

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7271802号
(P7271802)

(45)発行日 令和5年5月11日(2023.5.11)

(24)登録日 令和5年4月28日(2023.4.28)

(51)国際特許分類 F I
H 0 1 Q 15/14 (2006.01) H 0 1 Q 15/14 Z
H 0 1 Q 1/22 (2006.01) H 0 1 Q 1/22 Z

請求項の数 20 (全30頁)

(21)出願番号	特願2022-578514(P2022-578514)	(73)特許権者	000002174 積水化学工業株式会社 大阪府大阪市北区西天満2丁目4番4号
(86)(22)出願日	令和4年1月28日(2022.1.28)	(74)代理人	110000796 弁理士法人三枝国際特許事務所
(86)国際出願番号	PCT/JP2022/003319	(72)発明者	野本 博之 大阪府三島郡島本町百山2-1 積水化学工業株式会社内
(87)国際公開番号	WO2022/163813	(72)発明者	江南 俊夫 大阪府三島郡島本町百山2-1 積水化学工業株式会社内
(87)国際公開日	令和4年8月4日(2022.8.4)	審査官	白井 亮
審査請求日	令和5年1月6日(2023.1.6)		
(31)優先権主張番号	特願2021-13473(P2021-13473)		
(32)優先日	令和3年1月29日(2021.1.29)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		
早期審査対象出願			

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 構造体、及び建築材料

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

電波を反射させる電波反射材を含む電波反射体を有する構造体であって、
前記電波反射体に、入射波の入射角が15度以上75度以下の角度で、前記入射波の周波数が3GHz以上5GHz以下、2.5GHz以上3.0GHz以下、または150GHz以上300GHz以下の電波を反射させた時に、
前記入射波が正規反射したときの反射波の強度が前記入射波に対して-30dB以上となり、前記入射波の入射方向と前記反射波の反射方向とを含む仮想の平面において、前記反射波の受信角度位置を、正規反射方向に対して-15度以上、+15度以下の角度範囲で変化させた時の、前記各受信角度位置における前記反射波の強度の分布の尖度が-0.4以下となる周波数が少なくとも一つ存在する、構造体。

10

【請求項2】

前記入射波の周波数が3GHz以上300GHz以下の範囲において、前記各受信角度位置における前記反射波の強度の分布の尖度が-0.4以下である、請求項1に記載の構造体。

【請求項3】

前記電波反射体は、前記電波反射材を含む導電薄膜層と、前記導電薄膜層を保持する基材を含む基材層とを少なくとも有する、請求項1または2に記載の構造体。

【請求項4】

前記導電薄膜層は、展開界面面積率が、0.05%以上600%以下である、請求項3

20

に記載の構造体。

【請求項 5】

前記導電薄膜層は、表面抵抗値が 0.3Ω / 以上 10Ω / 以下である、請求項 3 または 4 に記載の構造体。

【請求項 6】

前記導電薄膜層の電波反射材は線状であり、前記電波反射材の無い領域を囲んで配置される、請求項 3 から 5 のいずれか 1 項に記載の構造体。

【請求項 7】

前記電波反射材は、線幅が $0.05 \mu\text{m}$ 以上 $15 \mu\text{m}$ 以下であり、厚みが $0.05 \mu\text{m}$ 以上 $10 \mu\text{m}$ 以下であり、被覆率が 50% 以下である、請求項 6 に記載の構造体。

10

【請求項 8】

前記導電薄膜層は、複数のシート形状の前記電波反射材が周期的に配置される、請求項 3 から 5 のいずれか 1 項に記載の構造体。

【請求項 9】

前記導電薄膜層は、隣り合う前記電波反射材の間の最短の距離が 1mm 以下であり、厚みが $0.010 \mu\text{m}$ 以上 $0.35 \mu\text{m}$ 以下であり、被覆率が 5% 以上 99.9% 以下である、請求項 8 に記載の構造体。

【請求項 10】

前記電波反射体は透明である請求項 1 から 9 のいずれか 1 項に記載の構造体。

【請求項 11】

前記電波反射体は、前記電波反射材が樹脂によって積層されたものである請求項 1 から 10 のいずれか 1 項に記載の構造体。

20

【請求項 12】

前記電波反射体は、前記電波反射材が樹脂の内部に分散されている請求項 1 から 10 のいずれか 1 項に記載の構造体。

【請求項 13】

前記電波反射体は、前記電波反射材が樹脂によってシート形状に保たれている請求項 1 から 10 のいずれか 1 項に記載の構造体。

【請求項 14】

前記電波反射体は可撓性を有する請求項 1 から 13 のいずれか 1 項に記載の構造体。

30

【請求項 15】

前記電波反射体の厚みが 1mm 以下である請求項 1 から 14 のいずれか 1 項に記載の構造体。

【請求項 16】

前記樹脂は、誘電正接が 0.018 以下である請求項 11 から 13 のいずれか 1 項に記載の構造体。

【請求項 17】

前記樹脂は、電場に応じて比誘電率が変化する請求項 11 から 13 のいずれか 1 項に記載の構造体。

【請求項 18】

請求項 1 ~ 17 のいずれかに記載の構造体を含む建築材料。

40

【請求項 19】

前記構造体は可撓性を有し、湾曲面に用いられる請求項 18 に記載の建築材料。

【請求項 20】

電波を反射させる電波反射材を含む電波反射体からなる建築材料であって、

前記電波反射体に、入射波の入射角が 15 度以上 75 度以下の角度で、前記入射波の周波数が 3GHz 以上 5GHz 以下、 25GHz 以上 30GHz 以下、または 150GHz 以上 300GHz 以下の電波を反射させた時に、

前記入射波が正規反射したときの反射波の強度が前記入射波に対して -30dB 以上となり、前記入射波の入射方向と前記反射波の反射方向とを含む仮想の平面において、前記

50

反射波の受信角度位置を、正規反射方向に対して - 15 度以上、+ 15 度以下の角度範囲で変化させた時の、前記各受信角度位置における前記反射波の強度の分布の尖度が - 0.4 以下となる周波数が少なくとも一つ存在する、建築材料。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、電波を反射させるための構造体、及び建築材料に関する。

【背景技術】

【0002】

携帯電話や無線通信においては、センチ波やミリ波と呼ばれる 3 GHz 以上 300 GHz 以下程度の周波数帯の電波が用いられる。このような波長が短い電波は直進性が強く、障害物があっても回り込みにくいいため、電波を広い範囲に届かせるために、反射板が用いられる。例えば特許文献 1 には、モノポールアンテナと、電波を反射する金属反射板とを屋内の床下空間に配置した通信システムが提案されている。特許文献 1 においては、モノポールアンテナから放射される電波を床下空間に拡散させるとともに、床下空間から居室（建物）外に漏洩したり、建造物の床部に電波が吸収されることを防いでいる。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】特開 2010 - 258514 号公報

20

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

電波を反射させる金属反射板は、一般的に、アルミニウムや銅等の金属板から構成される。金属反射板は、波長の短い電波の場合、正規反射方向には強い強度で反射させるが、電波を拡散させて反射させにくいことが知られている。このため、金属板から構成された反射板を用いると、空間の広い範囲に電波が届きにくく、電波の届かない空間（死角空間）を少なくするためには、金属反射板を多数設置する必要がある。

【0005】

本発明の目的は、電波を空間の広い範囲に反射させる構造体、及び建築材料を提供することである。

30

【課題を解決するための手段】

【0006】

上記目的を達成するため、本発明は、次の項に記載の主題を包含する。

【0007】

項 1 . 電波を反射させる電波反射材を含む電波反射体を有する構造体であって、

前記電波反射体に、入射波の入射角が 15 度以上 75 度以下の角度で、前記入射波の周波数が 3 GHz 以上 5 GHz 以下、25 GHz 以上 30 GHz 以下、または 150 GHz 以上 300 GHz 以下の電波を反射させた時に、

前記入射波が正規反射したときの反射波の強度が前記入射波に対して - 30 dB 以上となり、前記入射波の入射方向と前記反射波の反射方向とを含む仮想の平面において、前記反射波の受信角度位置を、正規反射方向に対して - 15 度以上、+ 15 度以下の角度範囲で変化させた時の、前記各受信角度位置における前記反射波の強度の分布の尖度が - 0.4 以下となる周波数が少なくとも一つ存在する、構造体。

40

【0008】

項 2 . 前記入射波の周波数が 3 GHz 以上 300 GHz 以下の範囲において、前記各受信角度位置における前記反射波の強度の分布の尖度が - 0.4 以下である、項 1 に記載の構造体。

【0009】

項 3 . 前記電波反射体は、前記電波反射材を含む導電薄膜層と、前記導電薄膜層を保持す

50

る基材を含む基材層とを少なくとも有する、項 1 または項 2 に記載の構造体。

【 0 0 1 0 】

項 4 . 前記導電薄膜層は、展開界面面積率が 0 . 5 % 以上 6 0 0 % 以下である、項 3 に記載の構造体。

【 0 0 1 1 】

項 5 . 前記導電薄膜層は、表面抵抗値が 0 . 3 / 以上 1 0 / 以下である、項 3 または 4 に記載の構造体。

【 0 0 1 2 】

項 6 . 前記導電薄膜層の電波反射材は線状であり、前記電波反射材の無い領域を囲んで配置される、項 3 から 5 のいずれか 1 項に記載の構造体。

10

【 0 0 1 3 】

項 7 . 前記電波反射材は、線幅が 0 . 0 5 μm 以上 1 5 μm 以下であり、厚みが 0 . 0 5 μm 以上 1 0 μm 以下であり、被覆率が 5 0 % 以下である、項 6 に記載の構造体。

【 0 0 1 4 】

項 8 . 前記導電薄膜層は、複数のシート形状の前記電波反射材が周期的に配置される、項 3 から 5 のいずれか 1 項に記載の構造体。

【 0 0 1 5 】

項 9 . 前記導電薄膜層は、隣り合う前記電波反射材の間の最短の距離が 1 mm 以下であり、厚みが 0 . 0 1 0 μm 以上 0 . 3 5 μm 以下であり、被覆率が 5 % 以上 9 9 . 9 % 以下である、項 8 に記載の構造体。

20

【 0 0 1 6 】

項 1 0 . 前記電波反射体は透明である項 1 から 9 のいずれか 1 項に記載の構造体。

【 0 0 1 7 】

項 1 1 . 前記電波反射体は、前記電波反射材が樹脂によって積層されたものである項 1 から 1 0 のいずれか 1 項に記載の構造体。

【 0 0 1 8 】

項 1 2 . 前記電波反射体は、前記電波反射材が樹脂の内部に分散されている項 1 から 1 0 のいずれか 1 項に記載の構造体。

【 0 0 1 9 】

項 1 3 . 前記電波反射体は、前記電波反射材が樹脂によってシート形状に保たれている項 1 から 1 0 のいずれか 1 項に記載の構造体。

30

【 0 0 2 0 】

項 1 4 . 前記電波反射体は可撓性を有する項 1 から 1 3 のいずれか 1 項に記載の構造体。

【 0 0 2 1 】

項 1 5 . 前記電波反射体の厚みが 1 mm 以下である項 1 から 1 4 のいずれか 1 項に記載の構造体。

【 0 0 2 2 】

項 1 6 . 前記樹脂は、誘電正接が 0 . 0 1 8 以下である項 1 1 から 1 3 のいずれか 1 項に記載の構造体。

【 0 0 2 3 】

項 1 7 . 前記樹脂は、電場に応じて比誘電率が変化する項 1 1 から 1 3 のいずれか 1 項に記載の構造体。

40

【 0 0 2 4 】

項 1 8 . 項 1 ~ 1 7 のいずれかに記載の構造体を含む建築材料。

【 0 0 2 5 】

項 1 9 . 前記構造体は可撓性を有し、湾曲面に用いられる項 1 8 に記載の建築材料。

【 0 0 2 6 】

項 2 0 . 電波を反射させる電波反射材を含む電波反射体からなる建築材料であって、前記電波反射体に、入射波の入射角が 1 5 度以上 7 5 度以下の角度で、前記入射波の周波数が 3 G H z 以上 5 G H z 以下、2 5 G H z 以上 3 0 G H z 以下、または 1 5 0 G H z

