

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6379071号  
(P6379071)

(45) 発行日 平成30年8月22日 (2018. 8. 22)

(24) 登録日 平成30年8月3日 (2018. 8. 3)

(51) Int. Cl.

F I

H 0 5 K 9/00 (2006. 01)

H 0 5 K 9/00 W

B 3 2 B 15/08 (2006. 01)

B 3 2 B 15/08 E

B 3 2 B 7/02 (2006. 01)

B 3 2 B 7/02 1 0 4

請求項の数 10 (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2015-120679 (P2015-120679)  
(22) 出願日 平成27年6月15日 (2015. 6. 15)  
(65) 公開番号 特開2017-5214 (P2017-5214A)  
(43) 公開日 平成29年1月5日 (2017. 1. 5)  
審査請求日 平成29年10月24日 (2017. 10. 24)

(73) 特許権者 502362758  
J X 金属株式会社  
東京都千代田区大手町一丁目1番2号  
(74) 代理人 110000523  
アクシス国際特許業務法人  
(72) 発明者 冠 和樹  
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  
(72) 発明者 田中 幸一郎  
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

審査官 石坂 博明

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電磁波シールド材

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

N を 2 以上の整数としたときに、厚さ  $5 \sim 100 \mu\text{m}$  の N 枚の金属箔と、厚さ  $5 \mu\text{m}$  以上の N + 1 枚の樹脂層が交互に積層された積層体、または、厚さ  $5 \sim 100 \mu\text{m}$  の N + 1 枚の金属箔と厚さ  $5 \mu\text{m}$  以上の N 枚の樹脂層が交互に積層された積層体により構成される電磁波シールド材であって、前記積層体の厚さが  $100 \sim 500 \mu\text{m}$  であり、前記積層体の厚さ中心を基準として上下両側にある樹脂層と金属箔の順番が対応し合う境界面について基準からこれら境界面までの距離がすべて誤差  $\pm 10\%$  以内である電磁波シールド材。

【請求項 2】

樹脂層の一枚当たりの厚みが  $5 \mu\text{m}$  以上  $150 \mu\text{m}$  以下である請求項 1 に記載の電磁波シールド材。

10

【請求項 3】

前記樹脂層が熱可塑性樹脂からなる請求項 1 又は 2 に記載の電磁波シールド材。

【請求項 4】

前記樹脂層は応力歪み曲線 (S S 曲線) において / が  $= 0.2 \sim 0.5$  で常に  $0 \text{ Pa}$  以上である請求項 1 ~ 3 の何れか一項に記載の電磁波シールド材。

【請求項 5】

前記金属箔が銅箔である請求項 1 ~ 4 の何れか一項に記載の電磁波シールド材。

【請求項 6】

前記金属箔の樹脂層との界面に Ni、Cr、Co 及び Fe よりなる群から選択される少

20

なくとも１種以上の元素を含むめっきが施されている請求項１～５の何れか一項に記載の電磁波シールド材。

【請求項 ７】

めっき付着量が合計で  $50 \sim 600 \mu\text{g} / \text{d m}^2$  である請求項６に記載の電磁波シールド材。

【請求項 ８】

前記金属箔の表面粗さが  $R_z$ （十点平均粗さ）で  $0.1 \sim 1.5 \mu\text{m}$  である請求項１～７の何れか一項に記載の電磁波シールド材。

【請求項 ９】

請求項１～８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。

10

【請求項 １０】

請求項９に記載の被覆材又は外装材を備えた電気・電子機器。

【発明の詳細な説明】

【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】

20

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）。

30

40

【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】

50

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は立体成形が可能であるものの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が得られないし、割れやすくなって成形加工も難しくなる。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性にも難がある。

10

【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、金属箔及び樹脂層を5枚以上交互に積層することで、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、積層体の厚さ中心から厚み方向に対称性のある積層構造とすることで、金属箔と樹脂層の密着性が高くなり、高い成形性が得られることを見出した。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。

20

【0008】

本発明は一側面において、 $N$ を2以上の整数としたときに、厚さ $5 \sim 100 \mu\text{m}$ の $N$ 枚の金属箔と、厚さ $5 \mu\text{m}$ 以上の $N+1$ 枚の樹脂層が交互に積層された積層体、または、厚さ $5 \sim 100 \mu\text{m}$ の $N+1$ 枚の金属箔と厚さ $5 \mu\text{m}$ 以上の $N$ 枚の樹脂層が交互に積層された積層体により構成される電磁波シールド材であって、前記積層体の厚さが $100 \sim 500 \mu\text{m}$ であり、前記積層体の厚さ中心を基準として上下両側にある樹脂層と金属箔の順番が対応し合う境界面について基準からこれら境界面までの距離がすべて誤差 $\pm 10\%$ 以内である電磁波シールド材である。

