(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7655196号
(P7655196)

(45)発行日　令和7年4月2日(2025.4.2)

(24)登録日　令和7年3月25日(2025.3.25)

(51)国際特許分類		FI		
H05K	*9/00 (2006.01)*	H05K	9/00	W
H01F	*1/14 (2006.01)*	H05K	9/00	X
H01F	*1/153(2006.01)*	H01F	1/14	ZNM
H01F	*1/16 (2006.01)*	H01F	1/153	133
H01F	*1/04 (2006.01)*	H01F	1/16	

請求項の数　11　外国語出願　（全13頁）　最終頁に続く

(21)出願番号　特願2021-181264(P2021-181264)
(22)出願日　令和3年11月5日(2021.11.5)
(65)公開番号　特開2022-75645(P2022-75645A)
(43)公開日　令和4年5月18日(2022.5.18)
審査請求日　令和6年3月20日(2024.3.20)
(31)優先権主張番号　17/090,328
(32)優先日　令和2年11月5日(2020.11.5)
(33)優先権主張国・地域又は機関
米国(US)

(73)特許権者　000003207
トヨタ自動車株式会社
愛知県豊田市トヨタ町１番地
(74)代理人　100099759
弁理士　青木 篤
(74)代理人　100123582
弁理士　三橋 真二
(74)代理人　100092624
弁理士　鶴田 準一
(74)代理人　100147555
弁理士　伊藤 公一
(74)代理人　100123593
弁理士　関根 宣夫
(74)代理人　100133835
弁理士　河野 努

最終頁に続く

(54)【発明の名称】　多層電磁遮蔽複合材料

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

低周波電磁波を遮蔽するための多層材料において：

複数の反復する材料交互層セットを含んでおり、各々の反復する交互層セットが：

導電層と；

磁性材料の連続層を含む磁性層と；

を含んでいる、多層材料であって、

約１ＭＨｚ未満の周波数を有する電磁波を遮蔽するように構成されており、

第１の導電層および第１の磁性材料を伴う第１の交互層セットと；第１の導電層とは異なる第２の導電層および第１の磁性材料とは異なる第２の磁性材料を伴う第２の交互層セットと；を含んでいる、

多層材料。

【請求項２】

前記導電層が高導電性金属を含む、請求項１に記載の多層材料。

【請求項３】

前記導電層が２次元遷移金属炭化物を含む、請求項１に記載の多層材料。

【請求項４】

前記複数の反復する材料交互層セットの総厚み寸法が約２００μｍ未満である、請求項１に記載の多層材料。

【請求項５】

前記複数の反復する材料交互層セットの総厚み寸法が約１５０μｍ未満である、請求項１に記載の多層材料。
【請求項６】
各々の導電層が、約１０μｍ～約５０μｍの厚み寸法を有する、請求項１に記載の多層材料。
【請求項７】
前記多層材料が、約１００ｋＨｚ未満の周波数を有する電磁波を遮蔽するように構成されている、請求項１に記載の多層材料。
【請求項８】
前記磁性材料の前記連続層が、焼鈍磁性ナノ粒子を含む、請求項１に記載の多層材料。
【請求項９】
前記磁性材料の前記連続層が、磁性ナノ粒子の固体層を含む、請求項１に記載の多層材料。
【請求項１０】
前記磁性材料の前記連続層が、約１００～約１，０００，０００の透磁性数を示す、請求項１に記載の多層材料。
【請求項１１】
請求項１に記載の前記多層材料を含んでいる電磁シールドを伴う車両構成要素。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本開示は、概して電磁遮蔽に関し、より詳細には、例えば約１ＭＨｚ未満の低い周波数を有する電磁波を遮蔽するための多層材料に関する。
【背景技術】
【０００２】
提供される背景技術の説明は、概して本開示の背景を提示するためのものである。本背景技術節に記載され得る限りでの本発明人らの研究および、別の形で出願時点で先行技術として適格となり得ない該明細書の態様は、明示的にであれ暗示的にであれ、本技術に対抗する先行技術として認められない。
【０００３】
電気エネルギを使用し、伝送し、又は分配する電子デバイスは、電磁干渉とも呼ばれる電磁波を創出する。電磁干渉は、電場と磁場の振動の結果であり、波動は伝搬方向に直交して進む。電磁干渉は、他の電子デバイスにとって有害であり得、潜在的に、いくつかの事例においてデバイスの劣化または機能不全を導く。
【０００４】
車両は、原動機、出力制御ユニット、バッテリ、電気ワイヤなどを含め、多くの低周波騒音源を有し得る。これらのおよび他の電子デバイスは、ＫＨｚ～ＭＨｚの範囲内の周波数を有する低周波電磁波を放射し得る。これらの電磁波は、他の車両デバイスと有害な形で干渉する可能性があり、例えば、臓器の電子的制御を支援する人工心臓などのデバイスと干渉することによって、人間の健康に対して負の影響も及ぼす潜在的可能性も存在する。望まれない干渉は、比較的厚みがあって重い金属シールドを用いて、予め遮蔽されてきた。導電性の高い材料である銅、高透磁性材料であるニッケルを使用しても、概して、質量または厚みに正規化された場合、高い遮蔽有効性は提供されない。
【０００５】
車両内で使用される増加する数の電子デバイス、特により高速でより小さいサイズで動作する電子デバイスは、潜在的に、望まれない電磁干渉を増大させる可能性がある。
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００６】
より高い周波数（ＧＨｚ範囲およびそれ以上）における電磁干渉の遮蔽においては近年

改善がなされてきたと思われるが、低周波電磁放射線を遮蔽するためのコンパクトで軽量、かつ費用効果性の高い材料に対するニーズは、なおも存在している。

【課題を解決するための手段】

【０００７】

本節は概して、開示を要約するものであり、その全範囲またはその全ての特徴を広範囲に開示するものではない。

【０００８】

一態様において、本技術は、低周波電磁波を遮蔽するための多層材料を提供する。多層材料は、複数の反復する材料交互層セットを含み得る。各々の反復する交互層セットは、導電層と、磁性材料の連続層を含み得る磁性層と、を含んでいてよい。多層材料は、概して低い周波数を有する、例えば約１ＭＨｚ未満の周波数を示す電磁波を遮蔽するように構成されている。いくつかの例において、導電層は２次元遷移金属炭化物を含み得る。

