

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5374706号
(P5374706)

(45) 発行日 平成25年12月25日 (2013.12.25)

(24) 登録日 平成25年10月4日 (2013.10.4)

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

請求項の数 3 (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2010-171472 (P2010-171472)	(73) 特許権者	390014306
(22) 出願日	平成22年7月30日 (2010.7.30)		防衛省技術研究本部長
(65) 公開番号	特開2012-33675 (P2012-33675A)		東京都新宿区市谷本村町5番1号
(43) 公開日	平成24年2月16日 (2012.2.16)	(74) 代理人	100079290
審査請求日	平成22年7月30日 (2010.7.30)		弁理士 村井 隆
		(72) 発明者	村▲崎▼ 勉
			東京都新宿区市谷本村町5番1号防衛省内
		(72) 発明者	喜田 達夫
			東京都新宿区市谷本村町5番1号防衛省内
		(72) 発明者	北川 真也
			東京都新宿区市谷本村町5番1号防衛省内
		審査官	遠藤 邦喜

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電波吸収体の実効厚み制御法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

同一材料で一様な厚み d_n 、面積 S_n を有する N 個の電波吸収部材を、下記条件式 (5) , (6)

【数6】

$$d = \frac{1}{S} \sum_{n=1}^N S_n d_n \quad (5)$$

$$S = \sum_{n=1}^N S_n \quad (6)$$

10

(但し、前記 N 個の電波吸収部材のうち、少なくとも一つは、厚み d_n が異なるものとする)

に従って面状に配置することにより、面積 S で厚み d の電波吸収体と実質的に等価な電波吸収特性とすることを特徴とする電波吸収体の実効厚み制御法。

20

【請求項 2】

前記 N 個の電波吸収部材のうち、少なくとも一つは面積 S_n を異ならせた、請求項 1 記載の電波吸収体の実効厚み制御法。

【請求項 3】

前記 N 個の電波吸収部材は電波反射層上に一様な厚みの電波吸収層を積層したものである、請求項 1 又は 2 記載の電波吸収体の実効厚み制御法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、電波吸収体の実効厚み制御法に関する。

10

【背景技術】

【0002】

電波吸収体は、電波暗室内での電波散乱抑制、橋脚によるレーダ偽像防止、ETC の誤作動防止、SAR (Specific Absorption Rate) 計測用人体ファントムの部材への使用等を目的として近年広く産業界でその需要が増大している。

【0003】

図 8 は一般的な単層電波吸収体であって、電波のエネルギーを熱エネルギーに変換する機能を有する電波損失材をフィラーとしてバインダーに混入した電波吸収層 2 (厚み d) を金属板や導電フィルム等の電波反射層 1 上に積層した構造を有している。電波吸収層 2 の形態としては、バインダーとしてゴムや樹脂を、電波損失材としてカーボン粉末やフェライト粉末を用いる技術が例えば下記特許文献 1 及び 2 に記載されている。また、エポキシ系塗料にフェライト粉末等を混ぜた電波吸収塗料技術が非特許文献 1 に報告されている。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2001-77584 号公報

【特許文献 2】特開 2004-296758 号公報

【0005】

【非特許文献 1】電子情報通信学会論文誌 B-H Vol. J73 No.4 pp.214-223 1990 年 4 月

30

【0006】

このような電波吸収体において、電波吸収量を大きくするためには、電波吸収層を厚くするとともに電波損失材の量を多くして電波の熱への変換効率を高めることが通常考えられる。

【0007】

しかし、単純に電波吸収層を厚くし電波損失材の量を多くするだけでは、電波吸収体と空気のインピーダンスの不一致により電波吸収体表面での電波の反射量が増大し、電波吸収性能は良くならない。電波吸収量を最大にするには、電波吸収層の電気定数と呼ばれる誘電率 ϵ_r 及び透磁率 μ_r を考慮しながらその厚みを最適化することが必要である。

【0008】

40

電波吸収体の電波吸収量 S [dB] は、入射面での電波の反射率 Γ を用いて (1) 式及び (2) 式で求められる。

$$S \text{ [dB]} = -20 \log_{10} |\Gamma| \quad (1)$$

$$\Gamma = (Z_{in} - 1) / (Z_{in} + 1) \quad (2)$$

【0009】

ここで、 Z_{in} は入射面から電波吸収体内部を見たときの規格化入力インピーダンスであり、光速 c 、入射電波の周波数 f 、電波吸収層の比誘電率、比透磁率及び厚みをそれぞれ ϵ_r 、 μ_r 、 d とすると、(3) 式で表される。

