

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2005 年 11 月 3 日 (03.11.2005)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2005/104644 A1

(51) 国際特許分類: H05K 9/00, C01B 31/36, H01Q 17/00

(21) 国際出願番号: PCT/JP2005/007715

(22) 国際出願日: 2005 年 4 月 22 日 (22.04.2005)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願2004-126243 2004 年 4 月 22 日 (22.04.2004) JP
特願2004-135216 2004 年 4 月 30 日 (30.04.2004) JP
特願2004-161696 2004 年 5 月 31 日 (31.05.2004) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 電気化学工業株式会社 (DENKI KAGAKU KOGYO KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒1008455 東京都千代田区有楽町一丁目 4 番 1 号 Tokyo (JP).

(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 川崎 卓 (KAWASAKI, Takashi) [JP/JP]; 〒1948560 東京都町田市旭町 3 丁目 5 番 1 号 電気化学工業株式会社 中央研究所内 Tokyo (JP). 岡田 拓也 (OKADA, Takuya) [JP/JP]; 〒1948560 東京都町田市旭町 3 丁目 5 番 1 号 電気化学工業株式会社 中央研究所内 Tokyo (JP). 斉藤 光明 (SAITOH, Mitsuaki) [JP/JP]; 〒1948560 東京都町田市旭町 3 丁目 5 番 1 号 電気化学工業株式会社 中央研究所内 Tokyo (JP). 檜山 茂雄 (HIYAMA, Shigeo) [JP/JP]; 〒1948560 東京都町田市旭町 3 丁目 5 番 1 号 電気化学工業株式会社 中央研究所内 Tokyo (JP). 山下 正己 (YAMASHITA, Masami) [JP/JP]; 〒2478510 神奈川県鎌倉市台二丁目 1 3 番 1 号 電気化学工業株

式会社 加工技術研究所大船研究所内 Kanagawa (JP). 杉野 純治 (SUGINO, Junji) [JP/JP]; 〒2478510 神奈川県鎌倉市台二丁目 1 3 番 1 号 電気化学工業株式会社 加工技術研究所大船研究所内 Kanagawa (JP).

(74) 代理人: 泉名 謙治, 外 (SENMYO, Kenji et al.); 〒1010042 東京都千代田区神田東松下町 3 8 番地 鳥本鋼業ビル Tokyo (JP).

(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーロパ (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:
— 国際調査報告書

2 文字コード及び他の略語については、定期発行される各 PCT ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(54) Title: ELECTROMAGNETIC WAVE ABSORBER

(54) 発明の名称: 電磁波吸収体

(57) Abstract: An electromagnetic wave absorber which comprises a boron carbide containing 80 to 96 mass % of boron (B), or a boron carbide powder having an electric conductivity of 5×10^{-6} S/cm or more and a carbon powder having a DBP absorption of 50 to 300 ($\text{cm}^3/100 \text{ g}$) and an electric conductivity of 5 (S/cm) or more, or a boron carbide powder having an electric conductivity of 5×10^{-6} S/cm or more and a soft magnetic material powder having a coercive force of 0.1 to 1000 A/m. The above electromagnetic wave absorber is a novel electromagnetic wave absorber which can solve problems associated with a conventional electromagnetic wave absorber and exhibits excellent electromagnetic wave absorption characteristics.

(57) 要約: 従来の電磁波吸収体有する諸問題を解決し、優れた電磁波吸収特性を有する新規な電磁波吸収体を提供する。ホウ素 (B) 含有量が 80 質量%以上 96 質量%以下である炭化ホウ素、又は電気伝導度が 5×10^{-6} S/cm 以上の炭化ホウ素粉末と DBP 吸収量が 50 ~ 300 ($\text{cm}^3/100 \text{ g}$) 及び電気伝導度が 5 (S/cm) 以上のカーボン粉末、若しくは電気伝導度が 5×10^{-6} S/cm 以上である炭化ホウ素粉末と保磁力が 0.1 ~ 1000 A/m の軟磁性材料粉末を含んでなる電磁波吸収体。



WO 2005/104644 A1

明 細 書

電磁波吸収体

技術分野

- [0001] 本発明は、電磁波吸収体に関する。さらに詳細には、効率よく電磁波を吸収し得る、特定の炭化ホウ素粉末を用いてなる電磁波吸収体に関する。

背景技術

- [0002] 近年、半導体或いはエレクトロニクスの分野において、コンピューターや民生用電子機器、さらには通信機器等のいわゆる情報家電に使用される電磁波の高周波化が顕著に進展し、1秒間に10億回以上振動するギガヘルツ(GHz)帯域の電磁波も頻繁に使用されるようになってきた。また、道路交通の利便性や安全性を増進するための高度道路交通システム(ITS)の分野では、専用狭域通信(DSRC)と呼ばれる通信方式を用いた、路側機(路側に設置された無線装置)と車載器(車両に搭載された無線装置)との間で無線通信を行う安全運転支援システムが開発されており、現在では、高速道路における自動料金収受システム(ETC)が実用化されている。
- [0003] 今後さらにガソリンスタンド、カーフェリー或いはサービスエリアにおける電子決済や、運行管理、物流管理、各種の情報提供等に応用が期待されている。これらの用途で用いられる電磁波は、高周波であるために、高出力、高密度の信号搬送を可能にする反面、ノイズとして他の機器に取り込まれると、情報漏洩、誤動作その他各種の電波障害を引き起こす懸念がある。
- [0004] この対策として、電子機器や通信機器が外部から侵入する電磁波に干渉されないように、或いはこれらの機器が発生する電磁波を過剰に外部に漏洩させないように、電磁波シールド材や、電磁波吸収体を用いられる。とりわけ電磁波吸収体は、入射してきた電磁波を熱エネルギーに変換して、透過或いは反射する電磁波の強度を大幅に減衰するものである。
- [0005] 電磁波吸収体は、従来、主にフェライトやカーボンを使用し、それらの粉末を樹脂、ゴム或いは塗料等のマトリックス材料中に分散、複合化して作製されており、該電磁波吸収体を電磁波を吸収したい部位に貼付または塗布する形で用いられることが多

い。

発明の開示

発明が解決しようとする課題

- [0006] しかしながら、フェライトは比重が大きいので、マトリックス中に分散する際に、マトリックスとの比重差によって沈降が生じやすく、均一な複合材料の成形性に難がある上に、作製された複合材料は重いため、該複合材料が移動を伴うノート型パーソナルコンピュータ、民生用電子機器、通信機器や、自動車に多量に使用された場合には、本体が重くなり、機動性に問題が生じる。
- [0007] 一方、カーボンについては、比重が比較的小さいためフェライトに見られるような前記の問題は生じないが、粉末が嵩高いために、マトリックスへの充填量を増大させることが困難となり、得られる複合材料の電磁波吸収特性が不十分になってしまう欠点がある。これを避けるために、カーボンとしては、充填性が比較的良好な結晶質のグラファイトが使用されることがあるものの、グラファイト粒子は異方性が大きい上にマトリックス内で配向しやすいので、やはり複合材料の電磁波吸収性能が損なわれてしまう。
- [0008] 更に、フェライトやカーボンを含む電磁波吸収体は、MHz帯域や1～数GHz帯域の電磁波を吸収するには適するが、特に、ETCや車載レーダーで適用が検討されている5.8～76GHz等の高周波帯域、更に高周波帯域の電磁波については、充分吸収できないという問題を有している。
- [0009] また、前記以外の材料として炭化珪素(SiC)や炭化ホウ素(B_4C)が電磁波吸収特性を有することが知られており、この性質を利用したSiCや B_4C のマイクロ波発熱体も提案されている(特開平8-106980公報参照)。
- [0010] SiCや B_4C は、フェライトと比較すると比重が小さく、粉末もカーボンほど嵩高くないために、充填性も良好であり、しかも異方性が小さいので、フェライトやカーボンに見られる前記の問題は有しない。しかし、DSRCのように周波数が種々異なる電磁波を利用する場合についてみると、車載器等の移動体通信機用電磁波吸収体は種々の周波数の不要電磁波を網羅的に吸収する特性を満足する必要がある。また、高度道路交通システム(ITS)のように、電磁波の発信又は受信が自動車等の移動体でなさ

れる場合においては、電磁波吸収体に入射する不要電磁波の入射角度が一定ではないために、種々の入射角度の電磁波を網羅的に吸収する性能、すなわち良好な斜入射特性が要求される。さらに、ITS等においては特定の周波数の電磁波が用いられることが多いので、この特定周波数の電磁波を、入射角度に関わらず良好に吸収する性能も要求される。このような電磁波吸収体はSiCやB₄Cを用いても未だに作製できていないのが現状である。

[0011] 本発明の目的は、従来の電磁波吸収体が有する前記の諸問題を解決し、優れた電磁波吸収特性を有する新規な電磁波吸収体を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0012] 本発明者は、前記従来技術の現状に鑑みて、種々の炭化ホウ素粉末とそれを用いた電磁波吸収体について検討し、特定の炭化ホウ素粉末が電磁波吸収性能に優れ、これを用いて電磁波吸収体を得るときに、前記本発明の目的を達成することができるという知見を得て、本発明に至ったものである。

[0013] 本発明は、下記の要旨を有するものある。

(1)炭化ホウ素粉末のホウ素(B)含有量が80質量%以上96質量%以下であり、該炭化ホウ素粉末が5～70体積%充填されてなることを特徴とする電磁波吸収体。

(2)ホウ素(B)含有量が80質量%以上96質量%以下である炭化ホウ素粉末を5～70体積%含み、残部がマトリックス材料である前記(1)に記載の電磁波吸収体。

(3)マトリックス材料が熱可塑性樹脂である前記(2)に記載の電磁波吸収体。

(4)自由空間法で測定した周波数5～110GHzにおける複素比誘電率の実数部が8以上、虚数部が1以上及び誘電正接が0.1以上0.5以下である前記(1)～(3)のいずれか1項に記載の電磁波吸収体。

(5)電気伝導度が 5×10^{-6} (S/cm)以上である炭化ホウ素粉末と、DBP(フタル酸ジブチル)吸収量が50～300 (cm³/100g)でありかつ電気伝導度が5 (S/cm)以上のカーボン粉末とを含んでなることを特徴とする電磁波吸収体。

(6)相対密度が10～70%である前記(5)に記載の電磁波吸収体。

(7)炭化ホウ素粉末とカーボン粉末とを合計量で10～70体積%含み、残部がマトリックス材料からなる電磁波吸収体であって、該電磁波吸収体中に、前記炭化ホウ素

粉末を5～60体積%、前記カーボン粉末を1～20体積%含んでなる前記(5)又は(6)に記載の電磁波吸収体。

(8)マトリックス材料が熱可塑性樹脂である前記(7)に記載の電磁波吸収体。

(9)周波数1～110GHzの電磁波を入射角度 0° ～ 55° の範囲で入射した場合において、自由空間法で測定した反射減衰率の最大値が15デシベル以上であり、しかも反射減衰率が最大となる周波数(整合周波数)の入射角度に対する変動が平均値に対して $\pm 5\%$ 以内である前記(5)～(8)のいずれか1項に記載の電磁波吸収体。

