明の第2の電波吸収体は、2.4GHzと5.2GHzの各周波数において反射減衰量が15dB以上となる特性を有していてもよい。

【0013】

本発明の第3の電波吸収体は、

不燃性の電波反射体と、

主に無機材料からなり、電波反射体における電波到来側に配置された n 層(n は2以上の整数)の不燃性の誘電体層と、

主に無機材料からなる板状またはシート状の抵抗膜用基体、およびこの抵抗膜用基体上に形成された抵抗膜を含み、隣り合う2つの誘電体層の間、および電波反射体から最も遠い誘電体層における電波到来側に配置された n 層の抵抗層とを備え、

全体が不燃性となっているものである。

【0014】

本発明の第3の電波吸収体において、電波反射体に近い抵抗膜ほど面抵抗値が小さくてもよい。また、本発明の第3の電波吸収体は、複数の周波数において反射減衰量が15dB以上となる特性を有していてもよい。また、本発明の第3の電波吸収体は、2.4GHzと5.2GHzの各周波数において反射減衰量が15dB以上となる特性を有していてもよい。

【0015】

なお、本発明の第1ないし第3の電波吸収体において、抵抗膜は、抵抗膜用基体における電波到来側の面に形成されていてもよいし、その反対側の面に形成されていてもよい。

【0016】

また、本出願において、「不燃性」とは、建築基準法に定められた不燃材料に適合する不燃性能を有すること、および、建築基準法に定められた不燃材料の不燃性能と同等の不燃性能を有することを言う。

10

20

30

40

50

【0017】

本発明の第1ないし第3の電波吸収体は、更に、電波反射体から最も遠い面を覆うように配置された内装材を備えていてもよい。また、本発明の第1ないし第3の電波吸収体において、電波反射体から最も遠い面には塗装が施されていてもよい。

【0018】

また、本発明の第1ないし第3の電波吸収体において、電波反射体は、主に無機材料からなる板状の電波反射体用基体と、電波反射体用基体における電波到来側の面上に配置された導電性膜とを有していてもよい。また、電波反射体は、無機系接着剤または有機系接着剤によって誘電体層に貼り合わされていてもよい。

【0019】

また、本発明の第1ないし第3の電波吸収体において、誘電体層は、電波の進行方向に貫通する複数の孔を有する板状の部材、または板状の発泡体によって形成されていてもよい。この場合、誘電体層は、電波到来側の第1の面とその反対側の第2の面とを有し、この第1の面と第2の面のうち、少なくとも第1の面は、主に無機材料からなる板状またはシート状の部材によって覆われていてもよい。

10

【0020】

また、本発明の第1ないし第3の電波吸収体において、抵抗膜は、コーティング剤に導電性材料が混合されて構成され抵抗膜用基体上に塗布された導電性塗料によって形成されていてもよい。この場合、コーティング剤は、無機系コーティング剤と有機系コーティング剤の少なくとも一方を含んでいてもよい。また、導電性材料は、カーボン粉末、カーボン

20

【0021】

また、本発明の第1ないし第3の電波吸収体において、抵抗層は、無機系接着剤または有機系接着剤によって誘電体層に貼り合わされていてもよい。

【0022】

また、本発明の電波吸収パネルは、本発明の第1ないし第3のいずれかの電波吸収体を含むパネルであって、衝立、壁、天井、床のいずれかにおける少なくとも一部として用いられるものである。

【0023】

また、本発明の電波吸収衝立は、本発明の第1ないし第3のいずれかの電波吸収体を含む衝立であって、電波吸収機能を有するものである。

30

【0024】

また、本発明の電波吸収壁は、本発明の第1ないし第3のいずれかの電波吸収体を含む壁であって、電波吸収機能を有するものである。

【0025】

また、本発明の電波吸収天井は、本発明の第1ないし第3のいずれかの電波吸収体を含む天井であって、電波吸収機能を有するものである。

【0026】

また、本発明の電波吸収床は、本発明の第1ないし第3のいずれかの電波吸収体を含む床であって、電波吸収機能を有するものである。

40

【0027】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の一実施の形態について図面を参照して詳細に説明する。始めに、図1ないし図4を参照して、本実施の形態に係る電波吸収体の構成について説明する。図1ないし図4は、本実施の形態に係る電波吸収体の基本構成の第1ないし第4の例を示す断面図である。なお、図1ないし図4において、符号1で示した矢印は、電波の進行方向を表わしている。

【0028】

図1に示した電波吸収体10は、不燃性の電波反射体11と、電波反射体11における電波到来側に配置された不燃性の誘電体層12₁と、誘電体層12₁における電波到来側に

50

配置された抵抗層 13_1 とを備えている。誘電体層 12_1 は、主に無機材料によって構成されている。抵抗層 13_1 は、後で詳しく説明するが、主に無機材料からなる板状またはシート状の抵抗膜用基体と、この抵抗膜用基体上に形成された抵抗膜とを含んでいる。電波吸収体 10 は、全体として不燃性になっている。

【0029】

本実施の形態に係る電波吸収体 10 は、図1に示した構成に、更に他の層を加えて、図2ないし図4に示した構成としてもよい。

【0030】

図2に示した電波吸収体 10 は、不燃性の電波反射体 11 と、電波反射体 11 における電波到来側に配置された2層の不燃性の誘電体層 12_1 、 12_2 と、隣り合う誘電体層 12_1 、 12_2 の間に配置された抵抗層 13_1 とを備えている。図2に示した電波吸収体 10 は、更に、電波反射体 11 から最も遠い誘電体層 12_2 における電波到来側に配置された電波吸収特性調整用誘電体層 14 を備えている。誘電体層 12_1 、 12_2 は、主に無機材料によって構成されている。抵抗層 13_1 の構成は、図1における抵抗層 13_1 と同様である。電波吸収特性調整用誘電体層 14 は、主に無機材料からなり、板状またはシート状になっている。電波吸収特性調整用誘電体層 14 は、電波反射体 11 から最も遠い誘電体層 12_2 を保護する。図2に示した電波吸収体 10 も、全体として不燃性になっている。

10

【0031】

図3に示した電波吸収体 10 は、不燃性の電波反射体 11 と、電波反射体 11 における電波到来側に配置された n 層(n は2以上の整数)の不燃性の誘電体層 $12_1 \sim 12_n$ と、隣り合う誘電体層の間、および電波反射体 11 から最も遠い位置に配置された誘電体層 12_n における電波到来側に配置された抵抗層 $13_1 \sim 13_n$ とを備えている。誘電体層 $12_1 \sim 12_n$ は、主に無機材料によって構成されている。抵抗層 $13_1 \sim 13_n$ の構成は、図1における抵抗層 13_1 と同様である。図3に示した電波吸収体 10 も、全体として不燃性になっている。

20

【0032】

図4に示した電波吸収体 10 は、不燃性の電波反射体 11 と、電波反射体 11 における電波到来側に配置された m 層(m は3以上の整数)の不燃性の誘電体層 $12_1 \sim 12_m$ と、隣り合う誘電体層の間に配置された抵抗層 $13_1 \sim 13_{m-1}$ とを備えている。図4に示した電波吸収体 10 は、更に、電波反射体 11 から最も遠い誘電体層 12_m における電波到来側に配置された電波吸収特性調整用誘電体層 14 を備えている。誘電体層 $12_1 \sim 12_m$ は、主に無機材料によって構成されている。抵抗層 $13_1 \sim 13_{m-1}$ の構成は、図1における抵抗層 13_1 と同様である。電波吸収特性調整用誘電体層 14 の構成は、図2における電波吸収特性調整用誘電体層 14 と同様である。電波吸収特性調整用誘電体層 14 は、電波吸収体 10 の電波到来側から見込んだ入力インピーダンスを調整することによって、反射減衰量がピークとなる周波数を任意に1つ追加する機能を有する。また、電波吸収特性調整用誘電体層 14 は、電波反射体 11 から最も遠い誘電体層 12_m を保護する機能も有する。図4に示した電波吸収体 10 も、全体として不燃性になっている。

30

【0033】

図2に示した電波吸収体 10 と図4に示した電波吸収体 10 の構成をまとめて表現すると、次のようになる。すなわち、図2または図4に示した電波吸収体 10 は、不燃性の電波反射体 11 と、電波反射体 11 における電波到来側に配置された n 層(n は2以上の整数)の不燃性の誘電体層 $12_1 \sim 12_n$ と、隣り合う誘電体層の間に配置された抵抗層 $13_1 \sim 13_{n-1}$ とを備えている。図2または図4に示した電波吸収体 10 は、更に、電波反射体 11 から最も遠い誘電体層 12_n における電波到来側に配置された電波吸収特性調整用誘電体層 14 を備えている。

40

【0034】

以下、図1ないし図4における各誘電体層を代表して誘電体層 12 と呼ぶ。また、図1ないし図4における各抵抗層を代表して抵抗層 13 と呼ぶ。

【0035】

50

本実施の形態に係る電波吸収体 10 において、誘電体層 12 の厚さ、抵抗層 13 における抵抗膜用基体の厚さ、電波吸収特性調整用誘電体層 14 の厚さおよび抵抗層 13 における抵抗膜の面抵抗値は、電波吸収体 10 が所定の周波数領域で所望の電波吸収特性を發揮できるように、それぞれ所定の値に設定される。