【０００９】

別の態様では、本技術は、低周波電磁波を遮蔽するための噴霧可能な複合組成物を提供する。複合組成物は、液状樹脂基材と、液状樹脂基材の内部に配置されたフレーク状材料とを含む。フレーク状材料は、複数の反復する材料交互層セットを含み得る。各々の反復する材料交互層セットは、導電層および磁性層を含み得る。磁性層は、磁性材料の連続層として提供されてよい。基板または構造化された構成要素への適用時点で、複合組成物は、約１ＭＨｚ未満の周波数を有する電磁波を遮蔽するように構成されている。

【００１０】

さらに他の態様において、本技術は、低周波電磁波を遮蔽するための複合材料を形成する方法を提供する。該方法は、複数の反復する材料交互層セットを含む多層材料を提供することを含む。各々の反復する交互層セットは、導電層と磁性材料の連続層を含む磁性層とを含む。該方法は、多層材料をフレークに整形またはサイズ決定することと、多層材料のフレークと液状樹脂基材の均質な混合物を作製することとを含む。該方法は、均質な混合物を基板または構造化された構成要素に塗布してコーティングを形成することを含む。さまざまな態様において、コーティングは、約１ＭＨｚ未満の周波数を有する電磁波を遮蔽するように構成されている。

【００１１】

さらなる利用可能性ある分野および開示された技術を増強するさらなる方法は、提供されている説明から明らかになるものである。本要約中の説明および具体例は、例示を意図したものにすぎず、本開示の範囲を限定するように意図されていない。

【００１２】

本教示は、詳細な説明および添付図面から、より完全に理解されるものである。

【図面の簡単な説明】

【００１３】

【図１】図１は、出力制御ユニット、バッテリおよび電気ラインなどのデバイスから発出される電磁放射線を示す、車両の略図である。

【図２】図２は、本技術のさまざまな態様に係る多層材料の第１の例示的表現を提供する略図である。

【図３】図３は、本技術にしたがって作製された多層材料から結果としてもたらされる、遮蔽特性に寄与し得る潜在的遮蔽メカニズムの一般化を提供する略図である。

【図４Ａ】図４Ａは、いくつかの層内で異なる材料を使用し得る本技術の態様に係る多層材料の追加の例示的表現を提供する略図である。

【図４Ｂ】図４Ｂは、いくつかの層内で異なる材料を使用し得る本技術の態様に係る多層材料の追加の例示的表現を提供する略図である。

【図４Ｃ】図４Ｃは、いくつかの層内で異なる材料を使用し得る本技術の態様に係る多層材料の追加の例示的表現を提供する略図である。

【図５】図５は、本技術のさまざまな態様に係る多層材料の断片またはフレークを含むコーティングの例示的表現を提供する略図である。

【図６Ａ】図６Ａは、さまざまな数の層および固定された総厚みを有する多層材料についての遠視野シミュレーションのための周波数対遮蔽有効性の例示的プロットを示す。
【図６Ｂ】図６Ｂは、さまざまな数の層および固定された総厚みを有する多層材料についての遠視野シミュレーションのための周波数対遮蔽有効性の例示的プロットを示す。
【図６Ｃ】図６Ｃは、さまざまな数の層および固定された総厚みを有する多層材料についての遠視野シミュレーションのための周波数対遮蔽有効性の例示的プロットを示す。
【００１４】
本明細書中に記載されている図は、いくつかの態様を説明する目的で、本技術の特徴のうち、方法、アルゴリズムおよびデバイスの一般的特徴を例示するように意図されている。これらの図は、いずれかの所与の態様の特徴を精確に反映していない可能性があり、必ずしもこの技術の範囲内に入る具体的実施形態を定義または限定するように意図されていない。さらに、いくつかの態様は、図の組合せに由来する特徴を組込むことができる。
【発明を実施するための形態】
【００１５】
有効な電磁遮蔽材料は、電磁波の反射および吸収の両方および／または干渉を含めたさまざまなメカニズムによって、望ましくない電磁干渉を削減することができなければならない。或る種の低周波干渉については、磁場遮蔽に関して強調する必要性が存在する場合がある。本技術は、電磁遮蔽材料として有用な軽量、多層複合材料を提供し、これは低周波数で発生し得る磁場遮蔽の必要性にも対処する。
【００１６】
本技術の多層複合材料は、車両において、１つ以上の電子デバイスに由来し得る電場および／または磁場から誘発された低周波電磁波および電磁干渉を遮蔽するために特に有用であり得る。さまざまな態様において、多層複合材料は、複数の反復する材料交互層セットを含み得る。各々の反復する交互層セットは導電層と磁性層を含み得る。以下でより詳細に論述されているように、磁性層は、磁性材料の連続層を含み得る。多層複合材料は概して、例えば約１ＭＨｚ未満の比較的低い周波数を有する電磁波を遮蔽するように構成されている。いくつかの態様において、多層複合材料は、約１００ｋＨｚ未満の周波数を有する電磁波を遮蔽するように構成され得る。導電層は、高い伝導率を提供するためにさまざまな異なる材料および構成を含むことができ、いくつかの非限定的態様においては、２次元遷移金属炭化物を含み得る。多層複合材料は、単独でまたは別の基板または構造的構成要素と組合わせた形で使用可能である薄膜または層として提供され得ることが企図されている。他の使用では、多層複合材料は、小さな断片またはフレークとして整形および／またはサイズ決定することが可能である。さまざまな態様において、フレークは、例えば１つ以上の整形された車両用構成要素上に適用すべき電磁シールドコーティングを形成するため、噴霧適用技術を介して塗布／被着され得る混合物を形成する目的で、液状樹脂などの適切な基材と混合可能である。
【００１７】
図１は、内部パッセンジャコンパートメント２４内の前部および後部座席乗員２２を伴う例示的乗用車２０の概略的例示である。車両２０は、さまざまな構成要素および電子デバイスを含む可能性があり、出力制御ユニット２６、バッテリ２８およびさまざまなワイヤおよび／または電気ライン３０と共に、具体的に示されている。例示を目的として、出力制御ユニット２６、バッテリ２８および電気ライン３０は、それらが発出する電磁波３２ａ、３２ｂ、３２ｃと共に示されている。本技術の多層複合材料は、車両構成要素のための電磁シールドとして役立つ薄膜、膜組立体またはコーティングとして使用され得ることが想定されている。例えば、さまざまな態様において、多層複合材料は、車両２０の任意の基板または構造的構成要素上に、戦略的に塗布されるか、または絶縁体などの他の材料と共に組込まれて、車両２０のパッセンジャコンパートメント２４または他の所望される内部部域を電磁波３２ａ、３２ｂ、３２ｃの少なくとも一部分から遮蔽することができると考えられる。本技術のさまざまな態様が車両２０内で使用するための電磁遮蔽の利用分野を基準にして論述され得るものの、本開示は自動車以外の利用分野のためにも同様に