50

以上 300 GHz 以下の電波を反射させた時に、

前記入射波が正規反射したときの反射波の強度が前記入射波に対して - 30 dB 以上となり、前記入射波の入射方向と前記反射波の反射方向とを含む仮想の平面において、前記反射波の受信角度位置を、正規反射方向に対して - 15 度以上、+ 15 度以下の角度範囲で変化させた時の、前記各受信角度位置における前記反射波の強度の分布の尖度が - 0.4 以下となる周波数が少なくとも一つ存在する、建築材料。

【発明の効果】

【0027】

本発明によれば、電波を空間の広い範囲に反射させることができる。

【図面の簡単な説明】

【0028】

【図1】本発明の一実施形態に係る構造体により反射する反射波の角度範囲を説明するための図である。

【図2】本発明の一実施形態に係る構造体の全体の概略構成を示す側面図である。

【図3】図2に示す構造体の全体の概略構成を示す平面図である。

【図4】他の実施形態に係る構造体の全体の概略構成を示す側面図である。

【図5】図4に示す構造体の全体の概略構成を示す平面図である。

【図6】他の実施形態に係る構造体の概略構成を示す断面図であり、図7(B)のB-B線に沿う断面図である。

【図7】図6に示す電波反射体の全体の概略構成を示し、(A)は平面図、(B)は(A)のA部分の拡大平面図である。

【図8】(A)~(E)は導電体の配置パターンの他の例を示す拡大平面図である。

【図9】他の実施形態に係る構造体の全体の概略構成を示す側面図である。

【図10】他の実施形態に係る構造体の概略構成を示す断面図である。

【図11】他の実施形態に係る構造体の概略構成を示す断面図である。

【図12】(A)は建築材料の建築物への適用例を示す説明図、(B)は建築材料の室内への適用例を示す平面図である。

【発明を実施するための形態】

【0029】

(全体構成)

本発明の実施形態を図面を参照して説明する。本実施形態の構造体10は電波反射体11を形成する。図1に示すように、電波発生源20から出力された電波を反射する。反射された反射波は、受信部21により受信される。電波発生源20は電波を送信可能な送信アンテナを持つ通信装置等である。受信部21は、電波を受信可能な機器である。本実施形態に係る受信部21は、受信アンテナを持つ通信機器である。通信機器としては、例えば、スマートフォン、携帯電話、タブレット端末、ノートPC、携帯ゲーム機、中継器、ラジオ、テレビ等が挙げられる。

【0030】

電波反射体11は、電波を反射させる電波反射材12を含む。入射波の入射角が15度以上75度以下の少なくともある所定の角度で、好ましくは、15度以上75度以下の角度の範囲全てにおいて、入射波の周波数が3 GHz以上5 GHz以下、25 GHz以上300 GHz以下、または150 GHz以上300 GHz以下の電波を電波反射体11に反射させる。このとき、電波反射体11に入射波が正規反射したときの反射波の強度(以下、「正規反射強度」ともいう。)が入射波に対して - 30 dB以上0 dB以下となり、尖度(後述)が - 0.4以下となる周波数が少なくとも一つ存在する。好ましくは3 GHz以上、300 GHz以下の周波数帯域全てにおいて、正規反射強度が入射波に対して - 30 dB以上0 dB以下となり、尖度が - 0.4以下となる。

【0031】

正規反射強度は、入射波に対して - 25 dB以上、0 dB以下が好ましく、 - 22 dB以上、0 dB以下がより好ましく、 - 20 dB以上、0 dB以下がさらに好ましく、 - 1

10

20

30

40

50

5 dB以上、0 dB以下がさらに好ましい。正規反射強度が、入射波に対して - 30 dB以上であることで、受信部 21 が使用に実用的な強度で電波を受信することができる。なお、本実施形態において、正規反射強度および反射強度（後述）は、電波反射体 11 の反射点 11 a と電波発生源 20 との間の距離および電波反射体 11 の反射点 11 a と受信部 21 との間の距離を 1 m とした場合の値である。

【0032】

図 1 を参照して説明すると、正規反射とは、電波発生源 20（送信アンテナ）から発射された電波が電波反射体 11 により反射されるときに、入射波の入射角 θ_1 と反射波の反射角 θ_2 とが等しいことをいう。電波が正規反射したときの反射波の反射方向を「正規反射方向」とも言う。入射角 θ_1 とは、電波が電波反射体 11 に入射するときの入射方向（図 1 中の矢印 A1 に示す。）に進む入射波と、電波反射体 11 の反射面の法線 22 とがなす角度であり、反射角 θ_2 とは、反射波の反射方向（図 1 中の矢印 A2 に示す。）に進む反射波と、反射面の法線 22 とがなす角度である。法線 22 とは、反射点 11 a において接線（または接平面）と直交する直線をいう。

10

【0033】

また、電波反射体 11 は、入射波の入射方向と反射波の反射方向とを含む仮想の平面において、反射波の受信角度位置を、電波の正規反射方向に対して - 15 度以上、+ 15 度以下の角度範囲で変化させた時の、各受信角度位置における反射波の強度の分布の尖度が - 0.4 以下となる。尖度は、より好ましくは - 1.0 以下、更に好ましくは - 1.1 以下、更により好ましくは - 1.2 以下である。上記尖度の下限は特に限定されないが通常 - 5.0 程度である。なお、各受信角度位置における反射波の強度を以下、「反射強度」とも言う。仮想の平面は、反射体の反射面上の反射点 11 a と、電波発生源 20 と、反射波の受信部 21 とを含む平面とも言える。

20

【0034】

尖度は、分布が正規分布からどれだけ逸脱しているかを表す統計量で、山の尖り度と裾の広がり度を示す。図 1 に示すように、反射点 11 a から 1 m 離れた位置の電波発生源 20 から出力された電波が、電波反射体 11 に対して所定の入射角 θ_1 で入射したとする。受信部 21 の受信角度位置 i を、反射点 11 a を中心として電波の正規反射方向から所定の角度ずつ（例えば 5 度ずつ）、電波の正規反射方向に対して - 15 度以上、+ 15 度以下の角度範囲内で移動させて、反射強度 x を測定する。受信部 21 の受信角度位置 i は、反射点 11 a を中心とした半径 1 m の円弧上に位置している。各受信角度位置 i での反射強度の値

30

$$x_i(i: 1, 2, \dots, n)$$

の平均値を

$$\bar{x}$$

、標準偏差を s とすると尖度は次の式から求められる。

【0035】

$$\text{尖度} = \frac{n(n+1)}{(n-1)(n-2)(n-3)} \sum_{i=1}^n \frac{(x_i - \bar{x})^4}{s^4} - \frac{3(n-1)^2}{(n-2)(n-3)}$$

40

（式 1）

【0036】

尖度は、負の値の場合に各角度位置における強度データが正規分布より扁平な分布、すなわち、データが平均値付近から散らばり分布の裾が広がっている状態を示しており、尖度の値が小さいほど分布が扁平である。本実施形態では、尖度を - 0.4 以下に設定する

50

ことで、電波の正規反射方向に対して ± 15 度の角度範囲内においては、受信角度位置による反射強度の差が小さくなる。上記尖度は、電波反射体11を構成する樹脂層(後述する基材層13、接着層14及び保護層15)の樹脂の種類及び構造、展開界面面積率 S_{dr} などによって調整することができる。

【0037】

電波反射体11は、全体として可視光透過性を有する、すなわち透明であってもよい。後述する基材層13、接着層14及び保護層15は、それぞれ可視光透過性を有する樹脂により形成されていてもよく、導電薄膜層16の電波反射材12は可視光透過性を有する厚みに形成されていてもよい。ここで、「透明」とは、電波反射体11の一方側からみて他方側が視認可能であることを言い、半透明を含み、全光線透過率が100%である完全な透明に限定されない。また、電波反射体11は着色されていてもよい。電波反射体11は、D65標準光源における全光線透過率が65%以上であり、80%以上であることが好ましく、より好ましくは85%以上であり、更に好ましくは90%以上である。全光線透過率は、試験片の平行入射光束に対する全透過光束の割合をいい、JIS K 7375:2008に準拠して測定される。

10

【0038】

電波反射体11は、図3に示すように、本実施形態では全体の形状が平面視において正方形であり、1辺の長さ L_{10} が20cm以上、400cm以下であることが好ましい。周波数が3GHz以上、300GHz以下の電波は距離により減衰するが、電波発生源20から実用に耐える距離内全ての地点において、十分な強度で反射するために、1辺の長さ L_{10} を20cm以上とすることが好ましい。1辺の長さ L_{10} の上限は特に限定されないが、製造上の観点から400cm以下が好ましい。電波反射体11の全体の形状は正方形には限定されず、長方形でもよく、三角形、五角形、六角形等の多角形でもよく、この場合、最も短い辺の長さが20cm以上、400cm以下に設定される。または、ある頂点と対辺との間の最も短い距離、またはある辺と対辺との間の最も短い距離が20cm以上、400cm以下に設定されてもよい。また、電波反射体11の全体の形状が円形の場合には、直径が20cm以上、400cm以下に設定される。電波反射体11の全体の形状が楕円形の場合には、短径が20cm以上、400cm以下に設定される。電波反射体11の全体の形状が扇形の場合には、弧または半径の短い方の長さが20cm以上、400cm以下に設定される。さらに、電波反射体11の全体の形状は筒状、錐状等の3次元形状であってもよい。電波反射体11の全体の形状は、入射波に対して-30dB以上の反射強度で電波を反射することができる形状、大きさを有しており、形状、大きさは電波反射体11の使用の態様に応じて適宜選択される。

20

30

【0039】

本実施形態では電波反射体11は厚み L_{11} が約0.5mmに設定されているが、これに限定されず、厚み L_{11} は1mm以下となることが好ましい。後述する基材層13、導電薄膜層16の電波反射材12、接着層14及び保護層15のそれぞれの厚みは、電波反射体11の厚み L_{11} が1mm以下となるように設定されている。電波反射体11の厚み L_{11} が小さいことから、電波反射材12は可撓性を有する。可撓性とは、常温常圧下において柔軟性を有し、力を加えても、せん断したり破断したりすることなしに、撓みや、屈曲、折り曲げ等の変形が可能な性質をいう。電波反射体11は、本実施形態では、曲率半径 R が300mm程度の湾曲面に沿って貼付けることのできる程度の可撓性を有するが、曲率半径 R の値は限定されない。なお、電波反射体11の厚み L_{11} は、導電薄膜層16の厚み L_3 、基材層13の厚み L_8 、接着層14の厚み L_4 、及び保護層15の厚み L_5 の合計となる。しかし、導電薄膜層16の厚み L_3 は基材層13、接着層14、及び保護層15の各厚み L_8 、 L_4 、 L_5 に比べて非常に薄いため、電波反射体11の厚み L_{11} を算出する際に導電薄膜層16の厚み L_3 を無視してもよい。

40

【0040】

なお、電波反射体11の厚み L_{11} 、導電薄膜層16の厚み L_3 、基材層13の厚み L_8 、接着層14の厚み L_4 、及び保護層15の厚み L_5 は、任意の複数箇所を測定して、

50

得られた測定値の平均値を算出することで求められる。厚みL11、厚みL3、厚みL8、厚みL4、及び厚みL5の測定には、例えば、計測器として反射率分光式膜厚測定（例えば、フィルメトリクス株式会社製、F3-CS-NIR）が用いられる。

【0041】

出願人は、入射波の入射角 θ_1 が15度以上75度以下の所定の角度で、好ましくは15度以上75度以下の範囲の全ての角度で、上述のように正規反射強度と ± 15 度の角度範囲内の尖度とをそれぞれ所定の範囲に含まれる値に設定することで、電波反射体11が反射した電波を空間の広い範囲で、受信部21が受信可能であることを見出した。このため、直進性の高い波長の短い電波であっても、室内の空間内においてできる限り死角空間が生じるのを抑えることができる。