【0036】

図 1 に示した構成の電波吸収体 10 の電波吸収特性は、任意の 1 つの周波数において反射減衰量のピークが存在するものとなる。これに対し、図 2 に示した構成の電波吸収体 10 では、任意の 2 つの周波数において反射減衰量のピークが存在する電波吸収特性を実現することができる。また、図 3 に示した構成の電波吸収体 10 では、任意の n 個の周波数において反射減衰量のピークが存在する電波吸収特性を実現することができる。また、図 4

10

【0037】

図 2 ないし図 4 のいずれかに示した電波吸収体 10 では、複数の周波数において反射減衰量が 15 dB 以上となる特性を有することが好ましく、特に、2.4 GHz と 5.2 GHz の各周波数において反射減衰量が 15 dB 以上となる特性を有することが好ましい。

【0038】

図 3 に示した構成の電波吸収体 10 では、電波反射体 11 に近い抵抗膜ほど面抵抗値が小さいことが好ましい。この条件を満たさなくても、n 個の周波数において反射減衰量のピークが存在する電波吸収特性を実現できる面抵抗値の組み合わせは存在する。しかし、この場合には、所望の反射減衰量が得られる周波数帯域の幅が狭くなる。そのため、この場合には、n 個の周波数帯域において所望の反射減衰量が得られるように電波吸収体 10 を製造するためには高い精度が必要になる。電波反射体 11 に近い抵抗膜ほど面抵抗値が小さくなるようにした場合には、容易に、n 個の周波数帯域において所望の反射減衰量が得られるように電波吸収体 10 を製造することが可能になる。

20

【0039】

本実施の形態に係る電波吸収体 10 は、衝立、壁、天井、床のいずれかにおける少なくとも一部として用いることができる。また、本実施の形態に係る電波吸収パネルは、本実施の形態に係る電波吸収体 10 を含み、所定の大きさの板状をなすパネルである。この電波吸収パネルは、衝立、壁、天井、床のいずれかにおける少なくとも一部として用いられる。

30

【0040】

また、図 5 に示したように、本実施の形態に係る電波吸収体 10 は、更に、電波反射体 11 から最も遠い面を覆うように配置された内装材 15 を備えていてもよい。なお、図 5 には、図 3 に示した構成の電波吸収体 10 において、電波反射体 11 から最も遠い面を覆うように内装材 15 を設けた例を示している。しかし、図 1、図 2 または図 4 に示した電波吸収体 10 において、電波反射体 11 から最も遠い面を覆うように内装材 15 を設けてもよい。

【0041】

内装材 15 は、電波吸収体 10 を室内の壁面や衝立の少なくとも一部として用いる場合に、化粧材としての役割を果たす。内装材 15 としては、ガラスクロス等の不燃性のクロスや化粧クロスを用いることができるが、不燃性のクロスを用いることが好ましい。

40

【0042】

また、本実施の形態に係る電波吸収体 10 において、電波反射体 11 から最も遠い面に塗装を施してもよい。この塗装が施される面は、抵抗層 13、電波吸収特性調整用誘電体層 14 または内装材 15 における電波到来側の面である。抵抗層 13 または電波吸収特性調整用誘電体層 14 の面に塗装を施す場合には、塗装の前処理として、抵抗層 13 または電波吸収特性調整用誘電体層 14 の面にプライマー処理を施してもよい。

【0043】

次に、図 6 を参照して、本実施の形態における抵抗層 13 の形成方法について説明する。

50

図6に示したように、抵抗層13は、主に無機材料からなる板状またはシート状の抵抗膜用基体21と、この抵抗膜用基体21上に形成された抵抗膜22とを含んでいる。

【0044】

抵抗膜22は、例えば、コーティング剤に導電性材料が混合されて構成された導電性塗料23を、抵抗膜用基体21上に塗布し、これを固化させることによって形成される。コーティング剤は、無機系コーティング剤と有機系コーティング剤の少なくとも一方を含む。導電性材料は、例えば、カーボン粉末、カーボン繊維、金属粉末、金属繊維のうちの少なくとも1つを含む。

【0045】

図6に示したように、導電性塗料23の塗布方法としては、スプレー塗装が好ましい。スプレー塗装を用いることにより、導電性塗料23の塗布方向による電波吸収特性の差が極めて小さい電波吸収体10を製造することができる。なお、図6において、符号24は、スプレー塗装装置における導電性塗料23の吐出部を示している。特に、ロボット塗装装置を用いたスプレー塗装によって、抵抗膜用基体21上に導電性塗料23を塗布して抵抗膜22を形成することにより、安定した抵抗膜22の面抵抗値を得ることができる。

【0046】

導電性塗料23に用いられる無機系コーティング剤としては、特に制限はなく、不燃性を有する無機系コーティング剤として従来から用いられているものを使用することができる。ここで、導電性塗料23に用いられる無機系コーティング剤の一例を挙げる、この無機系コーティング剤は、主剤としてのアルキルシリケートと、このアルキルシリケートを加水分解するための水と、この加水分解反応を促進する反応触媒としてのアルミニウムキレートと、加水分解反応を抑制する反応抑止剤としてのメチルアシッドホスヘートと、アルキルシリケートと水とを溶解させる溶媒としてのアルコールとを含有する。アルキルシリケートは、メチルトリメトキシシラン、フェニルトリメチルシラン等である。導電性塗料23に用いられる無機系コーティング剤としては、上記の例の他に、水系の無機コーティング剤を用いてもよい。

【0047】

導電性塗料23に用いられる有機系コーティング剤としては、特に制限はなく、例えば市販の有機系塗料を用いることができる。

【0048】

また、導電性塗料23に用いられるコーティング剤としては、無機系コーティング剤と有機系コーティング剤とを混合してなるハイブリッドコーティング剤を用いてもよい。

【0049】

また、薄い抵抗膜用基体21に導電性塗料23を塗布して抵抗膜22を形成する場合には、抵抗膜用基体21の反りや撓みによって抵抗膜22に微細な亀裂が発生することを防止するために、柔軟性のあるコーティング剤を用いることが好ましい。

【0050】

ここで、抵抗膜用基体21の製造方法の一例を挙げる。この例では、抵抗膜用基体21は、含水無機化合物を主成分としたスラリーを用いて抄造される。スラリーは、セピオライトを60~90重量%含有し、更に、バインダーと、無機繊維、ガラス繊維等の補強材とを含有する。バインダーは、抵抗膜用基体21の補強のための熱可塑性樹脂と、網目状の3次元構造を有し、凝集性および耐水性が付与された熱硬化性樹脂とを含む。熱可塑性樹脂としては、例えば、ポリアクリルイミド(分子量は80万から100万程度)等のアニオン系の熱可塑性樹脂を用いることができる。熱硬化性樹脂としては、例えば、ポリアミドポリアミンエピクロルヒドリン等のカチオン系の熱硬化性樹脂を用いることができる。このようなスラリーを用いて抄造によりシートを形成し、このシートを所定の温度で加熱して乾燥させることにより、水分の蒸発とバインダーの反応が進行して、シートが固化され、抵抗膜用基体21が得られる。

【0051】

抵抗膜用基体21が主に無機材料よりなるというのは、バインダーのような補助的な材料

としては有機材料を含む場合もあるが、主成分は無機材料であることを意味している。

【0052】

抵抗層13は、例えば、無機系接着剤または有機系接着剤によって誘電体層12に貼り合わされる。

【0053】

なお、電波吸収特性調整用誘電体層14の材料および製造方法は、抵抗膜用基体21と同様である。また、電波吸収特性調整用誘電体層14も、例えば、無機系接着剤または有機系接着剤によって誘電体層12に貼り合わされる。

【0054】

無機系接着剤としては、制限はなく、不燃性を有する無機系接着剤として従来から用いられているものを使用することができる。無機系接着剤としては、例えば、リン酸アルミニウム溶液、コロイダルシリカ、コロイダルアルミナ等に、硬化剤、触媒等を混合して構成された水溶性または水分散タイプの無機系接着剤を用いることができる。

【0055】

抵抗層13または電波吸収特性調整用誘電体層14を有機系接着剤によって誘電体層12に貼り合わせる場合には、電波吸収体10の不燃性を維持できるように、接着層を薄くする必要はある。

【0056】

次に、図7ないし図10を参照して、誘電体層12について詳しく説明する。電波吸収体10を軽量化すると共に、電波吸収体10に断熱性を持たせるために、誘電体層12は、電波の進行方向に貫通する複数の孔を有する板状の部材、または板状の発泡体によって形成することが好ましい。図7ないし図10は、それぞれ、上述のような複数の孔を有する板状の部材によって形成された誘電体層12を有する電波吸収体10の構成の第1ないし第4の例を示す斜視図である。

【0057】

図7に示した第1の例の電波吸収体10は、電波反射体11と、電波反射体11における電波到来側に配置された誘電体層12₁と、誘電体層12₁における電波到来側に配置された抵抗層13₁と、抵抗層13₁における電波到来側に配置された誘電体層12₂と、誘電体層12₂における電波到来側に配置された抵抗層13₂とを備えている。誘電体層12₁、12₂は、それぞれ、電波の進行方向に貫通する複数の孔を有する八ニカム形状を有している。抵抗層13₁は、抵抗膜用基体21₁と、この抵抗膜用基体21₁上に形成された抵抗膜22₁とを含んでいる。抵抗膜用基体21₁は、誘電体層12₁における電波到来側の面に接合されている。抵抗膜22₁は、誘電体層12₂における電波到来側とは反対側の面に接合されている。抵抗層13₂は、抵抗膜用基体21₂と、この抵抗膜用基体21₂上に形成された抵抗膜22₂とを含んでいる。抵抗膜22₂は、誘電体層12₂における電波到来側の面に接合されている。