応用可能であり、いかなる形であれ範囲が限定されるようには意図されていない、ということを理解すべきである。例えば、薄膜、膜組立体またはコーティングを支持し電磁シールドとして役立つ能力を有する基礎となる構造を提供する、中実または多孔性であり得る多くの形態のベース基板または類似の材料と組合わせて、多層複合材料を使用することができる。

【００１８】

図２は、本技術のさまざまな態様に係る多層材料３６の第１の例示的表現を提供する略図である。多層材料３６は、第１の材料層セット３８と第２の材料層セット４０を伴って具体的に示されており、第１および第２の層セット３８、４０の間には任意の数の反復する交互層のセットが位置設定されて、総厚みあるいは高さ寸法ｈを提供している。厚み寸法ｈは、多くの異なる要因および材料特性に基づいて変動し得るものの、さまざまな態様において、厚み寸法ｈは、約２００μｍ未満、約１５０μｍ未満、約１００μｍ未満さらには約７５μｍ未満であり得る。示されているように、各々の層セット３８、４０は、導電層４２および磁性層４４を含み得る。層セット３８、４０内部の導電層４２および磁性層４４の配向または組立て順序は、変動し得る。

【００１９】

以上で簡単に言及された通り、有効な電磁遮蔽材料が、さまざまなメカニズムによって望ましくない電磁干渉を低減させることができるはずである。概して、吸収が典型的に主要なまたは一次的遮蔽メカニズムであり、反射が多くの場合に二次的遮蔽メカニズムであると理解されている。反射は、単一反射および多重反射、ならびに、明確に異なる層の間に発生する層間反射を含み得る。図３は、本技術の多層材料の結果としてもたらされる遮蔽に寄与すると考えられる遮蔽メカニズムの一般化を提供する略図である。例えば、さまざまな入射電磁波４６が「ｙ」方向に進んで、多層材料３６の表面４８と最初に接触することができる。入射波４６の一部分は、反射波５０として表面４８から直ちに反射し得、入射波４６の他の部分は、弱化した伝送波５２、吸収波５４および実質的に「ｘ」方向に進む層間反射波５６としてさまざまな層を通って進むことができる。いくつかの波は、究極的に、出射波５８として通過し得るが、強度が低下して減衰している確率が高い。理論により束縛されることはないものの、導電層４２からの反射に加えて、高い透磁性値を有する磁性材料を含む磁性層４４の使用は、磁場に関して高い遮蔽能力を示すと考えられており、これは、低周波電磁波を遮蔽する場合に極めて有利である。詳細には、さまざまな層の間のインピーダンス不整合が重要であり得、さまざまな層内への吸収を最終的に導き得る内部反射の増大をひき起こす。低周波数では、透磁性がより強い効果を有すると考えられている。

【００２０】

本技術の多層材料３６の導電層４２の中に提供された導電性構成要素は、電磁場と相互作用するための電荷担体を提供する目的で、好ましくは、比較的高い伝導度を有する。電磁シールドで有用な多くの従来の導電層は、導電性金属を含む。したがって、導電層４２は、その最も単純な形態において、金属膜または層などの非常に薄く導電性の高い金属として提供され得る。例えば、磁性材料間に配置された銅層は、伝導率が比較的高いことから遮蔽有効性を改善し得る。多くの例において、各々の導電層４２は、薄い単層として原子的に薄い厚み寸法で、あるいは一部の例においては約１０μｍ～約５０μｍの厚み寸法を有して、提供され得る。いくつかの態様において、導電層４２の伝導率が高くなれば、厚み寸法が増大すると遮蔽有効性を改善することができる。したがって、導電層４２は、導電性スペーサとして機能し得る。異なる層セットの導電層４２は、概して、実質的に同じ厚み寸法で提供され得る。他の態様では、いくつかの導電層４２は、異なる厚み寸法で提供され得る。さらに他の態様では、導電層４２は、導電性金属などの導電性材料を含むポリマーマトリクス複合材料としても提供され得ることが想定されている。

【００２１】

薄い金属膜または層に対する代替案として、本技術は同様に、多層材料３６の導電層４２としてのＭＸｅｎｅの使用も提供している。本技術分野では公知であるように、ＭＸｅ

ｎｅは、多くの利用分野で使用されてきた２次元（２Ｄ）遷移金属炭化物、炭窒化物および窒化物のファミリである。電磁遮蔽に関して、ＭＸｅｎｅは、優れた柔軟性を示し、製造および加工が容易であり、最小厚みで高い伝導率を示す。さまざまな態様において、ＭＸｅｎｅは、薄層または単層、例えば数原子の厚みの層として提供され得る。他の態様においては、ＭＸｅｎｅは、導電層４２を形成する複数の積重ね層として提供され得る。複数の層を使用する態様では、層は、同じまたは異なる材料および組成物を含み得る。層は同様に、同じまたは異なる厚み寸法でも提供され得る。