【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、前記樹脂層が熱可塑性樹脂からなる。

30

【0010】

本発明に係る電磁波シールド材の別の一実施形態においては、前記樹脂層は応力歪み曲線（SS曲線）において  $\sigma/\epsilon$  が  $0.2 \sim 0.5$  で常に  $0 \text{ Pa}$  以上である。

【0011】

本発明に係る電磁波シールド材の更に別の一実施形態においては、前記金属箔が銅箔である。

【0012】

本発明に係る電磁波シールド材の更に別の一実施形態においては、前記金属箔の樹脂層との界面に $\text{Ni}$ 、 $\text{Cr}$ 、 $\text{Co}$ 及び $\text{Fe}$ よりなる群から選択される少なくとも1種以上の元素を含むめっきが施されている。

40

【0013】

本発明に係る電磁波シールド材の更に別の一実施形態においては、めっき付着量が合計で $50 \sim 600 \mu\text{g}/\text{dm}^2$ である。

【0014】

本発明に係る電磁波シールド材の更に別の一実施形態においては、前記金属箔の表面粗さが $R_z$ （十点平均粗さ）で $0.1 \sim 1.5 \mu\text{m}$ である。

【0015】

本発明は別の一側面において、本発明に係る電磁波シールド材を備えた電気・電子機器

50

用の被覆材又は外装材である。

【0016】

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】

【0017】

本発明に係る電磁波シールド材では、優れた電磁波シールド特性を有することに加えて、軽量化が達成できるほか、厚み方向に対称性の高い積層構造を採用したことで成形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樹脂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。

10

【図面の簡単な説明】

【0018】

【図1】本発明に係る電磁波シールド材を構成する積層体構造の一例を模式的に示す。

【発明を実施するための形態】

【0019】

(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、電気抵抗率が $5.0 \times 10^{-5} \cdot \text{m}$  ( $20$  の値。以下同じ。)以下の金属によって形成することが好ましく、金属の電気抵抗率が $1.0 \times 10^{-7} \cdot \text{m}$ 以下であるとより好ましく、 $7.0 \times 10^{-8} \cdot \text{m}$ 以下であると更により好ましく、 $5.0 \times 10^{-8} \cdot \text{m}$ 以下であると最も好ましい。このような金属としては、電気抵抗率が約 $1.0 \times 10^{-7} \cdot \text{m}$ の鉄や、電気抵抗率が約 $2.65 \times 10^{-8} \cdot \text{m}$ のアルミニウム、電気抵抗率が約 $1.68 \times 10^{-8} \cdot \text{m}$ の銅、及び電気抵抗率が約 $1.59 \times 10^{-8} \cdot \text{m}$ 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く、アルミニウムは異種金属と接触すると腐食しやすいことから電磁波シールド材のようにアースを必要とする材料には銅がより適している。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、耐熱又は防錆などを目的としためっき層等の各種表面処理層が形成されていてもよい。

20

30

【0020】

例えば、金属箔表面が酸化すると樹脂層との密着性が低下する。このため、金属箔の樹脂層と接触する表面に、Ni、Cr、Co及びFeよりなる群から選択される少なくとも1種以上の元素を含むめっき層を形成することが、金属箔表面の酸化を防止して樹脂層との密着性を向上させる観点から好ましい。樹脂層との密着性が向上することにより、成形加工時に樹脂層と金属箔の剥離が生じにくくなる。また、シールド性能を向上させる効果もある。

【0021】

Cu等の金属箔を構成する元素をめっき表面まで拡散させると密着性の低下につながるため、めっき層の単位面積当たりの付着量は合計で $50 \mu\text{g} / \text{dm}^2$ 以上とすることが好ましく、 $100 \mu\text{g} / \text{dm}^2$ 以上とすることがより好ましく、 $150 \mu\text{g} / \text{dm}^2$ 以上とすることが更により好ましい。また、めっき層が厚いと硬くなり、成形性の劣化につながるから、めっき層の付着量は合計で $600 \mu\text{g} / \text{dm}^2$ 以下とすることが好ましく、 $500 \mu\text{g} / \text{dm}^2$ 以下とすることがより好ましく、 $400 \mu\text{g} / \text{dm}^2$ 以下とすることが更により好ましい。