10

【0042】

（構造体10の構造）

構造体10である電波反射体11の一実施形態について、図2、図3を用いて説明する。電波反射体11は例えばメタマテリアル構造を有している。メタマテリアル構造は、誘電体である電波反射材12を周期的に等配列させたものであり、この周期配列構造により負の誘電率を有し、周期間隔に基づいて定まる特定の周波数帯域に属する電波を反射する。電波反射体11は、電波反射材12を含む導電薄膜層16と、電波反射材12をシート形状に保つ樹脂とを備える。樹脂は、基材を含む基材層13と、導電薄膜層16を保護するための保護材を含む保護層15と、導電薄膜層16と保護層15とを接着するための接着材を含む接着層14とを有するものであってもよい。図2に示す実施形態では、電波反射体11は、基材層13の上に導電薄膜層16が積層され、その上に、接着層14と、保護層15とが順に積層されている。

20

【0043】

なお、以下の説明では、図2、図6に基づき上下方向を規定し、図3、図7に基づき縦横方向を規定しているが、上下方向、縦横方向は説明のために用いており、構造体10の建築物等への取付け等の使用時における上下方向、縦横方向を規定するものではない。また、図1～図12は実際の縮尺を示すものではない。また図7(A)においては、電波反射体11の一部で接着層14、保護層15の図示を省略している。

【0044】

（基材層13）

基材層13は、本実施形態では、外形が平面視において正方形に形成されている。しかしこれに限定されず、電波反射体11の全体形状に合わせて長方形、円形、楕円形、扇形、多角形、三次元形状等であってもよい。基材層13である基材として、合成樹脂製のシートが用いられる。合成樹脂としては、例えば、PET（ポリエチレンテレフタレート）、ポリエチレン、ポリプロピレン、ポリ塩化ビニル、ポリスチレン、ポリメチルメタクリレート、ポリエステル、ポリフォルムアルデヒド、ポリアミド、ポリフェニレンエーテル、塩化ビニリデン、ポリ酢酸ビニル、ポリビニルアセタール、AS樹脂、ABS樹脂、アクリル樹脂、フッ素樹脂、ナイロン樹脂、ポリアセタール樹脂、ポリカーボネート樹脂、ポリアミド樹脂、ポリウレタン樹脂からなる群から選択される1種以上が挙げられる。また、基材層13の厚みL8（図2における上下方向の長さ）は、本実施形態では50 μ mに設定されているが、これに限定されるものではなく、構造体10の使用の態様に応じて適宜設定される。なお、基材層13は基材に加え、任意の合成樹脂等の物質や任意の部材を含んでもよい。

30

40

【0045】

（導電薄膜層16）

導電薄膜層16は、一例では、電波反射材12が基材層13の上面に正方形のシート形状の薄膜として形成されているものであり、電波反射材12は、例えば銀（Ag）から構成されることが好ましい。なお、電波反射材12は自由電子を持つ金属、金属化合物又は合金から構成されていればよく、銀に限らず、例えば、金、銅、白金、アルミニウム、チタニウム、シリコン、酸化インジウム錫、及び合金（例えばニッケル、クロム及びモリ

50

ブデンを含有する合金)等であってもよい。ニッケル、クロム及びモリブデンを含有する合金としては、例えば、ハステロイ B - 2、B - 3、C - 4、C - 2000、C - 22、C - 276、G - 30、N、W、X等の各種グレードが挙げられる。シート形状とは、長手方向の長さが長手方向と直交する方向の長さとはほぼ同じ、または3000倍未満の形状を意味する。

【0046】

一例では、図3に示すように、各電波反射材12は平面視において正形状であり、反射する電波の周波数帯域に応じて、一辺の長さL1と、隣り合う電波反射材12の間の最短の距離(間隔)L2とが設定されている。本実施形態では、特に、第5世代移动通信システム(5G)に係る周波数帯域である20GHz以上、300GHz以下の電波を反射するように設定されている。例えば、一辺の長さL1は77.460mm、隣り合う電波反射材12の間隔L2は100μmに設定される。しかし、これに限定されず、電波反射材12が3GHz以上、300GHz以下の周波数の電波を反射するように、長さL1及び間隔L2が設定されていてもよい。この場合、電波反射材12の一辺の長さL1は0.7mm以上、800mm以下であってもよく、間隔L2は1μm以上、1000μm以下であってもよい。本実施形態では、図3に示すように、電波反射材12が基材層13の大きさに合わせて基材層13上に縦に2つ、横に2つの合計4つ形成されているが、電波反射材12の数は基材層13の大きさ(面積)に合わせて適宜設定される。

10

【0047】

また、電波反射材12の厚み(膜厚)L3は、可視光透過性を有する程度の厚みであることが好ましい。電波反射材12の厚みL3は、350nm(0.35μm)以下であることが好ましく、100nm以下であることがより好ましく、さらに50nm以下であることが好ましい。厚みL3は、適切な電波強度を確保する観点から、5nm以上であることが好ましい。

20

【0048】

導電薄膜層16は、表面抵抗値が0.3 / 以上10 / 以下であることが好ましく、3.5 / 以下であることがより好ましい。導電薄膜層16の表面抵抗値は、すなわち電波反射体11の表面抵抗値となる。

【0049】

表面抵抗値は導電薄膜層の表面に測定端子を接触させて、JIS K 7194:1994に規定された四端子法に準拠して測定することができる。なお、樹脂シート等で保護され導電薄膜層16が露出していない場合には、非接触式抵抗測定器(ナブソン株式会社製、商品名:EC-80P、又はその同等品)を用いて渦電流法によって測定することができる。

30

【0050】

導電薄膜層16の展開界面面積率Sdrは特に限定されないが、0.05%以上、600%以下であることが好ましく、1%以上、580%以下がより好ましく、2%以上、180%以下が更に好ましく、3%以上90%以下が更に好ましい。展開界面面積率Sdrがこの範囲内であることで、正規反射強度、尖度を上記範囲に調整しやすくなる。この結果、電波を拡散反射させやすくなる。

40

【0051】

展開界面面積率SdrはJIS B 0681 2:2018に算出式が示されており、JIS B 0681 6:2014に準拠して測定される。レーザー顕微鏡(製品名VK-X1000/1050、キーエンス社製、又はその同等品)を用いて、導電薄膜層16(電波反射材12)の表面の複数箇所の高さを測定して、得られた測定値より展開面積を算出することで電波反射材12の展開界面面積率Sdrを求めることができる。本実施形態では導電薄膜層16は複数のシート状の電波反射材12を有しており、各電波反射材12それぞれにおいて複数箇所電波反射材12における高さを測定し、得られた測定値から展開界面面積率Sdrをそれぞれ算出する。その後、算術平均値を算出することで導電薄膜層16の展開界面面積率Sdrを求めることができる。

50

【 0 0 5 2 】

導電薄膜層 1 6 は、被覆率が 5 % 以上、9 9 . 9 % 以下であることが好ましい。被覆率は、平面視において単位面積当たりの電波反射材 1 2 が占める面積の割合をいい、図 2、図 3 に示す実施形態においては、基材層 1 3 の平面視における面積に対して、電波反射材 1 2 の平面視における面積の割合をいう。被覆率は、基材層 1 3 の平面視における面積に対して、電波反射材 1 2 によって覆われる基材層 1 3 の面積とも言える。被覆率は、走査型電子顕微鏡 (S E M)、透過型電子顕微鏡 (T E M)、光学顕微鏡等を用いて測定される。

【 0 0 5 3 】

なお、電波反射材 1 2 の形状は正方形に限定されず、任意の形状であってもよい。好ましくは、ある電波反射材 1 2 の辺と隣り合う電波反射材 1 2 の辺とが平行であり、ある電波反射材 1 2 と隣り合う全ての電波反射材 1 2 との間隔が等しくなるように配置可能な形状であり、例えば、長方形、三角形、六角形などであってもよい。基材層 1 3 上に形成される電波反射材 1 2 の数は、電波反射体 1 1 の大きさ (面積) により設定される。

【 0 0 5 4 】

(導電薄膜層 1 6 の他の実施形態)

図 4、図 5 に、導電薄膜層 1 6 である電波反射材 1 2 の他の実施形態を示す。図 4、図 5 の実施形態は、図 2、図 3 の実施形態とは、電波反射材 1 2 の大きさと数が異なっている。本実施形態の電波反射材 1 2 は、特に無線 LAN (W i - F i (登録商標)) や第 6 世代移動通信システム (6 G) かそれ以降の世代の移動通信システムにおいて用いられる 3 G H z 以上、1 0 G H z 以下の周波数帯域の電波を反射するように一辺の長さ L 1、隣り合う電波反射材 1 2 の間隔 L 2 が設定されている。本実施形態では、一辺の長さ L 1 が図 2、図 3 に示す実施形態より短く設定され、例えば、一辺の長さ L 1 が 7 . 7 4 6 0 m m に設定される。しかし、これに限定されず、一辺の長さ L 1 は 0 . 7 m m 以上、8 0 0 m m 以下であってもよく、間隔 L 2 は 1 μ m 以上、1 0 0 0 μ m 以下であってもよい。

【 0 0 5 5 】

本実施形態では、基材層 1 3 は図 2、図 3 に示す実施形態の基材層 1 3 の大きさと同じに設定しており、図 5 に示すように基材層 1 3 上に縦に 1 1、横に 1 1 の合計 1 2 1 の電波反射材 1 2 が形成されている。しかし、電波反射材 1 2 の数は基材層 1 3 の大きさに合わせて適宜設定される。その他の導電薄膜層 1 6 の構成は、図 2、図 3 に示す実施形態と同様である。

【 0 0 5 6 】

本実施形態によれば、周期配列された電波反射材 1 2 の周期間隔が小さいため、この周期間隔に応じた周波数帯域である 3 G H z 以上、1 0 G H z 以下の電波を広い角度範囲で反射することができる。その他の構成及び作用は図 2、図 3 に示す実施形態と同様であるため、対応する構成に同一の符号を付すことで詳細な説明は省略する。

【 0 0 5 7 】

(導電薄膜層 1 6 の他の実施形態)

図 6、図 7 に導電薄膜層 1 6 である電波反射材 1 2 の他の実施形態を示す。図 6、図 7 の例においては、導電薄膜層 1 6 は、1 または複数の線状の電波反射材 1 2 が、複数の電波反射材 1 2 の無い領域 1 2 a を囲んで配置されている。すなわち、電波反射材 1 2 および電波反射材 1 2 の無い領域 1 2 a が所定の間隔を空けて周期的に配置されたものである。隣合う電波反射材 1 2 の無い領域 1 2 a の間隔は、電波反射材 1 2 の線幅 L 6 と等しい長さでもよく、線幅 L 6 よりも大きい長さでもよい。なお、線状とは、長手方向の長さが長手方向と直交する方向の長さの 3 0 0 0 倍以上であることをいう。図 7 (B) に示す例においては、電波反射材 1 2 が縦方向および横方向に沿って等間隔に配置されており、電波反射材 1 2 により囲まれた電波反射材 1 2 の無い領域 1 2 a が正方形である。すなわち、電波反射材 1 2 の無い領域 1 2 a は電波反射材 1 2 の線幅 L 6 の間隔を空けて配置される。横方向に沿う電波反射材 1 2 (1 2 A) と縦方向に沿う電波反射材 1 2 (1 2 B) とが重なり合う交点において電波反射材 1 2 A、1 2 B は電氣的に導通している。電波反射材 1 2 の線幅 L 6 は、0 . 0 5 μ m 以上、1 5 μ m 以下に設定されることが好ましい

。縦方向または横方向に沿って隣り合う電波反射材 1 2 の間の長さ L_7 (正方形である電波反射材 1 2 の無い領域 1 2 a の一辺の長さ) は、可視光線の波長より充分大きく、電波反射体 1 1 に反射する電波の波長より小さくなるように設定され、この例では、 $2 \mu\text{m}$ 以上、 10cm 以下に設定される。より好ましくは $20 \mu\text{m}$ 以上、 1cm 以下、更に好ましくは $25 \mu\text{m}$ 以上、 1mm 以下が好ましい。一層好ましくは $30 \mu\text{m}$ 以上、 $250 \mu\text{m}$ 以下である。また、電波反射材 1 2 の厚み L_3 は $0.05 \mu\text{m}$ 以上、 $10 \mu\text{m}$ 以下が好ましい。本実施形態における導電薄膜層 1 6 の被覆率は 50% 以下が好ましく、 1% 以上が好ましく、より好ましくは 10% 以下であることが好ましい。本実施形態における導電薄膜層 1 6 の表面抵抗値は $0.3 / \Omega$ 以上、 $10 / \Omega$ 以下が好ましい。