(10)周波数1～110GHzの直線偏波からなる電磁波を、電界の方向が電磁波吸収体に含まれる炭化ホウ素粉末粒子の列理方向に一致するように入射した場合と、直交するように入射した場合において、自由空間法で測定した反射減衰率の最大値(デシベル値)の差が平均値に対して $\pm 10\%$ 以下であり、かつ反射減衰率が最大となる周波数(整合周波数)の差が平均値に対して $\pm 5\%$ 以下である前記(5)～(8)のいずれか1項に記載の電磁波吸収体。

(11)電気伝導度が $5 \times 10^{-6} \text{ S/cm}$ 以上である炭化ホウ素粉末と、保磁力が0.1～1000A/mの軟磁性材料粉末とからなる混合粉末を10～70体積%含有し、残部がマトリックス材料からなる電磁波吸収体であって、該電磁波吸収体中に、炭化ホウ素粉末を5～60体積%、軟磁性材料粉末を2～40体積%含んでなることを特徴とする電磁波吸収体。

(12)マトリックス材料が熱可塑性樹脂である請求項11に記載の電磁波吸収体。

(13)ホウ素(B)含有量が80質量%以上96質量%以下であることを特徴とする電磁波吸収体用の炭化ホウ素粉末。

(14)前記(1)～(12)のいずれか1項に記載の電磁波吸収体を含んでなる専用狭域通信(DSRC)用の電磁波吸収体。

(15)前記(1)～(12)のいずれか1項に記載の電磁波吸収体を含んでなる自動料金收受システム(ETC)用の電磁波吸収体。

(16)前記(1)～(12)のいずれか1項に記載の電磁波吸収体を含んでなる車載レーダー装置用の電磁波吸収体。

(17)前記(1)～(12)のいずれか1項に記載の電磁波吸収体を含んでなる情報家電用の電磁波吸収体。

(18)前記(1)～(12)のいずれか1項に記載の電磁波吸収体からなる広帯域移動アクセスシステム用の電磁波吸収体。

発明の効果

- [0014] 本発明による電磁波吸収体は、5～110GHzにおける電磁波吸収特性に優れ、該周波数帯域における複素比誘電率の実数部が8以上、虚数部が1以上及び誘電正接が0.1以上0.5以下という電磁波吸収特性を達成し得る。
- [0015] 上記の特性を有する炭化ホウ素粉末をマトリックス材料中に配合してなる電磁波吸収体は、該マトリックス材料を適宜選定することでいろいろな用途に応じた、前記特性を有する電磁波吸収体を容易に提供できる。特に、前記マトリックス材料として、熱可塑性樹脂を選定するとき、熱可塑性樹脂に適用できる従来公知の射出成形、押出成形、ロール成形、プレス成形法、テープ成形法等のいろいろな成形、加工方法をそのままに適用することができ、いろいろな用途に適用可能な形状を容易に付す事ができる。
- [0016] 本発明による電磁波吸収体は、特に1～100GHzの周波数帯域の電磁波吸収特性に優れ、また、前記電磁波吸収体を空間的に特定な充填率となるように特定しているので、表面に対して垂直に入射した電磁波だけでなく、斜めに入射した電磁波も安定して吸収することが可能であり、しかも電磁波の種類が直線偏波、円偏波の別を問わず吸収できるし、炭化ホウ素粉末粒子の長軸方向が特定方向に配列する列理現象が生じててもカーボン粉末の効果によって、その影響が電磁波吸収特性に及ばないので、安定した性能が得られる。
- [0017] 本発明の好ましい実施態様に於いては、周波数1～110GHzの電磁波を入射角度 0° ～ 55° の範囲で入射した場合において、自由空間法で測定した反射減衰率の最大値が15デシベル以上であり、しかも反射減衰率が最大となる周波数(整合周波数)の入射角度に対する変動が平均値に対して $\pm 5\%$ 以内であるという特性を有する。
- [0018] また、本発明の別の好ましい実施態様に於いては、周波数1～110GHzの直線偏

波からなる電磁波を、電界の方向が電磁波吸収体に含まれる炭化ホウ素粉末粒子の列理方向に一致するように入射した場合と、直交するように入射した場合において、自由空間法で測定した反射減衰率の最大値(デシベル値)の差が平均値に対して $\pm 10\%$ 以下であり、かつ反射減衰率が最大となる周波数(整合周波数)の差が平均値に対して $\pm 5\%$ 以下であるという特性を有する。

[0019] また、前記特性の電磁波吸収体を、マトリックス材料と複合化してなる電磁波吸収体は、安定して前記電磁波特性を達成出来るし、用途に応じた形態として提供できる。特に、マトリックス材料として、熱可塑性樹脂を選択するとき、前記同様に熱可塑性樹脂の成形、加工方法をそのまま適用することができるので、品質の安定した電磁波吸収体を大量に、従って安価に産業規模で提供出来る特徴がある。

[0020] 本発明による電磁波吸収体は、特に1～110GHzの周波数であって、帯域に幅を持つ電磁波の吸収特性に優れる特徴がある。ここで、帯域の幅に関しては、従来の電磁波吸収体においては、反射減衰率が最大値の80%以上になる周波数帯域幅の、整合周波数値(GHz)に対する割合は、高々2%以下であったのに対し、本発明の電磁波吸収体においては3%以上、好ましい実施態様に於いては5%以上の割合を示す特徴がある。

[0021] また、前記特性の炭化ホウ素粉末と軟磁性材料粉末とを、マトリックス材料に特定量配合し、複合化しているので、安定して前記電磁波特性を発揮出来るし、マトリックス材料の形態に応じていろいろな形態として提供することができ、いろいろな用途に容易に適用し得る特徴がある。特に、マトリックス材料として、熱可塑性樹脂を選択するときには、前記同様に熱可塑性樹脂の成形、加工方法をそのまま適用することができるので、安定した品質の電磁波吸収体を大量に、従って安価に産業規模で提供出来る。

[0022] 本発明による電磁波吸収体用の炭化ホウ素粉末は、ホウ素(B)含有量が80質量%以上96質量%以下という特定範囲の組成を有するもので、5～110GHzにおける電磁波吸収特性に優れる。

[0023] 本発明による電磁波吸収体は、前記した優れた特性を有する電磁波吸収体であり、専用狭域通信(DSRC)用、自動料金収受システム(ETC)用、車載レーダー装置

用、情報家電用及び広帯域移動アクセスシステム用の電磁波吸収体として好適に供することができる。

- [0024] 特に、特定の炭化ホウ素粉末が含まれる本発明の電磁波吸収体は、従来の磁性材料粉末を単独で使用した場合に比べて、軽量であるため、ノート型パーソナルコンピュータや広帯域移動アクセスシステムに使用される通信機器を初めとする移動用電子機器に用いられる電磁波吸収体として好適である。

発明を実施するための最良の形態

- [0025] 本発明の電磁波吸収体の1つは、後述する本発明の電磁波吸収体用の炭化ホウ素粉末であって、ホウ素(B)含有量が80質量%以上96質量%以下の炭化ホウ素粉末を、プラスチックや無機質の容器中に単に充填して用いたり、複数の樹脂性シートの間隙に充填して作製したり、或いは、後述する他の材料と複合化して作製することができる。上記炭化ホウ素粉末の空間での充填率が5～70体積%とすることが5～110GHzの周波数帯域での電磁波特性が優れることから、好ましく選択される。含有量が5体積%よりも少ないと、十分な電磁波吸収性能が得られないことがあるし、70体積%を超えると成形、或いは保形が困難になる。前記炭化ホウ素粉末の空間に於ける充填率について、さらに好ましくは20～60体積%である。

- [0026] また、前記炭化ホウ素粉末を、例えば樹脂、ゴム或いは塗料等のマトリックス材料中に、5～70体積%配合した複合材料が挙げられる。該複合材料に於いて、前記炭化ホウ素粉末の配合割合は、前記と同じ理由で、20～60体積%が好ましい。

- [0027] マトリックスとして使用可能な材料は、アクリル樹脂、ポリエチレン、ポリプロピレン、ビスフェノール型エポキシ樹脂、フェノールノボラック型エポキシ樹脂、脂環型エポキシ樹脂、複素環型エポキシ樹脂、グリシジルエステル型エポキシ樹脂、グリシジルアミン型エポキシ樹脂、ハロゲン化エポキシ樹脂などのエポキシ樹脂、ポリベンズイミダゾール、ポリベンズオキサゾール、ポリベンズチアゾール、ポリオキサジアゾール、ポリピラゾール、ポリキノキサリン、ポリキナゾリンジオン、ポリベンズオキサジノン、ポリインドロン、ポリキナズロン、ポリインドキシル、シリコン樹脂、シリコンーエポキシ樹脂、フェノール樹脂、メラミン樹脂、ユリア樹脂、不飽和ポリエステル、ポリアミノビスマレイミド、ジアリルフタレート樹脂、フッ素樹脂、TPX樹脂(メチルペンテンポリマー「三井石油

化学社製商品名))、ポリイミド、ポリアミドイミド、ポリエーテルイミド、66-ナイロンおよびMXD-ナイロン、アモルファスナイロン等のポリアミド、ポリブチレンテレフタレートおよびポリエチレンテレフタレート等のポリエステル、ポリフェニレンスルフィド、変性ポリフェニレンエーテル、ポリアリレート、全芳香族ポリエステル、ポリスルホン、液晶ポリマー、ポリエーテルエーテルケトン、ポリエーテルスルホン、ポリカーボネート、マレイミド変性樹脂、ABS樹脂、AAS(アクリロニトリル・アクリルゴム・スチレン)樹脂、AES(アクリロニトリル-エチレン・プロピレン・ジエンゴム-スチレン)樹脂等の樹脂類、ブチルゴム、アクリルゴム、エチレンプロピレンゴム、シリコーンゴム、ポリエステルエラストマー、ポリブタジエン、クロロプレン、天然ゴム、ポリイソプレン等のエラストマー類、又はこれらに必要な応じ、硬化剤、硬化促進剤、触媒、加硫剤、滑剤・離型剤、安定剤、光安定剤、着色剤、難燃剤、カップリング剤等を添加したものである。これら以外にソーダガラス、Eガラス、ホウケイ酸ガラス、石英ガラス等のガラス類や、蛙目粘土、木節粘土等の粘土類、セメント、アルミナセメント、モルタル、石膏等の無機材料も使用可能である。