40

【0022】

めっき層の有無に関わらず、金属箔表面の粗さは、アンカー効果による樹脂層との密着性を向上させる観点から、Rz (十点平均粗さ)で $0.1 \mu\text{m}$ 以上であることが好ましく、 $0.3 \mu\text{m}$ 以上であることがより好ましく、 $0.6 \mu\text{m}$ 以上であることが更により好ま

50

しい。また、金属箔表面の粗さが大きすぎると当該金属箔との接着界面近傍における樹脂強度が劣化しやすい。樹脂強度が劣化することにより成形加工時に樹脂層が凝集破壊を起こして密着性が低下する。このため、金属箔表面の粗さは、 $R_z$ で $1.5\mu\text{m}$ 以下であることが好ましく、 $1.3\mu\text{m}$ 以下であることがより好ましく、 $1.2\mu\text{m}$ 以下であることが更により好ましい。本発明において、 $R_z$ （十点平均粗さ）はJIS B0601:1994に準拠して接触式粗さ計により測定される。

#### 【0023】

また、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てもよい。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。

10

#### 【0024】

金属箔として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。

20

#### 【0025】

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、薄すぎると金属箔の延性が低下し、シールド材の成形時に割れやすくなる。割れが生じた場合、シールド効果も低下してしまう。また、一枚当たりの箔の厚みが薄すぎる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あるため、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、金属箔は一枚当たり $5\mu\text{m}$ 以上であることが好ましく、 $10\mu\text{m}$ 以上であることがより好ましく、 $15\mu\text{m}$ 以上であることが更により好ましく、 $20\mu\text{m}$ 以上であることが更により好ましく、 $25\mu\text{m}$ 以上であることが更により好ましく、 $30\mu\text{m}$ 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厚すぎると剛性が出て成形性を悪化させることから、金属箔の厚みは一枚当たり $100\mu\text{m}$ 以下であることが好ましく、 $75\mu\text{m}$ 以下であることがより好ましく、 $50\mu\text{m}$ 以下であることが更により好ましく、 $40\mu\text{m}$ 以下であることが更により好ましい。なお、本発明においては、めっき層を金属箔上に形成する場合は、金属箔の厚みはめっき層の厚みを含めた厚さを指すこととする。

30

#### 【0026】

##### （樹脂層）

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樹脂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、金属箔間に樹脂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。

40

#### 【0027】

成形性を向上させるためには接着剤を用いずに樹脂層と金属箔が直接接着することが好ましい。このような観点から樹脂層としては熱可塑性樹脂を用いるのが好ましい。樹脂層の材料として熱可塑性樹脂を使用することで樹脂層と金属箔が熱圧着可能となる。熱可塑性樹脂としては、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、シリコン樹脂

50

、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（PVC）、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。熱可塑性樹脂はウレタンゴム、クロロプレンゴム、シリコンゴム、フッ素ゴム、スチレン系、オレフィン系、塩ビ系、ウレタン系、アミド系などの熱可塑性エラストマーとすることもできる。本発明に係る電磁波シールド材中に使用する樹脂層はすべて同一の樹脂であってもよいし、層毎に異なる樹脂を使用してもよい。また、上述した樹脂のアロイを使用することもできる。樹脂層には炭素繊維、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。

#### 【0028】

成形性の観点からは、引っ張り応力に対して樹脂層全体にわたって均一に変形が進行する樹脂が優れている。局部変形をすると樹脂層は割れなくても金属箔が割れるおそれが高くなるからである。具体的には、前記樹脂層は応力歪み曲線（SS曲線）において  $\sigma/\epsilon$  が  $= 0.2 \sim 0.5$  で常に  $0 \text{ Pa}$  以上であることが好ましい。応力歪み曲線（SS曲線）において  $\sigma/\epsilon$  が金属箔単体の特性として破断が起きやすい  $= 0.2 \sim 0.5$  で樹脂層単体の  $\sigma/\epsilon$  が負になる箇所が存在すると積層体としたときも局部的に変形する場所があり、成形加工時に金属箔が破断しやすくなる。

#### 【0029】

応力歪み曲線（SS曲線）において  $\sigma/\epsilon$  が  $= 0.2 \sim 0.5$  で常に  $0 \text{ Pa}$  以上である樹脂を製造する方法として、鎖状高分子同士が水素結合によって結ばれているような構造にする、フィルムを延伸する方法などが挙げられる。