【0058】

導電薄膜層 1 6 の展開界面面積率 S_{dr} の好ましい範囲、算出式、測定方法は、図 2、図 3 に示す実施形態と同様である。本実施形態では、導電薄膜層 1 6 は複数の線状の電波反射材 1 2 を有している。導電薄膜層 1 6 の複数箇所の高さを測定し、得られた測定値から展開界面面積率 S_{dr} をそれぞれ算出する。その後、算術平均値を算出することで導電薄膜層 1 6 の展開界面面積率 S_{dr} を求めることができる。

【0059】

その他の導電薄膜層 1 6 の構成は、図 2、図 3 に示す実施形態と同様である。

【0060】

図 7 (B) に示す電波反射材 1 2 の配置では、電波反射材 1 2 の無い領域 1 2 a の形状が正方形であるが、例えば、隣り合う横方向に延びる電波反射材 1 2 A 同士の間隔と、隣り合う縦方向に延びる電波反射材 1 2 B 同士の間隔とが異なっており、電波反射材 1 2 の無い領域 1 2 a の形状が長方形であってもよい。また、電波反射材 1 2 は図 8 (A) ~ (E) に示す配置パターンで配置されていてもよい。図 8 (A) においては、複数の電波反射材 1 2 A が横方向に延びかつ縦方向に所定の間隔を空けて配置され、縦方向に隣り合う電波反射材 1 2 A の間に、縦方向に延びる複数の電波反射材 1 2 B が千鳥状に配置される。千鳥状とは、縦方向に延びる複数の電波反射材 1 2 B が横方向に所定の間隔を空けて配列され、かつ、一つの列を形成する複数の電波反射材 1 2 B が、この列の縦方向に隣の列を形成する複数の電波反射材 1 2 B の間に位置し、一つ飛びの列の電波反射材 1 2 B は一直線上に並ぶように配列された状態をいう。図 8 (B) においては、電波反射材 1 2 A が横方向に延びるとともに、電波反射材 1 2 B、1 2 C が横方向に対して対称に傾いた斜め方向に沿って延び、かつ電波反射材 1 2 B 及び 1 2 C が、互いに電波反射材 1 2 A 上で交差する。これにより、電波反射材 1 2 の無い領域 1 2 a の形状は、正三角形である。なお、電波反射材 1 2 の無い領域 1 2 a の形状が正三角形ではなく、二等辺三角形や 3 辺の長さが異なる三角形であってもよい。図 8 (C) においては、線状の電波反射材 1 2 に囲まれた正六角形の電波反射材 1 2 の無い領域 1 2 a が周期的に配置され、図 8 (D) においては、線状の電波反射材 1 2 に囲まれた正五角形の電波反射材 1 2 の無い領域 1 2 a が周期的に配置されている。図 8 (E) においては、線状の電波反射材 1 2 により囲まれた円形の電波反射材 1 2 の無い領域 1 2 a が周期的に配置されている。なお、図 8 (A) ~ (E) は電波反射材 1 2 のみを図示している。

【0061】

図 6 ~ 図 8 の配置パターンを有する導電薄膜層 1 6 の製造方法としては、導電体膜を成形した後、エッチングによりパターンを形成し、パターンを有する導電薄膜体を取り出す方法、リフトオフ層を設けたベースフィルム上に、感光性レジストを塗工し、フォトリソグラフィ法によりパターン形成し、パターン部に導電体を充填した後に、パターンを有する導電薄膜体を取り出す方法などが挙げられる。なお、導電薄膜層 1 6 の製造方法は上記に限定されることはなく、金属薄膜を接着する方法、金属を蒸着する方法などが挙げられる。

【0062】

(接着層 1 4)

接着層 1 4 は、基材層 1 3 および導電薄膜層 1 6 の上に保護層 1 5 を接着するものであ

10

20

30

40

50

り、接着材から構成される。接着層 1 4 は、平面視において基材層 1 3 に対応する大きさを有する。接着層 1 4 である接着材として、合成樹脂やゴム製の粘着シートが用いられる。合成樹脂としては、例えば、アクリル樹脂や、シリコン樹脂、ポリビニルアルコール樹脂等が挙げられる。接着層 1 4 の厚み L_4 は、本実施形態では $150 \mu\text{m}$ に設定されているが、これに限定されるものではなく、 $5 \mu\text{m}$ 以上、 $500 \mu\text{m}$ 以下に設定される。なお、接着層 1 4 は接着材に加え、任意の合成樹脂等の物質や任意の部材を含んでいてもよい。

【0063】

接着層 1 4 は、誘電正接 ($\tan \delta$) が 0.018 以下の合成樹脂材料からなるものが用いられることが好ましい。誘電正接は低いほど好ましいが、通常 0.0001 以上である。誘電正接とは、誘電体内での電気エネルギー損失の割合を表すものであり、誘電正接が大きい材料ほど電気エネルギー損失は大きくなる。誘電正接が 0.018 以下である接着層 1 4 を用いることで、電波反射体 1 1 における電波の電気エネルギーの損失が少なくなり、反射強度をより強くすることができる。

10

【0064】

また、接着層 1 4 の合成樹脂材料は、電場の周波数に応じて比誘電率が変化するものであることが好ましい。比誘電率とは、媒質（本実施形態では合成樹脂材料）の誘電率と真空の誘電率の比である。電場に応じて比誘電率が変化することで、特定の周波数の電場での反射波の強度を高めることができる。周波数 10GHz における比誘電率は、 1.5 以上、 7 以下の間で変化することが好ましい。より好ましくは、 1.8 以上、 6.5 以下の間で変化することが好ましい。誘導正接、比誘電率は測定装置（例えば、東洋テクニカ社、型番 TTPX テーブルトップ極低温プローバー、マテリアルインピーダンスアナライザ MIA-5M）を用いて既知の方法（例えば、空洞共振器法、同軸共振器法）により測定される。

20

【0065】

なお、接着層 1 4 だけでなく、基材層 1 3 及び保護層 1 5 を構成する合成樹脂材料が、誘電正接が 0.018 以下のものであってもよく、電場に応じて比誘電率が変化するものであってもよい。

【0066】

（保護層 1 5）

保護層 1 5 は、平面視において基材層 1 3 に対応する大きさを有し、電波反射材 1 2 を保護するものであり、保護材から構成される。保護層 1 5 である保護材として、合成樹脂製のシート（フィルム）が用いられる。合成樹脂としては、例えば PET（ポリエチレンテレフタレート）、COP（シクロオレフィンポリマー）、ポリエチレン、ポリプロピレン、ポリ塩化ビニル、ポリスチレン、ポリメチルメタクリレート、ポリエステル、ポリフォルムアルデヒド、ポリアミド、ポリフェニレンエーテル、塩化ビニリデン、ポリ酢酸ビニル、ポリビニルアセタール、AS 樹脂、ABS 樹脂、アクリル樹脂、フッ素樹脂、ナイロン樹脂、ポリアセタール樹脂、ポリカーボネート樹脂、ポリアミド樹脂、ポリウレタン樹脂からなる群から選択される 1 種以上が挙げられる。保護層 1 5 の厚み L_5 は、本実施形態では $50 \mu\text{m}$ に設定されているが、これに限定されるものではなく、 $20 \mu\text{m}$ 以上、 $1000 \mu\text{m}$ 以下に設定される。なお、保護層 1 5 には保護材に加え任意の合成樹脂等の物質や任意の部材を含んでいてもよい。

30

40

【0067】

本実施形態によれば、入射波の入射角が 15 度以上、 75 度以下の所定の入射角で電波が入射する場合に、入射した電波が正規反射したときの反射波に対して ± 15 度の角度範囲 という広い角度範囲 内において反射強度を大きく保った状態で電波を反射させることができ、空間の広い範囲に電波を届けることができる。このため、従来の金属板からなる反射板のように、死角空間を少なくするために反射板を多数設置する必要がない。

【0068】

また、図 2、図 3 に示す実施形態では、電波反射体 1 1 が反射させる電波の周波数は、電波反射材 1 2 の一辺の長さ L_1 及び隣り合う電波反射材 1 2 の間の間隔 L_2 を設定する

50

ことで定まる。一辺の長さ L_1 、間隔 L_2 を設定することで、第 5 世代移動通信システム (5G) に係る周波数帯域である 20 GHz 以上、300 GHz 以下の電波を広い範囲で反射できる。

【0069】

また、電波反射体 11 である構造体 10 は透明であるため、建築物の室内に構造体 10 を設けた場合に、インテリア等の景観を遮断したり阻害するのを防ぐことができる。

【0070】

また、電波反射体 11 は樹脂でシート形状に保たれているので、微細な電波反射体 11 を周期的に並べたメタマテリアル構造を保持することができる。

【0071】

また、電波反射体 11 である構造体 10 は全体の厚み L_{11} が 1 mm 以下と薄いため、可撓性を有しやすくなり、湾曲面上に構造体 10 を取付けることができる。

【0072】

また、誘電正接が 0.018 以下である樹脂を用いることで、構造体 10 における電波の電気エネルギーの損失が少なくなり、反射波の強度をより強くすることができる。さらに、樹脂は電場に応じて比誘電率が変化するため、特定の周波数の電場での反射波の強度をより高めることができる。

【0073】

(他の実施形態)

図 9 に、本発明の他の実施形態を示す。図 9 に示す電波反射体 11 である構造体 10 は、電波反射材 12A、12B を有する導電薄膜層 16A、16B が樹脂である基材層 13A、13B によって上下方向に二層に積層されたものである。基材層 13A 上に形成された各電波反射材 12A と基材層 13B 上に形成された各電波反射材 12B とは平面から見て重なるように位置合わせされて積層されている。なお、図 9 の導電薄膜層 16A、16B の配置パターンは平面視において重なっていてもよく、導電薄膜層 16A、16B は異なる配置パターンで形成されていてもよい。電波反射材 12A の上に、基材層 13B の下面が接着層 14A により貼付けられ、電波反射材 12B の上に、接着層 14B により保護層 15 が貼付けられている。

【0074】

電波反射体 11 に入射した電波は、一層目の電波反射材 12B により反射されるが、一部は電波反射材 12B で反射されずに電波反射材 12B を通過する。この電波反射材 12B を通過した電波は、二層目の電波反射材 12A により反射される。このように、電波反射材 12 を上下方向に複数積層することで、上層の電波反射材 12B を通過した電波を下層の電波反射材 12A で反射させることができ、電波反射体 11 の反射強度を電波反射材 12 が一層のみの場合と比べてより大きく保つことができる。また、電波の正規反射方向に対して ± 15 度の角度範囲 における、反射強度の分布の尖度をさらに小さくことができ、角度範囲 内の角度位置による反射強度の差が小さくなる。さらに、二枚の接着層 14A、14B を用いているので、誘電正接の値が図 2 ~ 図 8 に示す実施形態よりもさらに小さくなり、反射強度をさらに大きく保つことができる。その他の構成及び作用は図 2、図 3 に示す実施形態と同様であるため、対応する構成に同一の符号を付すことで詳細な説明は省略する。

【0075】

なお、図 9 の実施形態では、基材層 13 に形成された電波反射材 12 が二層に積層されているが、三層以上積層されていてもよい。電波反射材 12 を積層する数が増えると反射強度が大きくなるが、電波反射体 11 全体の厚みが厚くなるため可撓性が低下し、また、可視光透過性も低下する。このため、特に可撓性や透明性が不要でない場所に構造体 10 を設ける場合には積層数を多くするなど、積層数は使用用途等に応じて適宜設定される。