【0058】

図8に示した第2の例の電波吸収体10は、図7に示した電波吸収体10において、抵抗層13₂の代わりに電波吸収特性調整用誘電体層14を設けた構成になっている。電波吸収特性調整用誘電体層14は、誘電体層12₂における電波到来側の面に接合されている。

【0059】

図9に示した第3の例の電波吸収体10は、図7に示した電波吸収体10において、八ニカム形状の誘電体層12₁、12₂の代わりに、電波の進行方向に貫通する複数の孔を有するコルゲート形状(波形)の誘電体層12₁、12₂を設けた構成になっている。

【0060】

図10に示した第4の例の電波吸収体10は、図7に示した電波吸収体10において、八ニカム形状の誘電体層12₁、12₂の代わりに、電波の進行方向に貫通する複数の孔を有する格子形状の誘電体層12₁、12₂を設けた構成になっている。

【0061】

10

20

30

40

50

図7ないし図10に示した例のように、誘電体層12として、電波の進行方向に貫通する複数の孔を有する板状の部材を用いることにより、前述のように、電波吸収体10の軽量化を可能にしながら、電波吸収体10の構造強度および耐荷重性を十分なものとする事ができる。

【0062】

八ニカム形状、コルゲート形状または格子形状の誘電体層12は、例えば、含水無機化合物によって形成される。含水無機化合物としては、セピオライトや、水酸化アルミニウム、水酸化マグネシウム、水酸化カルシウムの各水和物や、二水和石膏や、アルミン酸カルシウムや、ワラストナイト等がある。このうち、特にセピオライトが好ましい。セピオライトは、柔軟性を有する含水無機化合物であるため、曲げ強度が大きい。そのため、含水無機化合物としてセピオライトを用いた場合には、以下のようにして、八ニカム形状の誘電体層12を形成することができる。すなわち、まず、含水無機化合物よりなる複数枚のシートを製造する。次に、隣り合うシート同士を、所定の間隔で配列された複数の直線に沿って部分的に接着しながら複数枚のシートを積層する。次に、複数枚のシートの積層体を厚さ方向に展張する。これにより、八ニカム形状の誘電体層12が形成される。

10

【0063】

また、誘電体層12を板状の発泡体によって形成した場合には、電波吸収体10に吸音機能を持たせることができる。誘電体層12に用いられる発泡体としては、例えば、以下の組成の水酸化マグネシウム系無機質発泡板を用いることができる。この水酸化マグネシウム系無機質発泡板は、60重量%の水酸化マグネシウム、25重量%の炭酸カルシウム、10重量%の水酸化アルミニウム、3重量%の塩化ビニル樹脂、2重量%のシリコン系樹脂を含有する。誘電体層12に用いられる発泡体としては、上記の例の他に、イノシアヌレートフォーム、フェノールフォーム等の難燃フォームを用いることができる。

20

【0064】

誘電体層12が、電波の進行方向に貫通する複数の孔を有する板状の部材、または板状の発泡体によって形成されている場合には、誘電体層12における電波到来側の第1の面とその反対側の第2の面のうち、少なくとも第1の面は、主に無機材料からなる板状またはシート状の部材によって覆われていることが好ましい。この場合、誘電体層12の面を覆う板状またはシート状の部材は、抵抗層13でもよいし、電波吸収特性調整用誘電体層14でもよいし、電波反射体11でもよい。

30

【0065】

なお、誘電体層12が主に無機材料よりなるというのは、抵抗膜用基体21と同様に、バインダーのような補助的な材料としては有機材料を含む場合もあるが、主成分は無機材料であることを意味している。

【0066】

次に、電波反射体11について詳しく説明する。電波反射体11は、鋼板等の金属板でもよいが、主に無機材料からなる板状の電波反射体用基体と、この電波反射体用基体における電波到来側の面上に配置された導電性膜とを有する構成のものが好ましい。電波反射体用基体の材料および製造方法は、抵抗膜用基体21と同様である。導電性膜は、電波反射体用基体に貼り合わせた金属箔によって形成してもよいし、導電性塗料を電波反射体用基体上に塗布し、これを固化させることによって形成してもよい。

40

【0067】

金属箔を電波反射体用基体に貼り合わせる際には、例えば無機系接着剤または有機系接着剤が用いられる。有機系接着剤を用いる場合には、電波吸収体10の不燃性を維持できるように、接着層を薄くする必要がある。

【0068】

導電性塗料は、有機系のものでもよいが、無機系のものが好ましい。有機系の導電性塗料を用いる場合には、電波吸収体10の不燃性を維持できるように、導電性塗料の塗布厚さを小さくする必要がある。

【0069】

50

電波反射体 11 は、例えば、無機系接着剤または有機系接着剤によって誘電体層 12 に貼り合わされる。有機系接着剤を用いる場合には、電波吸収体 10 の不燃性を維持できるように、接着層を薄くする必要がある。

【0070】

次に、図 11 ないし図 15 を参照して、本実施の形態に係る電波吸収衝立について説明する。本実施の形態に係る電波吸収衝立は、本実施の形態に係る電波吸収体 10 を含む衝立であって、電波吸収機能を有するものである。本実施の形態に係る電波吸収衝立は、電波吸収体 10 によって主要部分が構成されたものでもよいし、衝立の芯材に、電波吸収体 10 を含む電波吸収パネルを貼り付けて構成されたものでもよい。

【0071】

図 11 は、電波吸収体 10 によって主要部分が構成された電波吸収衝立 40 の設置状態の一例を示す断面図である。この例では、電波吸収衝立 40 は、下端が床 46 に固定され、上端が天井 47 に固定されている。しかし、電波吸収衝立 40 の下端と床 46 との間、または電波吸収衝立 40 の上端と天井 47 との間が離れていてもよい。また、電波吸収衝立 40 は、スライディングウォール等のように、可動型の衝立であってもよい。

【0072】

図 12 は、図 11 に示した電波吸収衝立 40 の断面構造の一例を示す断面図である。図 12 に示した電波吸収衝立 40 は、2 つの面のうちの一方においてのみ、電波吸収機能を有するものである。この電波吸収衝立 40 は、電波反射体 11 と、電波反射体 11 における電波到来側に配置された誘電体層 12₁ と、誘電体層 12₁ における電波到来側に配置された抵抗層 13₁ と、抵抗層 13₁ における電波到来側に配置された誘電体層 12₂ と、誘電体層 12₂ における電波到来側に配置された抵抗層 13₂ と、抵抗層 13₂ における電波到来側の面を覆う内装材 15 と、電波反射体 11 における電波到来側とは反対側の面を覆う内装材 45 とを備えている。内装材 45 の材料は内装材 15 と同様である。なお、内装材 15, 45 の表面に塗装を施してもよい。

【0073】

図 13 は、図 11 に示した電波吸収衝立 40 の断面構造の他の例を示す断面図である。図 13 に示した電波吸収衝立 40 は、両面において電波吸収機能を有するものである。この電波吸収衝立 40 は、図 12 における電波吸収衝立 40 と同様の電波反射体 11、誘電体層 12₁、抵抗層 13₁、誘電体層 12₂、抵抗層 13₂ および内装材 15 を備えている。図 13 に示した電波吸収衝立 40 は、更に、電波反射体 11 を中心にして、誘電体層 12₁、抵抗層 13₁、誘電体層 12₂、抵抗層 13₂ および内装材 15 と対称に位置に設けられた誘電体層 42₁、抵抗層 43₁、誘電体層 42₂、抵抗層 43₂ および内装材 45 を備えている。この誘電体層 42₁、抵抗層 43₁、誘電体層 42₂、抵抗層 43₂ および内装材 45 の各構成は、それぞれ誘電体層 12₁、抵抗層 13₁、誘電体層 12₂、抵抗層 13₂ および内装材 15 と同様である。

【0074】

なお、電波吸収衝立 40 の構成は、図 12 または図 13 に示した構成に限らず、電波吸収体 10 と同様に種々の構成を採用することができる。

【0075】

図 14、図 15 はそれぞれ、衝立の芯材に電波吸収パネル 60 を貼り付けて構成された電波吸収衝立 50 の設置状態の例を示す断面図である。図 14 に示した電波吸収衝立 50 は、板状の芯材 51 の一方の面に電波吸収パネル 60 を貼り付けて構成されている。図 15 に示した電波吸収衝立 50 は、板状の芯材 51 の両面にそれぞれ電波吸収パネル 60 を貼り付けて構成されている。電波吸収パネル 60 は電波吸収体 10 を含むパネルである。電波吸収パネル 60 の構成は、表面に内装材 15 が配置された電波吸収体 10 と同様である。また、内装材 15 の表面に塗装を施してもよい。また、芯材 51 が金属板である場合には、この芯材 51 を、電波吸収体 10 における電波反射体 11 として兼用してもよい。

【0076】

なお、図 14、図 15 に示した例では、電波吸収衝立 50 は、下端が床 46 に固定され、

10

20

30

40

50

上端が天井 47 に固定されている。しかし、電波吸収衝立 50 の下端と床 46 との間、または電波吸収衝立 50 の上端と天井 47 との間が離れていてもよい。また、電波吸収衝立 50 は、スライディングウォール等のように、可動型の衝立であってもよい。