[0028] これらのマトリックス材料の中でも、取扱いが簡便であること、及びドクターブレード等の成膜方法、ロール成形、押出成形、射出成形、プレス成形など従来公知の成形方法や加工方法を、また、必要に応じて複数の方法を組み合わせて、適用できること等を考慮して、使用するに好ましい材料が選択される。加工性が良好なことから、アクリル樹脂等の熱可塑性樹脂が好適に用いられる。

[0029] 前記マトリックス材料に対して、本発明の電磁波吸収体用の炭化ホウ素粉末を所定量配合し、混合し、用途に応じて、膜や板等の成形品、或いは液状のままで塗料、充填材等の多用な形態の複合材料として使用される。

[0030] 前記液状の複合材料を作製する場合、混合は少量の場合には手混合も可能であるが、プラネタリーミキサー、ハイブリッドミキサー、ヘンシェルミキサー、バンバリーミキサー、ニーダー、ボールミル、ミキシングロール等の一般的な混合機を用いることができる。

[0031] 本発明の前記電磁波吸収体は、その好ましい実施態様に於いて、自由空間法で測定した周波数5～110GHzにおける複素比誘電率の実数部が8以上、虚数部が1

以上及び誘電正接が0.1以上0.5以下の電磁波吸収特性を有している。

[0032] 本発明のように、絶縁性の空間またはマトリックス材料に、炭化ホウ素のような電気伝導性を有する粉末が分散した形態をとる材料は、誘電性電磁波吸収体と呼ばれ、材料全体の誘電的性質が電磁波吸収特性に関与する。

[0033] 誘電的性質は、具体的には複素比誘電率($\epsilon_r = \epsilon_r' - j\epsilon_r''$ [jは虚数単位])の実部(ϵ_r')、虚部(ϵ_r'')及び実部と虚部の比からなる誘電正接($\tan \delta = \epsilon_r'' / \epsilon_r'$)である。

[0034] ϵ_r' は、電磁波吸収体の波長圧縮効果に対応する。 ϵ_r' が大きいほど、通過する電磁波の波長圧縮効果が大きくなる。波長圧縮効果が大きければ、電磁波吸収効果が最大(すなわち反射減衰率が最大)になる周波数(整合周波数)における電磁波吸収体の厚さを小さくすることができる。

[0035] ϵ_r'' は、誘電損失に対応する。 ϵ_r'' が大きいほど、誘電分極にともなう損失が大きくなる。損失は電磁波の吸収に対応するため、 ϵ_r'' が大きいほど電磁波を良く吸収することができる。

[0036] 上記より、 ϵ_r' 及び ϵ_r'' が大きければ大きいほど、良好な電磁波吸収体を得られるかに見えるが、実際に電磁波が吸収されるためには、電磁波が吸収体の内部に入らなければならない。電磁波が吸収体内部に入るためには、複素比誘電率(ϵ_r)、電磁波の波長(λ)及び電磁波吸収体の厚さ(d)が、無反射条件と呼ばれる一定の条件に近づかなければならない。従って、 ϵ_r の要素である ϵ_r' 及び ϵ_r'' も、一定の関係を満たさねばならない。

[0037] 無反射条件は、例えば垂直入射の場合は下式で表される。

$$1 = (\epsilon_r)^{-1/2} \times \tanh(j \times (2\pi d / \lambda) \times (\epsilon_r)^{1/2})$$

[0038] ϵ_r' 及び ϵ_r'' が無反射条件に近づくために満たす一定の関係は、誘電正接($\tan \delta = \epsilon_r'' / \epsilon_r'$)で表すことができる。本発明の炭化ホウ素粉末を含んでなる電磁波吸収体は、 ϵ_r' は波長圧縮効果が得られる値(8以上)であり、かつ ϵ_r'' は十分な誘電損失(=電磁波吸収)が生じる値(1以上)であり、しかも $\tan \delta = \epsilon_r'' / \epsilon_r'$ 無反射条件に近い値(0.1以上0.5以下)であることに特徴がある。

[0039] 本発明の電磁波吸収体は、5～110GHzの広い周波数領域において、これら三つ

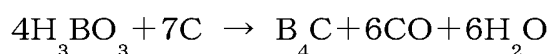
の要件を同時に満たすものであり、従来見出されていなかったものである。

- [0040] なお、材料の有している誘電的性質を利用する電磁波吸収体に於いては、電磁波吸収体の形状や炭化ホウ素粉末の充填量を変えることにより、電磁波吸収量(すなわち電磁波の反射減衰量)が最大値を示す周波数(整合周波数)を変化させることができる。
- [0041] 即ち、電磁波吸収体を設ける位置に置いて、例えば当該電磁波吸収体の炭化ホウ素粉末配合量を異なるものや、厚み(特に電波の進む方向に関する奥行き)の異なる電磁波吸収体を重ねて使用するといった工夫をすることで、周波数5～110GHzの帯域において、複数の整合周波数を有し、多種類の不要電磁波の吸収、除去に適した電磁波吸収体或いは電磁波吸収体の複合体を作製することが可能になる。
- [0042] 本発明者は、前記した特定の炭化ホウ素粉末を用いた電磁波吸収体について更に検討する中で、特定の炭化ホウ素粉末と特定のカーボン粉末とを適宜組み合わせることにより、周波数1～110GHzのような高周波帯域で優れる電磁波吸収体が見出されることを見出すに至った。
- [0043] 即ち、本発明における別の電磁波吸収体は、電気伝導度が 5×10^{-6} (S/cm)以上の炭化ホウ素粉末と、DBP吸収量が $50 \sim 300$ (cm³/100g)であり、電気伝導度が5 (S/cm)以上のカーボン粉末とを含んでなる電磁波吸収体である。本発明品が優れた電磁波吸収特性を発揮できることの原因については、明らかではないが、本発明者は以下のように推定している。
- [0044] 電磁波吸収特性には、材料の有する電気伝導性、誘電的性質或いは磁氣的性質が関与するとされているが、電気伝導度が 5×10^{-6} (S/cm)以上の炭化ホウ素粉末とDBP吸収量が $50 \sim 300$ (cm³/100g)であり、電気伝導度が5 (S/cm)以上のカーボン粉末とが複合された場合、前記の特定範囲の電気伝導度と、これらの材料同士が混合された際に生じる誘電的性質とが相俟って、電磁波吸収に好適な性質が発現すると考えられる。
- [0045] また、炭化ホウ素粉末を単独で用いて、これを成形した際には、炭化ホウ素粉末粒子の長軸方向が成形物の特定方向に揃う、いわゆる列理現象が生じてしまい、これが成形体の電磁波吸収特性に及ぼすという現象があるが、炭化ホウ素粉末にカーボ

ン粉末を混合することによって、炭化ホウ素粉末粒子同士の間特定のカーボン粒子が介在することにより、前記現象の発生するのを防止でき、その結果、斜入射特性の変動等も少なく安定な電磁波吸収特性が得られる。

[0046] 本発明の前記電磁波吸収体に用いる炭化ホウ素粉末は、電気伝導度が 5×10^{-6} (S/cm)以上である。電気伝導度が 5×10^{-6} (S/cm)未満の炭化ホウ素粉末粉末を用いた場合には、電磁波吸収特性が不十分で、斜入射特性が変動しやすくなるので、本発明の目的を達成出来ないからである。

[0047] また、前記電磁波吸収体に用いる炭化ホウ素粉末は、炭化ホウ素塊を合成した後これを粉砕、篩い分けすることによって製造することができる。炭化ホウ素塊を合成する具体的な方法としては、例えば、ホウ酸等のホウ素分と石油コークス等の炭素分とを混合した原料を、アーク炉、抵抗加熱炉、高周波加熱炉等を用いて2200℃程度の高温まで加熱して、下記の反応を生じさせる方法が代表的である。



[0048] 更に、前記以外の方法として、三塩化ホウ素(BCl_3)を炭素の存在下、水素(H_2)で還元する方法や、 BCl_3 とメタン(CH_4)等の炭化水素を H_2 存在下で反応させるなどの方法が公知であるが、いずれの製法によるものであっても構わない。

[0049] また、炭化ホウ素粉末に関して、ホウ素の炭素に対するモル比については、4、6、5、8、10又は25が公知である、本発明に於いては、前記特定の電気伝導性を有する限り、いずれモル比のものであっても構わない。

[0050] 加えて、炭化ホウ素粉末を構成する粒子の粒度については、0.1 μm 以上250 μm 以下、好ましくは0.1 μm 以上45 μm 以下である。

[0051] なお、炭化ホウ素粉末の電気伝導度については、以下の方法で測定したものである。即ち、直径16mm、厚さ3mmのステンレス製円板を、内径16mm、外径24mmの樹脂(ポリアセタール)製円筒にはめ込み、その上に炭化ホウ素粉末1.0～1.5gと、もう1枚の直径16mm、厚さ3mmのステンレス製円板を載せる。上下のステンレス円板の外側に銅箔を敷いた後、油圧プレスを用いて14.7MPaの圧力を加えて炭化ホウ素粉末を圧縮する。加圧したままデジタルマルチメーターで上下の銅箔間の抵抗値を計測し、加圧開始1分後の抵抗値と、加圧時の炭化ホウ素粉末の充填高さ及

び樹脂円筒内径寸法から、炭化ホウ素粉末の比抵抗($\Omega \cdot \text{cm}$)を算出し、逆数を電気伝導度(S/cm)とする。

[0052] 次に、本発明の前記電磁波吸収体に用いるカーボン粉末は、電気伝導度が5(S/cm)以上である。本発明者の検討結果に拠れば、電気伝導度が5(S/cm)未満のカーボン粉末を用いた場合には、電磁波吸収特性が不十分で、斜入射特性が変動しやすくなり、本発明の目的を達成出来ないからである。

[0053] なお、前記のカーボン粉末は、市販のカーボンブラック等の中で本発明所定の電気伝導度とDBP吸収量を満足するものを用いてもよいし、文献に開示された方法で製造して用いてもよい(特開2000-281933号公報参照)。

[0054] 前記カーボン粉末の電気伝導度については、JIS K 1469:2003の、電気抵抗率測定方法に基づく。即ち、絶縁性の円筒容器に所定量のカーボン粉末を充填し、ばね式フォースゲージにて所定の荷重を充填層に加えた際の、充填層の断面積、充填高さ及び抵抗値から、電気抵抗率($\Omega \cdot \text{cm}$)を算出し、逆数を電気伝導度(S/cm)とする。

[0055] 一方、本発明の前記電磁波吸収体に用いるカーボン粉末は、DBP(フタル酸ジブチル)吸収量が50~300($\text{cm}^3/100\text{g}$)である。DBP吸収量が50未満又は300を超える場合は、何れも電磁波吸収特性が不十分で、斜入射特性が変動しやすくなり、本発明の目的を達成出来なくなる。