【0076】

図 9 の実施形態においては、電波反射材 12A、12B のそれぞれについて展開界面面積率 S_{dr} を求め、求めた展開界面面積率 S_{dr} の算術平均値を導電薄膜層 16A、16

10

20

30

40

50

Bの展開界面面積率 S_{dr} としてもよい。展開界面面積率 S_{dr} の好ましい範囲、算出式、測定方法は、図2、図3に示す実施形態と同様である。

【0077】

(他の実施形態)

図10に電波反射体11の他の実施形態を示す。図10の実施形態においては、電波反射体11である構造体10は導電薄膜層16と基材層13とを備え、接着層14と保護層15とを備えていない。この場合、導電薄膜層16の電波反射材12は基材層13の上面の略全面にシート形状の薄膜として正形状に形成されている。電波反射材12の厚み L_3 は、本実施形態では 10 nm としているが、これに限定されない。表面抵抗値は、本実施形態では $9.8 / \Omega$ である。図10の実施形態においては、被覆率は、基材層13の上の導電薄膜層16が設けられている部分における単位面積当たりの電波反射材12が占める面積の割合として規定され、被覆率は 100% となる。本実施形態においては、電波反射体11の全光線透過率は 70% である。その他の構成及び作用は図2、図3に示す実施形態と同様であるため、対応する構成に同一の符号を付すことで詳細な説明は省略する。なお、平面視において電波反射材12の大きさが基材層13の大きさよりも一回り小さく、基材層13の側縁に近い領域に電波反射材12が形成されていなくてもよい。

10

【0078】

なお、本実施形態では導電薄膜層16は1枚の電波反射材12から構成されるが、複数枚の電波反射材12から構成されていてもよい。この場合、複数の電波反射材12が基材層13の上面の略全面に、所定の間隔を空けて配置される。また、電波反射材12の形状は、円形、長方形、三角形、多角形などであってもよい。

20

【0079】

(他の実施形態)

また、電波反射体11である構造体10の他の実施形態においては、電波反射材12は、基材層13の上面に形成するのではなく、図11に示すように、合成樹脂材料からなる基材層13の内部に分散されていてもよい。本実施形態によっても、電波が正規反射したときの反射方向に対して ± 15 度の広い角度範囲内において反射強度を高く保つことができる。また、電波反射体11は、メタマテリアル構造を有するものに限定されず、例えば、金属ナノワイヤ積層膜、多層グラフェン、部分剥離グラファイトのいずれかであってもよい。

30

【0080】

電波反射材12が合成樹脂材料からなる基材層13の内部に分散されている態様において、電波反射材12は、粒子状、鱗片状、ロッド状、繊維状であってもよい。粒子状である場合、電波反射材12の粒子径は特に限定されないが、平均粒子径が $0.01\text{ }\mu\text{ m}$ 以上、 $0.8\text{ }\mu\text{ m}$ 以下であることが好ましい。

【0081】

鱗片状とは、球状や塊状等の立体形状のものを一方向に押し潰して形成される薄片形状をいい、板状などの形状を含み、フレーク状ともいう。鱗片状の電波反射材12の大きさは特に限定されないが、平面視において外周縁上の異なる2点と重心点とを通る直線の最大の長さが $0.4\text{ }\mu\text{ m}$ 以上 $0.8\text{ }\mu\text{ m}$ 以下であることが好ましく、前記直線の最小の長さは $0.4\text{ }\mu\text{ m}$ 以上 $0.6\text{ }\mu\text{ m}$ 以下であることが好ましく厚みは $0.01\text{ }\mu\text{ m}$ 以上 $0.20\text{ }\mu\text{ m}$ 以下であることが好ましく、アスペクト比は1以上10以下であることが好ましい。

40

【0082】

ロッド状とは、軸方向に細長い棒状の形状をいい、棒の断面の形状は特に限定されず、例えば長方形、円形、楕円形、または、多角形でもよい。また、棒の断面の形状は軸方向に沿って異なってもよく、錐形状、樹状、針状なども含む。軸方向の長さは $0.4\text{ }\mu\text{ m}$ 以上 $0.8\text{ }\mu\text{ m}$ 以下であることが好ましく、軸方向の任意の位置の断面において外周縁上の異なる2点と重心点とを通る直線の最大の長さが $0.01\text{ }\mu\text{ m}$ 以上、 $0.8\text{ }\mu\text{ m}$ 以下であることが好ましく、アスペクト比は1以上1000以下であることが好ましい。

【0083】

50

繊維状とは、細長い糸状の形状をいい、長さ方向の長さが $0.8\mu\text{m}$ 以上 $2000\mu\text{m}$ 以下であることが好ましく、直径は $0.01\mu\text{m}$ 以上 $0.8\mu\text{m}$ 以下であることが好ましく、アスペクト比は 100 以上 $1,000,000$ 以下であることが好ましい。

【0084】

また、基材層13の内部に分散されている電波反射材12の周波数 10GHz における比誘電率は、 1.0×10^4 以上、 1.0×10^8 以下であることが好ましい。基材層13の内部に分散されている電波反射材12の素材は、上記の形状、比誘電率を持たずものであれば特に限定されず、金属、合金又は金属化合物を用いることができ、金、銀、白金、ニッケル、アルミニウム、酸化インジウム錫及びこれらの合金等が好ましく、金、銀、白金、ニッケル、アルミニウムがより好ましい。

10

【0085】

基材層13中の粒子の含有量は、基材層13の合成樹脂材料の含有量 100 重量部に対して、 10 重量部以上、 4000 重量部以下であることが好ましく、 20 重量部以上 2000 重量部以下であることがより好ましく、更により好ましくは 25 重量部以上 1900 重量部以下である。

【0086】

展開界面面積率 S_{dr} の好ましい範囲、算出式、測定方法は、図2、図3に示す実施形態と同様である。本実施形態では、基材13、すなわち電波反射体11の表面における高さを複数箇所測定し、それらの測定値から展開界面面積率 S_{dr} をそれぞれ算出する。その後、算術平均値を算出することで展開界面面積率 S_{dr} を求めることができる。本実施形態では導電薄膜層16である電波反射材12は基材層13の内部に分散されているため、導電薄膜層16の展開界面面積率 S_{dr} は基材13の高さを用いて算出する。

20

【0087】

その他の構成及び作用は図2、図3に示す実施形態と同様であるため、対応する構成に同一の符号を付すことで詳細な説明は省略する。

【0088】

(使用)

上記のいずれかの電波反射体11からなる構造体10は建築材料30に含まれて使用されてもよい。建築材料30は、例えば図12(A)に示すように、室内や廊下の壁面、天井面、床面、パーティション用の壁紙、ポスター等の装飾材30A、電灯カバー用の透明シール等の装飾材30Bとして、建築物内に取り付けることが可能なものである。構造体10を含んだ装飾材30A、30Bを壁面31や電灯カバー32に取付けることで、屋外から窓33等を介して室内に入った電波を、壁面31や電灯カバー32に設けた装飾材30A、30Bで反射する。これにより、室内空間Sのより広範囲に電波が届き、電波受信の利便性が向上する。

30

【0089】

また、構造体10は、樹脂などの非導電性材料からなる部材又は建築材料の内部に保持されたものとして形成されてもよい。例えば、建築材料30である壁面31そのものや電灯カバー32そのものが電波反射体11で構成されていてもよい。さらに、建築材料30は室内の壁や電灯カバーに限定されず、例えば、パーティション、柱、鴨居、建築物の外壁、窓等であってもよい。例えば、図12(B)は室内を平面から見た図であり、電波反射体11である建築材料30は部屋の隅の曲面を有する隅柱30Cとして形成されている。窓33から入った電波が隅柱30Cに反射して室内空間Sのより広範囲に電波が届く。なお、図12(A)、図12(B)は建築材料30の適用例を示すものであり、実際の電波の反射の範囲を示すものではない。

40

【0090】

(評価試験)

電波反射体11である構造体10として実施例1~8を作成し、この実施例1~8と比較例1~3とについて、角度実用性、景観担保性、設置性について評価試験を行なった。ただし、本発明の構造体は、実施例1~8に限定されない。

50

【0091】

(実施例、比較例の説明)

実施例1として作成した構造体10は、図2、図3に示す実施形態と同様の構成を有する構造体10である。基材層13としてPETからなる合成樹脂材料シート(東レ社製、ルミラー50T60)を用いた。基材層13の厚みを $50\mu\text{m}$ 、一辺の長さを 620.5mm とした。電波反射材12は銀(Ag)からなる金属薄膜であり、厚み(膜厚) $L3$ を 50nm 、一辺の長さ $L1$ を 77.460mm 、隣り合う電波反射材12の間隔 $L2$ を $100\mu\text{m}$ (公差 $\pm 10\mu\text{m}$)とした。電波反射材12の展開界面面積率 Sdr は30%であり、表面抵抗値は $8.7/\Omega$ 、被覆率は99.7%である。接着層14として光学接着シリコン粘着シート(岩谷産業社製、ISR-SOC150 μtype)を用いた。接着層14の誘導正接は0.04であり、0.018より大きい。保護層15としてPETからなる合成樹脂製シート(東レ社製、ルミラー50T60)を用いた。保護層15の厚みを $50\mu\text{m}$ とした。構造体10の全光線透過率は82%である。

10

【0092】

実施例1の構造体10の製造方法について説明する。まず、電波反射材12の基材層13への形成を行なう。実施例1の製造では、ロールtoロール方式のスputtering装置を用いている。スputtering装置の成膜室に備えられたカソードに、金属(例えば銀)を含むターゲットを取り付ける。カソードに対して、5%カソードが隠れる程度の大きさにアースシールドを設ける。スputtering装置の成膜室は、真空ポンプにより排気され、例えば $3.0 \times 10^{-4}\text{Pa}$ まで減圧され、また、例えばアルゴンガスが所定の流量(100sccm)で供給される。この状態で、基材層13を例えば搬送速度 $0.1\text{m}/\text{分}$ 、張力 100N でカソード下に搬送する。カソードに接続されたバイポーラ電源から 5kW のパルス電力が供給されることで、ターゲットから金属が吐出されて基材層13の表面に堆積し、これにより金属薄膜が形成される。

20

【0093】

金属薄膜が所望の厚みで形成されたか否かの評価は例えば以下の手順により行なわれる。例えば、ナノインデント(HYSTRON社製、TI950)を用いて、所定の箇所(本実施形態では約30か所)に金属薄膜を貫通する圧痕を形成する。レーザー顕微鏡(KEYENCE社製、VK-X1000/1050)を用いて、圧痕による隙間から金属薄膜の厚みを計測する。約30か所の測定値から平均膜厚及び標準偏差を求め、平均膜厚が所望の厚み $L3$ (例えば、 50nm)であるか、及び測定値のばらつきが所望の範囲内(例えば、標準偏差が5以内)であるかを評価する。

30

【0094】

次に、金属薄膜を分割する。先端が丸形状であり先端外径が $80\mu\text{m}$ のステンレス針を用いて、金属薄膜を所定の間隔で縦横に直線状に削り取って複数の正方形に分割する。これにより複数の電波反射材12が基材層13上に形成される。

【0095】

そして、接着層14により保護層15を層電波反射材12に取付ける。接着層14を用いて、気泡が入らないよう保護層15を基材層13の電波反射材12上に貼付ける。これにより電波反射体11である構造体10が製造される。

40

【0096】

実施例2として作成した構造体10は、実施例1とは導電薄膜層16、接着層14及び保護層15が異なっている。実施例2では、導電薄膜層16の電波反射材12の展開界面面積率 Sdr は27%、表面抵抗値は $8.7/\Omega$ 、被覆率は99.7%である。接着層14として、以下のゴム系接着剤を用いた。すなわち、冷却管、窒素導入管、温度計、滴下ポートおよび攪拌装置を備えた反応容器に、ゴム系ポリマー(スチレン-(エチレン-プロピレン)-スチレン型ブロック共重合体50質量%とスチレン-(エチレン-プロピレン)型ブロック共重合体50質量%との混合物、スチレン含有率15%、重量平均分子量13万)100重量部、合成樹脂(三井化学社製、FMR-0150)40重量部、軟化剤(JX日鉱日石エネルギー社製、LV-100)20重量部、酸化防止剤(ADEK