【0077】

次に、図 16 を参照して、本実施の形態に係る電波吸収壁について説明する。本実施の形態に係る電波吸収壁は、本実施の形態に係る電波吸収体 10 を含む壁であって、電波吸収機能を有するものである。図 16 は、本実施の形態に係る電波吸収壁の構成の一例を示す斜視図である。この電波吸収壁 70 は、スタッド 71、ランナー 72 および振れ止め 73 を含む骨組みと、この骨組みに取り付けられた複数の電波吸収パネル 60 と、この電波吸収パネル 60 の表面を覆う内装材 75 とを備えている。

10

【0078】

次に、図 17 を参照して、本実施の形態に係る電波吸収天井について説明する。本実施の形態に係る電波吸収天井は、本実施の形態に係る電波吸収体 10 を含む天井であって、電波吸収機能を有するものである。図 17 は、本実施の形態に係る電波吸収天井の構成の一例を示す斜視図である。この電波吸収天井 80 は、野縁 81 および野縁受け 82 を含む骨組みと、この骨組みに取り付けられた複数の電波吸収パネル 60 と、この電波吸収パネル 60 の表面を覆う内装材 85 とを備えている。

【0079】

次に、図 18 を参照して、本実施の形態に係る電波吸収床について説明する。本実施の形態に係る電波吸収床は、本実施の形態に係る電波吸収体 10 を含む床であって、電波吸収機能を有するものである。図 18 は、本実施の形態に係る電波吸収床の構成の一例を示す斜視図である。この電波吸収床 90 は、床板として用いられる複数の電波吸収パネル 60 と、この電波吸収パネル 60 を支持する複数の支持脚 91 と、電波吸収パネル 60 の表面を覆う内装材 95 とを備えている。電波吸収パネル 60 に含まれる誘電体層 12 として、図 7 ないし図 10 に示した例のように、電波の進行方向に貫通する複数の孔を有する板状の部材を用いることにより、電波吸収パネル 60 は、床板として使用するのに十分な構造強度および耐荷重性を有するようになる。

20

【0080】

次に、本実施の形態に係る電波吸収体 10 における電波吸収の原理について説明する。始めに、図 1 に示したように 1 組の誘電体層 12₁ および抵抗層 13₁ を備えた電波吸収体 10 における電波吸収の原理について説明する。電波反射体と、所定の面抵抗値を有する抵抗皮膜と、これらに配置された誘電体とを備えた抵抗皮膜型電波吸収体は、 $\lambda/4$ 型電波吸収体の一種であり、広く知られている。この抵抗皮膜型電波吸収体は、電波反射体から $\lambda/4$ (λ は電波の波長) だけ離れた位置において電波反射体側を見込んだ入力インピーダンスが無限大となることに着目して、その位置に、自由空間の特性インピーダンスに等しい面抵抗値 377 を有する抵抗皮膜を配置したものである。本実施の形態における抵抗層 13₁ に含まれる抵抗膜は上記抵抗皮膜に相当する。また、説明を容易とするために、ここでは抵抗膜用基体の存在を無視して説明する。また、以下の説明において、規格化とは、自由空間の特性インピーダンス (377) で規格化したことを意味している。

30

40

【0081】

ここで、誘電体の誘電率を ϵ_r^* ($*$ は複素数であることを表す。) とすると、電波吸収体に電波が垂直に入射する場合、電波反射体から d だけ離れた位置において電波反射体側を見込んだ規格化入力インピーダンス Z^* は、次の式で与えられる。なお、“ j ” は (-1) を表わす。

【0082】

$$Z^* = \{ 1 / (\epsilon_r^*) \} \cdot \tanh \{ j \cdot (2 d / \lambda) \cdot (\epsilon_r^*) \}$$

【0083】

抵抗皮膜の面抵抗値を R_s とすると、抵抗皮膜の前面において電波反射体側を見込んだ規格化入力インピーダンス Z_{in}^* は、入力インピーダンス Z^* の素子と抵抗値 R_s の素子

50

が並列に接続された回路の入力インピーダンスと見ることができる。従って、規格化入力インピーダンス Z_{in}^* は、次の式で与えられる。

【0084】

$$Z_{in}^* = \{ (R_s / 377) \cdot Z^* \} / \{ (R_s / 377) + Z^* \}$$

【0085】

ここで、 $d = \lambda / 4$ (γ_r^*) の場合には、インピーダンス Z^* は無限大となり、インピーダンス Z_{in}^* は 1 となる。その結果、抵抗皮膜の表面における反射係数は 0 になる。

【0086】

次に、図 8 に示したように 2 層の誘電体層 12₁、12₂ と 1 層の抵抗層 13₁ と電波吸収性能調整層 14 とを備えた電波吸収体 10、または図 7 に示したように 2 層の誘電体層 12₁、12₂ と 2 層の抵抗層 13₁、13₂ とを備えた電波吸収体 10 における電波吸収の原理について説明する。

【0087】

この場合の電波吸収体 10 は、2 層型電波吸収体となる。この 2 層型電波吸収体では、任意の 2 つの周波数において反射減衰量のピークが存在する電波吸収特性を実現することができる。従って、この 2 層型電波吸収体によれば、所望の反射減衰量が得られる周波数範囲を広くしたり、2 つの周波数帯域において所望の反射減衰量が得られるようにしたりすることができる。2 層型電波吸収体の遠方界における理論的設計は、単層型電波吸収体と同様に伝送線理論を用いて行うことができる。

【0088】

以下、抵抗層 13₁ 内の抵抗膜を第 1 の抵抗膜と呼び、抵抗層 13₂ 内の抵抗膜を第 2 の抵抗膜と呼ぶ。また、第 1 の抵抗膜の面抵抗値を R_{s1} とし、第 2 の抵抗膜の面抵抗値を R_{s2} とする。また、誘電体層 12₁ の厚さを d_1 とし、抵抗膜用基体 21₁ の厚さを d_2 とし、誘電体層 12₂ の厚さを d_4 とし、電波吸収性能調整用誘電体層 14 の厚さを d_5 とし、抵抗膜用基体 21₂ の厚さを d_6 とする。また、誘電体層 12₁ の規格化特性インピーダンスと伝搬定数をそれぞれ Z_{c1}^* 、 γ_1^* とする。また、抵抗膜用基体 21₁ の規格化特性インピーダンスと伝搬定数をそれぞれ Z_{c2}^* 、 γ_2^* とする。また、誘電体層 12₂ の規格化特性インピーダンスと伝搬定数をそれぞれ Z_{c4}^* 、 γ_4^* とする。また、電波吸収性能調整用誘電体層 14 の規格化特性インピーダンスと伝搬定数をそれぞれ Z_{c5}^* 、 γ_5^* とする。また、抵抗膜用基体 21₂ の規格化特性インピーダンスと伝搬定数をそれぞれ Z_{c6}^* 、 γ_6^* とする。

【0089】

ここで、電波吸収体 10 に電波が垂直に入射する場合を考える。誘電体層 12₁ の電波到来側において電波反射体 11 側を見込んだ規格化入力インピーダンス (負荷インピーダンス) Z_1^* は、次の式で与えられる。

【0090】

$$Z_1^* = Z_{c1}^* \cdot \tanh \gamma_1^* d_1$$

【0091】

次に、抵抗膜用基体 21₁ の電波到来側において電波反射体 11 側を見込んだ規格化入力インピーダンス Z_2^* は、次の式で与えられる。

【0092】

$$Z_2^* = Z_{c2}^* \cdot \{ (Z_1^* + Z_{c2}^* \tanh \gamma_2^* d_2) / (Z_{c2}^* + Z_1^* \tanh \gamma_2^* d_2) \}$$

【0093】

次に、第 1 の抵抗膜の前面において電波反射体 11 側を見込んだ規格化入力インピーダンス Z_3^* は、次の式で与えられる。

【0094】

$$Z_3^* = \{ (R_{s1} / 377) \cdot Z_2^* \} / \{ (R_{s1} / 377) + Z_2^* \}$$

【0095】

次に、誘電体層 1 2₂ の電波到来側において電波反射体 1 1 側を見込んだ規格化入力インピーダンス Z_4^* は、次の漸化式で表わされる。

【0096】

$$Z_4^* = Z_{c4}^* \cdot \{ (Z_3^* + Z_{c4}^* \tanh_4^* d_4) / (Z_{c4}^* + Z_3^* \tanh_4^* d_4) \}$$

【0097】

そして、図 8 における電波吸収性能調整用誘電体層 1 4 の電波到来側において電波反射体 1 1 側を見込んだ規格化入力インピーダンス Z_{in5}^* は、次の漸化式で表わされる。

【0098】

$$Z_{in5}^* = Z_{c5}^* \cdot \{ (Z_4^* + Z_{c5}^* \tanh_5^* d_5) / (Z_{c5}^* + Z_4^* \tanh_5^* d_5) \}$$

【0099】

また、図 7 における第 2 の抵抗膜の前面において電波反射体 1 1 側を見込んだ規格化入力インピーダンス Z_5^* は、次の式で与えられる。

【0100】

$$Z_5^* = \{ (R_{s2/377}) \cdot Z_4^* \} / \{ (R_{s2/377}) + Z_4^* \}$$

【0101】

そして、図 7 における抵抗膜用基体 2 1₂ の電波到来側において電波反射体 1 1 側を見込んだ規格化入力インピーダンス Z_{in6}^* は、次の漸化式で表わされる。

【0102】

$$Z_{in6}^* = Z_{c6}^* \cdot \{ (Z_5^* + Z_{c6}^* \tanh_6^* d_6) / (Z_{c6}^* + Z_5^* \tanh_6^* d_6) \}$$