[0056] ここで、カーボン粉末のDBP吸収量とは、所定条件において一定量(100g)のカーボン粉末が、有機溶媒であるフタル酸ジブチル(DBP)を吸収する量を体積(cm^3)で表した数値であり、カーボン粉末のストラクチャーに対応した特性値である。

[0057] ストラクチャーとは、カーボンの基本粒子同士が融着し、連鎖状ないしは不規則な鎖状に枝分かれした一次凝集形態のことを示す。ストラクチャー発達程度の大小が、カーボンを他材料に配合した際の、導電性、補強性、成形性、粘度或いは分散性等に大きな影響を与える。DBP吸収量はストラクチャー発達程度と正の相関を有し、DBP吸収量が多い程、ストラクチャーの発達程度が高い。DBP吸収量は、JIS K 6217-4:2001の方法によって測定される。

[0058] 本発明の前記電磁波吸収体は、上記炭化ホウ素粉末に上記カーボン粉末を混合

することで得られる混合粉末のままに実用に供することもできるが、実使用への便宜を考慮して、圧粉体もしくは仮焼体等の単独の成形物、又は樹脂、ゴム或いは塗料等のマトリックス材料中に分散、複合化した複合材料として用いることができる。

- [0059] この場合、上記混合粉末、圧粉体もしくは仮焼体等の単独の成形物においては相対密度が10～70%、樹脂、ゴム或いは塗料等のマトリックス材料中に分散、複合化した複合材料においては10～70体積%とすることが好ましい。10体積%未満では、電磁波吸収特性が不十分となって実用面で制限されることが多いからであり、70体積%を越える場合には成形体、複合材料を容易に、多量に、安定して得ることが容易でなくなるからである。なお、前記相対密度とは、混合粉末、圧粉体もしくは仮焼体等のかさ密度を、混合粉末を用いて気孔を有しない緻密成形体を形成した場合の密度(すなわち理論密度)によって除した値である。
- [0060] マトリックス材料としては、前述のホウ素(B)含有量が80質量%以上96質量%以下の炭化ホウ素粉末とマトリックス材料からなる電磁波吸収体において、マトリックス材料として使用可能な、並びに好適な材料として挙げられている材料が同様に使用可能である。
- [0061] マトリックス材料に対して前記の炭化ホウ素粉末を添加、混合し、用途に応じ膜、板等の成形品や、液状のままで塗料、充填材等の多用な形態の複合材料として使用される。
- [0062] 前記液状の複合材料を作製する場合、混合は少量の場合手混合も可能であるが、プラネタリーミキサー、ハイブリッドミキサー、ヘンシェルミキサー、バンバリーミキサー、ニーダー、ボールミル、ミキシングロール等の一般的な混合機が用いられる。
- [0063] マトリックス材料と複合化する際、炭化ホウ素粉末の含有量は、5～60体積%、カーボン粉末の含有量は1～20体積%であることが好ましい。前記配合割合以外では、十分な電磁波吸収特性が得られなくなることがあるからである。
- [0064] また、本発明の前記電磁波吸収体は、先に示した通りに、その好ましい実施態様において、周波数1～110GHzの電磁波を入射角度0°～55°の範囲で入射した場合において、自由空間法で測定した反射減衰率の最大値が15デシベル以上であり、しかも反射減衰率が最大となる周波数(整合周波数)の入射角度に対する変動が

平均値に対して±5%以内であるという特性を有する。他の好ましい実施態様においては、周波数1～110GHzの直線偏波からなる電磁波を、電界の方向が電磁波吸収体に含まれる炭化ホウ素粉末粒子の列理方向に一致するように入射した場合と、直交するように入射した場合において、自由空間法で測定した反射減衰率の最大値（デシベル値）の差が平均値に対して±10%以下であり、かつ反射減衰率が最大となる周波数（整合周波数）の差が平均値に対して±5%以下であるという特性を有する。

[0065] 本発明者は、前記した炭化ホウ素粉末を用いた電磁波吸収体について更に検討する中で、特定の炭化ホウ素粉末と、特定の軟磁性材料粉末とを特定配合して混合粉末とし、該混合粉末を空間的に所定の密度となるように配置することにより、周波数1～110GHzのような高周波帯域で優れた新たな電磁波吸収体を得られることを見出すに至った。

[0066] 即ち、本発明における更にもう1つの電磁波吸収体は、電気伝導度が $5 \times 10^{-6} \text{ S/cm}$ 以上の炭化ホウ素粉末と、保磁力が0.1～1000A/mの軟磁性材料粉末とからなる混合粉末を10～70体積%含有し、残部がマトリックス材料からなる電磁波吸収体であって、当該電磁波吸収体中に、炭化ホウ素粉末が5～60体積%、軟磁性材料粉末が2～40体積%含有していることを特徴とする電磁波吸収体である。本発明の該電磁波吸収体が優れた電磁波吸収特性を発揮できることの原因について、本発明者は次のように推定している。

[0067] 電磁波吸収特性には、材料の有する電気伝導性、誘電的性質或いは磁氣的性質が関与するとされているが、電気伝導度が $5 \times 10^{-6} \text{ S/cm}$ 以上の炭化ホウ素粉末と、保磁力が0.1～1000A/mの軟磁性材料粉末とが複合された場合であって、更に、空間的に所定の密度で配置された場合に、前記の特定範囲の電気伝導度と、これらの材料同士が混合された際に生じる誘電的性質及び磁氣的性質とが相俟って、電磁波吸収に好適な性質が発現すると考えられる。

[0068] 電磁波は、電磁波吸収体に入射した際に生じる、電気抵抗による損失、誘電損失及び／又は磁気損失によって、電磁波の有するエネルギーが熱に変換されて吸収される。従って誘電損失に対応する吸収体の複素比誘電率($\epsilon_r = \epsilon_r' - j \epsilon_r''$)の虚

部($\epsilon r''$)又は磁気損失に対応する吸収体の複素比透磁率($\mu r = \mu r' - j\mu r''$)の虚部($\mu r''$)が、大きな値を有さなければならない。ここで、 j は虚数単位を示す。

- [0069] 一方、広帯域移動アクセスシステム又はITSにおける不要電磁波吸収の場合に見られるように、波源からの距離が遠い位置すなわち遠方界における電磁波吸収において、電磁波が電磁波吸収体に入射するためには、空間と電磁波吸収体のインピーダンスが整合しなければならない。インピーダンスが整合するためには、電磁波の波長(λ)、吸収体の厚さ(d)、吸収体の複素比誘電率及び複素比透磁率の関係が、無反射条件と呼ばれる下式に示す一定の条件に近づかなければならない。

$$1 = (\mu r / \epsilon r)^{1/2} \times \tanh(j \times (2\pi d / \lambda) \times (\epsilon r \mu r)^{1/2})$$

ここで、 ϵr 及び μr は複素数でありそれぞれ実部($\epsilon r'$ 、 $\mu r'$)及び虚部($\epsilon r''$ 、 $\mu r''$)からなるので、それぞれの実部及び虚部も相互に特定の関係を有さなければならない。

- [0070] 本発明の前記電磁波吸収体が周波数1～110GHzの電磁波を吸収する理由は、1～110GHzにおいて、該電磁波吸収体の構成要素となっている、炭化ホウ素粉末と軟磁性材料粉末との混合粉末が比較的大きな誘電損失($\epsilon r''$ 値)を有すること、更に空間的に所定の密度で配置されることに基づくと推定される。

- [0071] また、本発明の前記電磁波吸収体が周波数1～110GHzの帯域に幅を持つ電磁波を吸収するのは、1～110GHzにおいて、前記混合粉末の複素比透磁率の実部($\mu r'$)及び虚部($\mu r''$)が、無反射条件に近い関係を有するため空間と電磁波吸収体のインピーダンスが整合しやすいことに基づくと推定される。この理由は明らかではないが、1～110GHzの周波数において、特に保磁力0.1～1000A/mの軟磁性材料の複素比透磁率の実部及び虚部が周波数の増大と共に低下する現象が顕著であることから、磁性材料の複素比透磁率の実部、虚部共に一定値以上になり得ずしかも周波数の増大と共に低下する現象(Snoekの限界と呼ばれる)に関係すると推測される。

- [0072] 以上のように、本発明の前記電磁波吸収体は、特定の炭化ホウ素粉末の有する優れた電磁波吸収性能と、特定の軟磁性材料の有する優れたインピーダンス整合性能と、両者を組み合わせることで、更に空間的に適度に充填することにより、優れた電

磁波吸収特性が発揮されている。

- [0073] 電磁波吸収体に用いる炭化ホウ素粉末は、電気伝導度が $5 \times 10^{-6} \text{ S/cm}$ 以上のものであれば良く、炭化ホウ素粉末の製造方法としては、前述の方法等があるが、その製造履歴は問わない。
- [0074] また、用いる炭化ホウ素粉末におけるホウ素の炭素に対するモル比についても、前記特定の電気伝導性を有する限り、いずれモル比のものであっても構わない。
- [0075] 炭化ホウ素粉末を構成する粒子の粒度については、 $0.1 \mu\text{m}$ 以上 $250 \mu\text{m}$ 以下、好ましくは $0.1 \mu\text{m}$ 以上 $45 \mu\text{m}$ 以下である。
- [0076] なお、上記炭化ホウ素粉末の電気伝導度については、前述の、本発明の1つである炭化ホウ素粉末とカーボン粉末からなる電磁波吸収体の作製において使用する該炭化ホウ素粉末の電気伝導度測定方法と同様に、炭化ホウ素粉末の比抵抗(Ωcm)を算出し、逆数を電気伝導度(S/cm)とする。この測定法による電気伝導度が $5 \times 10^{-6} \text{ S/cm}$ 未満の炭化ホウ素粉末は、得られる電磁波吸収体の電磁波吸収性能が不十分な場合がある。
- [0077] 次に、本発明の前記電磁波吸収体に用いる軟磁性材料粉末については、保磁力が $0.1 \sim 1000 \text{ A/m}$ の軟磁性材料からなる粉末であれば、何れであってもよい。例えば、鉄(Fe)の他、ケイ素鋼(Fe-Si)、パーマロイ(Ni-Fe)、パーメンジュール(Fe-Co)、センダスト(Fe-Si-Al)、電磁ステンレス鋼、アモルファス鉄基合金(Fe-B-C系、Fe-Co系)等の鉄を含む合金や、マンガナー亜鉛(Mn-Zn)フェライト、ニッケルー亜鉛(Ni-Zn)フェライト等からなる粉末である。かかる粉末を構成する粒子の粒度は、 $0.1 \mu\text{m}$ 以上 $250 \mu\text{m}$ 以下、好ましくは $0.1 \mu\text{m}$ 以上 $45 \mu\text{m}$ 以下である。
- [0078] 前記軟磁性材料粉末の保磁力は、当該粉末をリング状に圧粉、成形してコア材を形成し、これに一次側及び二次側のコイルをそれぞれ巻き付けて、一次側コイルに交流50Hz又は交流60Hzの電圧を印加しながら、一次側コイルからコア材に加わる磁場(H)を、二次側コイルからコア材に生じる磁束密度(B)をそれぞれ検出してオシロスコープに磁気ヒステリシス曲線(B-H曲線)を表示させるオシロスコープ直視法によって、求めることができる。