#### 【0030】

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。

#### 【0031】

このように、金属箔と樹脂層は接着剤を介さずに積層するのが好ましいが、接着剤により積層することも必要に応じて可能である。接着剤を使用する場合、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。接着剤を使用する場合、接着剤層の厚みは  $6 \mu\text{m}$  以下であることが好ましい。接着剤層の厚みが  $6 \mu\text{m}$  を超えると、金属箔と樹脂層を積層した後に金属箔のみが破断しやすくなる。

#### 【0032】

樹脂層の厚みは、薄すぎると成形時に金属箔ごと割れてシールド性を劣化させるおそれがあるので、一枚当たりの厚みが  $5 \mu\text{m}$  以上であることが好ましく、 $10 \mu\text{m}$  以上であることがより好ましく、 $15 \mu\text{m}$  以上であることが更により好ましく、 $20 \mu\text{m}$  以上であることが更により好ましい。一方、樹脂層の一枚当たりの厚みが厚すぎると柔軟性を劣化させるため、筐体にシールド材をフィットさせ難くなる。そこで、樹脂層の一枚当たりの厚みは  $200 \mu\text{m}$  以下であることが好ましく、 $150 \mu\text{m}$  以下であることがより好ましく、 $125 \mu\text{m}$  以下であることが更により好ましい。

#### 【0033】

（電磁波シールド材）

本発明に係る電磁波シールド材は、上述した金属箔と樹脂層を積層することで製造可能である。本発明に係る電磁波シールド材は一実施形態において、 $N$  を2以上の整数としたときに、 $N$  枚の金属箔と、 $N + 1$  枚の樹脂層が交互に積層された積層体により構成される。本実施態様においては、樹脂層が積層体の最上層及び最下層を構成する。樹脂層が積層体の最外層を構成することで成形性が向上するという利点を得られる。また、金属箔が保護されるため、金属箔の腐食や酸化を防止することができるという利点も得られる。但し

10

20

30

40

50

、本実施態様においては、アースを取るための加工が必要なために製造コストが上昇する。

#### 【0034】

本発明に係る電磁波シールド材は別の一実施形態において、 $N$ を2以上の整数としたときに、 $N+1$ 枚の金属箔と $N$ 枚の樹脂層が交互に積層された積層体により構成される。本実施態様においては、金属箔が積層体の最上層及び最下層を構成する。金属箔が積層体の最外層を構成する場合、樹脂層が最外層を構成する場合に比べて成形性は劣るがアースを取るための加工が容易になる。

#### 【0035】

$N$ は大きいほうが金属箔と樹脂層の間で電磁波の反射回数が多くなってシールド効果も上昇しやすいことから、 $N$ は好ましくは3以上であり、より好ましくは4以上である。しかしながら、 $N$ が大きくなると一枚当たりの樹脂層及び金属箔の厚みを小さくする必要があり、 $N$ が過大だと成形時に割れが発生しやすくなること及び製造コストが増大することから、 $N$ は好ましくは6以下であり、より好ましくは5以下である。

#### 【0036】

上記の何れの態様においても、積層体を構成する金属箔及び樹脂層の総数は奇数となる。これにより、金属箔又は樹脂層を中心層として上下方向（板厚中心から積層体の上面及び下面に向かう板厚方向を指す）に対称な積層構造を構築することが可能である。対称性の高い積層構造を採用することにより、成形加工時に金属箔の割れを抑制する効果が得られる。本発明者の検討結果によれば、積層体の厚さ中心を基準として上下両側にある樹脂層と金属箔の順番が対応し合う境界面について基準からこれら境界面までの距離がすべて誤差 $\pm 10\%$ 以内であることが好ましい。

ここで、積層体の厚さ中心を基準として上下両側にある樹脂層と金属箔の順番が対応し合う境界面について基準からこれら境界面までの距離がすべて誤差 $\pm 10\%$ 以内というのは、積層体の厚さ中心から上側にある樹脂層と金属箔の界面までの距離を順に算出し、積層体の厚さ中心から下側にある樹脂層と金属箔の界面までの距離を順に算出し、厚さ中心からの順番が同じ二つの界面までの距離の差が厚さ中心から短い方の距離に対し $10\%$ 以内であることを意味する。対応し合う境界面はすべて誤差 $\pm 8\%$ 以内の距離にあることがより好ましく、すべて誤差 $\pm 6\%$ 以内の距離にあることが更により好ましく、すべて誤差 $\pm 4\%$ 以内の距離にあることが更により好ましく、すべて誤差 $0\%$ の距離にあることが最も好ましい。