【0103】

2 層の誘電体層 1 2₁ , 1 2₂ と 1 層の抵抗層 1 3₁ と電波吸収性能調整用誘電体層 1 4 とを備えた電波吸収体 1 0、または 2 層の誘電体層 1 2₁ , 1 2₂ と 2 層の抵抗層 1 3₁ , 1 3₂ とを備えた電波吸収体 1 0 では、任意の 2 つの周波数において反射係数を 0 にする条件が存在する。このような条件を選択して電波吸収体 1 0 を設計および製造することにより、任意の 2 つの周波数において反射減衰量のピークが存在する電波吸収特性を有する電波吸収体 1 0 を実現することができる。

【0104】

上記の説明と同様にして、3 層以上の誘電体層と、隣り合う誘電体層の間に配置された抵抗層と電波吸収性能調整用誘電体層 1 4 とを備えた電波吸収体 1 0 や、3 層以上の誘電体層と、隣り合う誘電体層の間、および電波反射体 1 1 から最も遠い位置に配置された誘電体層における電波到来側に配置された抵抗層とを備えた電波吸収体 1 0 についても、電波吸収体 1 0 の前面における規格化入力インピーダンスを求めることができる。これらの電波吸収体 1 0 では、3 つ以上の周波数において反射係数を 0 にする条件が存在する。このような条件を選択して電波吸収体 1 0 を設計および製造することにより、3 つ以上の周波数において反射減衰量のピークが存在する電波吸収特性を有する電波吸収体 1 0 を実現することができる。

【0105】

次に、本実施の形態に係る電波吸収体 1 0 の 2 つの実施例とそれらの電波吸収特性について説明する。始めに、図 1 9 を参照して、実施例の電波吸収体 1 0 の電波吸収特性を評価するために用いられる評価システムについて説明する。この評価システムは、反射電力法によって電波吸収体の電波吸収特性を測定するためのものである。反射電力法とは、測定しようとする電波吸収体に電波を放射し、電波吸収体による電波反射量を測定すると共に、測定しようとする電波吸収体と同一面積の反射面を有する金属板についても同様に電波反射量を測定し、これらの電波反射量の比から、電波吸収体の電波吸収特性を測定する方法である。

【0106】

図 1 9 に示した評価システムは、評価しようとする試料 1 2 0 に電波を放射する送信アン

10

20

30

40

50

テナ 1 2 1 と、試料 1 2 0 で反射された電波を受信する受信アンテナ 1 2 2 と、受信アンテナ 1 2 2 に接続されたネットワークアナライザ 1 2 3 と、入力端がネットワークアナライザ 1 2 3 に接続され、出力端が送信アンテナ 1 2 1 に接続された増幅器 1 2 4 とを備えている。図 1 9 では、試料 1 2 0 における電波の入射角および出射角を θ で表わしている。送信アンテナ 1 2 1 と受信アンテナ 1 2 2 は、アンテナ 1 2 1, 1 2 2 から試料 1 2 0 における電波の入射位置までの距離が等しくなるように配置される。実施例では、この距離を 2 m としている。また、評価システムは、電波暗室 1 2 5 内に設置される。

【0107】

ネットワークアナライザ 1 2 3 は、増幅器 1 2 4 に送信用の信号を送り、この信号は増幅器 1 2 4 によって増幅された後、送信アンテナ 1 2 1 に与えられる。また、ネットワークアナライザ 1 2 3 には、受信アンテナ 1 2 2 によって得られる受信信号が入力される。ネットワークアナライザ 1 2 3 は、送信用の信号と受信信号とに基づいて試料の特性を測定する。

10

【0108】

[第1の実施例]

第1の実施例の電波吸収体 1 0 は、図 7 に示した構成になっている。第1の実施例の電波吸収体 1 0 は、以下のようにして製造した。まず、ロボット塗装装置を用いたスプレー塗装によって、厚さ 1 mm の板状の抵抗膜用基体 2 1₁ の一方の面の上に導電性塗料を塗布することによって抵抗膜 2 2₁ を形成して、抵抗層 1 3₁ を作製した。抵抗膜 2 2₁ の面抵抗値は 350 Ω である。また、同様に、ロボット塗装装置を用いたスプレー塗装によって、厚さ 2 mm の板状の抵抗膜用基体 2 1₂ の一方の面の上に導電性塗料を塗布することによって抵抗膜 2 2₂ を形成して、抵抗層 1 3₂ を作製した。抵抗膜 2 2₂ の面抵抗値は 900 Ω である。次に、鋼板よりなる電波反射体 1 1 に、八ニカム形状の誘電体層 1 2₁ を、エポキシ系接着剤を用いて接着した。誘電体層 1 2₁ における1つの孔の径は 15 mm であり、誘電体層 1 2₁ の厚さは 18 mm である。次に、抵抗膜 2 2₁ が形成された面を電波到来側の面とし、抵抗膜 2 2₁ が形成された抵抗膜用基体 2 1₁ を、誘電体層 1 2₁ における電波到来側の面に、エポキシ系接着剤を用いて接着した。次に、抵抗膜 2 2₁ に、八ニカム形状の誘電体層 1 2₂ を、エポキシ系接着剤を用いて接着した。誘電体層 1 2₂ における1つの孔の径は 15 mm であり、誘電体層 1 2₂ の厚さは 14 mm である。次に、抵抗膜 2 2₂ が形成された面を電波到来側とは反対側の面とし、抵抗膜用基体 2 1₂ 上に形成された抵抗膜 2 2₂ を、誘電体層 1 2₂ における電波到来側の面に、エポキシ系接着剤を用いて接着して、電波吸収体 1 0 を完成させた。この電波吸収体 1 0 の縦および横の寸法は、共に 30 cm である。

20

30

【0109】

図 1 9 に示した評価システムを用い、反射電力法によって、2 GHz ~ 6 GHz の周波数範囲における第1の実施例の電波吸収体 1 0 の電波吸収特性を測定した。その測定結果を図 2 0 に示す。図 2 0 から分かるように、第1の実施例の電波吸収体 1 0 は、2.4 GHz と 5.2 GHz の各周波数において反射減衰量が 20 dB 以上となる特性を有している。従って、この電波吸収体 1 0 は、IEEE 802.11b と IEEE 802.11a の2つの規格に準拠した 2.4 GHz 帯と 5.2 GHz 帯の2つの周波数帯域における電波障害を防止するために利用することができる。また、現在、規格化が検討されている IEEE 802.11g に対応した無線 LAN システムにおいても、IEEE 802.11b と同じ 2.4 GHz 帯の電波が使用される予定であるため、第1の実施例の電波吸収体 1 0 は、このシステムでも利用可能である。

40

【0110】

図 2 1 は、第1の実施例の電波吸収体 1 0 について、設計値に基づいて計算によって求めた電波吸収特性と、製造誤差を見込んで計算によって求めた最低限の電波吸収特性とを示している。なお、図 2 1 において、符号 1 3 1 は設計値に基づく電波吸収特性を示し、符号 1 3 2 は最低限の電波吸収特性を示している。最低限の電波吸収特性は、誘電体層 1 2₁, 1 2₂ の厚さと抵抗膜 2 2₁, 2 2₂ の面抵抗値の製造誤差を見込んで各周波数毎に

50

計算によって求めた最低値の集合である。図 2 1 から、第 1 の実施例の電波吸収体 1 0 によれば、製造誤差を見込んで、2 . 4 G H z と 5 . 2 G H z の各周波数において反射減衰量が 1 5 d B 以上となる特性が得られる可能性があることが確認できた。なお、ここで見込んだ製造誤差は、誘電体層 1 2₁ および誘電体層 1 2₂ の厚さの設計値に対して、それぞれ ± 1 m m および ± 1 m m、また、抵抗膜 2 2₁ および抵抗膜 2 2₂ の面抵抗値の設計値に対して、それぞれ ± 1 0 % および ± 2 0 % である。

【 0 1 1 1 】

[第 2 の実施例]

第 2 の実施例の電波吸収体 1 0 は、図 8 に示した構成になっている。第 2 の実施例の電波吸収体 1 0 は、以下のようにして製造した。まず、ロボット塗装装置を用いたスプレー塗装によって、厚さ 1 m m の板状の抵抗膜用基体 2 1₁ の一方の面の上に導電性塗料を塗布することによって抵抗膜 2 2₁ を形成して、抵抗層 1 3₁ を作製した。抵抗膜 2 2₁ の面抵抗値は 2 5 0 である。次に、鋼板よりなる電波反射体 1 1 に、八ニカム形状の誘電体層 1 2₁ を、エポキシ系接着剤を用いて接着した。誘電体層 1 2₁ における 1 つの孔の径は 1 5 m m であり、誘電体層 1 2₁ の厚さは 2 0 m m である。次に、抵抗膜 2 2₁ が形成された面を電波到来側の面とし、抵抗膜 2 2₁ が形成された抵抗膜用基体 2 1₁ を、誘電体層 1 2₁ における電波到来側の面に、エポキシ系接着剤を用いて接着した。次に、抵抗膜 2 2₁ に、八ニカム形状の誘電体層 1 2₂ を、エポキシ系接着剤を用いて接着した。誘電体層 1 2₂ における 1 つの孔の径は 1 5 m m であり、誘電体層 1 2₂ の厚さは 6 m m である。次に、厚さ 6 m m の板状の電波吸収特性調整用誘電体層 1 4 を、誘電体層 1 2₂ における電波到来側の面に、エポキシ系接着剤を用いて接着して、電波吸収体 1 0 を完成させた。この電波吸収体 1 0 の縦および横の寸法は、共に 3 0 c m である。