- [0079] 前記の測定法による保磁力が 0.1A/m 未満のものは磁氣的性質が弱過ぎるために、また 1000A/m を超えるものは $1\sim 110\text{GHz}$ で常用される電磁波では殆ど磁化しないために、何れも得られる電磁波吸収体の電磁波吸収特性が向上しない。
- [0080] 本発明の前記電磁波吸収体は、前記炭化ホウ素粉末に前記軟磁性材料粉末を混合することで得られる混合粉末を、樹脂、ゴム或いは塗料等のマトリックス材料中に分散、複合化した複合材料として用いることができる。
- [0081] この場合、前記混合粉末は、樹脂、ゴム、塗料或いは無機材料等のマトリックス材料中に分散、複合化した複合材料において、混合粉末が $10\sim 70$ 体積%を占有するように選択される。 10 体積%未満では、得られる電磁吸収体の電磁波吸収特性が不十分となって実用面で制限されることが多いからであり、 70 体積%を越える場合には複合材料を、多量に、安定して得ることが容易でなくなるからである。
- [0082] マトリックス材料としては、前記混合粉末の電磁波吸収特性を阻害しない材料であればどのようなものであっても構わないが、前述のホウ素(B)含有量が 80 質量%以上 96 質量%以下の炭化ホウ素粉末とマトリックス材料からなる電磁波吸収体において、マトリックス材料として使用可能な、並びに好適な材料として挙げられている材料が同様に使用可能である。
- [0083] マトリックス材料に対して、前記混合粉末を添加、混合し、用途に応じ膜、板等の成形品や、液状のままで塗料、充填材等の多用な形態の複合材料として使用される。なお、本発明の電磁波吸収体の製造に当たり、混合粉末を経由することなく、マトリックス材料に炭化ホウ素粉末と軟磁性材料粉末とを所定量配合し、複合化することで得ることもできる。
- [0084] 複合材料が液状の場合、混合は、少量のときは手混合でもよいが、多量のときにはプラネタリーミキサー、ハイブリッドミキサー、ヘンシェルミキサー、バンバリーミキサー、ニーダー、ボールミル、ミキシングロール等の一般的な混合機が用いられる。
- [0085] マトリックス材料と複合化する際、炭化ホウ素粉末の含有量は、 $5\sim 60$ 体積%、軟磁性材料粉末の含有量は $2\sim 40$ 体積%であることが好ましい。前記配合割合以外では、十分な電磁波吸収特性が得られなくなることがあるからである。
- [0086] 前記本発明の電磁波吸収体の1つである、ホウ素(B)含有量が 80 質量%以上 96

質量%以下である炭化ホウ素粉末を用いた電磁波吸収体は、本発明者等が炭化ホウ素を用いた電磁波吸収体について、種々検討してきた中で、炭化ホウ素粉末の組成が当該組成である場合に、周波数5～110GHzにおける電磁波吸収特性に優れていることを見出したことによるものであり、この原因については必ずしも明らかではないが、以下のように推定される。

- [0087] 電磁波吸収特性には、材料の有する電気伝導性、誘電的性質並びに磁氣的性質が関与するとされているが、ホウ素(B)を80質量%以上含む炭化ホウ素粉末は、ホウ素を多く含むことによって、電気伝導性や誘電的性質が、炭化ホウ素として一般的である B_4C とは異なったものとなり、両方の特性の変化の結果として、電磁波吸収に好適な性質が発現すると考えられる。
- [0088] 炭化ホウ素として一般的である B_4C は、ホウ素(B)を78.3質量%含んでいる。結晶構造は菱面体であり、12個のB原子が頂点に位置する8個の正20面体が、単位格子の頂点に配置し、格子中央の長軸上に3個の炭素(C)原子が配置した構造を有する。そして、前記 B_4C 単位格子中の3個のC原子について中央の1個がB原子に置換し $B_{13}C_2$ が得られる等、いろいろな組成の炭化ホウ素が存在することが明らかにされている。
- [0089] 本発明の前記電磁波吸収体用の炭化ホウ素粉末は、ホウ素(B)含有量が80質量%以上96質量%以下、即ち、一部のC原子が適当量のB原子で置換されれば足りるものである。更に、前記組成範囲の下限值に関しては、 $B_{4.5}C$ よりもBが多い組成すなわち B/C (モル比) ≥ 4.5 であることが好ましい。
- [0090] 一方、組成範囲の上限値に関しては、炭化ホウ素には B_8C 、 $B_{10}C$ 或いは $B_{25}C$ が知られているが、これらのいずれもが本発明にて用いることができることから、 $B_{25}C$ に相当するホウ素(B)含有量96質量%以下であることが好ましい。
- [0091] 炭化ホウ素粉末を合成する一般的な方法は、前述のホウ酸等のホウ素分と石油コークス等の炭素分とを混合した原料を、2200℃程度の高温まで加熱する代表的な方法があるが、この方法で生成する炭化ホウ素の大部分が B_4C であるため、一般的な炭化ホウ素は B_4C ということになる。
- [0092] 上記の方法に対して、例えば金属ホウ素を直接炭化する方法(直接炭化法)や、金

属マグネシウム等の強還元性物質によって、酸化ホウ素を急激に還元、炭化する方法(テルミット反応法)で製造する方法は、B含有量を80質量%以上96質量%以下に制御し易いことから、好ましい製造方法である。

[0093] これらの方法では、原料に含まれるB原子とC原子の比率を、Bが80質量%以上96質量%以下になるように予め調製しておけば足りる。これに対し、前述のホウ酸と炭素を反応させる一般的な方法は、炭素が還元剤も兼ねるため、また、反応自体が高い温度条件下で行われる必要から、炭素やホウ素の成分が揮発され、炭化ホウ素の組成をコントロールすることが困難である欠点がある。

[0094] なお、直接炭化法やテルミット反応法で得た炭化ホウ素粉末は、必要に応じ、(酸処理)、粉碎、篩い分けすることによって製造することができる。

[0095] 本発明の電磁波吸収体である、ホウ素(B)含有量が特定範囲の炭化ホウ素粉末を含む電磁波吸収体、特定の電気伝導度を有する炭化ホウ素粉末と、特定のDBP吸収量と電気伝導度を有するカーボン粉末とを含む電磁波吸収体、及び、特定の電気伝導度を有する炭化ホウ素粉末と、特定の保磁力を有する軟磁性材料粉末とマトリックス材料からなる電磁波吸収体は、前記の通りに優れた電磁波吸収特性を有しているので、専用狭域通信(DSRC)用、自動料金収受システム(ETC)用、車載レーダー装置用、情報家電用の電磁波吸収体として、更には、軽量である特徴を有することから広帯域移動アクセスシステム用の電磁波吸収体として好適に使用出来る。

[0096] 実施例1-1

ホウ素粉末(Starck社製、グレードI)と炭素粉末(ライオン製ケッチェンEC)を、モル比で13:2になるように混合した後、抵抗加熱炉を用いアルゴン雰囲気中1400℃で2時間加熱した。得られた塊状物を乳鉢で解砕後、目開き160 μ mの篩網を通して粉末を得た。この粉末は $B_{13}C_2$ であることを粉末X線回折法で確認した。また元素分析の結果、85質量%のホウ素(B)を含んでいた。

[0097] 前記炭化ホウ素粉末を、樹脂分に対して40体積%になるように、アクリルエマルジョン(高圧ガス工業製FX-851、樹脂分55%)100質量部、分散剤(サンノプロ製SNデイスパーサント2060)2質量部及び消泡剤(サンノプロ製SNデフォーマー314)0.2質量部からなる液状マトリックスに添加した後、ハイブリッドミキサー(キーエンス

製HM-500)を用いて混合し、スラリーを作製した。次いでこのスラリーを1mm厚さのシート形状に成形した後、70℃で3時間加熱して固化させて、炭化ホウ素粉末とアクリル樹脂の複合体を得た。

[0098] 複合体の複素比誘電率($\epsilon_r' - j\epsilon_r''$)を、ネットワークアナライザーを用いて自由空間法で測定した結果、5～110GHz帯域における複素比誘電率は、 $\epsilon_r' = 9 \sim 25$ 、 $\epsilon_r'' = 2 \sim 5$ 、誘電正接($\tan \delta$)は0.1～0.5であった。

[0099] 実施例1-2

酸化マグネシウム(MgO)粉末及びホウ酸(H_3BO_3)粉末を、モル比3:2の割合で混合した後、大気中850℃で2時間加熱した。得られた塊状物を乳鉢で粉砕後、目開き160 μm の篩網を通して粉末を得た。この粉末はホウ酸マグネシウム($3MgO \cdot B_2O_3$)であることを粉末X線回折法で確認した。この粉末と、金属マグネシウム(Mg)粉末及び実施例1と同じ炭素(C)粉末を、モル比で $3MgO \cdot B_2O_3 : Mg : C = 2 : 6 : 1$ になるように混合し、アルゴン雰囲気中1400℃で2時間加熱した。得られた塊状物を乳鉢で粉砕後、目開き160 μm の篩網を通して粉末を得た。この粉末は酸化マグネシウム(MgO)、ホウ酸マグネシウム($3MgO \cdot B_2O_3$)及び炭化ホウ素(B_4C 又は $B_{13}C_2$)の混合物であることを粉末X線回折法で確認した。

[0100] 更に、前記粉末を塩酸(HCl)で処理し、MgO及び $3MgO \cdot B_2O_3$ を除去した後、再度粉末X線回折測定を行った結果、生成物の格子定数は0.5612nmであり、 B_4C (格子定数0.5600nm)と $B_{13}C_2$ (格子定数0.5633nm)の中間的な結晶格子からなる炭化ホウ素粉末であることを確認した。更にこれを元素分析した結果、81質量%のホウ素を含んでいた。

[0101] この粉末をゴム(エラストマー)分に対して50体積%になるように、トルエンに溶解させたシリコンゴムに1質量%の難燃剤、0.5質量%のシランカップリング剤及び0.5質量%の加硫剤を添加して調製したマトリックスに分散させてスラリーを得た。