【0010】

【数 1】

$$Z_{in} = \sqrt{\frac{\mu_r}{\epsilon_r}} \tanh \left(j \frac{2\pi f d}{c} \sqrt{\epsilon_r \mu_r} \right) \quad (3)$$

一般的に電波吸収体の性能としては、所望の運用周波数帯域で電波吸収量として 20 dB 以上が必要とされているため、以下の式 (4) が設計条件となる。

$$|\Gamma| \leq 0.1 \quad (4)$$

【0011】

一般に (4) 式を満足する電気定数及び厚みの組み合わせは複数あるが、前記 ϵ_r 、 μ_r を有する現実の物質が必ずしも存在するとは限らない。したがって、一般には電波吸収体を使用する環境等の運用条件により使用する材料がまず選定され、これにより材料の電気定数が決まり、(4) 式より厚みが決定されることになる。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0012】

電波吸収体の吸収性能は電波吸収層の電気定数及び厚みに依存するため、厚みを設計値どおりに実現することは極めて重要である。しかし、シート型や塗料型の電波吸収体の場合、厚みを計測しながら製作するものの、製造後、バインダーである樹脂や塗料が固化する過程で厚みが変化し、実質的には厚みにばらつきが生じるという問題があった。

【0013】

一方、運用上の要求から同一材料で様々な吸収周波数を有する電波吸収体が必要になる場合も多々ある。この場合、所望の周波数に応じた厚みの電波吸収体を新たに製作することになり、設計コストや製造コスト上無駄が多いという問題があった。

【0014】

本発明は、上記の点に鑑み、厚みの異なる複数の電波吸収部材（電波吸収体を分割したものに相当）を複数組み合わせ配置することにより、実質的に厚みを制御し所望の電波吸収体を簡易に実現することを目的としている。

【課題を解決するための手段】

【0015】

上記目的を達成するために、本発明のある態様の電波吸収体の実効厚み制御法は、同一材料で 一様な厚み d_n 、面積 S_n を有する N 個の電波吸収部材を、下記条件式 (5)、(6)

【数 5】

$$d = \frac{1}{S} \sum_{n=1}^N S_n d_n \quad (5)$$

$$S = \sum_{n=1}^N S_n \quad (6)$$

(但し、前記 N 個の電波吸収部材のうち、少なくとも一つは、厚み d_n が異なるものとする)

に従って面状に配置することにより、面積 S で厚み d の電波吸収体と実質的に等価な電波吸収特性とすることを特徴としている。

【0016】

前記態様において、前記 N 個の電波吸収部材のうち、少なくとも一つは面積 S_n を異ならせてもよい。

【0019】

前記態様において、前記 N 個の電波吸収部材は電波反射層上に一様な厚みの電波吸収層を積層したものであればよい。

【0020】

なお、以上の構成要素の任意の組合せもまた、本発明の態様として有効である。

10

【発明の効果】

【0021】

本発明によれば、厚みの異なる複数の電波吸収部材（電波吸収体を分割したものに相当）を複数組み合わせ配置することにより、実質的に厚みを制御することが可能であり、所望特性の電波吸収体を簡易に実現することができる。例えば、既存の電波吸収部材を組み合わせ配置することにより、新規に電波吸収体を設計・製作することなく所望特性の電波吸収体を実現できる効果がある。この組み合わせる電波吸収部材には、製造過程で発生した厚みがばらついた電波吸収体を用いることも可能であり、従来不良品として廃棄される電波吸収体を再利用できるという利点もある。

【図面の簡単な説明】

20

【0022】

【図1】本発明に係る電波吸収体の実効厚み制御法の第1の実施の形態であって、電気定数が同一で厚み及び面積が異なる電波吸収部材を組み合わせ配置した平面図である。

【図2】第2の実施の形態であって、電気定数が同一で厚みが d_1 の電波吸収部材を2個、前記電波吸収部材と同じ電気定数を有し厚みが d_2 の電波吸収部材を2個、組み合わせ配置した平面図である。

【図3】第3の実施の形態であって、電気定数が同一で厚みが d_1 の電波吸収部材を2個、前記電波吸収部材と同じ電気定数を有し厚みが d_2 の電波吸収部材を2個、前記第2の実施の形態とは異なるように組み合わせ配置した平面図である。

【図4】第4の実施の形態であって、電気定数が同一で厚みが d_1 の電波吸収部材を1個、前記電波吸収部材と同じ電気定数を有し厚みが d_2 の電波吸収部材を3個、組み合わせ配置した平面図である。