【 0 1 1 2 】

図 1 9 に示した評価システムを用い、反射電力法によって、2 G H z ~ 6 G H z の周波数範囲における第 2 の実施例の電波吸収体 1 0 の電波吸収特性を測定した。その測定結果を図 2 2 に示す。図 2 2 から分かるように、第 2 の実施例の電波吸収体 1 0 は、2 . 4 G H z と 5 . 2 G H z の各周波数において反射減衰量が 2 0 d B 以上となる特性を有している。従って、この電波吸収体 1 0 は、I E E E 8 0 2 . 1 1 b と I E E E 8 0 2 . 1 1 a の 2 つの規格に準拠した 2 . 4 G H z 帯と 5 . 2 G H z 帯の 2 つの周波数帯域における電波障害を防止するために利用することができる。また、第 2 の実施例の電波吸収体 1 0 は、I E E E 8 0 2 . 1 1 g に対応した無線 L A N システムでも利用可能である。

【 0 1 1 3 】

次に、図 2 3 ないし図 2 7 を参照して、本実施の形態に係る電波吸収体 1 0 によるマルチパス抑制効果について説明する。マルチパスとは、送信部から送信された電波が複数の経路を経て受信部に到達することを言う。室内における無線 L A N では、壁面やパーテーション等により電波が反射されやすく、その結果、マルチパスが生じやすい。マルチパスが生じると、基本波と遅延波との合成により信号の劣化が生じたり、複数の経路の電波が干渉して、位置によって受信電力が変動したりする。

【 0 1 1 4 】

ここでは、電波吸収体 1 0 によるマルチパス抑制効果をシミュレーションによって確認した結果について説明する。図 2 3 は、シミュレーションで使用した室内のモデルを示している。この室内のモデルは、幅、長さ、高さが全て 2 m の立方体形状である。シミュレーションでは、室内の全ての面が金属面であるモデルと、室内の 6 面のうち、天井面は金属面で、他の 5 面には電波吸収体 1 0 を貼り付けたモデルとを用意した。また、シミュレーションでは、1 つの壁から 0 . 3 m 離れ、この壁の両側の壁から等距離 (1 m) だけ離れ、床から 0 . 7 m 離れた位置 1 4 1 に送信アンテナを配置している。送信アンテナは、半波長ダイポールアンテナであり、2 . 4 G H z の垂直偏波の電波を放射する。シミュレーションでは、有限積分法によって、床から 0 . 7 m 離れた平面 1 4 2 における電界強度分布を求めた。

【 0 1 1 5 】

図 2 4 は、室内の全ての面が金属面であるモデルにおける電界強度分布を表わしている。図 2 5 は、天井面以外の 5 面に電波吸収体 1 0 を貼り付けたモデルにおける電界強度分布を表わしている。図 2 4 および図 2 5 では、電界強度を濃淡で表わしており、濃い部分ほど電界強度が大きいことを表わしている。図 2 4 から、室内の全ての面が金属面であるモデルでは、マルチパスによる電波の干渉が生じていることが分かる。また、図 2 5 から、天井面以外の 5 面に電波吸収体 1 0 を貼り付けたモデルでは、マルチパスによる電波の干渉が抑制されていることが分かる。

【 0 1 1 6 】

図 2 6 は、室内の全ての面が金属面であるモデルについて、平面 1 4 2 内の測定点における電界強度の時間的変化を表わしている。また、測定点は送信アンテナを配置する際に基準とした 1 つの壁から 1 m 離れ（すなわち、送信アンテナからは 0 . 7 m 離れ）、この壁の両側の壁から等距離（1 m）だけ離れ、床から 0 . 7 m 離れた点である。図 2 6 において、符号 1 5 1 で示した部分は、室内の面で反射していない直接波に対応し、符号 1 5 2 で示した部分は、室内の面で 1 回反射した反射波に対応する。この反射波の電界強度は、直接波の電界強度に対して 3 d B 程度しか小さくなっていない。また、図 2 6 から、このモデルでは、測定点に直接波が到達した後も、電波の多重反射により、長い時間、電界強度が小さくならないことが分かる。

10

【 0 1 1 7 】

図 2 7 は、天井面以外の 5 面に電波吸収体 1 0 を貼り付けたモデルについて、平面 1 4 2 内の測定点における電界強度の時間的変化を表わしている。図 2 7 において、符号 1 5 3 で示した部分は、室内の面で反射していない直接波に対応し、符号 1 5 4 で示した部分は、室内の面で 1 回反射した反射波に対応する。この反射波の電界強度は、直接波の電界強度に対して 1 5 d B 程度小さくなっている。また、図 2 7 から、このモデルでは、測定点に直接波が到達した後、短時間で電界強度が小さくなっており、このことからマルチパスの発生が抑制されていることが分かる。

20

【 0 1 1 8 】

次に、図 2 8 ないし図 3 1 を参照して、本実施の形態に係る電波吸収体 1 0 による電波干渉および電波漏洩の抑制効果について説明する。ここでは、電波吸収体 1 0 による電波干渉および電波漏洩の抑制効果をシミュレーションによって確認した結果について説明する。図 2 8 はシミュレーションで使用した室内のモデルの平面図、図 2 9 はこのモデルの床に垂直な断面を示す断面図である。このモデルは、幅が 1 m、長さが 3 m、高さが 2 . 7 m の直方体形状である。また、このモデルでは、床面 1 6 1 と、天井面 1 6 2 と、幅が 1 m の 1 つの壁面 1 6 3 が金属面で、他の壁面は電波を吸収する面としている。また、このモデルでは、壁 1 6 3 から 2 m 離れた位置において、床面 1 6 1 の上に、高さ 2 m の衝立 1 6 5 を設置している。シミュレーションでは、衝立 1 6 5 が金属製であるモデルと、衝立 1 6 5 が電波吸収体 1 0 を用いたものであるモデルとを用意した。また、シミュレーションでは、壁 1 6 3 から 1 m 離れ、この壁の両側の壁から等距離（0 . 5 m）だけ離れ、床から 0 . 7 m 離れた位置 1 6 6 に送信アンテナを配置している。送信アンテナは、半波長ダイポールアンテナであり、2 . 4 G H z の垂直偏波の電波を放射する。シミュレーションでは、有限積分法によって、図 2 9 に示した断面における電界強度分布を求めた。

30

40

【 0 1 1 9 】

図 3 0 は、衝立 1 6 5 が金属製であるモデルにおける電界強度分布を表わしている。図 3 1 は、衝立 1 6 5 が電波吸収体 1 0 を用いたものであるモデルにおける電界強度分布を表わしている。図 3 0 および図 3 1 では、電界強度を濃淡で表わしており、濃い部分ほど電界強度が大きいことを表わしている。図 3 0 から、衝立 1 6 5 が金属製であるモデルでは、電波干渉および隣室への電波漏洩が生じていることが分かる。また、図 3 1 から、衝立 1 6 5 が電波吸収体 1 0 を用いたものであるモデルでは、電波干渉および隣室への電波漏洩が抑制されていることが分かる。

【 0 1 2 0 】

以上説明したように、本実施の形態によれば、不燃性を有し且つ軽量で、室内において用

50

いるのに適した電波吸収体、電波吸収パネル、電波吸収衝立、電波吸収壁、電波吸収天井および電波吸収床を実現することができる。また、これらを利用することにより、例えば、室内で構築される無線LANにおける電波干渉や電波漏洩等の電波障害を防止することができる。

【0121】

また、本実施の形態において、電波吸収体の基本構成を、図2ないし図4のいずれかに示した構成とすることにより、少なくとも2つの周波数において反射減衰量のピークが存在する電波吸収特性を実現することができる。これにより、少なくとも2つの周波数帯域における電波障害を防止することが可能になる。特に、電波吸収体の電波吸収特性を、2.4GHzと5.2GHzの各周波数において反射減衰量が15dB以上となる特性とすることにより、2.4GHz帯と5.2GHz帯の少なくとも一方を用いる無線LANにおける電波障害を防止することが可能になる。

10

【0122】

また、本実施の形態において、誘電体層を、電波の進行方向に貫通する複数の孔を有する板状の部材や板状の発泡体によって形成することにより、電波吸収体をより軽量化することができると共に、電波吸収体に断熱性を持たせることができる。また、誘電体層を、電波の進行方向に貫通する複数の孔を有する板状の部材によって形成することにより、十分な強度を確保することができる。また、誘電体層を、板状の発泡体によって形成することにより、電波吸収体に吸音機能を持たせることができる。

20

【0123】

また、スプレー塗装を用いて導電性塗料を抵抗膜用基体上に塗布することによって抵抗膜を形成することにより、導電性塗料の塗布方向による電波吸収特性の差が極めて小さい電波吸収体を実現することができる。

【0124】

なお、本発明は、上記実施の形態に限定されず、種々の変更が可能である。例えば、電波吸収体10を構成する各層の材料は、実施の形態に示したものに限らず、適宜選択することができる。

【0125】

【発明の効果】

以上説明したように、請求項1ないし18のいずれかに記載の電波吸収体、請求項19記載の電波吸収パネル、請求項20記載の電波吸収衝立、請求項21記載の電波吸収壁、請求項22記載の電波吸収天井または請求項23記載の電波吸収床によれば、不燃性を有し且つ軽量で、室内において用いるのに適した電波吸収体、電波吸収パネル、電波吸収衝立、電波吸収壁、電波吸収天井または電波吸収床を実現することができるという効果を奏する。