【００２２】

本技術分野において公知であるように、ＭＸｅｎｅ化合物または組成物は、概して第１および第２の表面を有する１つの層として配設された２次元無機材料を含む。ＭＸｅｎｅ層は、結晶セルの実質的に２次元のアレイであり得、各々の結晶セルは、各々のＸがＭの８面体アレイ内に位置付けされているような$M_{n+1}X_n$という実験式を有し；式中Ｍは少なくとも１つのＩＩＩＢ、ＩＶＢ、ＶＢまたはＶＩＢ族金属であり；各ＸはＣ、Ｎまたはそれらの組合せであり；ｎ＝１、２または３である。

【００２３】

ＭＸｅｎｅ組成物は、さまざまな特許および出版物中に記載されてきており、本明細書には簡潔さのため、組成物、電気的特性およびＭＸｅｎｅ組成物製造方法のさまざまな詳細は含まれていない。あらゆる公知のＭＸｅｎｅ組成物が、本技術で使用するために潜在的に応用可能なものとみなされるべきである。しかしながら、完全を期するために、Ｍは、Ｓｃ、Ｙ、Ｌｕ、Ｔｉ、Ｚｒ、Ｈｆ、Ｖ、Ｎｂ、Ｔａ、Ｃｒ、ＭｏまたはＷのうちの少なくとも１つであり得る。これらの組成物のいくつかには、$M_{n+1}X_n$が、Sc_2C、Ti_2C、V_2C、Cr_2C、Cr_2N、Zr_2C、Nb_2C、Hf_2C、Ti_3C_2、V_3C_2、Ta_3C_2、Ti_4C_3、V_4C_3、Ta_4C_3、Sc_2N、Ti_2N、V_2N、Cr_2N、Cr_2N、Zr_2N、Nb_2N、Hf_2C、Ti_3N_2、V_3C_2、Ta_3C_2、Ti_4N_3、V_4C_3、Ta_4N_3またはそれらの組合せまたは混合物を含んでいる１つ以上の実験式を有するものが含まれる。いくつかの態様においては、$M_{n+1}X_n$構造には、Ti_3C_2、Ti_2C、Ta_4C_3または$(V_{1/2}Cr_{1/2})_3C_3$が含まれる。いくつかの他の態様では、ＭはＴｉまたはＴａであり、ｎは１、２または３であり、例えば実験式Ti_3C_2またはTi_2Cを有し、ここで各層の表面のうちの少なくとも１つは、水酸化物、酸化物、亜酸化物またはそれらの組合せを含む表面終端を有する。

【００２４】

他の態様において、各ＸがＭ’とＭ’’の８面体アレイ内に位置付けされているような$M'_2M''_nX_{n+1}$という実験式を有し、M''_nがＭ’個の原子の２次元アレイ対の間に挿入された（挟まれた）原子の個別の２次元アレイとして存在し、ここでＭ’とＭ’’が異なるＩＩＩＢ、ＩＶＢ、ＶＢまたはＶＩＢ群金属（Ｍ’およびＭ’’がＴｉ、Ｖ、Ｎｂ、Ｔａ、Ｃｒ、Ｍｏまたはそれらの組合せである場合を含む）であり、各ＸがＣ、Ｎまたはそれらの組合せであり；ｎ＝１または２である、ＭＸｅｎｅを提供することができる。完全を期して、一部の態様においては、Ｍ’はＭｏであり得、Ｍ’’はＮｂ、Ｔａ、ＴｉまたはＶ、またはそれらの組合せであり得る。他の態様では、ｎは２であり、Ｍ’はＭｏ、Ｔｉ、Ｖまたはそれらの組合せであり得、Ｍ’’はＣｒ、Ｎｂ、Ｔａ、Ｔｉ、またはＶ、またはそれらの組合せであり得る。さらに他の態様においては、実験式$M'_2M''_nX_{n+1}$は、Mo_2TiC_2、Mo_2VC_2、Mo_2TaC_2、Mo_2NbC_2、$Mo_2Ti_2C_3$、Cr_2TiC_2、Cr_2VC_2、Cr_2TaC_2、Cr_2NbC_2、Ti_2NbC_2、Ti_2TaC_2、V_2TaC_2、またはV_2TiC_2、好ましくはMo_2TiC_2、Mo_2VC_2、Mo_2TaC_2、またはMo_2NbC_2またはそれらの窒化物または炭窒化物類似体を含む。さらに他の態様においては、$M'_2M''_nX_{n+1}$は、$Mo_2Ti_2C_3$、$Mo_2V_2C_3$、$Mo_2Nb_2C_3$、$Mo_2Ta_2C_3$、$Cr_2Ti_2C_3$、$Cr_2V_2C_3$、$Cr_2Nb_2C_3$、$Cr_2Ta_2C_3$、$Nb_2Ta_2C_3$、$Ti_2Nb_2C_3$、$Ti_2Ta_2C_3$、$V_2Ta_2C_3$、$V_2Nb_2C_3$、または$V_2Ti_2C_3$、好ましくは$Mo_2Ti_2C_3$、$Mo_2V_2C_3$、$Mo_2Nb_2C_3$、$Mo_2Ta_2C_3$、$Ti_2Nb_2C_3$、$Ti_2Ta_2C_3$、または$V_2Ta_2C_3$、ま

たはそれらの窒化物または炭窒化物類似体を含む。

【００２５】

さらに他の態様においては、本技術は、自己集合磁化ＭＸｅｎｅ層、磁気的にドープされたＭＸｅｎｅ層ならびに導電性磁性複合材料を提供し得るＭＸｅｎｅとさまざまな磁性材料の複合材料を含む層の使用を含み得る。Ti_3C_2ＭＸｅｎｅ系複合材料の非限定的な例としては、カーボンナノチューブ－Ti_3C_2MXene；ナノカーボン球－Ti_3C_2MXene；非晶質炭素－TiO_2－Ti_3O_2MXene；ZnO－Ti_3C_2MXene；$Ni_{0.5}Zn_{0.5}Fe_2O_4$－Ti_3C_2MXene；Fe_3O_4－Ti_3C_2MXene；$Ba_3Co_2Fe_{24}O_{41}$－Ti_3C_2MXene；Ｎｉ－Ti_3C_2MXene；Co_3O_4－Ti_3C_2MXene；$Co_{0.2}Ni_{0.4}Zn_{0.4}Fe_2O_4$－$Ti_3C_2$MXene；およびＦｅＣｏ－$Ti_3C_2$ＭＸｅｎｅが含まれ得る。$T_x$がエッチング後の－ＯＨ、＝Ｏおよび－Ｆなどの表面終端基を表わすさまざまな２－Ｄ $Ti_3C_2T_x$ＭＸｅｎｅも同様に企図されている。