50

A社製、アデカスタブA O - 3 3 0) 0 . 5 重量部およびトルエン 1 5 0 重量部を仕込み、4 0 で5時間攪拌したものを保護層 1 5 に塗布し、乾燥させた。また、保護層 1 5 として、C O P からなる合成樹脂製シート(日本ゼオン株式会社製、ゼオノアフィルム Z F 1 4) を用いた。保護層 1 5 の厚みを 5 0 μm とした。実施例 2 の接着層 1 4、保護層 1 5 は、誘電正接が 0 . 0 1 8 以下である 0 . 0 0 2 の値を有しており、実施例 1 の接着層 1 4 である光学接着シリコン粘着シートよりも誘電正接の値が小さい。構造体 1 0 の全光線透過率は 8 2 % である。その他の構成は実施例 1 と同様である。

【 0 0 9 7 】

実施例 3 として作成した構造体 1 0 は、図 9 に示す実施形態と同様の構成を有しており、使用した接着層 1 4、保護層 1 5 は実施例 2 と同様のものである。導電薄膜層 1 6 の電波反射材 1 2 A、1 2 B のそれぞれの展開界面面積率 S_{dr} は 6 0 % であり、それぞれの表面抵抗値は 8 . 7 / 、それぞれの被覆率は 9 9 . 7 % である。構造体 1 0 の全光線透過率は 8 0 % である。その他の構成は実施例 1 と同様である。

【 0 0 9 8 】

実施例 4 として作成した構造体 1 0 は、図 4、図 5 に示す実施形態と同様の構成を有しており、電波反射材 1 2 は、一辺の長さ L_1 を 7 . 7 4 6 0 mm としている。導電薄膜層 1 6 の電波反射材 1 2 の展開界面面積率 S_{dr} は 2 1 %、表面抵抗値は 8 . 6 / 、被覆率は 9 7 . 4 % である。構造体 1 0 の全光線透過率は 8 2 % である。その他の電波反射材 1 2 の構成、基材層 1 3、接着層 1 4、保護層 1 5 の構成は実施例 1 と同様である。

【 0 0 9 9 】

実施例 5 として作成した構造体 1 0 は、図 6、図 7 に示す実施形態と同様の構成を有する構造体 1 0 である。構造体 1 0 である電波反射体 1 1 は平面形状が正方形であり、一辺の長さ L_{10} を 2 0 cm、電波反射体 1 1 の厚み L_{11} を 0 . 2 5 mm とした。構造体 1 0 の全光線透過率が 8 5 % である。基材層 1 3 として P E T からなる合成樹脂材料シート(東レ社製、ルミラー 5 0 T 6 0) を用い、基材層 1 3 の厚み L_8 を 5 0 μm とした。導電薄膜層 1 6 の電波反射材 1 2 は銀 (A g) からなる線状の金属薄膜であり、厚み(膜厚) L_3 を 0 . 5 μm (5 0 0 nm)、線幅 L_6 を 0 . 5 μm (5 0 0 nm)、隣り合う電波反射材 1 2 の間の長さ L_7 を 6 0 μm とした。電波反射材 1 2 の表面抵抗値は 1 . 7 / 、被覆率は 7 % である。電波反射材 1 2 の展開界面面積率 S_{dr} は 1 0 % である。接着層 1 4 として、実施例 2 と同様のゴム系接着剤を用いた。接着層 1 4 の厚み L_4 は 1 5 0 μm とした。接着層 1 4 の誘導正接は 0 . 0 4 である。保護層 1 5 として P E T からなる合成樹脂製シート(東レ社製、ルミラー 5 0 T 6 0) を用いた。保護層 1 5 の厚み L_5 を 5 0 μm とした。

【 0 1 0 0 】

実施例 5 の電波反射体 1 1 の製造方法を説明する。まず、電波反射材 1 2 の基材層 1 3 への形成を行なう。金属層として十分な強度を有する 5 μm 以上、2 0 0 μm 以下の厚さの銅箔の一方の表面に、0 . 0 1 μm 以上、3 μm 以下のコア層を電解または無電解めっきなどの方法によって形成する。そして、コア層の表面に電解または無電解めっきなどの方法によって所定の配置パターンの導電薄膜層 1 6 を形成する。次に、導電薄膜層 1 6 の全部を基材層 1 3 で覆う。基材層 1 3 には粘着剤があらかじめ塗布されている。そして、銅箔およびコア層をエッチング除去する。これにより電波反射材 1 2 が基材層 1 3 上に形成される。

【 0 1 0 1 】

そして、接着層 1 4 により保護層 1 5 を電波反射材 1 2 の基材層 1 3 とは反対側に取付ける。接着層 1 4 を用いて、気泡が入らないよう保護層 1 5 を基材層 1 3 の電波反射材 1 2 上に貼付ける。これにより電波反射体 1 1 が製造される。

【 0 1 0 2 】

実施例 6 として作成した構造体 1 0 は、導電薄膜層 1 6 の電波反射材 1 2 の配置パターンが図 8 (A) に示す千鳥状のものであり、電波反射材 1 2 の線幅 L_6 は 0 . 4 μm (4 0 0 nm)、

10

20

30

40

50

被覆率は5%である。電波反射材12の表面粗さ S_{dr} は3%である。構造体10の全光線透過率は87%である。その他の構成は実施例5と同様である。

【0103】

実施例7として作成した構造体10は、導電薄膜層16の電波反射材12の配置パターンが実施例5と同様であり、電波反射材12の厚み(膜厚) L_3 を $5\mu\text{m}$ 、線幅 L_6 を $0.2\mu\text{m}$ (200nm)とした。被覆率は10%である。電波反射材12の展開界面面積率 S_{dr} は572%である。構造体10の全光線透過率は90%である。その他の構成は実施例5と同様である。

【0104】

実施例8として作成した構造体10は、基材層13に粒状の電波反射材12が分散した図11に示す実施形態と同様の構成を有する構造体10である。基材層13の厚み L_8 は $128\mu\text{m}$ である。基材層13の内部に分散している電波反射材12は銀からなる粒子であり、平均粒子径は $0.4\mu\text{m}$ (400nm)である。粒子の含有量は、基材層13の合成樹脂材料の含有量100重量部に対して、110重量部である。展開界面面積率 S_{dr} は90%である。構造体10の全光線透過率は80%である。

10

【0105】

比較例1として、厚みが3mmのアルミニウム板を用いた。比較例1の展開界面面積率 S_{dr} は0.3%であり、全光線透過率は0%である。

【0106】

比較例2として、厚みが 0.012mm のアルミニウムのシート(アルミ箔)を用いた。比較例2の展開界面面積率 S_{dr} は6%であり、全光線透過率は10%である。

20

【0107】

比較例3として、厚みが 0.6mm のアルミニウム板を用いた。比較例2の展開界面面積率 S_{dr} は0.3%であり、全光線透過率は0%である。

【0108】

(反射強度の測定、尖度の算出、評価指標)

測定対象物である実施例1~8、比較例1~3(まとめて「試料」とも言う。)の反射波の強度の測定は、JIS R 1679:2007に記載された反射量の測定方法に沿って、以下の手順で行なった。試料架台に試料を配置し、電波の入射角 θ_1 、反射角 θ_2 ($\theta_1, \theta_2 = 30^\circ, 45^\circ, 60^\circ$)に合わせて送信アンテナ及び受信アンテナを配置した。試料と受信アンテナとの間の距離および試料と送信アンテナとの間の距離は1mとした。送信アンテナから、周波数を3GHzから300GHzまで変化させた電波(4GHz、28.5GHz、47GHz、95GHz、144GHz、160GHz、300GHz、の電波)を出力し、各周波数の電波に対する反射量(反射強度)を測定した。

30

【0109】

まず、基準金属板(アルミニウムA1050板、厚み3mm)を試料架台に設置して、スカラネットワークアナライザを用いて受信レベルを測定して記録した。この時、スカラネットワークアナライザにて受信アンテナと送信アンテナの同軸ケーブルを直結し、各周波数における信号レベルを0として校正した。その後再度装置を構成し、測定を行った。基準金属板を試料架台から取り外し、試料を試料架台に設置し、受信レベルを測定し、記録した。測定した受信レベルから、基準金属板の受信レベルを引算して、測定対象の構造体10の正規反射方向の反射量を求めた。また、試料の反射点11aを中心として電波の正規反射方向に対して、 ± 5 度、 ± 10 度、 ± 15 度の角度位置に受信アンテナを移動させ、各受信角度位置において受信レベルを測定して記録した。各試料について、同様の測定を繰り返した。なお電波の周波数が10GHz以下の場合においては、矩形ホーンアンテナの第一フレネル半径を考慮し、適宜ミリ波レンズを用いて試料に平面波を照射した。

40

【0110】

各試料について、各受信角度位置での反射量の測定値から、上述の式(1)に基づき尖度を算出した。

【0111】

50

また、角度実用性、景観担保性、設置性の3つの評価指標を設定した。角度実用性は、正規反射方向に対して ± 15 度の角度範囲において受信アンテナにより反射波を十分に受信可能であるか否かを評価する指標である。受信アンテナを正規反射方向(0度)、 ± 5 度、 ± 10 度、 ± 15 度の角度位置に移動させ、各受信角度位置において反射強度を測定したときに、全ての受信角度位置において、反射強度が -40 dB以上である場合を「A」、全ての受信角度位置において -40 dB未満、 -45 dB以上である場合を「B」、いずれかの受信角度位置において、 -45 dB未満(従来の電波反射材である金属板(アルミニウム板)と同等の性能以下)である場合を「C」と評価した。評価がAまたはBであれば十分な反射強度が確保されており受信アンテナで受信が可能である。

【0112】

設置性は、構造体10を建築物等に設置する際に湾曲面に貼付けることが可能か否かを評価する指標であり、試料を曲率半径Rが300 mmの曲面に沿って貼付けることができる場合を「○」、できない場合を「×」と評価した。

【0113】

景観担保性は構造体10の透明性を評価する指標であり、構造体10を例えば建築物の壁に取付ける際に、壁の質感が視認できる場合を「○」、できない場合を「×」と評価した。

【0114】

(実験結果)

表1～表4に実験結果を示す。表1は、電波の入射角を30度に設定したときの正規反射強度、尖度、角度実用性の結果である。実施例1～6、8では、4 GHz、28.5 GHz、47 GHz、95 GHz、144 GHz、160 GHz、300 GHzの各周波数の電波に対する正規反射強度が -30 dB以上となった。実施例7では、300 GHzの周波数の電波の場合に、正規反射強度が -30 dBとなった。また、受信アンテナを試料の反射点11aを中心として電波の正規反射方向に対して、0度、 ± 5 度、 ± 10 度、 ± 15 度の角度位置に移動させ、各受信角度位置において反射強度を測定した場合に、実施例1～8の全ての例で、尖度は -0.4 以下となった。また、実施例1～8の全ての例で、全ての受信角度位置において反射強度が -45 dB、または -40 dB以上となり、角度実用性が「A」または「B」と良好な評価となった。また、表1には、実施例1～8の表面粗さSdrを記載している。一方、比較例1、3は、各周波数の電波に対して、正規反射強度は -30 dB以上あるものの、尖度が -0.4 より大きく、角度実用性は「C」の評価であった。比較例2は各周波数の電波に対して正規反射強度が -30 dBより小さく、尖度は -0.4 以上となり、角度実用性は「C」の評価であった。

【0115】

表2は、電波の入射角を45度に設定したときの正規反射強度、尖度、角度実用性の結果である。実施例1～8の全ての例で、上記の各周波数の電波に対する正規反射強度が -30 dB以上となった。また、上記の各受信角度位置において反射強度を測定した場合に、実施例1～8の全ての例で、尖度は -0.4 以下となった。また、実施例1～8の全ての例で、全ての受信角度位置において反射強度が -45 dB、または -40 dB以上となり、角度実用性が「A」または「B」と良好な評価となった。一方、比較例1、3は、各周波数の電波に対して、正規反射強度は -30 dB以上あるものの、尖度が -0.4 より大きく、角度実用性は「C」の評価であった。比較例2は各周波数の電波に対して正規反射強度が -30 dBより小さく、尖度は -0.4 またはそれ以上となり、角度実用性は「C」の評価であった。