30

【0126】

また、請求項2または5記載の電波吸収体、もしくは請求項2または5を引用する請求項のいずれかに記載の電波吸収体、電波吸収パネル、電波吸収衝立、電波吸収壁、電波吸収天井または電波吸収床によれば、少なくとも2つの周波数帯域における電波障害を防止することが可能になるという効果を奏する。

40

【0127】

また、請求項13または14記載の電波吸収体、もしくは請求項13または14を引用する請求項のいずれかに記載の電波吸収体、電波吸収パネル、電波吸収衝立、電波吸収壁、電波吸収天井または電波吸収床によれば、電波吸収体をより軽量化することができると共に、電波吸収体に断熱性を持たせることができるという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施の形態に係る電波吸収体の基本構成の第1の例を示す断面図である。

【図2】本発明の一実施の形態に係る電波吸収体の基本構成の第2の例を示す断面図である。

50

【図 3】本発明の一実施の形態に係る電波吸収体の基本構成の第 3 の例を示す断面図である。

【図 4】本発明の一実施の形態に係る電波吸収体の基本構成の第 4 の例を示す断面図である。

【図 5】本発明の一実施の形態に係る電波吸収体の構成の他の例を示す断面図である。

【図 6】本発明の一実施の形態における抵抗層の形成方法を示す説明図である。

【図 7】複数の孔を有する板状の部材によって形成された誘電体層を有する電波吸収体の構成の第 1 の例を示す斜視図である。

【図 8】複数の孔を有する板状の部材によって形成された誘電体層を有する電波吸収体の構成の第 2 の例を示す斜視図である。

【図 9】複数の孔を有する板状の部材によって形成された誘電体層を有する電波吸収体の構成の第 3 の例を示す斜視図である。

【図 10】複数の孔を有する板状の部材によって形成された誘電体層を有する電波吸収体の構成の第 4 の例を示す斜視図である。

【図 11】電波吸収体によって主要部分が構成された電波吸収衝立の設置状態の一例を示す断面図である。

【図 12】図 11 に示した電波吸収衝立の断面構造の一例を示す断面図である。

【図 13】図 11 に示した電波吸収衝立の断面構造の他の例を示す断面図である。

【図 14】衝立の芯材に電波吸収パネルを貼り付けて構成された電波吸収衝立の設置状態の一例を示す断面図である。

【図 15】衝立の芯材に電波吸収パネルを貼り付けて構成された電波吸収衝立の設置状態の他の例を示す断面図である。

【図 16】本発明の一実施の形態に係る電波吸収壁の構成の一例を示す斜視図である。

【図 17】本発明の一実施の形態に係る電波吸収天井の構成の一例を示す斜視図である。

【図 18】本発明の一実施の形態に係る電波吸収床の構成の一例を示す斜視図である。

【図 19】本発明の一実施の形態における実施例の電波吸収体の電波吸収特性を評価するために用いられる評価システムを示す説明図である。

【図 20】本発明の一実施の形態における第 1 の実施例の電波吸収体の電波吸収特性を示す特性図である。

【図 21】本発明の一実施の形態における第 1 の実施例の電波吸収体について、設計値に基づいて計算によって求めた電波吸収特性と製造誤差を見込んで計算によって求めた最低限の電波吸収特性とを示す特性図である。

【図 22】本発明の一実施の形態における第 2 の実施例の電波吸収体の電波吸収特性を示す特性図である。

【図 23】本発明の一実施の形態に係る電波吸収体によるマルチパス抑制効果を確認するためのシミュレーションで使用した室内のモデルを示す斜視図である。

【図 24】本発明の一実施の形態に係る電波吸収体によるマルチパス抑制効果を確認するためのシミュレーションの結果を示す説明図である。

【図 25】本発明の一実施の形態に係る電波吸収体によるマルチパス抑制効果を確認するためのシミュレーションの結果を示す説明図である。

【図 26】本発明の一実施の形態に係る電波吸収体によるマルチパス抑制効果を確認するためのシミュレーションの結果を示す特性図である。

【図 27】本発明の一実施の形態に係る電波吸収体によるマルチパス抑制効果を確認するためのシミュレーションの結果を示す特性図である。

【図 28】本発明の一実施の形態に係る電波吸収体による電波干渉および電波漏洩の抑制効果を確認するためのシミュレーションで使用した室内のモデルを示す平面図である。

【図 29】図 28 に示したモデルの断面図である。

【図 30】本発明の一実施の形態に係る電波吸収体による電波干渉および電波漏洩の抑制効果を確認するためのシミュレーションの結果を示す説明図である。

【図 31】本発明の一実施の形態に係る電波吸収体による電波干渉および電波漏洩の抑制

10

20

30

40

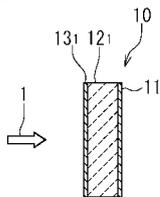
50

効果を確認するためのシミュレーションの結果を示す説明図である。

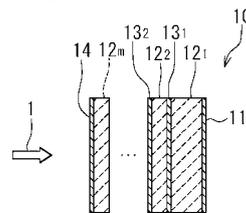
【符号の説明】

10 ... 電波吸収体、11 ... 電波反射体、12, 12₁, 12₂ ... 誘電体層、13, 13₁, 13₂ ... 抵抗層、14 ... 電波吸収特性調整用誘電体層、21₁, 22₁ ... 抵抗膜用基体、21₂, 22₂ ... 抵抗膜。