【００２６】

多層材料３６の磁性層４４は、交互層セット３８、４０のそれぞれの導電層４２に直接隣接して配置され得る。同様にして、交互層の層セット３８、４０は、互いに直接隣接して配置されてよい。しかしながら、いくつかの態様において、任意には、いくつかの交互層セット３８、４０の間に、小さく不連続な間隙またはポケット６０（図３）が存在し得る。さまざまな態様において、磁性層４４は、磁性層４４が、材料に応じて概して１超、１０超、１００超のそして典型的には約１００から約１，０００，０００の範囲内にある、磁場形成に対抗する材料の抵抗の尺度である相対透磁性を示すような、少なくとも１つの磁性材料を含む。透磁性は典型的には、Ｈ／ｍ（ヘンリ／ｍ）またはニュートン／アンペア^2（NA^2）単位で測定される。

【００２７】

磁性層４４内に含まれ得る非限定的な例示的材料としては、さまざまな強磁性金属、例えばＦｅ、Ｎｉ、ＣｏならびにＳｉ、Ｂｉ、Ｋ、Ｃｕ、Ｚｎ、Ｍｎなどの組合せが含まれる。一例として、具体的材料には、ネオジム磁石、オーステナイトステンレス鋼、マルテンサイトステンレス鋼（硬化または焼鈍）、炭素鋼、カルボニル鉄粉末化合物、ケイ素鉄粉末化合物、鉄粉末化合物、Ａｌ－Ｓｉ－Ｆｅ粉末化合物（センダスト）、ニッケル鉄粉末化合物、Ｍｏ－Ｆｅ－Ｎｉ粉末化合物（モリパーマロイ粉末、ＭＰＰ）、フェライト（コバルト、ニッケル、亜鉛；マグネシウム、マンガン、亜鉛；ニッケル、亜鉛；マンガン、亜鉛）、フェライト系ステンレス鋼（硬化）、電気用鋼、鉄（純度９９．８％）、コバルト－鉄、Ｍｕ－金属、ＮＡＮＯＰＥＲＭ（登録商標）、パーマロイ、鉄（Ｈ中で焼鈍された純度９９．９５％のＦｅ）、Ｍｅｔｇｌａｓ２７１４Ａ（焼鈍）、ＮＡＮＯＭＥＴ（登録商標）およびそれらの組合せが含まれ得る。

【００２８】

さまざまな態様において、磁性層４４は、孤立磁性粒子を含み得る非連続層とは明確に異なるものとみなされる高密度の材料連続層として提供され得る。材料連続層には、本明細書において磁性ナノ粒子と呼ばれる場合のあるナノメートル範囲内で測定される主要な寸法を伴う粒子サイズを有する磁性粒子が含まれ得る。さまざまな態様において、磁性材料の連続層は、磁性ナノ粒子の中実層を含み得る。磁性材料のこのような連続層は、被着および化学的技術を含めたさまざまな公知の技術を用いて形成され得る。いくつかの例において、磁性材料の連続層は、焼鈍磁性ナノ粒子を含むことができ、層は、磁性ナノ粒子を融合させる焼鈍プロセスを用いて形成され得る。磁性層の厚み寸法は、材料の選択および所望される特性に基づいて変動する可能性があり、約１μｍ～約２００μｍ、約１０μｍ～約１００μｍまたは約３０μｍ～約５０μｍの範囲内であってよい。したがって、さまざまな態様において、導電層４２の厚み寸法と磁性層４４の厚み寸法の比率は、変動し得、約１：０．０１～約１：１，０００の広い範囲内にあり得る。他の態様では、導電層４２の厚み寸法と磁性層４４の厚み寸法の比率は、約１：１～約１：４である。異なる層セットの磁性層４４には概して、実質的に同じ厚み寸法が提供され得る。他の態様におい

ては、いくつかの磁性層４４には異なる厚み寸法が提供され得る。

【００２９】

図４Ａ～４Ｃは、いくつかの層内に異なる材料または異なる組成物を使用し得る本技術の態様に係る多層材料の追加の例示的表現を示している。異なる層の１つ以上の中に異なる材料を使用することによって、インピーダンス値の差異に影響が及ぶ可能性があり、これが今度は、反射の増加など異なる電磁遮蔽特性に影響を与える可能性がある。例えば、多層材料には、第１の導電層と第１の磁性材料を伴う第１の交互層セット；および、第１の導電層とは異なる第２の導電層と第１の磁性材料とは異なる第２の磁性材料を伴う第２の交互層セットが具備されていてよい。図４Ａ～４Ｃは、異なる材料を含む交互層セットが具備された多層複合材料の非限定的な構成例を提供している。

【００３０】

図４Ａに示されているように、多層材料６２には、具体的に３つの交互層セットが具備される。各セットは、異なる材料組成を備えた導電層４２ａ、４２ｂ、４２ｃを含むことができ、一方磁性層４４には各々、同じ材料組成が備わっている。図４Ｂに示されているように、多層材料６４には同様に、３つの交互層セットが具備されているが、各セットは各々の導電層４２に、同じ材料組成を提供することができ、一方で各セットは、異なる材料組成を備えた磁性層４４ａ、４４ｂ、４４ｃを含んでいる。図４Ｃに示されているように、多層材料には、導電層４２ａ、４２ｂ、４２ｃ内に３つの異なる材料および磁性層４４ａ、４４ｂ、４４ｃ内に３つの異なる材料を伴って、３つの交互層セットが具備されている。