#### 【0037】

図1には、本発明に係る電磁波シールド材を構成する積層体構造の一例を模式的に示している。図1の積層体は金属箔4枚（それぞれ厚みを $a$ 、 $c$ 、 $e$ 、 $g$ とする。）、絶縁フィルム3枚（それぞれの厚みを $b$ 、 $d$ 、 $f$ とする。）を使用し、積層体の板厚中心に配置された絶縁フィルムから上下方向に金属箔及び絶縁フィルムが交互に積層された構造を有する。板厚中心から上方及び下方に向かってそれぞれ第1界面、第2界面及び第3界面が存在する。板厚中心から上方第1界面までの距離（ $2/d$ ）と、板厚中心から下方第1界面までの距離（ $2/d$ ）は必然的に等しい。板厚中心から上方第2界面までの距離（ $2/d+c$ ）と、板厚中心から下方第2界面までの距離（ $2/d+e$ ）については、両者の距離の差 $=|(2/d+c)-(2/d+e)|=|c-e|$ が、（ $2/d+c$ ）及び（ $2/d+e$ ）の小さい値に対して $10\%$ 以内にある。例えば、（ $2/d+c$ ） $<$ （ $2/d+e$ ）の場合は、 $0 \leq |c-e|/(2/d+c) < 0.1$ である。（ $2/d+c$ ） $=$ （ $2/d+e$ ）の場合はどちらを分母にしてもよい。板厚中心から上方第3界面までの距離（ $2/d+c+b$ ）と、板厚中心から下方第3界面までの距離（ $2/d+e+f$ ）については、両者の距離の差 $=|(2/d+c+b)-(2/d+e+f)|=|(c+b)-(e+f)|$ が、（ $2/d+c+b$ ）及び（ $2/d+e+f$ ）の小さい値に対して $10\%$ 以内にある。例えば、（ $2/d+c+b$ ） $<$ （ $2/d+e+f$ ）の場合は、 $0 \leq |(c+b)-(e+f)|/(2/d+c+b) < 0.1$ である。（ $2/d+c+b$ ） $=$ （ $2/d+e+f$ ）の場合はどちらを分母にしてもよい。

## 【 0 0 3 8 】

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  $30 \sim 150 \mu\text{m}$  とすることができ、 $100 \mu\text{m}$  以下とすることもでき、 $80 \mu\text{m}$  以下とすることもできる。

## 【 0 0 3 9 】

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、樹脂層の合計厚みを  $50 \sim 400 \mu\text{m}$  とすることができ、 $300 \mu\text{m}$  以下とすることもでき、 $200 \mu\text{m}$  以下とすることもできる。

## 【 0 0 4 0 】

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、電磁波シールド材を構成する積層体の全体厚みが  $100 \mu\text{m}$  以上である。積層体の全体厚みを  $100 \mu\text{m}$  以上とすることにより、成形加工しても割れにくいという利点が得られる。積層体の全体厚みは好ましくは  $200 \mu\text{m}$  以上である。また、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、電磁波シールド材を構成する積層体の全体厚みが  $500 \mu\text{m}$  以下である。積層体の全体厚みを  $500 \mu\text{m}$  以下とすることにより、成形加工が容易になるという利点が得られる。積層体の全体厚みは好ましくは  $400 \mu\text{m}$  以下であり、より好ましくは  $300 \mu\text{m}$  以下である。

## 【 0 0 4 1 】

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。特に、これらの用途において電磁波シールド材の立体成形品が要求される部位へ好適に使用可能である。

## 【 0 0 4 2 】

本発明に係る電磁波シールド材の一実施形態によれば、 $200 \text{ kHz}$  において  $23 \text{ dB}$  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  $25 \text{ dB}$  以上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」を指すものである。

## 【実施例】

## 【 0 0 4 3 】

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。

## 【 0 0 4 4 】

## ( 1 . 金属箔の準備 )

表 1 に記載の各金属箔を準備した。金属箔は試験番号に応じて表 1 に記載の金属のインゴットを作製し、熱間圧延及び冷間圧延を行った後、焼鈍及び冷間圧延を繰り返して表 1 に記載の各厚みの金属箔を得た。めっきをする場合は、脱脂及び酸洗後に、金属箔の両面に、試験番号に応じて表 1 に記載の組成及び付着量の条件で電気めっきを施した。最後に、再結晶焼鈍を行うことで金属箔を軟化させた。めっきをしない場合は、再結晶焼鈍前に脱脂及酸洗をせず再結晶焼鈍を行い、最後に酸洗を行った。表中、「 - 」とあるのはめっきを施さなかった例である。なお、各金属箔は表面粗さの測定、めっき付着量の測定及び積層体の作製がそれぞれ実施できるように十分な大きさを作製した。