30

【図5】本発明に係る実施例1の電波吸収体の電波吸収試験を行った結果を示す反射率の周波数特性図である。

【図6】本発明に係る実施例2の電波吸収体の電波吸収試験を行った結果を示す反射率の周波数特性図である。

【図7】本発明に係る実施例3の電波吸収体の電波吸収試験を行った結果を示す反射率の周波数特性図である。

【図8】一般的な単層電波吸収体の構造を示す断面図である。

【発明を実施するための形態】

40

【0023】

以下、図面を参照しながら本発明の好適な実施の形態及び実施例を詳述する。なお、各図面に示される同一または同等の構成要素、部材、処理等には同一の符号を付し、適宜重複した説明は省略する。また、実施の形態は発明を限定するものではなく例示であり、実施の形態に記述されるすべての特徴やその組み合わせは必ずしも発明の本質的なものではない。

【0024】

本発明者は、同一材料で厚み d_n 、面積 S_n を有する N 個の電波吸収部材（電波吸収体を分割したものに相当し、例えば図8の一般的な単層電波吸収体である）を、下記条件式に従って平面的に組み合わせ配置することにより、厚み d の電波吸収体と等価な電波吸収

50

体を実現できることを見いだした。

【0025】

【数2】

$$d = \frac{1}{S} \sum_{n=1}^N S_n d_n \quad (5)$$

$$S = \sum_{n=1}^N S_n \quad (6)$$

10

この場合、各電波吸収部材の面積は同一でも異なってもよいが、電波器材の放射ビーム径内に上記電波吸収体（面状配置の電波吸収部材群）が収まるように、個々の電波吸収部材の面積を小さくすることが必要である。

【0026】

上記（5）式を満足するように電波吸収部材を組み合わせ配置した電波吸収体に電磁波が入射したときの反射率 Γ_t は個々の電波吸収部材の反射率 $\Gamma(d_n)$ を用いて下記（7）

20

式で表される。

【0027】

【数3】

$$\Gamma_t = \frac{1}{S} \sum_{n=1}^N S_n \Gamma(d_n) \quad (7)$$

30

なお、 Γ は電気定数及び厚みの関数であるが、個々の電波吸収部材は同一材料なのでここでは電気定数の表示を省略し、厚み d_n のみの関数として表示した。（5）式で定義される厚みを d_{eff} として $\Delta d_n = d_n - d_{eff}$ とおくと、 Γ_t は Δd_n が d_n よりも十分小さいとして以下のように近似される。

【0028】

【数 4】

$$\Gamma_t = \frac{1}{S} \sum_{n=1}^N S_n \Gamma(d_n)$$

$$= \frac{1}{S} \sum_{n=1}^N S_n \Gamma(d_{\text{eff}} + \Delta d_n)$$

10

$$\cong \Gamma(d_{\text{eff}}) + \frac{1}{S} \sum_{n=1}^N S_n \Gamma'(d_{\text{eff}}) \Delta d_n \quad (8)$$

ここで、(8) 式中、 Γ' は Γ の d_n に関する微分係数である。実際の電波吸収体に使用される電気定数及び厚みを用いて (8) 式を計算すると、その第 2 項は第 1 項に対して殆ど無視できることが確認できる。従って、 Γ_t は実質的に $\Gamma(d_{\text{eff}})$ に等しく、すなわち前記 N 個の電波吸収部材を配置した電波吸収体は厚み d_{eff} の電波吸収体と同じ吸収性能を有することがわかる。従って前記 N 個の電波吸収部材からなる電波吸収体の実効厚みは d_{eff} であると言える。

20

【0029】

図 1 は本発明の第 1 の実施の形態であって、同一材料（電気定数が同一）ではあるが、厚み及び面積が異なる 4 個の電波吸収部材 3, 4, 5, 6 を平面的に隙間無く配置して電波吸収体を構成したものであり、個々の電波吸収部材 3, 4, 5, 6 は例えば図 8 の単層電波吸収体の構造を有する。この場合、4 個の電波吸収部材 3, 4, 5, 6 からなる電波吸収体の実効厚みは d_{eff} は (5) 式から求められる。

【0030】

30

従って、既存の複数種の厚みの電波吸収部材から 4 個の電波吸収部材 3, 4, 5, 6 を適宜選択することで、実質的に厚みを制御することが可能であり、新規に電波吸収体を設計・製作することなく所望特性の電波吸収体を簡易に実現することができる。この組み合わせる電波吸収部材には、製造過程で発生した厚みがばらついた電波吸収体を用いることも可能であり、従来不良品として廃棄される電波吸収体を再利用できるという利点もある。