【００３１】

本技術の多層複合材料は同様に、電磁干渉の遮蔽にさらに影響を及ぼすために本技術分野において公知であるような追加の導電性充填剤と共に使用可能である。非限定的例には、さまざまなカーボンナノチューブ、カーボンナノファイバ、グラフェンなどが含まれ得る。

【００３２】

いくつかの事例において特定の用途には脆弱すぎるものであり得る薄膜として多層複合材料を使用することが実現可能でないかもしれない態様において、本技術は同様に、小さい断片またはフレークとして多層複合材料を整形および／またはサイズ決定することを企図している。さまざまな態様においては、フレークを液状樹脂などの適切な基材と混合して、噴霧適用技術などを介して適用／被着可能な混合物を形成し、例えば複雑なまたは３次元形状を有し得る１つ以上の車両構成要素上に塗布すべき電磁シールドコーティングを形成することができる。

【００３３】

図５は、本技術のさまざまな態様に係る樹脂７４内に配置された多層材料の断片またはフレーク７２を含む、結果として得られたコーティング７０の例示的表現を提供する略図である。例示的な噴霧可能な複合組成物には、内部に配置された実質的に均質の混合物として提供される小さい断片またはフレーク７２を伴う任意の好適な液状樹脂基材が含まれ得る。フレーク状材料とも呼ばれるフレーク７２の寸法は、特定の利用分野および所望される特性に基づいて変動し得る。さまざまな態様において、フレーク状材料の１つ以上の表面寸法は、約５μｍ～約１００μｍであり得る。いくつかの事例において、フレーク７２は、実質的に均一の寸法を有していてよいが、一方他の態様では、混合物が異なるサイズ寸法、例えば高さ：幅の異なるアスペクト比を有する状態で、フレーク７２を含むことが望ましい場合がある。フレーク７２は同様に、異なるタイプおよび組合せの材料と共に提供されてもよい。フレーク状材料は、上述の通りの複数の反復する材料交互層セットを含み得る。例えば、各々の反復する交互層セットは導電層と磁性層を含むことができ、磁性層は、磁性材料の連続層として提供されてよい。図５のフレーク７２は概して短形形状のものとして例示されているが、フレークの幾何形状は、樹脂７４の内部に異なる寸法ならびにさまざまなアライメントを伴って、実質的により無作為であってよい。材料に好適な任意の公知の噴霧塗布を用いて被着され得る、コーティングとして基板または構造化さ

れた構成要素に対して複合材料の塗布時点で、コーティング複合組成物は、約１ＭＨｚ未満の周波数を有する電磁波を遮蔽するように構成されていてよい。

【００３４】

本技術はさらに低周波電磁波を遮蔽するための複合材料を形成する方法を提供する。該方法は、前述のような複数の反復する材料交互層セットを含む多層材料を提供するステップを含むことができる。例えば、各々の反復する交互層セットは、導電層と磁性材料の連続層を含み得る磁性層を含む。該方法は、多層材料をフレークへと整形またはサイズ決定すること、そして次に、液状樹脂材料などの好適な基材と多層材料のフレークの均質な混合物を製造することを含む。該方法は、基板または構造化された構成要素に対して均質混合物を適用して１つ以上の膜コーティングを形成することを含む。さまざまな態様において、結果として得られるコーティングは、約１ＭＨｚ未満の周波数を有する電磁波を遮蔽するように構成されている。

【実施例】

【００３５】

本開示のさまざまな態様が、以下の実施例に関連してさらに例示される。これらの実施例は本開示の特定の態様を例示するために提供されており、いずれかの特定の態様内にまたはこの特定の態様に対し本開示の範囲を限定するものとみなされるべきではない、ということを理解すべきである。

【００３６】

図６Ａ～６Ｃは各々、１つの多層材料セットを用いた遠視野シミュレーションのための周波数（ＭＨｚ）と遮蔽有効性（ｄＢ）の関係の例示的プロットを例示する。各図は、同じ定められた総厚みｈを有するものの、提供された反復層セットの数（例えば２～１０層または１～５の反復する層セット）の差異を比較している。図６Ａは、各々の多層材料についての総厚みｈが１００μｍである、５つの多層材料の第１のセットについてのデータを例示する。図６Ｂは、各々の多層材料について総厚みｈが１５０μｍである、５つの多層材料の第２のセットについてのデータを例示する。図６Ｃは、各々の多層材料について総厚みｈが２００μｍである、５つの多層材料の第３のセットについてのデータを例示する。シミュレーションで使用された特性は、２２という誘電率、１という透磁性および５ｅ^{5}Ｓ／ｍという導電率を有する導電層；および１という誘電率、２．７ｅ^{3}という透磁性、および５ｅ^{7}Ｓ／ｍという導電率を有する磁性層の反復する交互層セットを含んでいた。表層深さは、０．１ＭＨｚで２２５μｍである。シミュレーションデータは、表層深さより下方で多層効果が実証されていることを確認している。交互層の数が確かに電磁遮蔽に対する効果を有する一方で、磁性層のより高い透磁性などの多層材料の材料特性が、遮蔽有効性に対しより大きな影響を有するということが発見された。さらに、さまざまな導電層および磁性層内での異なる材料の使用は、多層材料のインピーダンスに影響する可能性があり、これは同様に遮蔽有効性を増大させ得る。

【００３７】

遮蔽有効性は、材料が電磁波を遮断する能力を特徴付けるのに用いられる用語である電磁干渉遮蔽効率の測定値と類似のものとみなすことのできるものである。総電磁干渉遮蔽効率は、吸収遮蔽効率、反射遮蔽効率および多重内部反射遮蔽効率の合計とみなすことのできるものである。電磁干渉遮蔽効率値が高い場合、再反射された波は遮蔽材料内で熱として吸収される（内部反射に起因する）かまたは放散されるため、多重内部反射の寄与は、吸収の中に組込まれる。