## 【 0 0 4 5 】

表 1 に記載の各記号は以下を示す。金属箔の導電率は JIS C 2525 : 1999 のダブルブリッチ法で測定した。

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 :  $39.6 \times 10^6 \text{ S/m}$  )



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

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

【0046】

<表面粗さの測定>

上で準備した各金属箔（めっきを施した場合はめっき後の金属箔）の表面粗さ $R_z$ （十点平均粗さ）をJIS B 0601：1994に準拠して接触式粗さ計（（株）小坂研究所製 表面粗さ測定器 SE-3400）により測定した。銅箔表面の $R_z$ を複数回測定したときの平均値を表1に示している。 $R_z$ の値は概ね $\pm 0.2 \mu\text{m}$ 以内のバラツキであった。表1には一つの試験例につき一つの $R_z$ の値が掲載されているが、一つの試験例において使用したすべての金属箔の表面における $R_z$ を表1に記載の値から $\pm 0.2 \mu\text{m}$ に調整したということを意味する。 $R_z$ の調整はめっきの電流密度やめっき前の金属箔の粗さを変化させることで可能である。

10

【0047】

<めっき付着量の測定>

単位面積当たりのめっき付着量をめっき前後の重量を測定することで算出した。付着量は合金めっきの場合は各めっき元素の付着量の合計値で表している。なお、表1には一つの試験例につき一つの付着量の値が掲載されているが、一つの試験例において使用したすべての金属箔の表面におけるめっき付着量を表1に記載の値の $\pm 5 \mu\text{g/dm}^2$ に調整したということを意味する。

20

【0048】

（2．絶縁フィルムの準備）

絶縁フィルムは市販品を使用した。表1に記載の各記号は以下を示す。

PP：熱可塑性ポリプロピレンフィルム

PBT：熱可塑性ポリブチレンテレフタレートフィルム

TPU：熱可塑性ポリウレタンフィルム

PC：熱可塑性ポリカーボネートフィルム

TPI：熱可塑性ポリイミド

【0049】

< / の測定>

準備した各絶縁フィルムに対して、JIS K 7127：1999に準拠して、幅12.7×長さ150mmの試験片を作製し、引っ張り試験機（島津製作所製 型式オートグラフAGS-10kN）を用いて引っ張り速度50mm/minで引っ張り試験を実施することで、応力歪み曲線（SS曲線）を得た。試験例毎に積層体に使用するすべての絶縁フィルムについて  $= 0.2 \sim 0.5$  における / が常に0Pa以上である場合をとし、積層体に使用する少なくとも一枚の絶縁フィルムについて  $= 0.2 \sim 0.5$  における / が0Pa未満になる箇所がある場合を×とした。結果を表1に示す。使用した絶縁フィルムの種類が同一でも、鎖状高分子同士が水素結合によって結ばれているような構造になっていない、又はフィルムが延伸されていない比較例3及び4は評価が×となった。

30

【0050】

（3．電磁波シールド材の作製）

準備した金属箔及び絶縁フィルムを交互に積層して圧力10N/cm<sup>2</sup>として、PPが160、PBTが200、TPUが180、PCが230、TPIが280の温度で熱圧着することにより、表1に記載の各積層構造を有する実施例及び比較例の電磁波シールド材を作製した。

40

【0051】

<対称性>

電磁波シールド材を構成する積層体の板厚中心から絶縁フィルム（樹脂層）と金属箔の各界面までの板厚方向の距離をそれぞれ算出した。板厚中心から一方の板面へ向う方向の各界面までの距離と、板厚中心から反対側の板面へ向かう方向の各界面までの距離を比較

50

し、対応し合う界面までの二つの距離の差が板厚中心から短い方の距離に対しすべて10%以内である場合を とし、それ以外を×とした。結果を表2に示す。

#### 【0052】

##### <密着性評価>

各試験例において使用した金属箔と樹脂層を一枚ずつ別途用意し、両者を圧力10N/cm<sup>2</sup>として、PPが160、PBTが200、TPUが180、PCが230、TPIが280の温度で熱圧着してピール試験用の試料を作製した。次いで、得られた試料に対してJIS C5016:1994に準拠して、90°ピール試験を行った。ピール強度が0.7kN/m以上の場合を、0.3kN/m以上0.7kN/m未満の場合を○、0.3kN/m未満の場合を×とした。結果を表2に示す。