【0031】

図 2 は本発明の第 2 の実施の形態であって、同一材料ではあるが、厚みの異なる第 1 の電波吸収部材 7 と第 2 の電波吸収部材 8 を 2 個ずつ平面的に隙間無く配置して電波吸収体を構成したものであり、個々の電波吸収部材 7, 8 は図 8 の一般的な単層電波吸収体の構造を有する。

40

【0032】

電波吸収部材 7 の厚みが d_1 、電波吸収部材 8 は電波吸収部材 7 と同一材料で厚みが d_2 である場合、 $d_3 = (d_1 + d_2) / 2$ の電波吸収体を実現するにあたって、従来は新たに厚み d_3 の電波吸収体を製作する必要があった。しかし、本発明では図 2 に示すように同一面積の電波吸収部材 7 及び電波吸収部材 8 を単に平面的に隙間無く配置接合すればよい。

【0033】

図 3 は本発明の第 3 の実施の形態であって、第 1 の電波吸収部材 7 と第 2 の電波吸収部材 8 の配置を第 2 の実施の形態とは異ならせた場合を示す。この場合にも第 2 の実施の形

50

態と同様の効果が得られる。

【0034】

図4は本発明の第4の実施の形態であって、第1の電波吸収部材7を1個、これと厚みの異なる第2の電波吸収部材8を3個組み合わせて平面的に隙間無く配置接合して電波吸収体を構成したものである。

【0035】

この場合、電波吸収部材7と電波吸収部材8を図4のように配置接合することで、厚み $d_4 = (d_1 + 3d_2) / 4$ の電波吸収体を実現可能である。つまり、電波吸収体の実効厚みを、個々の電波吸収部材の面積で重み付け平均することにより得ることができる。

【0036】

以下に、本発明の手法により作製した実施例に係る電波吸収体の吸収特性の測定結果を示す。

【実施例1】

【0037】

カーボニル鉄を混入したウレタン樹脂を電波吸収層とした一辺長が150mm、厚み0.8mmの矩形状の電波吸収部材（反射層有り）RAM08及び同一材料で厚みが1.2mmの電波吸収部材（反射層有り）RAM12をそれぞれ2個ずつ、RAM08を第1の電波吸収部材7として、RAM12を第2の電波吸収部材8として図2のように配置して電波吸収体を構成した場合の電波吸収特性の実測値を図5に示す。また、比較のために図5にはこの電波吸収体と同じ電気定数を有し厚み1.0mmの電波吸収体（反射層有り）RAM10の吸収特性の実測値を示した。本発明に係る実施例1とRAM10の吸収特性は一致しており、本手法の有効性が確認された。

【実施例2】

【0038】

実施例1にて用いた電波吸収部材RAM08と電波吸収部材RAM12の空間的配置を図3のように変化させて電波吸収体を構成した。この場合の電波吸収特性の実測値を図6に示す。また、比較のために図6にはこの電波吸収体と同じ電気定数を有し厚み1.0mmの電波吸収体RAM10の吸収特性の測定値を示した。計測結果は実施例1とほぼ同様であり、本発明の電波吸収体の吸収特性は個々の電波吸収部材の配置順序には関係なく、（5）式で示すような個々の電波吸収部材の厚みと面積比だけで決まることが確認された。

【実施例3】

【0039】

実施例1で用いた電波吸収部材RAM08を1個、電波吸収部材RAM12を3個組み合わせて図4のように配置した場合の電波吸収特性の実測値、及び比較のための厚み1.1mmの電波吸収体RAM11の電波吸収特性の測定値を図7に示す。この場合も本発明に係る実施例3とRAM11の吸収特性は一致しており、本手法の有効性が確認された。

【0040】

以上、実施の形態及び実施例を例に本発明を説明したが、実施の形態の各構成要素や各処理プロセスには請求項に記載の範囲で種々の変形が可能であることは当業者に理解されるところである。

【0041】

本発明の各実施の形態及び各実施例においては、矩形状の電波吸収部材を組み合わせたが、面積及び形状は任意でよい。各実施例において、個々の電波吸収部材の長さは対象とする電波の波長よりも長い場合を例示したが、電波の波長よりも短い場合にも有効であると考えられる。

【0042】

また、複数の電波吸収部材を平面配置する場合を例示したが、緩やかな湾曲面を成すように配置する場合にも本発明は適用可能である。なお、電波吸収部材を配置する場合、一般に電波吸収部材間に隙間があると吸収性能は劣化するが、実用上3dB以下の性能劣化