【００３８】

反射と吸収以外に、多重反射も同様に１つの遮蔽メカニズムであり、これは、材料内部のさまざまな表面または界面における反射を意味する。しかしながら、多重反射損失は、反射する表面または界面間の距離が表層深さよりも大きい場合には無視できる。導体に侵入する平面波の電場は、入来する導体の深さが増大するにつれて指数関数的に減少し、そのため電磁波は、導電体の表面近くの部域のみに侵入する。場の強度が入射値の１／ｅまで低下する深さは、表層深さと呼ばれる：

$$\delta = (\pi f \mu \sigma)^{-1}$$

式中、ｆは周波数、μは透磁性（$\mu = \mu_o \mu_r$）であり、μ_oは4×10^{-7}Ｈ／ｍに等しく、μ_rは相対透磁性であり、σは導電率である。したがって、表層深さは、周波数、導電率または透磁性が増大するにつれて減少する。本技術の多層材料を使用することで、表層深さの限界が突破され、ここでこの限界を超える遮蔽は概して内部反射から提供される。

【００３９】

先行した説明は、本来単なる例示的なものにすぎず、いかなる形であれ本開示、その利用分野または用途を限定するように意図されていない。本明細書中で使用されるＡ、ＢおよびＣのうちの少なくとも１つなる言い回しは、非排他的論理「ＯＲ」を用いた論理（ＡまたはＢまたはＣ）を意味するものとみなされるべきである。方法内のさまざまなステップは、本開示の原理を改変することなく、異なる順序で実行可能である。範囲の開示には、全ての範囲および全範囲内の細分された範囲の開示が含まれる。

【００４０】

本明細書中で使用される見出し（例えば「背景技術」および「要約」）ならびに副見出しは、本開示内の主題の全体的組織のみのために意図されており、技術またはその任意の態様の開示を限定するように意図されたものではない。述べられた特徴を有する多数の実施形態の列挙は、追加の特徴を有する他の実施形態または述べられた特徴の異なる組合せを包含する他の実施形態を除外するように意図されたものではない。

【００４１】

本明細書中で使用される「ｃｏｍｐｒｉｓｅ（含む）」および「ｉｎｃｌｕｄｅ（含む）」なる用語およびそれらの変形形態は、非限定的であるように意図されており、したがって連続したアイテムの列挙またはリストは、この技術の装置および方法において同様に有用であり得る他の同様のアイテムを除外するものではない。同様にして、「ｃａｎ」および「ｍａｙ」なる用語およびそれらの変形形態は、非限定的であるように意図されており、したがって、一実施形態が或る要素または特徴を含むことができるまたは含み得る（ｃａｎまたはｍａｙ）なる記述は、これらの要素または特徴を含まない本技術の他の実施形態を除外しない。

【００４２】

本開示の広範な教示は、さまざまな形態で実装可能である。したがって、本開示は特定の実施例を含んでいるものの、当業者には明細書および以下のクレームを検討した上で他の修正が明らかになるものであることから、本開示の真の範囲は、そのように限定されるべきではない。本明細書における１つの態様またはさまざまな態様に対する言及は、一実施形態または特定のシステムに関連して説明された特定の特徴、構造または特性が、少なくとも１つの実施形態または態様の中に含まれることを意味する。「一つの態様において」なる言い回し（またはその変形形態）の出現は、必ずしも同じ態様または実施形態を意味しているわけではない。本明細書中で論述されているさまざまな方法ステップは、描写されたものと同じ順序で実施される必要はなく、各々の態様または実施形態に各々の方法ステップが求められるわけではないということも理解すべきである。

【００４３】

実施形態についての以上の説明は、例示および説明を目的として提供されたものである。それは、網羅的であるかまたは開示を限定するように意図されていない。特定の実施形態の個別の要素または特徴は、概して、その特定の実施形態に限定されず、該当する場合には、具体的に図示または説明されていなくても、互換的であり、選択された実施形態の中で使用可能である。これは同様に、さまざまな形で変動可能である。このような変形形態は、開示からの逸脱とみなされるべきではなく、このような修正全てが、本開示の範囲内に含まれるように意図されている。