10

#### 【0053】

##### <成形性評価>

各試験例の電磁波シールド材を半径50mmの半球を作る金型にて材料温度及び金型温度を50にし、5tプレスにて成形したときに、金属箔又は積層体(金属箔+樹脂層)が割れてしまうものを×、割れないものを とした。なお、樹脂層だけが割れることはなかった。結果を表2に示す。

#### 【0054】

##### <シールド特性>

各試験例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、周波数を200kHzとし、20の条件下で、KEC法により磁界シールド効果を評価した。25dB以上のシールド効果があったものを、23dB以上25dB未満であったものを、23dB未満であったものを×とした。結果を表2に示す。

20

#### 【0055】

##### (考察)

結果を表2に示す。比較例1は金属箔及び樹脂層の数が不足していたことから、高い電磁波シールド効果は得られなかった。比較例2~7は積層体の対称性が悪かったことから、成形性に問題が生じた。また、比較例2は粗い表面を持つロールで圧延をして、銅表面の粗さR<sub>z</sub>を0.8μmにしたことにより密着性は良好であった。比較例3はめっきを施したが金属箔の粗さR<sub>z</sub>が大きいために樹脂が凝集破壊を起こしたことで、密着性及び成形性が悪かった。比較例1、4はCu-Ni-Co合金めっきを施し、さらに表面粗さR<sub>z</sub>が0.8μmとなるようにめっきを施したことにより密着性は良好であった。比較例5及び6はめっきを施していないことから、密着性も悪かった。比較例7はTPUとCu-Ni-Co合金めっきの相性がよく、金属箔の表面粗さが適切であったことで密着性はよかったが、対称性の問題から成形性は不十分となった。一方、実施例1~18は金属箔及び樹脂層の積層構造が適切であり、電磁波シールド特性、軽量特性、及び成形性において優れたバランスを有していた。

30

#### 【0056】

【表 1 - 1】

実施例	積層構造	金属箔					樹脂層				
		種類	枚数	厚さ(μ m) 積層順に記載	めっき		Rz (μ m)	種類	枚数	厚さ(μ m) 積層順に記載	δ σ / δ ε
					組成	付着量 (μ g/dm <sup>2</sup> )					
1	PP/Cu/PP/Cu/PP	Cu	2	35, 35	Ni-Co合金	105	0.5	PP	3	25, 150, 25	○
2	Cu/PBT/Cu/PBT/Cu	Cu	3	18, 18, 18	Ni	60	0.4	PBT	2	100, 100	○
3	TPU/Cu/TPU/Cu/TPU	Cu	2	35, 35	Cu-Ni合金	230	0.7	TPU	3	50, 100, 50	○
4	PC/Cu/PC/Cu/PC/Cu/PC/Cu/PC	Cu	4	18, 9, 9, 18	Cu-Ni-Co合金	480	1.2	PC	5	25, 25, 50, 25, 25	○
5	PP/Cu/PP/Cu/PP	Cu	2	18, 18	—	—	0.7	PP	3	50, 150, 50	○
6	Cu/PBT/Cu/PBT/Cu	Cu	3	18, 12, 18	Fe	50	0.4	PBT	2	100, 100	○
7	TPU/Cu/TPU/Cu/TPU	Cu	2	18, 18	Cu-Ni-Co合金	230	0.7	TPU	3	50, 100, 50	○
8	Cu/PC/Cu/PC/Cu	Cu	3	18, 35, 18	Cu-Ni-Co合金	230	0.7	PC	2	100, 100	○
9	PP/Cu/PP/Cu/PP	Cu	2	35, 35	Cu-Ni-Co合金	250	0.7	PP	3	100, 100, 100	○
10	PBT/Cu/PBT/Cu/PBT/Cu/PBT	Cu	3	18, 12, 18	Cu-Ni-Co合金	240	0.7	PBT	4	50, 100, 100, 50	○
11	TPU/Cu/TPU/Cu/TPU	Cu	2	35, 35	Cu-Ni-Co合金	260	0.7	TPU	3	50, 150, 50	○
12	TPI/Cu/TPI/Cu/TPI/Cu/TPI	Cu	3	18, 18, 18	Cu-Ni-Co合金	260	0.7	TPI	4	75, 75, 75, 75	○
13	PC/Ni/PC/Ni/PC	Ni	2	30, 30	—	—	0.5	PC	3	100, 100, 100	○
14	PP/Al/PP/Al/PP	Al	2	25, 25	—	—	0.6	PP	3	75, 100, 75	○
15	PBT/Fe/PBT/Fe/PBT	Fe	2	50, 50	—	—	0.7	PBT	3	100, 150, 100	○
16	TPU/Al/TPU/Al/TPU	Al	2	25, 25	—	—	0.8	TPU	3	50, 75, 50	○
17	PC/Cu/PC/Cu/PC/Cu/PC/Cu/PC	Cu	4	18, 12, 9, 18	Cu-Ni-Co合金	480	1.2	PC	5	25, 25, 100, 25, 25	○
18	TPU/Cu/TPU/Cu/TPU/Cu/TPU/Cu/TPU	Cu	4	18, 9, 9, 22	Cu-Ni-Co合金	480	1.2	TPU	5	50, 50, 100, 50, 50	○