10

20

30

40

50

を生じる程度の間隙は許容される。

【0043】

各電波吸収部材は図8の単層電波吸収体の構造を有する場合で説明したが、単層電波吸収体の構造に限定されない。また、電波吸収層はゴム、樹脂等のバインダーに、フェライト、カーボニル鉄等の磁性損失材料を混入したもののほか、前記バインダーにカーボンブラック、カーボンナノチューブ、カーボンマイクロコイル等の誘電損失材料を混入したものであってもよい。

【産業上の利用可能性】

【0044】

既存の電波吸収体を活用することで、新規に電波吸収体を製造することなく所望特性の電波吸収体の実現が可能であり、設計コストや製造コストを下げることができる。

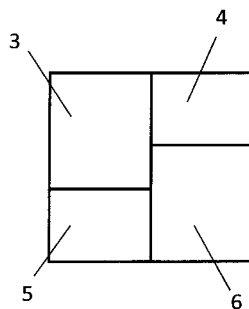
10

【符号の説明】

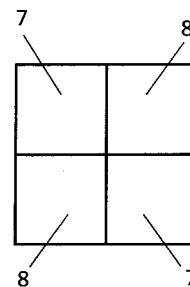
【0045】

- 1 電波反射層
- 2 電波吸収層
- 3～6 電気定数が同一の電波吸収部材
- 7 第1の電波吸収部材
- 8 第2の電波吸収部材

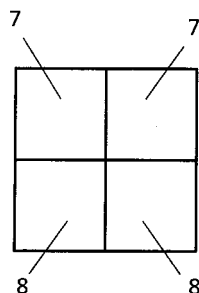
【図1】



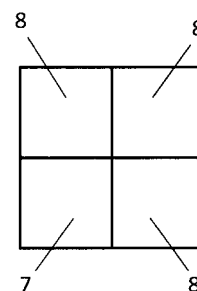
【図3】



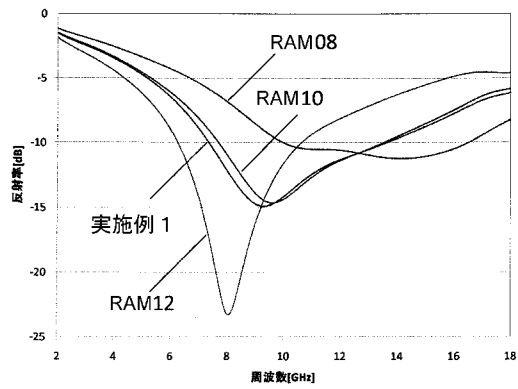
【図2】



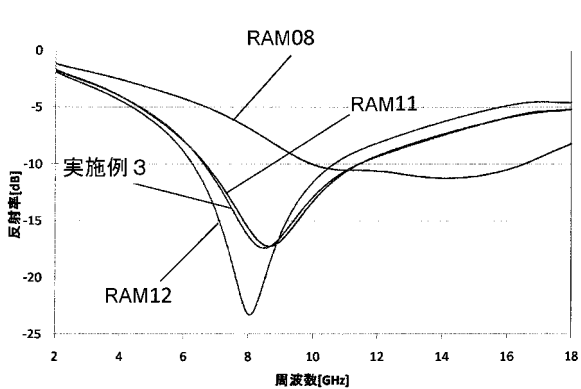
【図4】



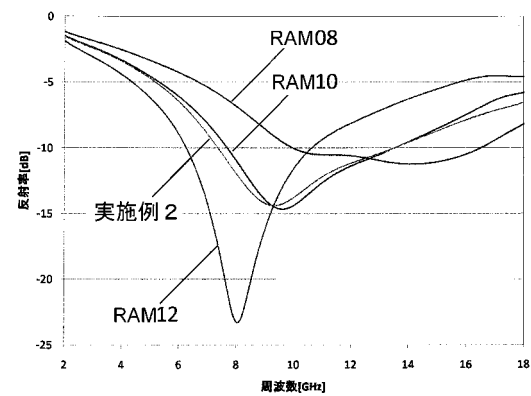
【図 5】



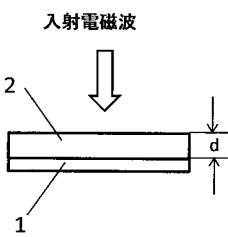
【図 7】



【図 6】



【図 8】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2002-009483 (JP, A)
特開2000-165081 (JP, A)
実開平04-085793 (JP, U)
特開昭59-027597 (JP, A)
特開平05-007093 (JP, A)
特開2006-049355 (JP, A)
特公昭56-035320 (JP, B2)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H05K 9/00