【図面】

【図１】

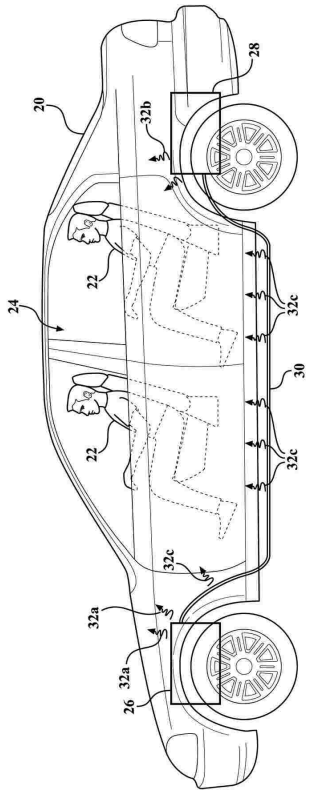


FIG. 1

【図２】

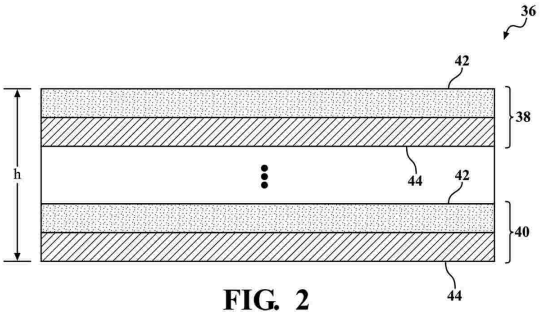


FIG. 2

【図３】

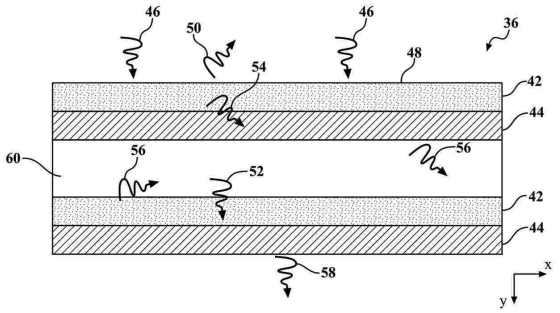


FIG. 3

【図４Ａ】

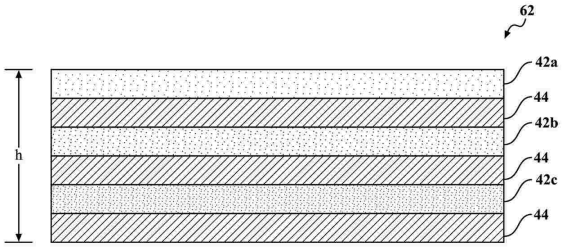


FIG. 4A

【図４Ｂ】

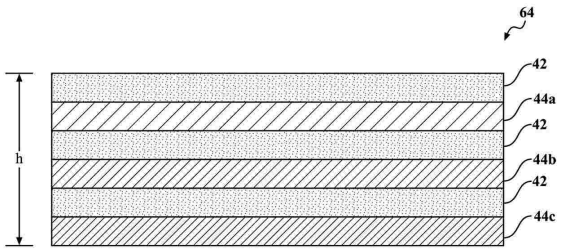


FIG. 4B

【図４Ｃ】

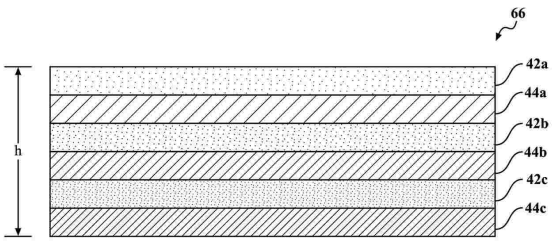


FIG. 4C

【図５】

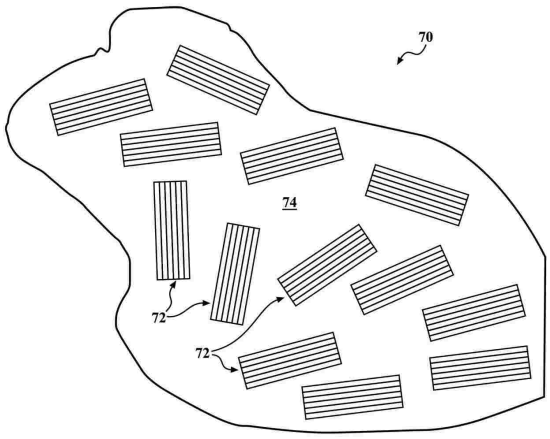
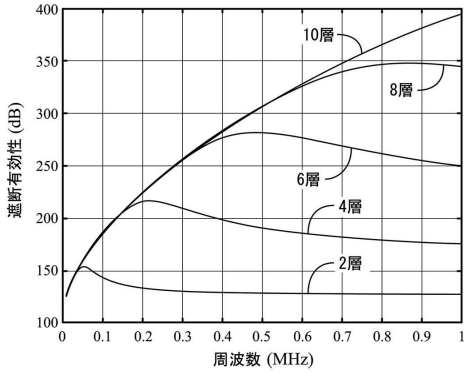


FIG. 5

【図６Ａ】

FIG. 6A



【図６Ｂ】

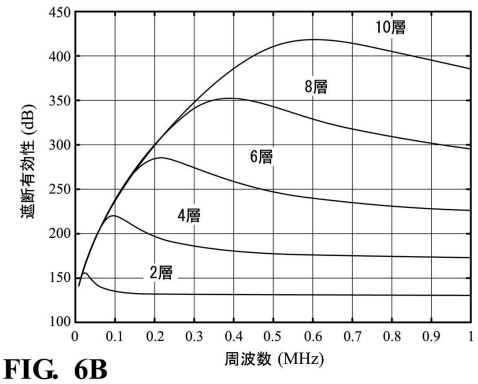


FIG. 6B

【図６Ｃ】

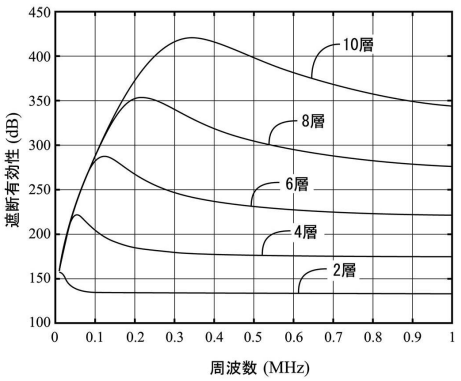


FIG. 6C

フロントページの続き

(51)国際特許分類
Ｂ３２Ｂ　7/025(2019.01)
Ｈ０１Ｂ　5/02 (2006.01)

ＦＩ
Ｈ０１Ｆ　1/04
Ｂ３２Ｂ　7/025
Ｈ０１Ｂ　5/02　A

(74)代理人　100208225
弁理士　青木 修二郎
(72)発明者　スー シアオシー
アメリカ合衆国，テキサス ７５０２４，プレイノ，ヘッドクォーターズ ドライブ ダブリュ１－３シー ６５６５，シー／オー トヨタ モーター エンジニアリング アンド マニュファクチャリング ノース アメリカ，インコーポレイティド
(72)発明者　デバシシュ バナージー
アメリカ合衆国，テキサス ７５０２４，プレイノ，ヘッドクォーターズ ドライブ ダブリュ１－３シー ６５６５，シー／オー トヨタ モーター エンジニアリング アンド マニュファクチャリング ノース アメリカ，インコーポレイティド
(72)発明者　西嶋 大貴
愛知県豊田市トヨタ町１番地 トヨタ自動車株式会社内
審査官　中田 誠二郎

(56)参考文献
特開２０２１－０２８９４０（ＪＰ，Ａ）
実開昭５６－００９７９８（ＪＰ，Ｕ）
国際公開第２０１８／２１２０４４（WO，Ａ１）
特開２００７－２５８６２２（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野　(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｈ０５Ｋ ９／００
Ｈ０１Ｆ １／０４，１／１４，１／１５３，１／１６
Ｂ３２Ｂ ７／０２５
Ｈ０１Ｂ ５／０２