【0116】

表3は、電波の入射角を60度に設定したときの正規反射強度、尖度、角度実用性の結果である。実施例1～8の全ての例で、上記の各周波数の電波に対する正規反射強度が -30 dB以上となった。また、上記の各受信角度位置において反射強度を測定した場合に、実施例1～8の全ての例で、尖度は -0.4 以下となった。また、実施例1～8の全ての例で、全ての受信角度位置において反射強度が -45 dB、または -40 dB以上とな

10

20

30

40

50

り、角度実用性が「A」または「B」と良好な評価となった。一方、比較例1、3は、各周波数の電波に対して、正規反射強度は -30 dB 以上あるものの、尖度が -0.4 より大きく、角度実用性は「C」の評価であった。比較例2は各周波数の電波に対して正規反射強度が -30 dB より小さく、尖度は -0.4 以上となり、角度実用性は「C」の評価であった。

【0117】

表1～表3に示すように、電波の入射角が 30 度、 45 度、 60 度のいずれの場合であっても、実施例1～6、8の構造体10は、 4 GHz 、 28.5 GHz 、 47 GHz 、 95 GHz 、 144 GHz 、 160 GHz 、 300 GHz の各周波数の電波に対する正規反射強度が -30 dB 以上となり、実施例7の構造体10は、 300 GHz の周波数の電波に対する正規反射強度が -30 dB 以上となった。また、実施例1～8の構造体10は、電波の入射角が 30 度、 45 度、 60 度のいずれの場合であっても、 4 GHz 、 28.5 GHz 、 47 GHz 、 95 GHz 、 144 GHz 、 160 GHz 、 300 GHz の各周波数の電波を反射したときに、尖度が -0.4 以下であった。

10

【0118】

各実施例1～8の正規反射強度、尖度、角度実用性について、電波の入射角を 45 度、電波の周波数が 28.5 GHz の場合を例に説明する。実施例1は、正規反射強度が -24.8 dB であり、 -30 dB 以下である。尖度は -1.27 であり、 -0.4 以下である。実施例1は、正規反射強度が比較例6の -40.3 dB より大きく、尖度が比較例1の -0.2 、比較例2の -0.4 、比較例3の -0.2 より小さい。角度実用性は、実施例1は、A評価であるのに対して、比較例1～3はC評価である。

20

【0119】

実施例2においては、正規反射強度は -22.6 dB であって -30 dB 以上であり、尖度が -1.14 であって -0.4 以下である。実施例2は、実施例1よりも誘電正接の値が小さい接着層14、保護層15を用いており、実施例1よりも尖度が大きいものの、正規反射強度が高く、角度実用性はA評価であった。

【0120】

実施例3においては、正規反射強度は -20.5 dB であって -30 dB 以上であり、尖度が -1.72 であって -0.4 以下である。実施例3においては、電波反射材12が複数積層されており、実施例1と比べても正規反射強度が大きく、尖度の値も小さい。角度実用性はA評価であった。

30

【0121】

実施例4は、実施例1よりも電波反射材12の一辺の長さ L_1 が小さく、正規反射強度は -22.1 dB であって -30 dB 以上であり、尖度が -1.19 であって -0.4 以下である。角度実用性はA評価であった。

【0122】

実施例5は、導電薄膜層16が線状の電波反射材12からなり、図7(B)に示すように電波反射材12の無い領域12aが正方形状となるように電波反射材12が反射されている。この場合、正規反射強度は -20.1 dB であって -30 dB 以上であり、尖度が -1.01 であって -0.4 以下である。角度実用性はA評価であった。

40

【0123】

実施例6は、実施例5と同様に導電薄膜層16が線状の電波反射材12からなるが、導電薄膜層16が図8(A)に示す形状であり、線幅 L_6 が実施例5よりも小さい。実施例6においては、正規反射強度は -20.2 dB であって -30 dB 以上であり、尖度が実施例5よりも大きくなり、 -0.4 であって、角度実用性はB評価であった。

【0124】

実施例7は、導電薄膜層16の厚み L_3 が実施例5の10倍あり、線幅 L_6 が実施例5よりも小さい。実施例7においては、正規反射強度は -28.3 dB であって -30 dB 以上であり、尖度が -2.5 であって -0.4 以下であり、角度実用性はA評価であった。

【0125】

50

実施例 8 は、基材層 1 3 の中に粒子状の電波反射材 1 2 が分散しており、実施例 7 においては、正規反射強度は - 2 4 . 8 d B であって - 3 0 d B 以上であり、尖度が - 4 . 5 であって - 0 . 4 以下であり、角度実用性は A 評価であった。

【 0 1 2 6 】

表 4 は実施例 1 ~ 8、比較例 1 ~ 3 の設置性、景観担保性を評価したものである。景観担保性については、実施例 1 ~ 8 は全光線透過率が 8 0 % 以上あり、透明であって○の評価である。一方、比較例 1 ~ 3 は全光線透過率が低く透明でなく、いずれも×の評価であった。さらに、設置性は、実施例 1 ~ 8 は可撓性を有し、湾曲面に取付けることが可能であるので、○の評価であったが、比較例 1、3 はアルミニウム板であり撓みにくく湾曲面に取付けることができないので、×の評価であった。

【 0 1 2 7 】

10

20

30

40

50

【表 1】

	実施例 1	実施例 2	実施例 3	実施例 4	実施例 5	実施例 6	実施例 7	実施例 8	比較例 1	比較例 2	比較例 3
4GHz	正規反射強度(dB)	-29.2	-27.6	-25	-25.1	-24.1	-31.4	-29.1	-24.1	-44.3	-25.1
	尖度	-1.21	-1.22	-1.89	-1.18	-0.99	-2.3	-4.2	-0.2	-0.1	-0.2
	評価：角度実用性	B	B	A	A	B	A	A	C	C	C
28.5GHz	正規反射強度(dB)	-28.9	-26.6	-24.5	-26.1	-24.1	-31.3	-28.8	-24.1	-44.2	-25.1
	尖度	-1.27	-1.15	-1.86	-1.19	-1.01	-2.5	-4.4	-0.3	-0.4	-0.2
	評価：角度実用性	B	B	A	B	B	A	A	C	C	C
47GHz	正規反射強度(dB)	-28.7	-26.5	-24.5	-26.1	-24.4	-31.4	-28.7	-23.8	-44.1	-25.3
	尖度	-1.25	-1.15	-1.8	-1.2	-1.04	-2.6	-4.5	-0.3	-0.4	-0.1
	評価：角度実用性	B	B	A	B	B	A	A	C	C	C
95GHz	正規反射強度(dB)	-28.6	-26.4	-23.6	-25.9	-23.8	-31.1	-28.6	-23.8	-44.2	-24.9
	尖度	-1.28	-1.14	-1.8	-1.3	-1.03	-2.6	-4.5	-0.3	-0.4	-0.1
	評価：角度実用性	B	B	A	B	B	A	A	C	C	C
144GHz	正規反射強度(dB)	-28	-26.3	-23.6	-25.8	-23.5	-31	-28.6	-23.7	-44.1	-24.9
	尖度	-1.31	-1.22	-1.91	-1.31	-1.12	-2.61	-4.5	-0.3	-0.4	-0.1
	評価：角度実用性	B	B	A	B	B	A	A	C	C	C
160GHz	正規反射強度(dB)	-26.1	-26.1	-23.4	-25.7	-23.4	-31	-28.6	-23.7	-43.8	-24.9
	尖度	-1.2	-1.13	-1.92	-1.31	-1.2	-2.61	-4.5	-0.3	-0.4	-0.1
	評価：角度実用性	B	B	A	B	B	A	A	C	C	C
300GHz	正規反射強度(dB)	-25.3	-25.9	-23.2	-25.6	-23.2	-30	-28.5	-23.6	-43.1	-24.8
	尖度	-1.1	-1.11	-1.96	-1.33	-1.52	-2.62	-4.5	-0.3	-0.4	0
	評価：角度実用性	B	B	A	B	A	A	A	C	C	C
展開界面積率 Sdr (%)	30	27	60	21	10	3	572	90	0.3	6	0.3

【 0 1 2 8 】

10

20

30

40

50

【表 2】

	実施例 1	実施例 2	実施例 3	実施例 4	実施例 5	実施例 6	実施例 7	実施例 8	比較例 1	比較例 2	比較例 3
4GHz	正規反射強度(dB)	-25.2	-23.6	-21	-21.1	-20.1	-28.4	-25.2	-20	-40.3	-21
	尖度	-1.18	-1.13	-1.65	-1.18	-0.99	-2.3	-4.6	-0.2	-0.1	-0.2
	評価：角度実用性	B	B	A	A	A	A	A	C	C	C
28.5GHz	正規反射強度(dB)	-24.8	-22.6	-20.5	-22.1	-20.1	-28.3	-24.8	-20	-40.2	-21
	尖度	-1.27	-1.14	-1.72	-1.19	-1.01	-2.5	-4.5	-0.3	-0.4	-0.2
	評価：角度実用性	B	A	A	A	A	A	A	C	C	C
47GHz	正規反射強度(dB)	-24.7	-22.6	-20.1	-22.1	-20.4	-28.4	-24.7	-19.8	-40.2	-21
	尖度	-1.25	-1.15	-1.77	-1.2	-1.04	-2.6	-4.5	-0.3	-0.4	-0.1
	評価：角度実用性	B	A	A	A	A	A	A	C	C	C
95GHz	正規反射強度(dB)	-24.6	-22.4	-19.6	-21.9	-19.8	-28.1	-24.6	-19.8	-40.3	-20.9
	尖度	-1.28	-1.14	-1.8	-1.3	-1.03	-2.6	-4.5	-0.3	-0.4	-0.1
	評価：角度実用性	B	A	A	A	A	A	A	C	C	C
144GHz	正規反射強度(dB)	-24	-22.3	-19.4	-21.8	-19.5	-28	-24.6	-19.7	-40.2	-20.9
	尖度	-1.11	-1.13	-1.91	-1.31	-1.1	-2.61	-4.5	-0.3	-0.4	-0.1
	評価：角度実用性	B	A	A	A	A	A	A	C	C	C
160GHz	正規反射強度(dB)	-22.1	-22.1	-19.4	-21.7	-19.4	-28	-24.6	-19.7	-40	-20.9
	尖度	-1.1	-1.13	-1.92	-1.31	-1.2	-2.61	-4.5	-0.3	-0.4	-0.1
	評価：角度実用性	B	A	A	A	A	A	A	C	C	C
300GHz	正規反射強度(dB)	-21	-21.9	-19.2	-21.6	-19.2	-27.5	-24.5	-19.6	-39.8	-20.8
	尖度	-1.1	-1.11	-1.98	-1.33	-1.5	-2.62	-4.5	-0.3	-0.4	0
	評価：角度実用性	B	A	A	A	A	A	A	C	C	C