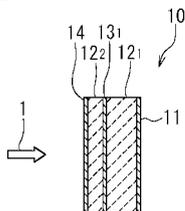
【図1】



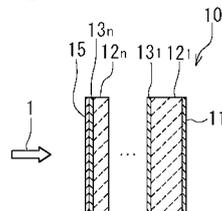
【図4】



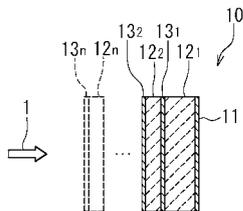
【図2】



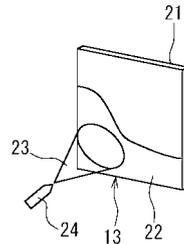
【図5】



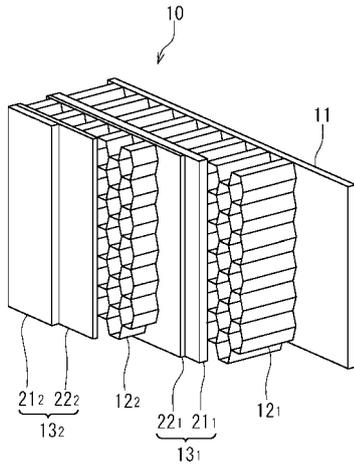
【図3】



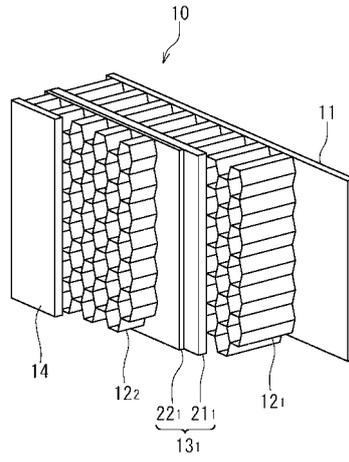
【図6】



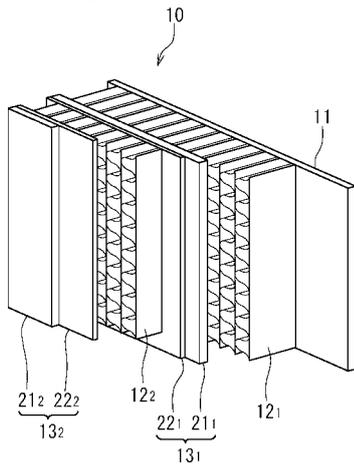
【 図 7 】



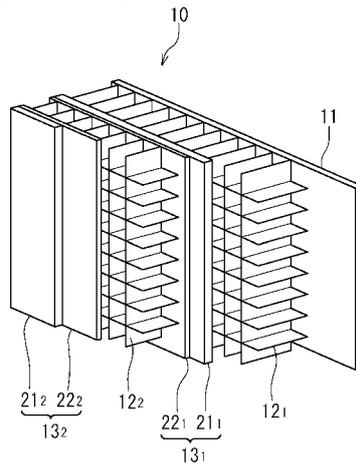
【 図 8 】



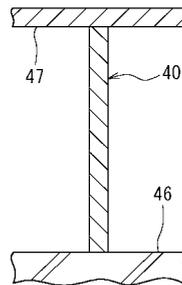
【 図 9 】



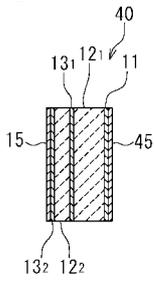
【 図 10 】



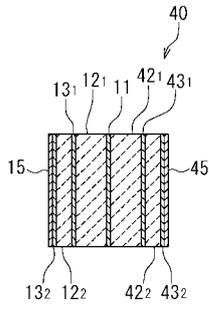
【 図 11 】



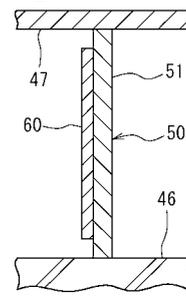
【 図 1 2 】



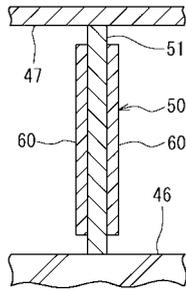
【 図 1 3 】



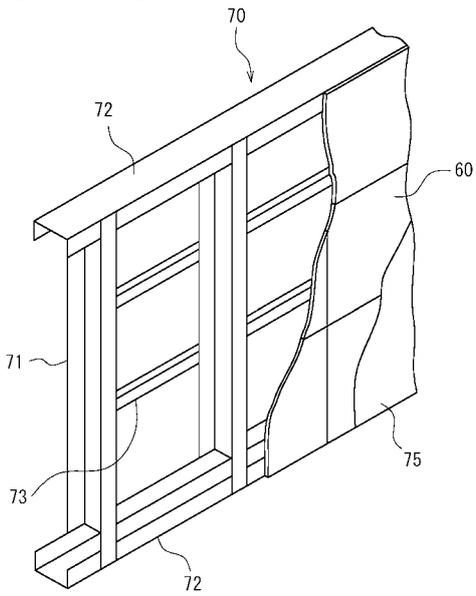
【 図 1 4 】



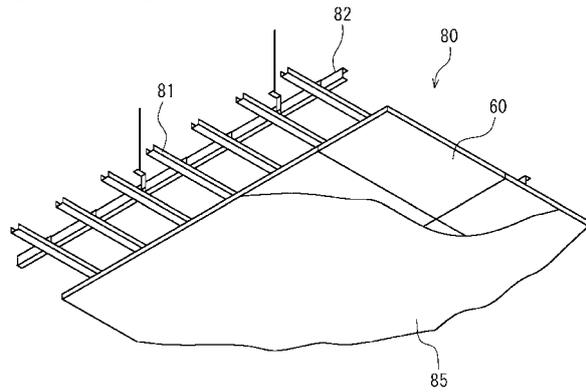
【 図 1 5 】



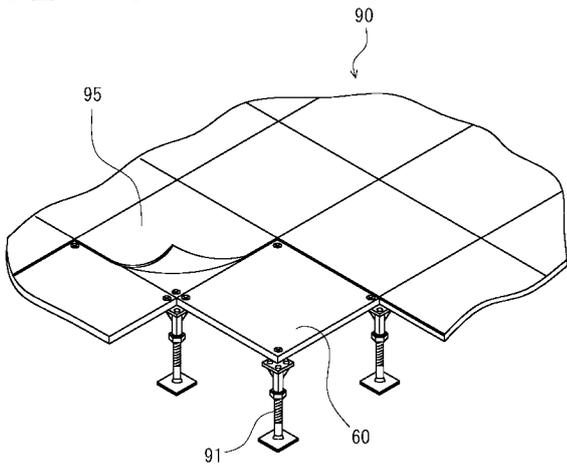
【 図 1 6 】



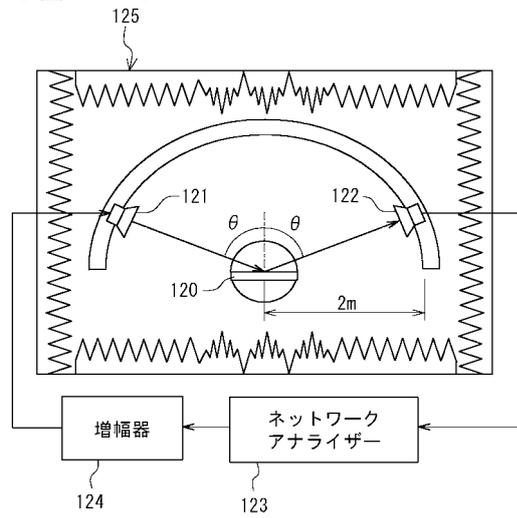
【 図 1 7 】



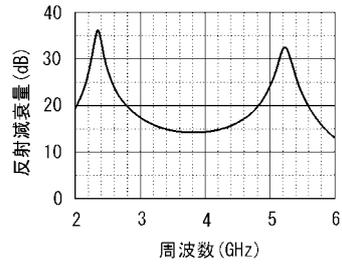
【図 18】



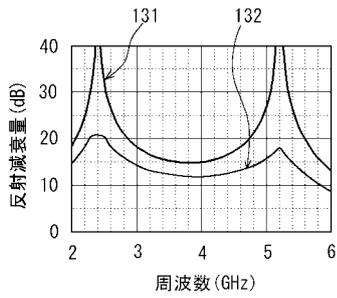
【図 19】



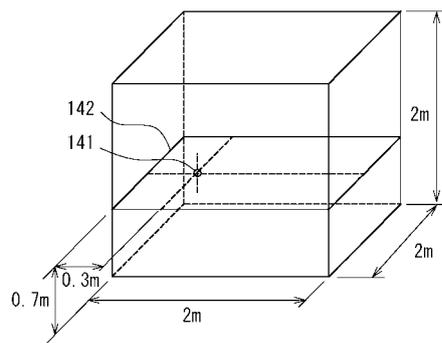
【図 20】



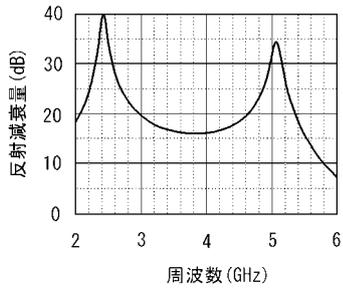
【図 21】



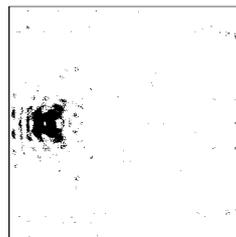
【図 23】



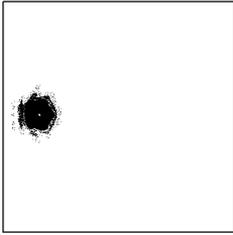
【図 22】



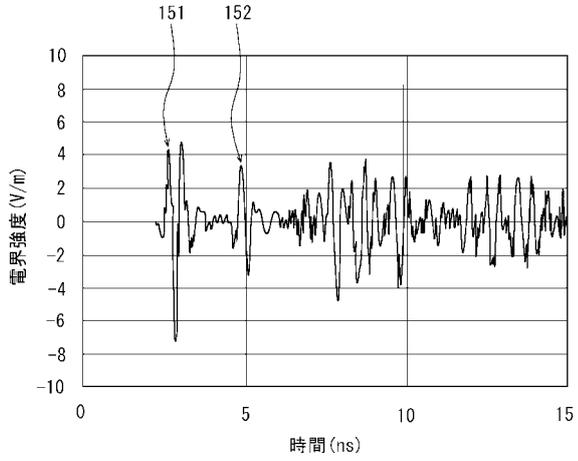
【図 24】



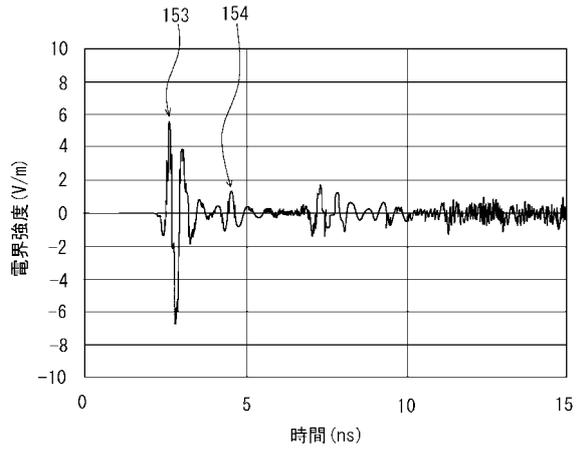
【 図 2 5 】



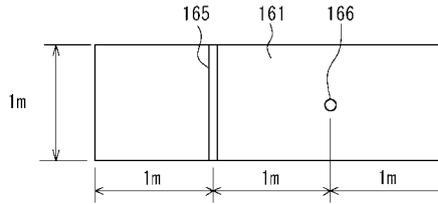
【 図 2 6 】



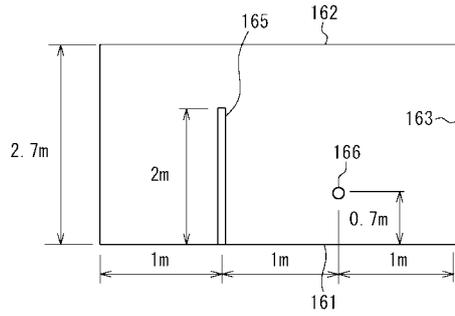
【 図 2 7 】



【 図 2 8 】



【 図 2 9 】



【 図 3 1 】



【 図 3 0 】



フロントページの続き

(72)発明者 林 宏三

岐阜県各務原市金属団地 6 5 株式会社常盤電機内

(72)発明者 岸野 英樹

岐阜県各務原市金属団地 6 5 株式会社常盤電機内

(72)発明者 藤本 恭一

岐阜県各務原市金属団地 6 5 株式会社常盤電機内

F ターム(参考) 2E001 DH01 FA03 FA07 FA11 FA14 GA12 GA24 GA42 HA00 JA06
JA29 JB01 JB07
4F100 AT00C BA04 BA07 BA10A EG00 GB07 GB41 JD08 JD14 JG00A
JG04C JG04D JG05B JJ07A JJ07B JN06A
5E321 AA44 BB23 BB25 BB32 BB34 CC16 GG11