[0102] 前記スラリーをドクターブレード成膜機を用いて厚さ1mmのシート状に成形した後、80℃で1時間加熱してトルエンを揮発させ、温度170℃、圧力9.8MPaで10分間プレス加硫を行い、さらに大気圧下200℃で5時間二次加硫を行い、炭化ホウ素粉末とシリコンゴムの複合体を得た。複合体の5～110GHzにおける誘電特性を、実

施例1-1と同様にして測定したところ、複素比誘電率は、 $\epsilon_r' = 12 \sim 30$ 、 $\epsilon_r'' = 3 \sim 8$ 、誘電正接($\tan \delta$)は0.2~0.5であった。

[0103] 実施例1-3

(1)実施例1-1の炭化ホウ素粉末とアクリル樹脂の複合体、(2)厚さを0.5mmとした他は実施例1-1と同様にして得た複合体、及び(3)炭化ホウ素粉末の充填量を30体積%とした他は実施例1と同様にして得た複合体を、表側から(2)、(3)、(1)の順に、層間に実施例1のアクリルエマルジョンを塗布後積層し、全面に $10\text{g}/\text{cm}^2$ の荷重を印加しながら再び70℃で3時間加熱して層間を接着・一体化させて複合体を得た。複合体の5~110GHzにおける誘電特性を、実施例1-1と同様にして測定したところ、複素比誘電率は、 $\epsilon_r' = 10 \sim 28$ 、 $\epsilon_r'' = 3 \sim 6$ 、誘電正接($\tan \delta$)は0.2~0.4であった。

[0104] この複合体の5~110GHzにおける電磁波吸収特性(反射減衰率)を自由空間法で測定したところ、15デシベル以上の顕著な反射減衰率を示す整合周波数が、18GHz、40GHz及び65GHzの3個所において確認された。

[0105] 実施例1-4

専用狭域通信(DSRC)の一種である高速道路における自動料金収受システム(ETC)を模して、舗装路面上4メートルの位置に、マイクロ波発信用パラボラアンテナを設置し、このアンテナに接続したネットワークアナライザーから5.8GHzの右旋回円偏波からなるマイクロ波を発信して45°の角度で舗装路面に入射させ、反射波を舗装路面上1メートルの位置に設置したパラボラアンテナにて受信した。

[0106] 次いで、厚さを2.5mmとした以外は実施例1-1と同様にして作製したシート形状複合体を、一辺が0.5mの正方形に裁断して上記舗装路面のマイクロ波入射位置に配置し、上記同様にマイクロ波の発信及び受信を行った。舗装路面からの反射波の強度を P_0 、複合体からの反射波の強度を P_1 として、強度比を、 $-20\log_{10}(P_1/P_0)$ で求めた結果25デシベルであり、この複合体が、ETCにおける不用電波の多重反射防止用電磁波吸収体として、適用可能な性能を有することが解った。

[0107] 比較例1-1

ホウ酸粉末と石油コークス粉末を混合した後、高周波式抵抗加熱炉を用い2200℃

で5時間加熱した。得られた塊状物を鉄製ボールのボールミルで粉碎し、篩網を用いて粒径 $45\mu\text{m}$ 以下に篩分け、更に硝酸水溶液で洗浄して鉄分を除去後、濾過、乾燥して炭化ホウ素粉末を得た。この炭化ホウ素粉末は B_4C であることを粉末X線回折法で確認した。また元素分析の結果、78質量%のホウ素を含んでいた。

[0108] 次いで前記 B_4C 粉末を、実施例1-1と同様にして40体積%になるようにアクリルエマルジョン等と混合し、スラリーを作製し、さらに1mm厚さのシート形状に成形、固化させて、 B_4C 粉末とアクリル樹脂の複合体を得た。

[0109] 複合体の複素比誘電率($\epsilon_r' - j\epsilon_r''$)を、ネットワークアナライザーを用いて自由空間法で測定した結果、5~110GHz帯域における複素比誘電率は、 $\epsilon_r' = 8 \sim 30$ 、 $\epsilon_r'' = 2 \sim 9$ 、誘電正接($\tan \delta$)は0.01~0.8であった。

[0110] 実施例2-1

比較例1-1の方法で得た炭化ホウ素粉末1.1gを、内径16mm、外径24mmの樹脂(ポリアセタール)製円筒にはめ込んだ直径16mm、厚さ3mmのステンレス製円板上に載せ、さらにもう1枚同寸法のステンレス製円板を載せて上下のステンレス円板の外側に銅箔を敷いた後、油圧プレスを用いて14.7MPaの圧力を加えて圧縮し、加圧したままデジタルマルチメーターで上下の銅箔間の抵抗値を計測し、加圧開始1分後の抵抗値と、加圧時の炭化ホウ素粉末の充填高さ及び樹脂円筒内径寸法から、比抵抗($\Omega \cdot \text{cm}$)を算出し、その逆数から求めた炭化ホウ素粉末の電気伝導度は、 $8 \times 10^{-6} (\text{S}/\text{cm})$ であった。

[0111] 特開2000-281933号公報に開示された方法によって、1質量%の固溶ホウ素(B)を含むカーボン粉末を製造し、電気伝導度をJIS K1469:2003の方法で測定したところ、 $12.5 (\text{S}/\text{cm})$ であった。またDBP吸収量をJIS K6217-4:2001の方法で測定したところ、 $170 (\text{cm}^3/100\text{g})$ であった。

[0112] 前記の炭化ホウ素粉末及びカーボン粉末を、樹脂分に対してそれぞれ35体積%及び5体積%になるように、アクリルエマルジョン(高压ガス工業製FX-851、樹脂分55%)100質量部、分散剤(サンノプロ製SNディスパーサント2060)2質量部及び消泡剤(サンノプロ製SNデフォーマー314)0.2質量部からなる液状マトリックスに添加した後、ハイブリッドミキサー(キーエンス製HM-500)を用いて混合し、スラリー

を作製した。次いでこのスラリーを1mm厚さのシート形状に成形した後、70℃で3時間加熱して固化させて、炭化ホウ素粉末、カーボン粉末及びアクリル樹脂の複合材料を得た。この場合、炭化ホウ素粉末、カーボン粉末及びアクリル樹脂の真比重はそれぞれ2.51、2.24及び1.1なので、それぞれの体積%をVB、VC及びVAとすると、質量%はそれぞれ、 $2.51 \times VB \times 100 / W$ 、 $2.24 \times VC \times 100 / W$ 及び $1.1 \times VA \times 100 / W$ (ここで $W = 2.51 \times VB + 2.24 \times VC + 1.1 \times VA$ である。)になる。従って、本実施例では、炭化ホウ素粉末53質量%、カーボン粉末7質量%及びアクリル樹脂40質量%である。

前記の複合材料を用いて、1～110GHzの直線偏波 (TE波) 入射時における電磁波吸収特性を、ネットワークアナライザーを用い自由空間法で測定した結果、反射減衰率が最大となる整合周波数は16.2GHzであり、この時の反射減衰率は25.3デシベルであった。

[0113] 実施例2-2～実施例2-5

炭化ホウ素粉末とカーボン粉末の種類、更に前記粉末のアクリル樹脂への配合割合を変化させたこと以外は実施例1と同じ操作で複合材料を作製して1～110GHzにおける電磁波吸収特性を、ネットワークアナライザーを用い自由空間法で測定し、結果を表2-1にまとめて示した。なお、カーボン粉末として、市販のカーボンブラック (三菱化学製 #30、電気伝導度6 (S/cm)、DBP吸収量115 (cm³/100g)) を用いた。

[0114] 比較例2-1～比較例2-6

実施例2-1の炭化ホウ素粉末及びカーボン粉末を、充填量を変化させて用いたこと、或いは実施例2-1の炭化ホウ素粉末及びカーボン粉末とは別に、市販の炭化ホウ素粉末 (Starck製グレード名HS、電気伝導度 4×10^{-6} S/cm)、市販のカーボンブラック (旭カーボン製サーマル、DBP吸収量30 (cm³/100g) で電気伝導度9 (S/cm)、三菱化学製MA-100、DBP吸収量90 (cm³/100g) で電気伝導度2 (S/cm)、又はライオン製ケッチェン600JD、DBP吸収量390 (cm³/100g) で電気伝導度6 (S/cm)) を用いたこと、それ以外は実施例2-1と同じ操作で炭化ホウ素粉末と、カーボン粉末とアクリル樹脂とからなる複合材料を作製して、1～110GHzに

おける電磁波吸収特性を、ネットワークアナライザーを用い自由空間法で測定し、結果を表2-1にまとめて示した。

[0115] [表1]

表 2 - 1

	B ₄ C粉末		カーボンブラック粉末			複合材料の電磁波吸収特性	
	電気伝導度 (S/cm)	アクリル樹脂への 充填量 (体積%)	電気伝導度 (S/cm)	DBP吸収量 (cm ³ /100g)	アクリル樹脂への 充填量 (体積%)	整合周波数 (GHz)	整合周波数にお ける反射減衰率 (デシベル)
実施例1	8×10^{-6}	35	12.5	170	5	16.2	25.3
実施例2	8×10^{-6}	57	6	115	3	5.8	35.4
実施例3	8×10^{-6}	46	12.5	170	4	12.9	30.7
実施例4	8×10^{-6}	20	6	115	5	25.6	20.9
実施例5	8×10^{-6}	10	12.5	170	15	34.9	18.6
比較例1	4×10^{-6}	35	6	115	5	27.1	12.8
比較例2	8×10^{-6}	35	9	30	5	25.4	10.3
比較例3	8×10^{-6}	35	2	90	5	31.8	8.9
比較例4	8×10^{-6}	35	6	390	5	28.6	9.6
比較例5	8×10^{-6}	69	6	115	3	成形体が壊れやすく、測定不可。	
比較例6	8×10^{-6}	4	6	115	0.8	整合周波数が確認できず。	

[0116] 実施例2-6～実施例2-10及び比較例2-7～比較例2-10

実施例2-1～実施例2-5、比較例2-1～比較例2-3の複合材料を用い、電磁波の入射角度を 0° （垂直入射）から 55° まで変化させた場合における、1～110GHzのTE波及び円偏波の吸収特性（斜入射特性）を、自由空間法で測定した結果を、表2-2にまとめて示した。

[0117] [表2]