【 0 1 2 9 】

10

20

30

40

50

【表 3】

	実施例 1	実施例 2	実施例 3	実施例 4	実施例 5	実施例 6	実施例 7	実施例 8	比較例 1	比較例 2	比較例 3
4GHz	正規放射強度(dB)	-22.2	-20.6	-18	-18.1	-17.1	-25.4	-22.2	-17	-37.8	-18
	尖度	-1.18	-1.15	-1.68	-1.19	-0.4	-2.33	-4.6	0	-0.1	0.1
	評価：角度実用性	A	A	A	A	B	A	A	C	C	C
28.5GHz	正規放射強度(dB)	-21.8	-19.6	-17.6	-19	-17.2	-25.3	-21.8	-17	-37.4	-18
	尖度	-1.28	-1.14	-1.72	-1.19	-0.4	-2.5	-4.5	-0.3	-0.4	-0.2
	評価：角度実用性	A	A	A	A	B	A	A	C	C	C
47GHz	正規放射強度(dB)	-21.7	-19.6	-17	-19.1	-17.1	-25.4	-21.7	-16.8	-37.2	-18
	尖度	-1.25	-1.15	-1.77	-1.2	-0.4	-2.6	-4.5	-0.3	-0.4	-0.1
	評価：角度実用性	A	A	A	A	B	A	A	C	C	C
95GHz	正規放射強度(dB)	-21.6	-19.4	-16.6	-18.9	-17	-25.1	-21.6	-16.8	-37.3	-17.8
	尖度	-1.28	-1.14	-1.82	-1.35	-0.4	-2.67	-4.5	-0.3	-0.4	-0.1
	評価：角度実用性	A	A	A	A	B	A	A	C	C	C
144GHz	正規放射強度(dB)	-21	-19.3	-16.4	-18.8	-17	-25	-21.6	-16.7	-37.2	-17.9
	尖度	-1.12	-1.16	-1.91	-1.31	-0.41	-2.61	-4.5	-0.3	-0.4	-0.1
	評価：角度実用性	A	A	A	A	B	A	A	C	C	C
160GHz	正規放射強度(dB)	-19.1	-19.1	-16.4	-18.7	-16.9	-25	-21.6	-16.5	-37	-17.9
	尖度	-1.11	-1.13	-1.92	-1.31	-0.41	-2.61	-4.5	-0.3	-0.4	-0.1
	評価：角度実用性	A	A	A	A	A	A	A	C	C	C
300GHz	正規放射強度(dB)	-18	-18.9	-16.1	-18.6	-16.8	-24.5	-21.5	-16.4	-36.8	-17.8
	尖度	-1.1	-1.12	-2.01	-1.33	-0.44	-2.62	-4.7	0	0.1	0
	評価：角度実用性	A	A	A	A	A	A	A	C	C	C

【 0 1 3 0 】

10

20

30

40

50

【表 4】

	実施例 1	実施例 2	実施例 3	実施例 4	実施例 5	実施例 6	実施例 7	実施例 8	比較例 1	比較例 2	比較例 3
全光線透過率(%)	82	82	80	82	85	87	90	80	0	10	0
景観担保性	○	○	○	○	○	○	○	○	×	×	×
設置性	○	○	○	○	○	○	○	○	×	○	×
評価項目											

10

20

30

40

【0131】

以上、本発明の一実施形態について説明したが、本発明は上記実施形態に限定されるものではなく、本発明の趣旨を逸脱しない限りにおいて種々の変更が可能である。実施形態として記載され又は図面に示されている構成部品の寸法、材質、形状、その相対的配置等は、本発明の範囲をこれに限定する趣旨ではなく、単なる説明例にすぎない。本明細書において「平行」とは、2つの直線、辺、面等が延長しても交わらない場合だけでなく、2つの直線、辺、面等がなす角度が10°以内の範囲で交わる場合も含む。

【符号の説明】

【0132】

50

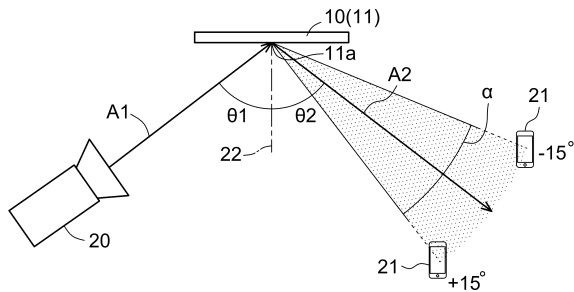
- 1 0 構造体
- 1 1 電波反射体
- 1 1 a 反射点
- 1 2、1 2 A、1 2 B 電波反射材
- 1 3、1 3 A、1 3 B 基材層
- 1 4、1 4 A、1 4 B 接着層
- 1 5 保護層
- 1 6 導電薄膜層
- 2 0 電波発生源
- 2 1 受信部
- 3 0、3 0 A、3 0 B、3 0 C 建築材料
- L 1 電波反射材の一辺の長さ
- L 2 隣り合う電波反射材の間隔
- L 3 電波反射材の厚み
- L 4 接着層の厚み
- L 5 保護層の厚み
- L 6 電波反射材の線幅
- L 7 電波反射材の無い領域の一辺の長さ
- L 8 基材層の厚み
- L 1 0 電波反射体の一辺の長さ
- L 1 1 電波反射体の厚み

10

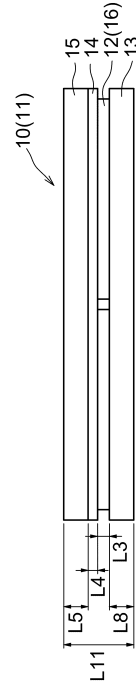
20

【図面】

【図 1】



【図 2】

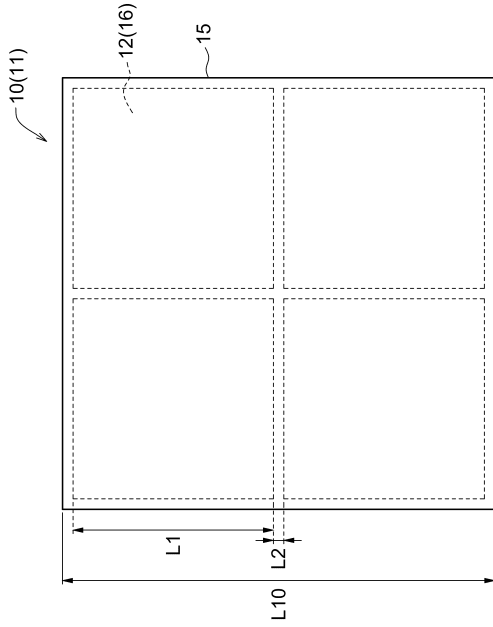


30

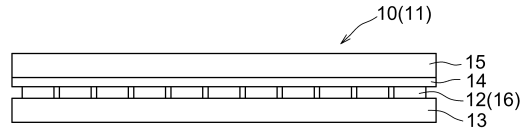
40

50

【 図 3 】

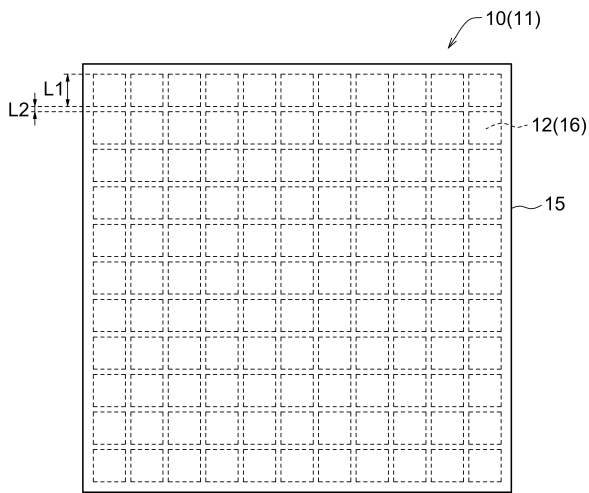


【 図 4 】

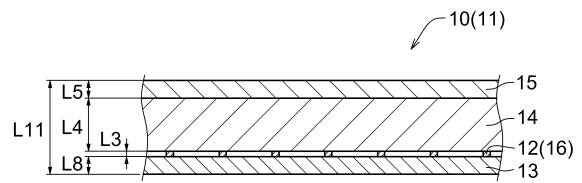


10

【 図 5 】



【 図 6 】



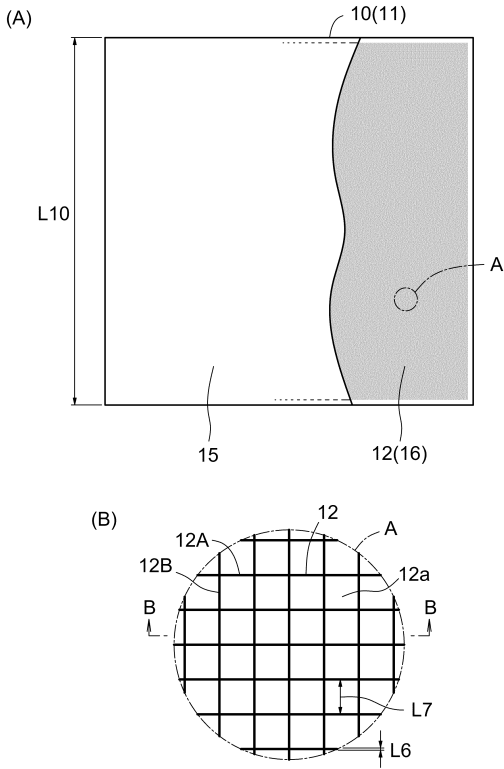
20

30

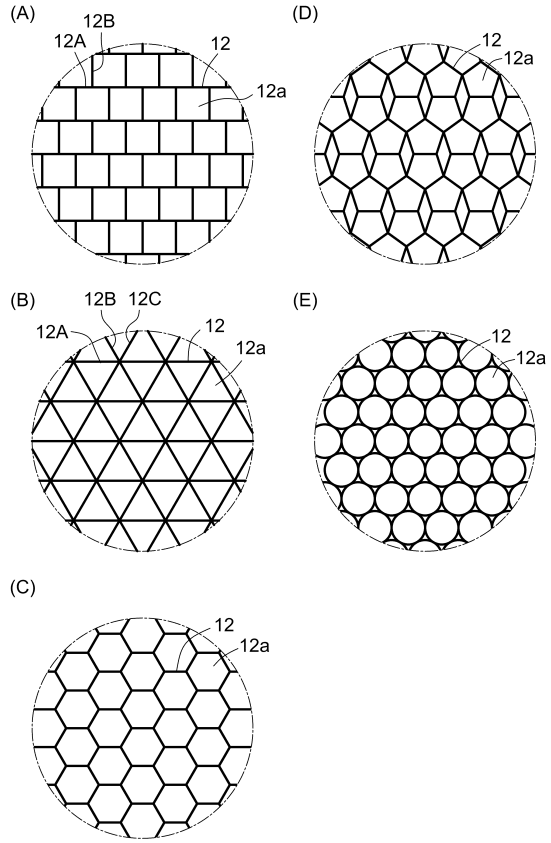
40

50

【 7 】



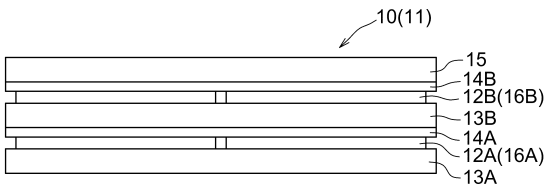
【 8 】



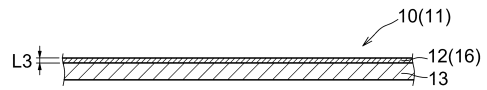
10

20

【 9 】



【 10 】

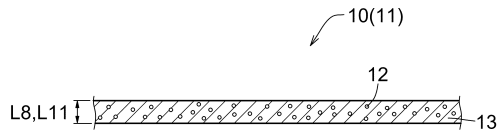


30

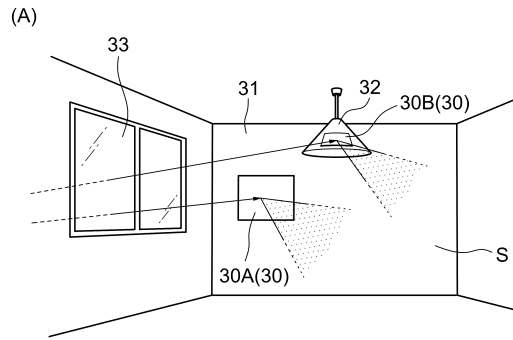
40

50

【 1 1 】

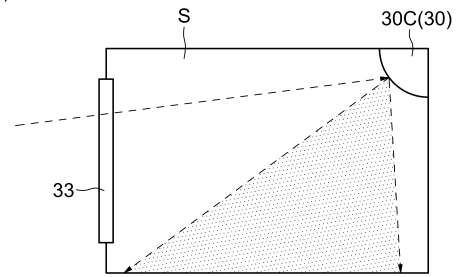


【 1 2 】



10

(B)



20

30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 国際公開第2020/189453(WO, A1)
特開2010-258514(JP, A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
H01Q 15/14
H01Q 1/22