

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2016年10月6日(06.10.2016)



(10) 国際公開番号
WO 2016/157554 A1

- (51) 国際特許分類:
H05K 9/00 (2006.01) *C23C 8/10* (2006.01)
B32B 15/08 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/067662
- (22) 国際出願日: 2015年6月18日(18.06.2015)
- (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 2015-070091 2015年3月30日(30.03.2015) JP
- (71) 出願人: J X 金属株式会社(JX NIPPON MINING & METALS CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008164 東京都千代田区大手町一丁目1番2号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 田中 幸一郎 (TANAKA, Koichiro); 〒3170056 茨城県日立市白銀町1-1-2 J X 日鉱日石金属株式会社技術開発センター内 Ibaraki (JP). 佐藤 賢次 (SATO, Kenji); 〒1008164 東京都千代田区大手町2丁目6番3号 J X 日鉱日石金属株式会社電材加工事業本部内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: アクシス国際特許業務法人 (AXIS PATENT INTERNATIONAL); 〒1050004 東京都港区新橋二丁目6番2号 新橋アイマークビル 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, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, 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, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

- 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: ELECTROMAGNETIC SHIELDING MATERIAL

(54) 発明の名称: 電磁波シールド材

(57) Abstract: Provided is an electromagnetic shielding material having excellent electromagnetic shielding properties, lightweight properties, and molding workability. The electromagnetic shielding material has a structure in which at least three sheets of metallic foil are laminated with insulation layers respectively therebetween, wherein a combination of all of the metallic foils and insulation layers forming the electromagnetic shielding material satisfies $\sigma_M \times d_M \times d_R \geq 3 \times 10^{-3}$, where the symbols in the formula are as follows: σ_M represents the conductive rate (S/m) in the metallic foils at 20°C; d_M represents the thickness (m) of the metallic foils; and d_R represents the thickness (m) of the insulation layers.

(57) 要約: 電磁波シールド特性、軽量特性、及び成形加工性に優れた電磁波シールド材を提供する。少なくとも3枚の金属箔が絶縁層を介して積層された構造を有する電磁波シールド材であって、当該電磁波シールド材を構成する金属箔と絶縁層のすべての組み合わせが、 $\sigma_M \times d_M \times d_R \geq 3 \times 10^{-3}$ を満たす電磁波シールド材。但し、式中の記号は以下を示す。 σ_M : 金属箔の20°Cにおける導電率 (S/m)、 d_M : 金属箔の厚み (m)、 d_R : 絶縁層の厚み (m)



WO 2016/157554 A1

明 細 書

発明の名称：電磁波シールド材

技術分野

[0001] 本発明は電磁波シールド材に関する。とりわけ、本発明は電気・電子機器の被覆材又は外装材に関する。

背景技術

[0002] 近年、地球環境問題に対する関心が全世界的に高まっており、電気自動車やハイブリッド自動車といった二次電池を搭載した環境配慮型自動車の普及が進展している。これらの自動車においては、搭載した二次電池から発生する直流電流をインバータを介して交流電流に変換した後、必要な電力を交流モータに供給し、駆動力を得る方式を採用するものが多い。インバータのスイッチング動作等に起因して電磁波が発生する。電磁波は車載の音響機器や無線機器等の受信障害となることから、インバータ或いはインバータと共にバッテリーやモータ等を金属製ケース内に収容して、電磁波シールドするという対策が行われてきた（特開2003-285002号公報）。

[0003] また、自動車に限らず、通信機器、ディスプレイ及び医療機器を含め多くの電気・電子機器から電磁波が放射される。電磁波は精密機器の誤作動を引き起こす可能性があり、更には、人体に対する影響も懸念される。このため、電磁波シールド材を用いて電磁波の影響を軽減する各種の技術が開発されてきた。例えば、銅箔と樹脂フィルムとを積層してなる銅箔複合体が電磁波シールド材として用いられている（特開平7-290449号公報）。銅箔は電磁波シールド性を有し、樹脂フィルムは銅箔の補強のために積層される。また、絶縁材料からなる中間層の内側と外側にそれぞれ金属層を積層した電磁波シールド構造も知られている（特許第4602680号公報）。また、ベース基板と、前記ベース基板の一面に形成されて、金属層および高屈折率層（五酸化ニオブ）を含む複数の反復単位膜で構成された積層部材とを具備する電磁波遮断用光学部材も知られている（特開2008-21979号

公報)。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2003-285002号公報

特許文献2：特開平7-290449号公報

特許文献3：特許第4602680号公報

特許文献4：特開2008-21979号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 自動車においては燃費向上の観点から軽量化が大きな課題となっており、金属材料から樹脂材料や炭素繊維材料への転換も検討が進んでいる。しかしながら、樹脂材料や炭素繊維材料には電磁波シールド効果は期待できない。かといって金属製の電磁波シールド材の厚みを小さくし過ぎると優れたシールド効果（例えば、1MHz～1000MHzにおいて、36dB以上）が得られない。特開平7-290449号公報に記載の技術や特許第4602680号公報の記載の技術も同様であり、優れたシールド効果を得るのに必要な電磁波シールド材の厚みはかなり大きくする必要があり、十分な軽量化が達成できず、また、優れた成形加工性を得ることもできない。特開2008-21979号公報に記載の技術は光の通過を確保するためにナノメートルオーダーの金属層を積層する技術であるため、電磁波シールド特性に限界があるし、薄すぎることで成形加工性にも難がある。

[0006] 本発明は上記事情に鑑みて創作されたものであり、電磁波シールド特性、軽量特性、及び成形加工性に優れた電磁波シールド材を提供することを課題とし、特に電気・電子機器用の被覆材又は外装材として好適な電磁波シールド材を提供することを課題とする。

課題を解決するための手段

[0007] 本発明者は上記課題を解決すべく鋭意検討を重ねたところ、3枚以上の金

属箔を絶縁層を介して積層することで、電磁波シールド効果が格段に向上することを見出した。そして、この際に金属箔の導電率及び厚み、並びに絶縁層の厚みを適切に組み合わせることで特に優れた電磁波シールド効果を示すことを見出した。本発明は当該知見に基づいて完成したものであり、以下のように特定することができる。

[0008] 本発明は一側面において、

少なくとも3枚の金属箔が絶縁層を介して積層された構造を有する電磁波シールド材であって、当該電磁波シールド材を構成する金属箔と絶縁層のすべての組み合わせが、 $\sigma_M \times d_M \times d_R \geq 3 \times 10^{-3}$ を満たす電磁波シールド材。

但し、式中の記号は以下を示す。

σ_M ：金属箔の20℃における導電率（S/m）

d_M ：金属箔の厚み（m）

d_R ：絶縁層の厚み（m）

[0009] 本発明に係る電磁波シールド材の一実施形態においては、各金属箔の20℃における導電率が 1.0×10^6 S/m以上である。

[0010] 本発明に係る電磁波シールド材の別の実施形態においては、各金属箔の厚みが4～100 μmである。

[0011] 本発明に係る電磁波シールド材の更に別の実施形態においては、各絶縁層の20℃における比誘電率が2.0～10.0である。

[0012] 本発明に係る電磁波シールド材の更に別の実施形態においては、各絶縁層の厚みが4～500 μmである。

[0013] 本発明に係る電磁波シールド材の更に別の実施形態においては、金属箔の合計厚みが15～150 μmである。

[0014] 本発明は別の側面において、本発明に係る電磁波シールド材を備えた電気・電子機器用の被覆材又は外装材である。

[0015] 本発明は更に別の側面において、本発明に係る被覆材又は外装材を備えた電気・電子機器である。

発明の効果

[0016] 本発明に係る電磁波シールド材では、3枚以上の金属箔を絶縁層を介して所定の条件下で積層したことで、使用する金属箔の合計厚みを小さくしながらも優れた電磁波シールド効果を得ることが可能となる。これにより、軽量化が達成できるほか、成形加工性も確保することができる。また、本発明に係る電磁波シールド材は金属箔と絶縁層という単純な構成で構築可能であり、経済性にも優れている。

発明を実施するための形態

[0017] (金属箔)

本発明に係る電磁波シールド材に使用する金属箔の材料としては特に制限はないが、交流磁界や交流電界に対するシールド特性を高める観点からは、導電性に優れた金属材料とすることが好ましい。具体的には、導電率が $1.0 \times 10^6 \text{ S/m}$ (20°C の値。以下同じ。)以上の金属によって形成することが好ましく、金属の導電率が $10.0 \times 10^6 \text{ S/m}$ 以上であるとより好ましく、 $30.0 \times 10^6 \text{ S/m}$ 以上であると更により好ましく、 $50.0 \times 10^6 \text{ S/m}$ 以上であると最も好ましい。このような金属としては、導電率が約 $9.9 \times 10^6 \text{ S/m}$ の鉄、導電率が約 $14.5 \times 10^6 \text{ S/m}$ のニッケル、導電率が約 $39.6 \times 10^6 \text{ S/m}$ のアルミニウム、導電率が約 $58.0 \times 10^6 \text{ S/m}$ の銅、及び導電率が約 $61.4 \times 10^6 \text{ S/m}$ の銀が挙げられる。電気抵抗率とコストの双方を考慮すると、アルミニウム又は銅を採用することが実用上好ましい。本発明に係る電磁波シールド材中に使用する金属箔はすべて同一の金属であってもよいし、層毎に異なる金属を使用してもよい。また、上述した金属の合金を使用することもできる。金属箔表面には接着促進、耐環境性、耐熱及び防錆などを目的とした各種の表面処理層が形成されていてもよい。

[0018] 例えば、金属面が最外層となる場合に必要とされる耐環境性、耐熱性を高めることを目的として、Auめっき、Agめっき、Snめっき、Niめっき、Znめっき、Sn合金めっき (Sn-Ag、Sn-Ni、Sn-Cuなど)、クロメート処理などを施すことができる。これらの処理を組み合わせ

もよい。コストの観点からSnめっきあるいはSn合金めっきが好ましい。

[0019] また、金属箔と絶縁層との密着性を高めることを目的として、クロメート処理、粗化処理、Niめっきなどを施すことができる。これらの処理を組み合わせてもよい。粗化処理が密着性を得られやすく好ましい。

[0020] また、直流磁界に対するシールド効果を高めることを目的として、比透磁率の高い金属層を設けることができる。比透磁率の高い金属層としてはFe-Ni合金めっき、Niめっきなどが挙げられる。

[0021] 銅箔を使用する場合、シールド性能が向上することから、純度が高いものが好ましく、純度は好ましくは99.5質量%以上、より好ましくは99.8質量%以上である。銅箔としては、圧延銅箔、電解銅箔、メタライズによる銅箔等を用いることができるが、屈曲性及び成形加工性に優れた圧延銅箔が好ましい。銅箔中に合金元素を添加して銅合金箔とする場合、これらの元素と不可避的不純物との合計含有量が0.5質量%未満であればよい。特に、銅箔中に、Sn、Mn、Cr、Zn、Zr、Mg、Ni、Si、及びAgの群から選ばれる少なくとも1種以上を合計で200~2000質量ppm含有すると、同じ厚みの純銅箔より伸びが向上するので好ましい。

[0022] 本発明に係る電磁波シールド材に使用する金属箔の厚みは、一枚当たり4 μ m以上であることが好ましい。4 μ m未満だと金属箔の延性が著しく低下し、シールド材の成形加工性が不十分となる場合がある。また、一枚当たりの箔の厚みが4 μ m未満だと優れた電磁波シールド効果を得るために多数の金属箔を積層する必要が出てくるため、製造コストが上昇するという問題も生じる。このような観点から、金属箔の厚みは一枚当たり10 μ m以上であることがより好ましく、15 μ m以上であることが更により好ましく、20 μ m以上であることが更により好ましく、25 μ m以上であることが更により好ましく、30 μ m以上であることが更により好ましい。一方で、一枚当たりの箔の厚みが100 μ mを超えても成形加工性を悪化させることから、箔の厚みは一枚当たり100 μ m以下であることが好ましく、50 μ m以下であることがより好ましく、45 μ m以下であることが更により好ましく、

40 μm 以下であることが更により好ましい。

[0023] 金属箔は電磁波シールド材中で少なくとも3層存在することが、金属箔の合計厚みを薄くしながらも優れた電磁波シールド特性を確保する観点から必要である。金属箔の層が1枚や2枚だと、周波数が1 MHz程度の低周波領域において30 dB以上の磁界シールド特性を得るために必要な金属箔の合計厚みが大きくなってしまい、一枚当たりの金属箔の厚みも大きくなるので成形加工性にも悪影響が出る。また、金属箔を3枚以上積層することで、金属箔の合計厚みが同じだとしても金属箔が単層の場合や2枚積層する場合に比べて、シールド効果が顕著に向上する。ただし、金属箔の積層枚数は多い方が電磁波シールド特性は向上するものの、積層枚数を多くすると積層工程が増えるので製造コストの増大を招き、また、シールド向上効果も飽和する傾向にあるため、電磁波シールド材中の金属箔は5枚以下であるのが好ましく、4枚以下であるのがより好ましい。

[0024] 従って、本発明に係る電磁波シールド材の一実施形態においては、金属箔の合計厚みを15～150 μm とすることができ、100 μm 以下とすることもでき、80 μm 以下とすることもでき、60 μm 以下とすることもできる。

[0025] (絶縁層)

本発明に係る電磁波シールド材において、複数枚の金属箔を積層することによる電磁波シールド効果の顕著な改善は、金属箔と金属箔の間に絶縁層を挟み込むことで得られる。金属箔同士を直接重ねても、金属箔の合計厚みが増えることでシールド効果が向上するものの、顕著な向上効果は得られない。これは、金属箔間に絶縁層が存在することで電磁波の反射回数が増えて、電磁波が減衰されることによると考えられる。

[0026] 絶縁層としては、金属層とのインピーダンスの差が大きいものの方が、優れた電磁波シールド効果を得る上では好ましい。大きなインピーダンスの差を生じさせるには、絶縁層の比誘電率が小さいことが必要であり、具体的には10 (20°Cの値。以下同じ。)以下であることが好ましく、5.0以下

であることがより好ましく、3.5以下であることが更により好ましい。比誘電率は原理的には1.0より小さくなることはない。一般的に手に入る材料では低くても2.0程度であり、これ以上低くして1.0に近づけてもシールド効果の上昇は限られている一方、材料自体が特殊なものになり高価となる。コストと作用との兼ね合いを考えると、比誘電率は2.0以上であることが好ましく、2.2以上であることがより好ましい。

[0027] 具体的には、絶縁層を構成する材料としてはガラス、金属酸化物、紙、天然樹脂、合成樹脂が挙げられ、加工性の観点から合成樹脂が好ましい。これらの材料には炭素繊維、ガラス繊維及びアラミド繊維などの繊維強化材を混入させることも可能である。合成樹脂としては、入手のしやすさや加工性の観点から、PET（ポリエチレンテレフタレート）、PEN（ポリエチレンナフタレート）及びPBT（ポリブチレンテレフタレート）等のポリエステル、ポリエチレン及びポリプロピレン等のオレフィン系樹脂、ポリアミド、ポリイミド、液晶ポリマー、ポリアセタール、フッ素樹脂、ポリウレタン、アクリル樹脂、エポキシ樹脂、シリコーン樹脂、フェノール樹脂、メラミン樹脂、ABS樹脂、ポリビニルアルコール、尿素樹脂、ポリ塩化ビニル、ポリカーボネート、ポリスチレン、スチレンブタジエンゴム等が挙げられ、これらの中でも加工性、コストの理由によりPET、PEN、ポリアミド、ポリイミドが好ましい。合成樹脂はウレタンゴム、クロロプレンゴム、シリコーンゴム、フッ素ゴム、スチレン系、オレフィン系、塩ビ系、ウレタン系、アミド系などのエラストマーとすることもできる。更には、合成樹脂自体が接着剤の役割を担ってもよく、この場合は金属箔が接着剤を介して積層された構造となる。接着剤としては特に制限はないが、アクリル樹脂系、エポキシ樹脂系、ウレタン系、ポリエステル系、シリコーン樹脂系、酢酸ビニル系、スチレンブタジエンゴム系、ニトリルゴム系、フェノール樹脂系、シアノアクリレート系などが挙げられ、製造しやすさとコストの理由により、ウレタン系、ポリエステル系、酢酸ビニル系が好ましい。

[0028] 樹脂材料はフィルム状や繊維状の形態で積層することができる。また、金

属箔に未硬化の樹脂組成物を塗布後に硬化させることで樹脂層を形成してもよいが、金属箔に貼付可能な樹脂フィルムとするのが製造しやすさの理由により好ましい。特にPETフィルムを好適に用いることができる。特に、PETフィルムとして2軸延伸フィルムを用いることにより、シールド材の強度を高めることができる。

[0029] 絶縁層の厚みは特に制限されないが、一枚当たりの厚みが4 μm より薄いとシールド材の（伸び）破断歪が低下する傾向にあることから、絶縁層の一枚当たりの厚みは4 μm 以上であることが好ましく、7 μm 以上であることがより好ましく、10 μm 以上であることが更により好ましく、20 μm 以上であることが更により好ましく、40 μm 以上であることが更により好ましく、80 μm 以上であることが更により好ましく、100 μm 以上であることが更により好ましい。一方、一枚当たりの厚みが600 μm を超えてもシールド材の（伸び）破断歪が低下する傾向にある。そこで、絶縁層の一枚当たりの厚みは600 μm 以下であることが好ましく、500 μm 以下であることがより好ましい。

[0030] （電磁波シールド材）

本明細書で使用する各種記号は以下のように定義される。

σ_M ：金属箔の20°Cにおける導電率（S/m）

d_M ：金属箔の厚み（m）

Z_R ：絶縁層のインピーダンス（ Ω ）= $Z_0 \times \sqrt{1/\epsilon_R}$

ϵ_R ：絶縁層の20°Cにおける比誘電率

γ_R ：伝搬定数 = $j \times 2\pi \sqrt{\epsilon_R/\lambda}$ ；jは虚数単位

λ ：波長（m）：1MHzでは300m

d_R ：絶縁層の厚み（m）

Z_0 ：真空のインピーダンス = 377 Ω

本発明に係る電磁波シールド材は、上述した金属箔と絶縁層を積層することで製造可能である。この際、電磁波シールド材を構成する金属箔と絶縁層のすべての組み合わせが、 $\sigma_M \times d_M \times d_R \geq 3 \times 10^{-3}$ を満たすように、金属箔

と絶縁層を選択することが、電磁波シールド効果を顕著に高める観点から重要となる。

[0031] シールド特性は、入射波の電界を E_x^i 、磁界を H_x^i とし、透過波の電界を E_x^t 、磁界を H_x^t とすると、四端子行列を用いて以下の関係で表すことができる。

[数1]

$$\begin{pmatrix} E_x^t \\ H_x^t \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix} \begin{pmatrix} E_x^i \\ H_x^i \end{pmatrix} \quad (\text{式1})$$

[0032] この場合、シールド効果 (SE) は、シェルクノフの式を用いると次式で表現することができる。

[数2]

$$SE = 20 \log |(a + b/Z_0 + cZ_0 + d)/2| \quad (\text{式2})$$

[0033] 金属箔をシールド材として用いたときは、 $a = 1$ 、 $b = 0$ 、 $c = \sigma_M \times d_M$ 、 $d = 1$ とすることができる。これを式1に代入すると次式のようなになる。

[数3]

$$\begin{pmatrix} E_x^t \\ H_x^t \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ \sigma_M d_M & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} E_x^i \\ H_x^i \end{pmatrix} \quad (\text{式3})$$

[0034] 絶縁層をシールド材として用いたときは、 $a = 1$ 、 $b = Z_R \times \gamma_R \times d_R$ 、 $c = \gamma_R \times d_R / Z_R$ 、 $d = 1$ とすることができる。これを式1に代入すると次式のようなになる。

[数4]

$$\begin{pmatrix} E_x^t \\ H_x^t \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & Z_R \gamma_R d_R \\ \gamma_R d_R / Z_R & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} E_x^i \\ H_x^i \end{pmatrix} \quad (\text{式4})$$

[0035] 更に、シールド材を積層したときのシールド特性は各層に対応する四端子行列の積で理論的には求められる。例えば、金属 (M1) / 樹脂 (R1) / 金属 (M2) の積層構造でシールド材を構成したときの入射波と透過波は以

下の式で表すことができる。

[数5]

$$\begin{aligned} \begin{pmatrix} E_x^t \\ H_x^t \end{pmatrix} &= \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ \sigma_{M1}d_{M1} & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & Z_{R1}\gamma_{R1}d_{R1} \\ \gamma_{R1}d_{R1}/Z_{R1} & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ \sigma_{M2}d_{M2} & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} E_x^i \\ H_x^i \end{pmatrix} \\ &= \begin{pmatrix} 1+Z_{R1}\gamma_{R1}d_{R1}\sigma_{M2}d_{M2} & Z_{R1}\gamma_{R1}d_{R1} \\ \sigma_{M1}d_{M1}+Z_{R1}\gamma_{R1}d_{R1}\sigma_{M1}d_{M1}\sigma_{M2}d_{M2}+\gamma_{R1}d_{R1}/Z_{R1}+\sigma_{M2}d_{M2} & 1+Z_{R1}\gamma_{R1}d_{R1}\sigma_{M1}d_{M1} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} E_x^i \\ H_x^i \end{pmatrix} \quad (式5) \end{aligned}$$

[0036] また、金属 (M1) / 樹脂 (R1) / 金属 (M2) / 樹脂 (R2) / 金属 (M3) の積層構造でシールド材を構成したときの入射波と透過波は以下の式で表すことができる。

[数6]

$$\begin{pmatrix} E_x^t \\ H_x^t \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ \sigma_{M1}d_{M1} & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & Z_{R1}\gamma_{R1}d_{R1} \\ \gamma_{R1}d_{R1}/Z_{R1} & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ \sigma_{M2}d_{M2} & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & Z_{R2}\gamma_{R2}d_{R2} \\ \gamma_{R2}d_{R2}/Z_{R2} & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ \sigma_{M3}d_{M3} & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} E_x^i \\ H_x^i \end{pmatrix} \quad (式6)$$

[0037] これを展開すると、次式が得られる。

[数7]

$$\begin{pmatrix} E_x^t \\ H_x^t \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} A & B \\ C & D \end{pmatrix} \begin{pmatrix} E_x^i \\ H_x^i \end{pmatrix} \quad (式7)$$

ここで、A、B、C及びDは以下である。

$$A = 1 + Z_{R1}\gamma_{R1}d_{R1}\sigma_{M2}d_{M2} + Z_{R2}\gamma_{R2}d_{R2}\sigma_{M3}d_{M3} + Z_{R1}\gamma_{R1}d_{R1}\sigma_{M3}d_{M3} + Z_{R1}\gamma_{R1}d_{R1}Z_{R2}\gamma_{R2}d_{R2}\sigma_{M2}d_{M2}\sigma_{M3}d_{M3}$$

$$B = Z_{R2}\gamma_{R2}d_{R2} + Z_{R1}\gamma_{R1}d_{R1}Z_{R2}\gamma_{R2}d_{R2}\sigma_{M2}d_{M2} + Z_{R1}\gamma_{R1}d_{R1}$$

$$C = \sigma_{M1}d_{M1} + \sigma_{M2}d_{M2} + \sigma_{M3}d_{M3} + \gamma_{R1}d_{R1}/Z_{R1} + \gamma_{R2}d_{R2}/Z_{R2} + Z_{R1}\gamma_{R1}d_{R1}\sigma_{M1}d_{M1} + Z_{R1}\gamma_{R1}d_{R1}\sigma_{M1}d_{M1}\sigma_{M3}d_{M3} + Z_{R1}\gamma_{R1}d_{R1}Z_{R2}\gamma_{R2}d_{R2}\sigma_{M1}d_{M1}\sigma_{M2}d_{M2}\sigma_{M3}d_{M3} + Z_{R2}\gamma_{R2}d_{R2}\sigma_{M2}d_{M2}\sigma_{M3}d_{M3} + Z_{R2}\gamma_{R2}d_{R2}\sigma_{M3}d_{M3}\gamma_{R1}d_{R1}/Z_{R1}$$

$$D = Z_{R2}\gamma_{R2}d_{R2}\sigma_{M1}d_{M1} + Z_{R2}\gamma_{R2}d_{R2}\sigma_{M1}d_{M1}\sigma_{M2}d_{M2} + Z_{R2}\gamma_{R2}d_{R2}\sigma_{M2}d_{M2} + Z_{R1}\gamma_{R1}d_{R1}\sigma_{M1}d_{M1} + Z_{R2}\gamma_{R2}d_{R2}\gamma_{R1}d_{R1}/Z_{R1}$$

[0038] 以上の例示から、金属箔と絶縁層の積層体におけるシールド効果は、使用する金属箔と絶縁層のすべての組み合わせについての $\sigma_M \times d_M \times Z_R \times \gamma_R \times d_R$

を大きくすることで、向上可能であることが理論的に理解できる。しかしながら、例えば“畠山賢一著、「初めて学ぶ電磁遮へい講座」科学情報出版（2013年）、56頁”に記載されているように、従来は $(Z_R \times \gamma_R \times d_R)$ は低周波領域では極めて小さく0に近似されるとしていたため、この考え方に従えば $\sigma_M \times d_M \times Z_R \times \gamma_R \times d_R$ も0として近似されるパラメータであった。これに対して本発明者は、適切な金属箔と絶縁層を組み合わせ d_R 、 σ_M 及び d_M を調整することで $\sigma_M \times d_M \times Z_R \times \gamma_R \times d_R$ は0には近似できない程度の大きな値となり、低周波領域においても有意な影響を与えることが分かった。

[0039] 本発明者は金属箔と絶縁層の積層体におけるシールド効果の実験を繰り返す中で、1MHz程度の低周波領域であっても $\sigma_M \times d_M \times d_R$ が有意な影響を与えていることを見出し、電磁波シールド材を構成する金属箔と絶縁層のすべての組み合わせが、 $\sigma_M \times d_M \times d_R \geq 3 \times 10^{-3}$ を満たすように、金属箔と絶縁層を選択することがシールド効果を高める上で極めて効果的であることを見出した。電磁波シールド材を構成する金属箔と絶縁層のすべての組み合わせが、 $\sigma_M \times d_M \times d_R \geq 1 \times 10^{-2}$ であることが好ましく、 $\sigma_M \times d_M \times d_R \geq 4 \times 10^{-2}$ であることがより好ましく、 $\sigma_M \times d_M \times d_R \geq 8 \times 10^{-2}$ であることが更により好ましく、 $\sigma_M \times d_M \times d_R \geq 1 \times 10^{-1}$ であることが更により好ましい。

[0040] $\sigma_M \times d_M \times d_R$ には特段の上限は設定されないが、厚みや使用する材料との兼ね合いから、電磁波シールド材を構成する金属箔と絶縁層のすべての組み合わせについて、通常は $\sigma_M \times d_M \times d_R \leq 10$ であり、典型的には $\sigma_M \times d_M \times d_R \leq 1$ である。

[0041] 絶縁層と金属箔の積層方法としては、絶縁層と金属箔の間に接着剤を用いてもよく、接着剤を用いずに絶縁層を金属箔に熱圧着してもよい。接着剤を用いずに単に重ねる方法でもよいが、電磁波シールド材の一体性を考慮すれば、少なくとも端部（例えばシールド材が四角形の場合は各辺）は接着剤により又は熱圧着により接合することが好ましい。但し、絶縁層に余分な熱を加えないという点からは、接着剤を用いることが好ましい。接着剤としては先述したものと同様であり、特に制限はないが、アクリル樹脂系、エポキシ

樹脂系、ウレタン系、ポリエステル系、シリコン樹脂系、酢酸ビニル系、スチレンブタジエンゴム系、ニトリルゴム系、フェノール樹脂系、シアノアクリレート系などが挙げられ、製造しやすさとコストの理由により、ウレタン系、ポリエステル系、酢酸ビニル系が好ましい。

[0042] 接着剤層の厚みは6 μm 以下であることが好ましい。接着剤層の厚みが6 μm を超えると、金属箔複合体に積層した後に金属箔のみが破断しやすくなる。ただし、先述したような接着剤層が絶縁層の役割を兼ねる場合は、この限りではなく、絶縁層の説明で述べた厚みとすることができる。

[0043] 本発明に係る電磁波シールド材は、少なくとも3枚の金属箔が絶縁層を介して積層された構造を有することを要する。当該要件を具備する積層構造の例としては、以下が挙げられる。括弧で表された層は適宜加えてもよいことを表す。

(1) (絶縁層) / 金属箔 / 絶縁層 / 金属箔 / 絶縁層 / 金属層 / (絶縁層)

(2) (絶縁層) / 金属箔 / 絶縁層 / 金属箔 / 絶縁層 / 金属箔 / 絶縁層 / 金属箔 / (絶縁層)

(1) 及び (2) においては、一つの「金属箔」は絶縁層を介することなく複数の金属箔を積層して構成することができ、一つの「絶縁層」も金属箔を介することなく複数の絶縁層を積層して構成することができる。また、絶縁層や金属箔以外の層を設けることもできる。

[0044] 本発明に係る電磁波シールド材の一実施形態においては、電磁波シールド材の全体厚みを50~1500 μm とすることができ、1000 μm 以下とすることもでき、600 μm 以下とすることもでき、400 μm 以下とすることもでき、200 μm 以下とすることもできる。

[0045] 本発明に係る電磁波シールド材は、特に電気・電子機器（例えば、インバータ、通信機、共振器、電子管・放電ランプ、電気加熱機器、電動機、発電機、電子部品、印刷回路、医療機器等）の被覆材又は外装材、電気・電子機器に接続されたハーネスや通信ケーブルの被覆材、電磁波シールドシート、電磁波シールドパネル、電磁波シールド袋、電磁波シールド箱、電磁波シールド

ルド室など各種の電磁波シールド用途に利用することが可能である。

[0046] 本発明に係る電磁波シールド材の一実施形態によれば、1 MHzにおいて36 dB以上の磁界シールド特性（受信側でどれだけ信号が減衰したか）をもつことができ、好ましくは40 dB以上の磁界シールド特性をもつことができ、より好ましくは50 dB以上の磁界シールド特性をもつことができ、更により好ましくは60 dB以上の磁界シールド特性をもつことができ、更により好ましくは70 dB以上の磁界シールド特性をもつことができ、例えば36～90 dBの磁界シールド特性をもつことができる。本発明においては、磁界シールド特性はKEC法によって測定することとする。KEC法とは、関西電子工業振興センターにおける「電磁波シールド特性測定法」を指す。

実施例

[0047] 以下に本発明の実施例を比較例と共に示すが、これらは本発明及びその利点をよりよく理解するために提供するものであり、発明が限定されることを意図するものではない。

[0048] 表1に記載の各金属箔及び絶縁フィルムを準備して、実施例及び比較例の電磁波シールド材を作製した。表1に記載の各記号は以下を示す。

Cu：圧延銅箔（20℃での導電率： $58.0 \times 10^6 \text{ S/m}$ ）

Al：アルミ箔（20℃での導電率： $39.6 \times 10^6 \text{ S/m}$ ）

電解Cu：電解銅箔（20℃での導電率： $56.0 \times 10^6 \text{ S/m}$ ）

Ni：ニッケル箔（20℃での導電率： $14.5 \times 10^6 \text{ S/m}$ ）

Fe：軟鉄箔（20℃での導電率： $9.9 \times 10^6 \text{ S/m}$ ）

sus：ステンレス箔（20℃での導電率： $1.4 \times 10^6 \text{ S/m}$ ）

PI：ポリイミドフィルム（20℃での比誘電率：3.5）

PET：ポリエチレンテレフタレートフィルム（20℃での比誘電率：3.0）

PTFE：ポリテトラフルオロエチレンフィルム（20℃での比誘電率：2.1）

PA : ポリアミドフィルム (20°Cでの比誘電率 : 6.0)

空隙 : 金属箔同士を空気で隔てた (20°Cでの比誘電率 : 1.0)

[0049] (比較例1~2 : 金属箔一枚の磁界シールド効果)

圧延銅箔 (厚み : 150 μm) 及びアルミ箔 (厚み : 300 μm) について、単層での磁界シールド効果を調査した。用意した金属材料を磁界シールド効果評価装置 (テクノサイエンスジャパン社 型式TSES-KEC) に設置して、周波数を1MHzとし、20°Cの条件下で、KEC法により磁界シールド効果を評価した。

[0050] (比較例3 : 金属箔3枚を積層したときの磁界シールド効果)

圧延銅箔 (厚み : 33 μm) を3枚用意し、これを接着剤を介することなく単純に積層し、磁界シールド効果評価装置 (テクノサイエンスジャパン社 型式TSES-KEC) に設置して、比較例1と同様の方法で磁界シールド効果を評価した。

[0051] (比較例4 : 金属箔2枚を絶縁層を介して積層したときの磁界シールド効果)

絶縁層として厚さ250 μm のポリエチレンテレフタレート (PET) フィルムを用い、金属箔として厚み7 μm の圧延銅箔を用い、接着剤を使用せずに単に積層することで、表1に記載の積層構造をもつ電磁波シールド材を作製した。この電磁波シールド材を磁界シールド効果評価装置 (テクノサイエンスジャパン社 型式TSES-KEC) に設置して、比較例1と同様の方法で磁界シールド効果を評価した。

[0052] (比較例5 : 金属箔2枚を絶縁層を介して積層したときの磁界シールド効果)

絶縁層として厚さ100 μm のポリエチレンテレフタレート (PET) フィルムを用い、金属箔として厚み8 μm の圧延銅箔を用い、接着剤を使用せずに単に積層することで、表1に記載の積層構造をもつ電磁波シールド材を作製した。この電磁波シールド材を磁界シールド効果評価装置 (テクノサイエンスジャパン社 型式TSES-KEC) に設置して、比較例1と同様の

方法で磁界シールド効果を評価した。

[0053] (比較例6：金属箔2枚を空気層を介して設置したときの磁界シールド効果)

絶縁層として空気を用い、金属箔として厚み6 μm 及び30 μm のアルミ箔を用い、表1に記載の積層構造をもつ電磁波シールド材を作製した。この例において、2枚のアルミ箔は中央部に正方形の大きな開口部を有する銅板を挟んで空気中で50 μm の間隔で平行に配置した。この電磁波シールド材を磁界シールド効果評価装置(テクノサイエンスジャパン社 型式TSES-KEC)に設置して、比較例1と同様の方法で磁界シールド効果を評価した。

[0054] (比較例7：金属箔3枚を絶縁層を介して積層したときの磁界シールド効果： $\sigma_M \times d_M \times d_R < 3 \times 10^{-3}$)

絶縁層として厚さ9 μm のポリイミド(PI)フィルムを用い、金属箔として厚み6 μm のアルミ箔を用い、接着剤を使用せずに単に積層することで、表1に記載の積層構造をもつ電磁波シールド材を作製した。この電磁波シールド材を磁界シールド効果評価装置(テクノサイエンスジャパン社 型式TSES-KEC)に設置して、比較例1と同様の方法で磁界シールド効果を評価した。

[0055] (実施例1)

絶縁層として厚さ100 μm のポリイミド(PI)フィルムを用い、金属箔として厚み17 μm の圧延銅箔を用い、接着剤を使用せずに単に積層することで、表1に記載の積層構造をもつ電磁波シールド材を作製した。この電磁波シールド材を磁界シールド効果評価装置(テクノサイエンスジャパン社 型式TSES-KEC)に設置して、比較例1と同様の方法で磁界シールド効果を評価した。

[0056] (実施例2)

絶縁層として厚さ100 μm のポリエチレンテレフタレート(PET)フィルムを用い、金属箔として厚み20 μm のアルミ箔を用い、接着剤を使用

せずに単に積層することで、表1に記載の積層構造をもつ電磁波シールド材を作製した。この電磁波シールド材を磁界シールド効果評価装置（テクノサイエンスジャパン社 型式TSES-KEC）に設置して、比較例1と同様の方法で磁界シールド効果を評価した。

[0057]（実施例3）

絶縁層として厚さ100 μ mのポリエチレンテレフタレート（PET）フィルムを用い、金属箔として厚み30 μ mの電解銅箔を用い、接着剤を使用せずに単に積層することで、表1に記載の積層構造をもつ電磁波シールド材を作製した。この電磁波シールド材を磁界シールド効果評価装置（テクノサイエンスジャパン社 型式TSES-KEC）に設置して、比較例1と同様の方法で磁界シールド効果を評価した。

[0058]（実施例4）

絶縁層として厚さ100 μ mのポリエチレンテレフタレート（PET）フィルムを用い、金属箔として厚み50 μ mのニッケル箔を用い、接着剤を使用せずに単に積層することで、表1に記載の積層構造をもつ電磁波シールド材を作製した。この電磁波シールド材を磁界シールド効果評価装置（テクノサイエンスジャパン社 型式TSES-KEC）に設置して、比較例1と同様の方法で磁界シールド効果を評価した。

[0059]（実施例5）

絶縁層として厚さ100 μ mのポリエチレンテレフタレート（PET）フィルムを用い、金属箔として厚み50 μ mの軟鉄箔を用い、接着剤を使用せずに単に積層することで、表1に記載の積層構造をもつ電磁波シールド材を作製した。この電磁波シールド材を磁界シールド効果評価装置（テクノサイエンスジャパン社 型式TSES-KEC）に設置して、比較例1と同様の方法で磁界シールド効果を評価した。

[0060]（実施例6）

絶縁層として厚さ500 μ mのポリテトラフルオロエチレン（PTFE）フィルムを用い、金属箔として厚み50 μ mのステンレス箔を用い、接着剤

を使用せずに単に積層することで、表1に記載の積層構造をもつ電磁波シールド材を作製した。この電磁波シールド材を磁界シールド効果評価装置（テクノサイエンスジャパン社 型式TSES-KEC）に設置して、比較例1と同様の方法で磁界シールド効果を評価した。

[0061]（実施例7）

絶縁層として厚さ100 μ mのポリエチレンテレフタレート（PET）フィルムを用い、金属箔として厚み6 μ mの圧延銅箔を用い、接着剤を使用せずに単に積層することで、表1に記載の積層構造をもつ電磁波シールド材を作製した。この電磁波シールド材を磁界シールド効果評価装置（テクノサイエンスジャパン社 型式TSES-KEC）に設置して、比較例1と同様の方法で磁界シールド効果を評価した。

[0062]（実施例8）

絶縁層として厚さ100 μ mのポリエチレンテレフタレート（PET）フィルムを用い、金属箔として厚み17 μ mの圧延銅箔を用い、接着剤を使用せずに単に積層することで、表1に記載の積層構造をもつ電磁波シールド材を作製した。この電磁波シールド材を磁界シールド効果評価装置（テクノサイエンスジャパン社 型式TSES-KEC）に設置して、比較例1と同様の方法で磁界シールド効果を評価した。

[0063]（実施例9）

絶縁層として厚さ100 μ mのポリエチレンテレフタレート（PET）フィルムを用い、金属箔として厚み33 μ mの圧延銅箔を用い、接着剤を使用せずに単に積層することで、表1に記載の積層構造をもつ電磁波シールド材を作製した。この電磁波シールド材を磁界シールド効果評価装置（テクノサイエンスジャパン社 型式TSES-KEC）に設置して、比較例1と同様の方法で磁界シールド効果を評価した。

[0064]（実施例10）

絶縁層として厚さ9 μ mのポリエチレンテレフタレート（PET）フィルムを用い、金属箔として厚み7 μ m及び33 μ mの圧延銅箔を用い、接着剤

を使用せずに単に積層することで、表1に記載の積層構造をもつ電磁波シールド材を作製した。この電磁波シールド材を磁界シールド効果評価装置（テクノサイエンスジャパン社 型式TSES-KEC）に設置して、比較例1と同様の方法で磁界シールド効果を評価した。

[0065]（実施例11）

絶縁層として厚さ500 μ mのポリエチレンテレフタレート（PET）フィルムを用い、金属箔として厚み17 μ mの圧延銅箔を用い、接着剤を使用せずに単に積層することで、表1に記載の積層構造をもつ電磁波シールド材を作製した。この電磁波シールド材を磁界シールド効果評価装置（テクノサイエンスジャパン社 型式TSES-KEC）に設置して、比較例1と同様の方法で磁界シールド効果を評価した。

[0066]（実施例12）

絶縁層として厚さ100 μ mのポリテトラフルオロエチレン（PTFE）フィルムを用い、金属箔として厚み17 μ mの圧延銅箔を用い、接着剤を使用せずに単に積層することで、表1に記載の積層構造をもつ電磁波シールド材を作製した。この電磁波シールド材を磁界シールド効果評価装置（テクノサイエンスジャパン社 型式TSES-KEC）に設置して、比較例1と同様の方法で磁界シールド効果を評価した。

[0067]（実施例13）

絶縁層として厚さ100 μ mのポリアミド（PA）フィルムを用い、金属箔として厚み17 μ mの圧延銅箔を用い、接着剤を使用せずに単に積層することで、表1に記載の積層構造をもつ電磁波シールド材を作製した。この電磁波シールド材を磁界シールド効果評価装置（テクノサイエンスジャパン社 型式TSES-KEC）に設置して、比較例1と同様の方法で磁界シールド効果を評価した。

[0068]（実施例14）

絶縁層として厚さ100 μ mのポリエチレンテレフタレート（PET）フィルムを用い、金属箔として厚み33 μ mの圧延銅箔と厚み30 μ mのニッ

ケル箔を用い、接着剤を使用せずに単に積層することで、表1に記載の積層構造をもつ電磁波シールド材を作製した。この電磁波シールド材を磁界シールド効果評価装置（テクノサイエンスジャパン社 型式TSES-KEC）に設置して、比較例1と同様の方法で磁界シールド効果を評価した。

[0069]（実施例15）

絶縁層として厚さ12 μm のポリエチレンテレフタレート（PET）フィルムを用い、金属箔として厚み12 μm の圧延銅箔と厚み17 μm の圧延銅箔を用い、接着剤を使用せずに単に積層することで、表1に記載の積層構造をもつ電磁波シールド材を作製した。この電磁波シールド材を磁界シールド効果評価装置（テクノサイエンスジャパン社 型式TSES-KEC）に設置して、比較例1と同様の方法で磁界シールド効果を評価した。

[0070]（実施例16）

絶縁層として厚さ100 μm のポリエチレンテレフタレート（PET）フィルムを用い、金属箔として厚み12 μm の圧延銅箔を用い、接着剤を使用せずに単に積層することで、表1に記載の積層構造をもつ電磁波シールド材を作製した。この電磁波シールド材を磁界シールド効果評価装置（テクノサイエンスジャパン社 型式TSES-KEC）に設置して、比較例1と同様の方法で磁界シールド効果を評価した。

[0071]（実施例17）

絶縁層として厚さ9 μm のポリエチレンテレフタレート（PET）フィルムを用い、金属箔として厚み20 μm のアルミ箔を用い、接着剤を使用せずに単に積層することで、表1に記載の積層構造をもつ電磁波シールド材を作製した。この電磁波シールド材を磁界シールド効果評価装置（テクノサイエンスジャパン社 型式TSES-KEC）に設置して、比較例1と同様の方法で磁界シールド効果を評価した。

[0072] なお、上記の評価において、金属箔の導電率はJIS C2525:1999のダブルブリッチ法で測定した。比誘電率はJIS C 2151:2006に記載のB法により測定した。

[0073] 結果を表1に示す。表1中の「最小 $\sigma_M d_M d_R$ 」は、各試験例において、使用した金属箔と絶縁層のすべての組み合わせのうち、 $\sigma_M \times d_M \times d_R$ が最も小さくなる金属箔と絶縁層の組み合わせについての値である。比較例1及び2の結果から理解できるように、金属箔一枚では100 μm を超える厚みに設定しても、シールド効果が31～33dB程度しか得られない。比較例3の結果から理解できるように、金属箔のみを積層してもシールド効果の有意な向上は認められない。比較例4～6の結果から理解できるように、金属箔2枚を絶縁層を介して積層しても同様である。また、比較例7の結果から金属箔3枚を絶縁層を介して積層した場合でも、 $\sigma_M \times d_M \times d_R$ が不十分だとシールド効果の向上は限定的であることが分かる。

[0074] 一方、金属箔3枚を絶縁層を介して積層し、且つ、金属箔と絶縁層のすべての組み合わせについて $\sigma_M \times d_M \times d_R$ が 3×10^{-3} 以上である実施例1～17においては、シールド効果が顕著に優れていることが理解できる。例えば、銅箔一枚では31.1dBのシールド効果を得るのに150 μm もの厚みが必要であった比較例1に対して、実施例1ではその約1/3の厚みの銅箔しか用いていないにもかかわらず、約26dBもシールド効果が向上している。また、アルミ箔一枚では33.1dBのシールド効果を得るのに300 μm もの厚みが必要であった比較例2に対して、実施例2ではその1/5の厚みのアルミ箔しか用いていないにもかかわらず、約19dBもシールド効果が向上している。

[0075] また、実施例の中でも、金属箔と絶縁層の組み合わせにおける最小 $\sigma_M d_M d_R$ が高いほうが、金属箔の総厚みを小さくしながら高いシールド効果が得られることも理解できる。例えば、実施例10～13はすべて銅箔の総厚みが51 μm であるが、最小 $\sigma_M d_M d_R$ の違いによってシールド効果に大きな差が生じていることが分かる。

[0076]

[表1]

	積層構造							シールド効果 @1MHz dB	
	第1金属層 厚さ μm	第1絶縁層 厚さ μm	第2金属層 厚さ μm	第2絶縁層 厚さ μm	第3金属層 厚さ μm	第3絶縁層 厚さ μm	第4金属層 厚さ μm		
実施例1	17	100	17	100	17	-	-	9.9E-02	57.6
実施例2	20	100	20	100	20	-	-	7.9E-02	52.1
実施例3	30	100	30	100	30	-	-	1.7E-01	71.1
実施例4	50	100	50	100	50	-	-	7.3E-02	50.0
実施例5	50	100	50	100	50	-	-	5.0E-02	41.0
実施例6	50	500	50	500	50	-	-	3.5E-02	30.8
実施例7	6	100	6	100	6	-	-	3.5E-02	33.5
実施例8	17	100	17	100	17	-	-	9.9E-02	57.6
実施例9	33	100	33	100	33	-	-	1.9E-01	74.4
実施例10	7	9	33	9	33	-	-	3.7E-03	30.1
実施例11	17	500	17	500	17	-	-	4.9E-01	85.1
実施例12	17	100	17	100	17	-	-	9.9E-02	57.6
実施例13	17	100	17	100	17	-	-	9.9E-02	57.6
実施例14	33	100	30	100	33	-	-	4.4E-02	62.1
実施例15	12	12	17	12	17	12	12	8.4E-03	32.7
実施例16	12	100	12	100	12	100	12	7.0E-02	61.6
実施例17	20	9	20	9	20	9	20	7.1E-03	36.8
比較例1	150	-	-	-	-	-	-	-	31.1
比較例2	300	-	-	-	-	-	-	-	33.1
比較例3	33	-	33	-	33	-	-	-	27.6
比較例4	7	250	7	-	-	-	-	-	28.2
比較例5	8	100	8	-	-	-	-	-	22.9
比較例6	6	50	30	-	-	-	-	-	26.6
比較例7	6	9	6	9	6	6	6	2.1E-03	11.8

請求の範囲

- [請求項1] 少なくとも3枚の金属箔が絶縁層を介して積層された構造を有する電磁波シールド材であって、当該電磁波シールド材を構成する金属箔と絶縁層のすべての組み合わせが、 $\sigma_M \times d_M \times d_R \geq 3 \times 10^{-3}$ を満たす電磁波シールド材。
- 但し、式中の記号は以下を示す。
- σ_M ：金属箔の20℃における導電率（S/m）
- d_M ：金属箔の厚み（m）
- d_R ：絶縁層の厚み（m）
- [請求項2] 各金属箔の20℃における導電率が 1.0×10^6 S/m以上である請求項1に記載の電磁波シールド材。
- [請求項3] 各金属箔の厚みが4～100 μ mである請求項1又は2に記載の電磁波シールド材。
- [請求項4] 各絶縁層の20℃における比誘電率が2.0～10.0である請求項1～3の何れか一項に記載の電磁波シールド材。
- [請求項5] 各絶縁層の厚みが4～500 μ mである請求項1～4の何れか一項に記載の電磁波シールド材。
- [請求項6] 金属箔の合計厚みが15～150 μ mである請求項1～5の何れか一項に記載の電磁波シールド材。
- [請求項7] 請求項1～6の何れか一項に記載の電磁波シールド材を備えた電気・電子機器用の被覆材又は外装材。
- [請求項8] 請求項7に記載の被覆材又は外装材を備えた電気・電子機器。

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2015/067662

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
H05K9/00(2006.01)i, B32B15/08(2006.01)i, C23C8/10(2006.01)i

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)
H05K9/00, B32B15/08, C23C8/10

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	1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2015	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2015

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.
X	JP 2003-060387 A (Furukawa Techno-Research Co., Ltd.), 28 February 2003 (28.02.2003), entire text; all drawings (Family: none)	1-8
A	JP 2006-135020 A (Kitagawa Industries Co., Ltd.), 25 May 2006 (25.05.2006), entire text; all drawings (Family: none)	1-8
A	JP 2006-156946 A (Kitagawa Industries Co., Ltd.), 15 June 2006 (15.06.2006), entire text; all drawings (Family: none)	1-8

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search 11 September 2015 (11.09.15)	Date of mailing of the international search report 29 September 2015 (29.09.15)
---	--

Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer Telephone No.
--	---

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/067662

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2010-168605 A (Nippon Mining & Metals Co., Ltd.), 05 August 2010 (05.08.2010), entire text; all drawings (Family: none)	1-8
A	WO 2011/121801 A1 (JX Nippon Mining & Metals Corp.), 06 October 2011 (06.10.2011), entire text; all drawings & CN 102812792 A & EP 2542043 A1 & JP 5000792 B2 & KR 10-2012-0063545 A & RU 2012126950 A & TW 201206335 A & US 2013/0206471 A1	1-8

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） Int.Cl. H05K9/00(2006.01)i, B32B15/08(2006.01)i, C23C8/10(2006.01)i		
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. H05K9/00, B32B15/08, C23C8/10		
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 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2015年 日本国実用新案登録公報 1996-2015年 日本国登録実用新案公報 1994-2015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 請求項の番号
X	JP 2003-060387 A（古河テクノリサーチ株式会社）2003.02.28, 全文,全図（ファミリーなし）	1-8
A	JP 2006-135020 A（北川工業株式会社）2006.05.25, 全文,全図（ファミリーなし）	1-8
A	JP 2006-156946 A（北川工業株式会社）2006.06.15, 全文,全図（ファミリーなし）	1-8
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> 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 11.09.2015	国際調査報告の発送日 29.09.2015	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ISA/J P） 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） 遠藤 邦喜 電話番号 03-3581-1101 内線 3391	3 S 3 7 4 2

C (続き) . 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 請求項の番号
A	JP 2010-168605 A (日鉱金属株式会社) 2010. 08. 05, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-8
A	WO 2011/121801 A1 (J X日鉱日石金属株式会社) 2011. 10. 06, 全文, 全図 & CN 102812792 A & EP 2542043 A1 & JP 5000792 B2 & KR 10-2012-0063545 A & RU 2012126950 A & TW 201206335 A & US 2013/0206471 A1	1-8