表 2 - 2

	電磁波 の種類	電磁波の入射角度(°)										整合周波数	
		0		20		40		50		55		平均値 (GHz)	平均値 からの 最大偏差 (%)
		整合 周波数 (GHz)	整合周波数 における 反射減衰率 (デシベル)	整合 周波数 (GHz)	整合周波数 における 反射減衰率 (デシベル)	整合 周波数 (GHz)	整合周波数 における 反射減衰率 (デシベル)	整合 周波数 (GHz)	整合周波数 における 反射減衰率 (デシベル)	整合 周波数 (GHz)	整合周波数 における 反射減衰率 (デシベル)		
実施例6	TE波	16.2	25.3	16.4	26.4	16.6	30.1	17.2	26.1	17.3	24.5	16.7	4
	円偏波	18.2	22.2	18.6	23.2	19.1	32.5	19.2	26.4	19.3	25.3	18.9	4
実施例7	TE波	5.8	35.4	6.0	36.1	6.1	39.2	6.2	37.1	6.2	34.3	6.1	4
	円偏波	5.9	30.6	6.0	30.9	6.1	41.3	6.3	33.2	6.3	31.3	6.1	4
実施例8	TE波	12.9	30.7	13.2	32.6	13.4	37.4	13.5	33.1	13.6	31.8	13.3	3
	円偏波	13.6	27.3	13.8	28.6	14.1	38.9	14.4	29.8	14.5	26.9	14.1	3
実施例9	TE波	25.6	20.9	26.0	23.4	26.2	28.8	26.4	24.2	26.5	22.6	26.1	2
	円偏波	26.3	18.3	26.9	22.1	27.3	27.8	27.7	24.3	27.8	20.7	27.2	3
実施例10	TE波	34.9	18.6	35.6	19.9	35.9	27.4	36.3	18.6	36.5	15.8	35.8	3
	円偏波	36.8	15.7	37.6	18.9	38.3	28.9	38.8	19.3	39.0	15.4	38.1	3
比較例6	TE波	27.1	12.8	27.6	13.1	28.4	18.7	29.4	13.6	30.2	12.3	28.5	6
	円偏波	28.7	10.9	29.4	12.8	29.9	18.9	32.1	11.9	32.4	10.2	30.5	6
比較例7	TE波	25.4	10.3	26.1	10.8	27.4	16.4	27.8	10.9	27.9	9.7	26.9	6
	円偏波	27.6	10.2	29.7	10.8	30.1	18.1	31.4	10.3	31.9	8.9	30.1	8
比較例8	TE波	31.8	8.9	31.9	10.1	32.0	16.5	34.4	10.5	34.9	9.2	33.0	6
	円偏波	34.6	8.4	34.9	10.3	35.0	17.6	38.6	10.5	39.0	8.1	36.4	7
比較例9	TE波	28.6	9.6	29.5	11.5	30.4	14.7	32.8	11.5	33.2	9.5	30.9	7
	円偏波	29.8	9.3	30.7	11.3	30.9	16.6	33.4	10.9	33.6	8.7	31.7	6

[0118] 実施例2-11

実施例2-1と同様にして炭化ホウ素塊を合成、粉碎し、粒径 $45\mu\text{m}$ 以下に篩分けを行い、洗浄、濾過及び乾燥を行わなかった炭化ホウ素粉末1.0gを用い、電気伝導度を実施例2-1と同じ方法で測定したところ $2 \times 10^{-4}(\text{S}/\text{cm})$ であった。

前記炭化ホウ素粉末とともに、カーボン粉末として市販のカーボンブラック(三菱化学製、#30)を、シリコーンゴム(エラストマー)分に対して炭化ホウ素粉末及びカーボン粉末が、それぞれ25体積%及び5体積%になるように、トルエンに溶解させたシリコーンゴムに1質量%の難燃剤、0.5質量%のシランカップリング剤及び0.5質量%の加硫剤を添加して調製したマトリックスに分散させてスラリーを得た。

[0119] 前記のスラリーをドクターブレード成膜機を用いて厚さ0.25mmのシート状に成形した後、 80°C で1時間加熱してトルエンを揮発させ、温度 170°C 、圧力9.8MPaで10分間プレス加硫を行い、さらに大気圧下 200°C で5時間二次加硫を行い炭化ホウ素粉末、カーボン粉末及びシリコーンゴムの複合材料を得た。

[0120] 得られた複合材料の表面に、 CF_4 ガスを用いたプラズマエッチングを行い、走査型電子顕微鏡観察を行った結果、ドクターブレード成膜機の塗工方向に炭化ホウ素粒子の長軸方向が揃う列理現象が認められた。

[0121] そこで、塗工方向すなわち列理方向がTE波の電界方向に一致するように複合材料を配置した場合(「列理//電界」と表記する)、並びに直交するように配置した場合(「列理 $\perp$ 電界」と表記する)のそれぞれにおいて、1~110GHzにおける電磁波(TE波)吸収特性を、ネットワークアナライザーを用い自由空間法で測定し、結果を表2-3にまとめて示した。

[0122] 比較例2-11

シリコーンゴム(エラストマー)分に対して、カーボン粉末は用いず炭化ホウ素粉末だけ50体積%を分散させた他は、実施例2-11と同様にして炭化ホウ素粉末及びシリコーンゴムの複合材料を得た。この複合材料には実施例2-11と同様の列理現象が認められた。

[0123] 次いで、実施例2-11と同様に「列理//電界」及び「列理 $\perp$ 電界」の二通りの配置における、1~110GHzにおける電磁波(TE波)吸収特性を、ネットワークアナライ

ザーを用い自由空間法で測定し、結果を表2－3にまとめて示した。

[0124] [表3]

表 2－3

	列理／／電界		列理⊥電界		平均値からの偏差（％）	
	整合 周波数 （GHz）	整合周波数 における 反射減衰率 （デシベル）	整合 周波数 （GHz）	整合周波数 における 反射減衰率 （デシベル）	整合 周波数	整合周波数 における 反射減衰率
実施例 11	69.5	33.4	76.6	27.5	4.9	9.7
比較例 9	56.3	29.1	86.6	23.1	21.2	11.5

[0125] 実施例3－1

ホウ酸粉末と石油コークス粉末を混合した後、高周波式抵抗加熱炉を用い2200℃

で5時間加熱した。得られた塊状物を鉄製ボールのボールミルで粉碎し、篩網を用いて粒径 $45\mu\text{m}$ 以下に篩分け、更に硝酸水溶液で洗浄して鉄分を除去後、濾過、乾燥して炭化ホウ素粉末を得た。

前述の方法で前記炭化ホウ素粉末の電気伝導度を測定したところ、 $8 \times 10^{-6} \text{S/cm}$ であった。

[0126] 軟磁性材料粉末として、市販のセンダスト粉末(日本アトマイズ加工製SFR-FeSiAl、平均粒径 $8.9\mu\text{m}$)を用いた。この粉末を金型成形後さらにCIP(冷間静水圧)成形して外径13mm、内径10mm、厚さ6mmのリング状成形体を作製し、これに一次コイル及び二次コイルを何れも巻数14回巻付けた後、一次側コイルに交流50Hzの電圧を印加しながらオシロスコープ直視法によって保磁力を測定したところ、 105A/m であった。

[0127] 次に、アクリルエマルジョン(高圧ガス工業製FX-851、樹脂分55%)100質量部、分散剤(サンノプロ製SNディスパーサント2060)2質量部及び消泡剤(サンノプロ製SNデフォーマー314)0.2質量部からなる液状マトリックスを用意した。

[0128] 前記液状マトリックスに、前記液状マトリックス中の樹脂分と炭化ホウ素粉末と軟磁性材料粉末との合計に対して、炭化ホウ素粉末が45体積%、軟磁性材料粉末が15体積%となるように配合し、添加し、ハイブリッドミキサー(キーエンス製HM-500)を用いて混合してスラリーを作製した。

[0129] 前記スラリーを0.3mm厚さのシート形状に成形した後、 70°C で3時間加熱して固化させて、炭化ホウ素粉末、軟磁性材料粉末及びアクリル樹脂を含有する電磁波吸収体を得た。

[0130] 前記電磁波吸収体について、1~110GHzの電磁波入射時における電磁波吸収特性を、ネットワークアナライザーを用い、自由空間法で測定した結果、反射減衰率が最大となる整合周波数は25.1GHzであり、この時の反射減衰率は28.8デシベルであった。また、反射減衰率が最大値の80%(23.0デシベル)以上になる周波数帯域は、24.3~25.8GHzであり、またこの帯域幅の整合周波数値(GHz)に対する割合は、6.0%であり、広帯域移動アクセスシステムに用いられる24.75GHz~25.25GHz帯域の電磁波吸収体として使用可能であることを確認した。

[0131] 実施例3-2～実施例3-4

実施例3-1において、軟磁性材料粉末の種類を変えたこと、炭化ホウ素粉末と軟磁性材料の配合割合を変えたこと、電磁波吸収体の厚さを変化させたこと以外は実施例3-1と同じ操作で電磁波吸収体を作製して、1～110GHzにおける電磁波吸収特性を測定し、整合周波数、整合周波数における最大反射減衰率及び反射減衰率が最大値の80%以上になる周波数帯域を求めた。結果を表3-1に示した。

[0132] なお、軟磁性材料粉末は、鉄粉(平均粒径 $10\mu\text{m}$)、Mn-Znフェライト粉(ハイデコ製HC-04500C、平均粒径 $1.5\mu\text{m}$)及びNi-Znフェライト粉(戸田工業製BSN-355B、平均粒径 $5.5\mu\text{m}$)であり、その保磁力は、実施例3-1と同じ方法で測定したところ、それぞれ80、8.7、及び750A/mであった。

[0133] 比較例3-1

実施例3-1において、軟磁性材料粉末は用いずに、炭化ホウ素粉末だけを45体積%になるように配合しこと以外は、実施例3-1と同様にして0.3mm厚さのシート形状に成形して電磁波吸収体を得て、実施例3-1と同じ評価を行った。結果を表3-1に示した。

[0134] 比較例3-2

磁性材料であるマグヘマイト($\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$)粉末を、「マグネットセラミックス(技報堂出版)、230～236ページ」に記載された方法で作製したところ、粒子長径 $1\sim3\mu\text{m}$ 、短径 $0.1\sim0.2\mu\text{m}$ 程度の針状ないし葉脈状粒子からなる粉末であり、実施例3-1と同じ方法で測定した保磁力は2700A/mであった。

これを軟磁性材料粉末の代わりに用いた以外は、実施例3-1と同様にして0.3mm厚さのシート形状に成形して電磁波吸収体、炭化ホウ素粉末及びアクリル樹脂の複合材料を作製して1～110GHzにおける電磁波吸収特性を得て、実施例3-1と同じ評価を行った。結果を表3-1に示した。

[0135] 実施例3-5

実施例3-1の電磁波吸収体を、床面積約 10m^2 、壁面高さ2.4mの方形の部屋の内壁全面に貼付し、部屋の中で、広帯域移動アクセスシステム的一种である住宅内LAN用無線を想定した周波数帯24.75～25.25GHzの電磁波をネットワークア