【表 1 - 2】

比較例	積層構造	金属箔					樹脂層			
		種類	枚数	厚さ(μ m) 積層順に記載	めっき		種類	枚数	厚さ(μ m) 積層順に記載	$\partial \sigma / \partial \varepsilon$
					組成	付着量 (μ g/dm <sup>2</sup> )				
1	PP/Cu/PP	Cu	1	50	Cu-Ni-Co合金	250	PP	2	50, 50	○
2	Cu/TPU/Cu	Cu	2	18, 35	—	—	TPU	1	50	○
3	Cu/PC/Cu/PC/Cu/PC/Cu	Cu	4	12, 12, 12, 12	Cu-Ni合金	1050	PC	3	50, 75, 75	×
4	PP/Cu/PP/Cu/PP	Cu	2	12, 35	Cu-Ni-Co合金	250	PP	3	50, 50, 100	×
5	PP/Ni/PP/Ni/PP/Ni/PP	Ni	3	30, 30, 30	—	—	PP	4	100, 50, 100, 50	○
6	PBT/Al/PBT/Al/PBT/Al/PBT	Al	3	50, 25, 50	—	—	PBT	4	25, 12, 25, 12	○
7	TPU/Cu/TPU/Cu/TPU/Cu/TPU/Cu/TPU	Cu	4	18, 9, 9, 20	Cu-Ni-Co合金	480	TPU	5	50, 50, 100, 75, 50	○

【表 2 - 1】

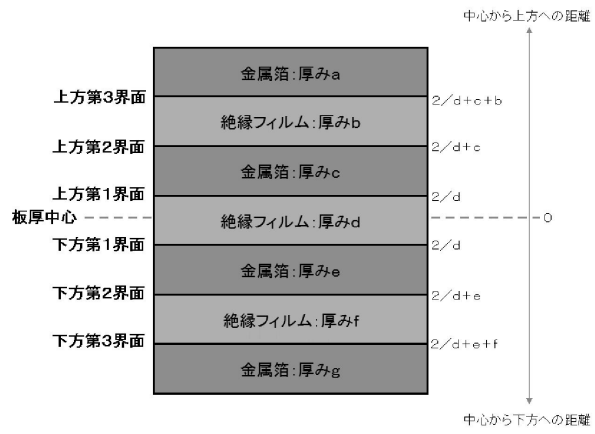
実施例	シールド材の特性評価				
	対称性	密着性	成形性	総厚 ( $\mu\text{m}$ )	シールド効果
1	○	◎	◎	135	◎
2	○	◎	◎	254	◎
3	○	◎	◎	270	◎
4	○	◎	◎	204	◎
5	○	○	○	286	◎
6	○	◎	◎	248	◎
7	○	◎	◎	236	◎
8	○	◎	◎	271	◎
9	○	◎	◎	370	◎
10	○	◎	◎	348	◎
11	○	◎	◎	320	◎
12	○	◎	◎	354	◎
13	○	○	○	360	○
14	○	○	○	300	○
15	○	○	○	450	○
16	○	○	○	225	○
17	○	◎	◎	254	◎
18	○	◎	◎	381	◎

【 0 0 5 9 】

【表 2 - 2】

比較例	シールド材の特性評価				
	対称性	密着性	成形性	総厚 ( $\mu\text{m}$ )	シールド効果
1	○	◎	○	150	×
2	×	○	×	103	◎
3	×	×	×	248	◎
4	×	○	×	247	◎
5	×	×	×	390	◎
6	×	×	×	149	◎
7	×	◎	×	381	◎

【図 1】



---

フロントページの続き

(56)参考文献 特開2012-109452(JP,A)  
特開2003-060387(JP,A)  
特開平06-085488(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
H05K 9/00  
B32B 7/02  
B32B 15/08