ナライザを用いて発信させて、部屋の外で、壁面直近の床面から高さ1.2mの位置で受信した。この時受信した電磁波の強度(N)と、部屋の内壁に電磁波吸収体を貼付していない時における受信強度(S)との比をデシベル値($-20\log[N/S]$)に変換したところ22~28デシベルであり、実施例3-1の電磁波吸収体が広帯域移動アクセスシステム用として使用可能であることを確認した。

[0136] [表4]

表 3 - 1

	炭化ホウ素 粉末充填量 (体積%)	磁性材料粉末			複合材料の特性値				
		材質	保磁力 (A/m)	充填量 (体積%)	厚さ (mm)	整合 周波数 (GHz)	整合周波数に おける最大反 射減衰率 (デシベル)	反射減衰率が最大 値(左欄)の80%以 上になる周波数帯域 (GHz)	左記周波数帯域幅 の、整合周波数値 に対する割合 (%)
実施例1	45	センドラスト	105	15	0.3	25.1	28.8	24.3～25.8	6.0
実施例2	40	鉄	80	20	0.3	27.1	26.1	25.9～28.2	8.5
実施例3	20	Mn-Znフェライト	8.7	10	0.2	75.5	24.7	72.7～78.4	7.5
実施例4	60	Ni-Znフェライト	750	5	0.9	5.8	36.6	5.5～6.1	10.3
比較例1	45	—	—	—	0.3	27.2	21.6	27.0～27.4	1.5
比較例2	45	γ -Fe ₂ O ₃	2700	15	0.3	25.0	24.3	24.8～25.2	1.6

産業上の利用可能性

[0137] 特定範囲のホウ素(B)を含有する炭化ホウ素粉末、又は特定範囲の電気伝導度を有する炭化ホウ素粉末と特定範囲の電気伝導度及びDBP吸収量を有するカーボン粉末、或いは特定範囲の電気伝導度を有する炭化ホウ素粉末と特定範囲の保磁力を有する軟磁性材料粉末からなる本発明の電磁波吸収体は、優れた電磁波吸収特性を有し、更に、その実施態様として、熱可塑性樹脂を始めとするいろいろなマトリックス材料と複合化することで、軽量で、電磁波吸収特性に優れた電磁波吸収体が提供される。

[0138] これらの電磁波吸収体は、複素比誘電率の極めて優れた電磁波吸収特性、炭化ホウ素粉末の列理方向と入射電磁波の電界方向の差異に影響されない安定した吸収特性、並びに帯域に幅を持つ電磁波に対する安定した吸収特性等を有するので、広帯域移動アクセスシステム用の不要電磁波の吸収材料、自動車料金収受システム、車載レーダー、情報家電、無線LAN、超高帯域無線(UWB)、携帯電話基地局或いはテレビ受信時におけるゴースト発生防止用等の不要電磁波の吸収材料として、家屋の外装材、壁材或いはカーテン等への広範な産業上の利用可能性を有している。

なお、本出願の優先権主張の基礎となる日本特許願2004-126243号(2004年4月22日に日本特許庁に出願)、日本特許願2004-135216号(2004年4月30日に日本特許庁に出願)及び日本特許願2004-161696号(2004年5月31日に日本特許庁に出願)の明細書、特許請求の範囲及び要約書の全内容をここに引用し、本発明の明細書の開示として、取り入れるものである。

請求の範囲

- [1] 炭化ホウ素粉末のホウ素(B)含有量が80質量%以上96質量%以下であり、該炭化ホウ素粉末が5～70体積%充填されてなることを特徴とする電磁波吸収体。
- [2] ホウ素(B)含有量が80質量%以上96質量%以下である炭化ホウ素粉末を5～70体積%含み、残部がマトリックス材料である請求項1に記載の電磁波吸収体。
- [3] マトリックス材料が熱可塑性樹脂である請求項2に記載の電磁波吸収体。
- [4] 自由空間法で測定した周波数5～110GHzにおける複素比誘電率の実数部が8以上、虚数部が1以上及び誘電正接が0.1以上0.5以下である請求項1～3のいずれか1項に記載の電磁波吸収体。
- [5] 電気伝導度が 5×10^{-6} (S/cm)以上である炭化ホウ素粉末と、DBP(フタル酸ジブチル)吸収量が50～300 (cm³/100g)でありかつ電気伝導度が5 (S/cm)以上のカーボン粉末とを含んでなることを特徴とする電磁波吸収体。
- [6] 相対密度が10～70%である請求項5に記載の電磁波吸収体。
- [7] 炭化ホウ素粉末とカーボン粉末とを合計量で10～70体積%含み、残部がマトリックス材料からなる電磁波吸収体であって、該電磁波吸収体中に、前記炭化ホウ素粉末を5～60体積%、前記カーボン粉末を1～20体積%含んでなる請求項5又は6に記載の電磁波吸収体。
- [8] マトリックス材料が熱可塑性樹脂である請求項7記載の電磁波吸収体。
- [9] 周波数1～110GHzの電磁波を入射角度0°～55°の範囲で入射した場合において、自由空間法で測定した反射減衰率の最大値が15デシベル以上であり、しかも反射減衰率が最大となる周波数(整合周波数)の入射角度に対する変動が平均値に対して±5%以内である請求項5～8のいずれか1項に記載の電磁波吸収体。
- [10] 周波数1～110GHzの直線偏波からなる電磁波を、電界の方向が電磁波吸収体に含まれる炭化ホウ素粉末粒子の列理方向に一致するように入射した場合と、直交するように入射した場合において、自由空間法で測定した反射減衰率の最大値(デシベル値)の差が平均値に対して±10%以下であり、かつ反射減衰率が最大となる周波数(整合周波数)の差が平均値に対して±5%以下である請求項5～8のいずれか1項に記載の電磁波吸収体。

- [11] 電気伝導度が $5 \times 10^{-6} \text{ S/cm}$ 以上である炭化ホウ素粉末と、保磁力が0.1～100 Oe/mの軟磁性材料粉末とからなる混合粉末を10～70体積%含有し、残部がマトリックス材料からなる電磁波吸収体であって、該電磁波吸収体中に、炭化ホウ素粉末を5～60体積%、軟磁性材料粉末を2～40体積%含んでなることを特徴とする電磁波吸収体。
- [12] マトリックス材料が熱可塑性樹脂である請求項11に記載の電磁波吸収体。
- [13] ホウ素(B)含有量が80質量%以上96質量%以下であることを特徴とする電磁波吸収体用の炭化ホウ素粉末。
- [14] 請求項1～12のいずれか1項に記載の電磁波吸収体を含んでなる専用狭域通信(DSRC)用の電磁波吸収体。
- [15] 請求項1～12のいずれか1項に記載の電磁波吸収体を含んでなる自動料金収受システム(ETC)用の電磁波吸収体。
- [16] 請求項1～12のいずれか1項に記載の電磁波吸収体を含んでなる車載レーダー装置用の電磁波吸収体。
- [17] 請求項1～12のいずれか1項に記載の電磁波吸収体を含んでなる情報家電用の電磁波吸収体。
- [18] 請求項1～12のいずれか1項に記載の電磁波吸収体からなる広帯域移動アクセスシステム用の電磁波吸収体。

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/007715

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER Int.Cl. ⁷ H05K9/00, C01B31/36, H01Q17/00 According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) Int.Cl. ⁷ H05K9/00, C01B31/36, H01Q17/00 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2005 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2005 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2005 Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 8-106980 A (Kabushiki Kaisha Nippon Kongsaruto Niigata), 23 April, 1996 (23.04.96), Par. No. [0010] (Family: none)	1-18
A	JP 1-157598 A (Ube Industries, Ltd.), 20 June, 1989 (20.06.89), Full text & US 5094907 A & EP 306311 A1 & DE 3889042 C & CA 1330704 A	1-18
E, A	JP 2005-86115 A (National Institute of Advanced Industrial Science and Technology), 31 March, 2005 (31.03.05), Full text (Family: none)	1-18
☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 12 July, 2005 (12.07.05)		Date of mailing of the international search report 26 July, 2005 (26.07.05)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office		Authorized officer
Facsimile No.		Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/007715

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
E, A	JP 2004-143347 A (Kyocera Corp.), 20 May, 2004 (20.05.04), Full text; Figs. 1 to 6 (Family: none)	1-18

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/007715

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

With respect to the finding on the number of inventions,
invention 1: claims 1 to 4 and 13 to 18
invention 2: claims 5 to 10
invention 3: claims 11 and 12

1. ☒ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.
☒ No protest accompanied the payment of additional search fees.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. ⁷ H05K9/00, C01B31/36, H01Q17/00										
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. ⁷ H05K9/00, C01B31/36, H01Q17/00										
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922-1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971-2005年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2005年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2005年</td> </tr> </table>			日本国実用新案公報	1922-1996年	日本国公開実用新案公報	1971-2005年	日本国実用新案登録公報	1996-2005年	日本国登録実用新案公報	1994-2005年
日本国実用新案公報	1922-1996年									
日本国公開実用新案公報	1971-2005年									
日本国実用新案登録公報	1996-2005年									
日本国登録実用新案公報	1994-2005年									
国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)										
C. 関連すると認められる文献										
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号								
A	JP 8-106980 A (株式会社日本コンサルト新潟) 1996. 04. 23, 段落【0010】 (ファミリーなし)	1-18								
A	JP 1-157598 A (宇部興産株式会社) 1989. 06. 20, 全文 & US 5094907 A & EP 306311 A1 & DE 3889042 C & CA 1330704 A	1-18								
E, A	JP 2005-86115 A (独立行政法人産業技術総合研究所) 2005. 03. 31, 全文 (ファミリーなし)	1-18								
☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。 ☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。										
* 引用文献のカテゴリー 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す) 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」 同一パテントファミリー文献										
国際調査を完了した日 12. 07. 2005	国際調査報告の発送日 26. 7. 2005									
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/JP) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官 (権限のある職員) 川内野 真介 電話番号 03-3581-1101 内線 3391	3S 3022								

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリ*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
E, A	JP 2004-143347 A (京セラ株式会社) 2004. 05. 20, 全文, 第 1-6 図 (ファミリーなし)	1-18

第Ⅱ欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見（第1ページの2の続き）

法第8条第3項（PCT17条(2)(a)）の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. ☐ 請求の範囲 _____ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。つまり、
2. ☐ 請求の範囲 _____ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. ☐ 請求の範囲 _____ は、従属請求の範囲であってPCT規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

第Ⅲ欄 発明の単一性が欠如しているときの意見（第1ページの3の続き）

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるとこの国際調査機関は認めた。

・発明の数の認定について

発明1：請求の範囲1－4，13－18

発明2：請求の範囲5－10

発明3：請求の範囲11，12

1. ☒ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求の範囲について作成した。
2. ☐ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求の範囲について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求の範囲のみについて作成した。
4. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求の範囲について作成した。

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあった。

☒ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがなかった。