

(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
2023年8月10日(10.08.2023)



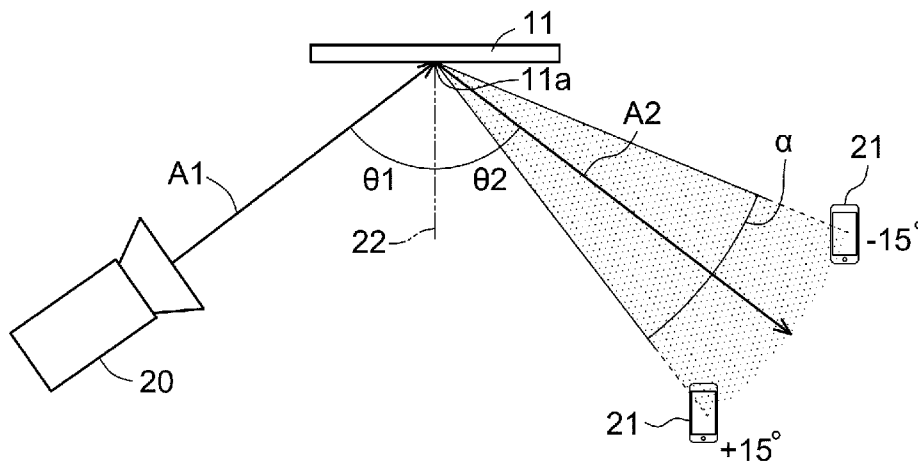
(10) 国際公開番号

WO 2023/149122 A1

- (51) 国際特許分類:
H01Q 15/14 (2006.01) *H01Q 15/16* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2022/047520
- (22) 国際出願日: 2022年12月23日(23.12.2022)
- (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 2022-014485 2022年2月1日(01.02.2022) JP
- (71) 出願人: 積水化学工業株式会社 (SEKISUI CHEMICAL CO., LTD.) [JP/JP]; 〒5308565 大阪府大阪市北区西天満2丁目4番4号 Osaka (JP).
- (72) 発明者: 野本 博之 (NOMOTO, Hiroyuki); 〒6180021 大阪府三島郡島本町百山2-1 積水化学工業株式会社内 Osaka (JP).
- (74) 代理人: 弁理士法人三枝国際特許事務所 (SAEGUSA & PARTNERS); 〒5410045 大阪府
- (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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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, CV, 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,

(54) Title: RADIO WAVE REFLECTOR AND CONSTRUCTION MATERIAL

(54) 発明の名称: 電波反射体、および建築材料



(57) Abstract: Provided are: a radio wave reflector that is flexible and reflects radio waves while maintaining the intensity thereof; and a construction material. The radio wave reflector 11 that reflects radio waves is such that: when the radio wave reflector 11 is in a flat state and a radio wave is reflected by the radio wave reflector 11 at an incidence angle of an incident wave of 15-75 degrees, there is at least one frequency at which the intensity of the reflected wave when the incident wave is regularly reflected is -30 dB or greater relative to the intensity of the incident wave; and in relation to a surface resistivity R1 of the radio wave reflector 11 when the radio wave reflector 11 is in a flat state, a change rate of a surface resistivity R2 when the radio wave reflector 11 is in a curved state along a curved surface having a curvature radius of 200 mm is -10% to 10%, inclusive, and the flexural modulus thereof is 0.05-4 GPa.



WO 2023/149122 A1

DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS,
IT, LT, LU, LV, MC, ME, 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：

一 国際調査報告（条約第21条(3)）

(57) 要約：電波を強度を保ちながら反射させ、かつ可撓性を有する電波反射体、建築材料を提供する。電波を反射させる電波反射体11であって、電波反射体11を平らとした状態で、電波反射体11に、入射波の入射角が15度以上75度以下の角度で電波を反射させたときに、入射波が正反射したときの反射波の強度が入射波の強度に対して-30dB以上となる周波数が少なくとも1つ存在し、電波反射体11を平らとした状態の電波反射体11の表面抵抗率R1に対して、電波反射体11を曲率半径200mmの曲面に沿って湾曲させた状態の表面抵抗率R2の変化率は、-10%以上10%以下であり、曲げ弾性率が0.05GPa以上4GPa以下である。

明 細 書

発明の名称：電波反射体、および建築材料

技術分野

[0001] 本発明は、電波を反射させるための電波反射体およ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、2GHz以上300GHz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。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2010-258514号公報

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、正反射方向には強い強度で電波を反射させるが、拡散させて反射させにくく、空間の広い範囲に電波が届きにくいことが知られている。空間の所望の範囲に電波を届かせるために、居室の壁や柱等の設置面に適切な角度で金属反射板を貼付け、電波を所望の方向に反射させる。

[0005] 金属反射板は一般的に可撓性を有しておらず剛性が高いため、壁や柱等の設置面が曲面の場合は、金属反射板を貼り付けることができない。また、設置面に凹凸があると、金属反射板の反射面をわずかに傾けるなどの微調整が

できず、金属反射板の反射面の角度が所望の角度と大きくずれてしまう。このように、金属反射板に可撓性がないために、居室内で電波反射のための環境を整えにくいという問題があった。

[0006] 本発明は、電波の強度を保ちながら電波を反射させ、かつ可撓性を有する電波反射体および建築材料を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0007] 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。

[0008] 項1. 電波を反射させる電波反射体であって、

前記電波反射体を平らとした状態で、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、電波を反射させたときに、前記入射波が正反射したときの反射波の強度が前記入射波の強度に対して-30dB以上となる周波数が存在し、

前記電波反射体を平らとした状態の電波反射体の表面抵抗率に対して、前記電波反射体を曲率半径200mmの曲面に沿って湾曲させた状態の表面抵抗率の変化率は、-10%以上10%以下であり、

曲げ弾性率が0.05GPa以上4GPa以下である、電波反射体。

[0009] 項2. 入射波の周波数が2GHz以上300GHz以下の任意の周波数である、項1に記載の電波反射体。

[0010] 項3. ヤング率が0.01GPa以上80GPa以下である、項1または2に記載の電波反射体。

[0011] 項4. 前記電波反射体の厚みが0.01mm以上0.5mm以下である、項1から3のいずれか1項に記載の電波反射体。

[0012] 項5. 電波を反射させる前記導電体を含む導電薄膜層と、前記導電薄膜層に積層され、基材を含む基材層とを少なくとも有する、項1から4のいずれか1項に記載の電波反射体。

[0013] 項6. 電波を反射させる導電体を含む導電薄膜層と、前記導電薄膜層に積層され、基材を含む基材層と、前記導電薄膜層を保護するための保護材を含む保護層と、前記導電薄膜層と前記保護材を含む層とを接着するための接着剤

を含む接着層とを有し、

前記基材層、前記導電薄膜層、前記接着層、前記保護層の順に積層されている、項1から5のいずれか1項に記載の電波反射体。

[0014] 項7. 前記電波反射体を平らとした状態の表面抵抗率が $0.003\Omega/\square$ 以上、 $10\Omega/\square$ 以下である、項1から6のいずれか1項に記載の電波反射体。

[0015] 項8. 前記保護層は、アンチグレア処理またはアンチリフレクション処理が施されている、項6に記載の電波反射体。

[0016] 項9. 項1から8のいずれか1項に記載の電波反射体を含む建築材料。

発明の効果

[0017] 本発明によれば、電波の強度を保ちながら電波を反射させ、かつ可撓性を有する電波反射体を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0018] [図1]本発明の一実施形態に係る電波反射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電波反射体の全体の概略構成を示し、図3（B）のB-B線に沿う断面図である。

[図3]図2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部分の拡大図である。

[図4]（A）～（E）は導電体の配置パターンの他の例を示す導電体の平面図である。

[図5]導電体の配置パターンの他の例を示す導電体の平面図である。

[図6]導電体の配置パターンの他の例を示す電波反射体の平面図である。

[図7]他の実施形態に係る電波反射体の概略構成を示す断面図である。

[図8]他の実施形態に係る電波反射体の概略構成を示す断面図である。

[図9]（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。

[図10]反射方向修正性の評価方法を説明するための図である。

[図11]凹凸追従性の評価方法を説明するための図であり、（A）は側面図、

(B) は正面図である。

発明を実施するための形態

[0019] (全体構成)

本発明の実施形態を図面を参照して説明する。本実施形態の電波反射体 11 は、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。

[0020] 電波反射体 11 は、電波を反射させる導電体 12 を含む。電波反射体 11 を平らとした状態で、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、45 度、より好ましくは 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 2 GHz 以上 6 GHz 未満、6 GHz 以上 20 GHz 未満、20 GHz 以上 60 GHz 未満、60 GHz 以上 100 GHz 未満、100 GHz 以上 150 GHz 未満、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 に入射波が正反射したときの反射波の強度（以下、「正反射強度」ともいう。）が入射波に対して -30 dB 以上 0 dB 以下となる周波数が少なくとも一つ存在する。好ましくは、周波数 28.5 GHz において、正反射強度が入射波に対して -30 dB 以上 0 dB 以下となり、より好ましくは 20 GHz 以上 60 GHz 以下の周波数帯域全てにおいて、正反射強度が入射波に対して -30 dB 以上 0 dB 以下となり、更に好ましくは 2 GHz 以上、300 GHz 以下の周波数帯域全てにおいて、正反射強度が入射波に対して -30 dB 以上 0 dB 以下となる。「正反射強度」とは、電波が反射する強度である反射強度であって、入射波が正反射したときの反射波の強度をいう。「平ら」とは、凹凸がなく湾曲していない状態か、凹

凸があった場合であっても、表面上の任意の点の曲率半径が1000mm以上の状態をいう。

[0021] 正反射強度は、入射波に対して−25dB以上、0dB以下が好ましく、−22dB以上、0dB以下がより好ましく、−20dB以上、0dB以下がさらに好ましく、−15dB以上、0dB以下がさらに好ましい。正反射強度が、入射波に対して−30dB以上であることで、電波反射体11は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、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、正反射強度および反射強度は、電波反射体11の反射点11a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11aと受信部21との間の距離を1mとした場合の値である。

[0022] 図1を参照して説明すると、正反射とは、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。電波が正反射したときの反射波の反射方向を「正反射方向」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とがなす角度である。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11aにおいて接線（または接平面）と直交する直線をいう。反射波の強度を以下、「反射強度」とも言う。

[0023] 電波反射体11を平らとした状態の電波反射体11の表面抵抗率は、0.003 Ω /□以上10 Ω /□以下である。詳細は後述するが、表面抵抗率は導電体12を含む導電薄膜層16の表面抵抗率として測定される。電波反射体11を平らとした状態の電波反射体11の表面抵抗率は、平らなである載置面に電波反射体11を載置したときの電波反射体11の表面抵抗率をいう。「平ら」とは、凹凸がなく湾曲していない状態か、凹凸があった場合であっても、表面上の任意の点の曲率半径が1000mm以上の状態をいう。

- [0024] 表面抵抗率は、 1 cm^2 （1平方センチメートル）あたりの表面抵抗を意味する。表面抵抗率は後述する導電薄膜層16の表面に測定端子を接触させて、JIS K 6911に準拠して四端子法で測定することができる。なお、樹脂シート等で保護が施され導電薄膜層16が露出していない場合には、非接触式抵抗測定器（ナプソン株式会社製、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。
- [0025] 電波反射体11は、湾曲時の表面抵抗率の変化率Rが -10% 以上 10% 以下である。湾曲時の表面抵抗率の変化率Rとは、電波反射体11を平らとした状態の電波反射体11の表面抵抗率R1に対して、電波反射体11を曲率半径200mmの曲面を有する部材の表面に沿って湾曲させた状態の表面抵抗率R2が変化する割合をいう。表面抵抗率の変化率R（%） $= (R2 - R1) / R1 \times 100$ で求められる。
- [0026] 電波の反射強度は表面抵抗率に応じて変化する。しかし、電波反射体11の湾曲時の表面抵抗率の変化率Rは -10% 以上 10% 以下であるため、電波反射体11を湾曲させた状態であっても平らにした状態と同様に十分な電波の反射強度を実現できる。
- [0027] 電波反射体11は、曲げ弾性率が0.05GPa以上4GPa以下であることが好ましい。曲げ弾性率とは、どれくらいの曲げ応力に耐えられるかを示す値であり、JIS K 7171に定義されている。曲げ弾性率を上記の範囲内とすることで、電波反射体11は可撓性を有し、電波反射体11を破断させずに電波反射体11を湾曲させて、曲率半径が200mm以上の曲面に貼り付けることができる。曲げ弾性率はJIS K 7171に準拠して測定される。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。
- [0028] 電波反射体11は、ヤング率が0.01GPa以上80GPa以下であることが好ましい。ヤング率とは、固体を一つの方向に張力を加えて引き伸ばしたときの弾性率をいい、引張弾性率ともいわれ、JIS K 7161-2

014に定義されている。ヤング率を上記の範囲内とすることで、電波反射体11が変形しやすくなり、電波反射体11を破断させずに電波反射体11を湾曲させて、曲率半径が200mm以上の曲面に貼り付けることができる。ヤング率はJIS K7127-1999に準拠して測定される。

[0029] 電波反射体11は、少なくとも、曲率半径が200mm以上の曲面に沿って貼付けることのできる程度の可撓性を有し、好ましくは曲率半径が100mm以上の曲面に沿って貼り付けることのできる程度の可撓性を有する。

[0030] 電波反射体11は、可塑性を有していてもよい。可塑性とは、外圧を加えることにより変形が可能であり、加圧によって弾性限界を超える変形を与えたとき、力を取り去っても変形した形状を保持する性質をいう。基材層13、接着層14、及び保護層15を構成する合成樹脂の全てが可塑性を有するものであってもよいし、基材層13、接着層14、及び保護層15のうちの少なくとも1つが可塑性を有してもよい。

[0031] 電波反射体11は、耐熱耐湿試験の後のイエローインデックスと耐熱耐湿試験の前のイエローインデックスとの差、すなわち黄変度が3以下である。イエローインデックスとは黄色度とも呼ばれ、無色または白色から色相が黄色方向に離れる度合いをいう。イエローインデックスはJISK7373に準拠した方法で求められる。

[0032] 耐熱耐湿試験は、温度60℃、湿度95%RH（相対湿度が95%）に調整した恒温恒湿槽内に電波反射体11を500時間放置した後、電波反射体11を恒温恒湿槽から取り出し、常温で4時間静置した後、電波反射体11の性質や状態を確認する試験である。

[0033] 耐熱耐湿試験の前後の電波反射体11に、入射波の入射角が15度以上75度以下の所定の角度で、好ましくは、45度、より好ましくは15度以上75度以下の角度の範囲全てにおいて、2GHz以上300GHz以下の周波数の入射波を正反射させる。このとき、耐熱耐湿試験の後の電波反射体11の反射波の強度と耐熱耐湿試験の前の電波反射体11の反射波の強度との差が3dB以内となる入射波の周波数が存在する。好ましくは2GHz以上

、300GHz以下の周波数帯域全てにおいて、耐熱耐湿試験の前後における電波反射体11の反射波の強度の差が3dB以内となる。

[0034] 電波反射体11は、耐熱耐湿試験の前後における表面抵抗率の変化率 r （「耐熱耐湿試験時の表面抵抗率の変化率」ともいう。）が20%以下である。耐熱耐湿試験時の表面抵抗率の変化率 r とは、上述の耐熱耐湿試験前の表面抵抗率 r_1 に対して、耐熱耐湿試験後の表面抵抗率 r_2 が変化する割合をいう。耐熱耐湿試験時の表面抵抗率の変化率 r は以下の式で求められる。 $r = (r_1 - r_2) / r_1 \times 100$

[0035] 電波の反射強度は表面抵抗率に応じて変化する。しかし、電波反射体11の耐熱耐湿試験時の表面抵抗率の変化率 r は20%以下であるため、耐熱耐湿試験後であっても電波反射体11は反射強度が大きく低下せず、十分な電波の反射強度を実現できる。

[0036] 電波反射体11に対して鉛筆硬度試験を行った場合、保護層15に対する表面荷重500gでの鉛筆硬度は、「F」以上であることが好ましく、より好ましくは、「H」以上であり、更に好ましくは「4H」以上である。本明細書でいう「鉛筆硬度試験」は、JIS K 5600-5-4（1999）に準拠した試験である。また、「表面荷重500g」は、鉛筆硬度試験に際して表面に加わる荷重が、500g±10gであれば、これに含まれることとする。保護層15に対して鉛筆硬度試験を行った場合に、保護層15に対する表面荷重500gでの鉛筆硬度がF以上であってもよい。

[0037] また、電波反射体11は、耐熱耐湿試験を行った後、保護層15における被着層に対する接着力の低減率が50%以下であることが好ましく、より好ましくは、45%以下であり、更に好ましくは40%以下である。本明細書でいう「被着層」とは、対象の層に直接接触した層を意味する。保護層15の被着層は、本実施形態では、接着層14である。接着力の測定方法は、JIS K 6849（1994）に準拠した引張り接着強さ試験によって測定される。

[0038] 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

仮定の平面において、反射波の受信角度位置を、電波の正反射方向に対して -15 度以上、 $+15$ 度以下の角度範囲 α 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 以下となることが好ましい。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 -0.5 程度である。仮定の平面は、反射体の反射面上の反射点 $11a$ 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。尖度は電波反射体 11 を平らとした状態で求められる。

[0039] 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、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 $11a$ を中心として電波の正反射方向から所定の角度ずつ（例えば 5 度ずつ）、電波の正反射方向に対して -15 度以上、 $+15$ 度以下の角度範囲 α 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 $11a$ を中心とした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

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

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。

$$[0040] \quad \text{尖度} = \frac{n(n+1)}{(n-1)(n-2)(n-3)} \sum_{i=1}^n \frac{(x_i - \bar{x})^4}{s^4} - \frac{3(n-1)^2}{(n-2)(n-3)}$$

(式1)

[0041] 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 以下に設定することで、電波の正反射方向に対して ± 15 度の角度範囲 α 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。

[0042] 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。詳細は後述するが、電波反射体 11 は、少なくとも基材層 13、導電体 12 からなる導電薄膜層 16 を備え、好ましくは、さらに接着層 14 及び保護層 15 を備える。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 の導電体 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。

[0043] 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 20 cm 以上、400 cm 以下であることが好ましい。周波数が 2 GHz 以上、300 GHz 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 20 cm 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 400 cm 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 20 cm 以上、400 cm 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 20 cm 以上、400 cm 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 20 cm 以上、400 cm 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の使用の態様に依じて適宜選択される。

[0044] 電波反射体11は厚みL11が0.01mm以上、0.5mm以下に設定されることが好ましい。基材層13、導電薄膜層16、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L11が0.5mm以下となるように設定されている。電波反射体11の厚みL11は、電波反射体11が可撓性を有することが可能であり、かつ電波反射体11に外力を加えて電波反射体11を湾曲させたときに導電薄膜層16の導電体12に力が集中せず、基材層13、接着層14及び保護層15に力を分散させることが可能な厚みに設定されている。

[0045] 電波反射体11は、少なくとも、曲率半径が200mm以上の曲面に沿って貼付けることのできる程度の可撓性を有し、好ましくは曲率半径が100mm以上の曲面に沿って貼り付けることのできる程度の可撓性を有する。なお、電波反射体11の厚みL11は、導電薄膜層16の厚みL3、基材層13の厚みL8の合計、または導電薄膜層16の厚みL3、基材層13の厚みL8、接着層14の厚みL4、及び保護層15の厚みL5の合計となる。しかし、導電薄膜層16の厚みL3は基材層13、接着層14、及び保護層15の各厚みL8、L4、L5に比べて非常に薄いため、電波反射体11の厚みL11を算出する際に導電薄膜層16の厚みL3を無視してもよい。

[0046] なお、電波反射体11の厚みL11、導電薄膜層16の厚みL3、基材層13の厚みL8、接着層14の厚みL4、及び保護層15の厚みL5は、任意の複数箇所を測定して、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。

[0047]（電波反射体 1 1 の構造）

電波反射体 1 1 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 1 1 は、導電体 1 2 を含む導電薄膜層 1 6 と、導電薄膜層 1 6 に積層され、基材を含む基材層 1 3 と、導電薄膜層 1 6 を保護するための保護材を含む保護層 1 5 と、導電薄膜層 1 6 と保護層 1 5 とを接着するための接着剤を含む接着層 1 4 とを有するものであってもよい。また、電波反射体 1 1 は、導電体 1 2 を含む導電薄膜層 1 6 と、導電体 1 2 をシート形状に保つ樹脂とを備えてもよい。基材を含む基材層 1 3 と、導電薄膜層 1 6 を保護するための保護材を含む保護層 1 5 と、導電薄膜層 1 6 と保護層 1 5 とを接着するための接着剤を含む接着層 1 4 のうち、少なくとも一つを樹脂で構成してもよい。図 2 に示す実施形態では、電波反射体 1 1 は、基材層 1 3 の上に導電薄膜層 1 6 が積層され、その上に、接着層 1 4 と、保護層 1 5 とが順に積層されている。

[0048] なお、以下の説明では、図 2 に基づき上下方向を規定し、図 3 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、電波反射体 1 1 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 1 1 は実際の縮尺を示すものではない。また図 3 (A) においては、電波反射体 1 1 の一部で接着層 1 4、保護層 1 5 の図示を省略している。

[0049]（基材層 1 3）

基材層 1 3 は、本実施形態では、外形が平面視において正方形状に形成されている。しかしこれに限定されず、電波反射体 1 1 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 1 3 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0.13mmに設定されているが、これに限定されるものではなく、電波反射体11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いてもよい。

[0050]（導電薄膜層16）

導電薄膜層16は、1または複数の線状の導電体12が基材層13の上面に薄膜として形成されていることが好ましい。導電体12は、例えば銀（Ag）から構成されることが好ましい。なお、導電体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（Au）、銅（Cu）、白金（Pt）、亜鉛（Zn）、鉄（Fe）、スズ（Sn）、鉛（Pb）、アルミニウム（Al）、コバルト（Co）、インジウム（In）、ニッケル（Ni）、クロム（Cr）、チタン（Ti）、アルチモン（Sb）、ビスマス（Bi）、タリウム（Tl）、ゲルマニウム（Ge）、カドミウム（Cd）、シリコン（Si）、タングステン（W）、モリブデン（Mo）、酸化インジウム錫（ITO）、および合金（例えばニッケル、クロムおよびモリ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。なお、導電薄膜層16は導電体12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。

[0051] 本実施形態においては、図3（B）に示すように、1または複数の線状の導電体12が、複数の導電体12の無い領域12aを囲んで配置されている。すなわち、導電体12および導電体12の無い領域12aが所定の間隔を

空けて周期的に配置されたものである。導電体12および導電体12の無い領域12aが集まって薄膜を形成している。隣り合う導電体12の無い領域12aの間隔は、導電体12の線幅L6と等しい長さでもよく、線幅L6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3000倍以上であることをいう。図3(B)に示す例においては、導電体12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、導電体12により囲まれた導電体12の無い領域12aが正方形である。すなわち、導電体12の無い領域12aは導電体12の線幅L6の間隔を空けて配置される。横方向に沿う導電体12(12A)と縦方向に沿う導電体12(12B)とが重なり合う交点において導電体12A、12Bは電氣的に導通している。導電体12の線幅L6は、 $0.05\mu\text{m}$ 以上、 $15\mu\text{m}$ 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導電体12の間隔L7(正方形である導電体12の無い領域12aの一辺の長さ)は、可視光線の波長より大きく、電波反射体11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。

[0052] また、導電体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。導電体12の厚みL3は $0.05\mu\text{m}$ 以上、 $10\mu\text{m}$ 以下が好ましい。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。

[0053] 導電薄膜層16の表面粗さSaは特に限定されないが、 $1\mu\text{m}$ 以上、 $7\mu\text{m}$ 以下であることが好ましく、 $1.03\mu\text{m}$ 以上、 $6.72\mu\text{m}$ 以下であることがより好ましい。表面粗さSaがこの範囲内であることで、電波を拡散反射させやすくなる。

[0054] 表面粗さSaはISO 25178の算術平均高さにより求められ、ISO 25178に準拠して測定される。レーザー顕微鏡(製品名VK-X1000/10

50、キーエンス社製、又はその同等品)を用いて、導電薄膜層16の表面の複数箇所表面粗さを測定して、得られた測定値の平均値を算出することで導電薄膜層16の表面粗さ S_a を求めることができる。なお、導電体12および基材層13を測定対象とする場合もある。本実施形態では複数の導電体12を有しており、各導電体12それぞれにおいて、複数箇所表面粗さを測定し、それらの測定値の平均値を導電薄膜層16の表面粗さ S_a とする。

[0055] 導電薄膜層16は、被覆率が1%以上50%以下であることが好ましく、より好ましくは1%以上10%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導電体12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13の平面視における面積に対して、導電体12の平面視における面積の割合をいう。被覆率は、基材層13の平面視における面積に対して、導電体12によって覆われる基材層13の面積とも言える。被覆率は、走査型電子顕微鏡(SEM)、透過型電子顕微鏡(TEM)、光学顕微鏡等を用いて測定される。

[0056] 図3(B)に示す導電体12の配置では、導電体12の無い領域12a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導電体12A同士の間隔と、隣り合う縦方向に延びる導電体12B同士の間隔とが異なっており、導電体12の無い領域12aの形状が長方形であってもよい。また、導電体12は図4(A)~(E)に示す配置パターンで配置されていてもよい。図4(A)においては、複数の導電体12A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、縦方向に隣り合う導電体12Aの間に、縦方向に延びる複数の導電体12B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導電体12B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導電体12Bが、この列の縦方向に隣の列を形成する複数の導電体12Bの間に位置し、一つ飛びの列の導電体12Bは一直線上に並ぶように配列された状態をいう。図4(B)においては、導電体12Aが横方向に延びるとともに、導電体12B、12Cが横方向に対して対称に傾いた斜め方向に沿って延び、かつ導電体12B及び12C

が、互いに導電体 1 2 A 上で交差する。これにより、導電体 1 2 の無い領域 1 2 a の形状は、正三角形である。なお、導電体 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 4 (C) においては、線状の導電体 1 2 に囲まれた正六角形の導電体 1 2 の無い領域 1 2 a が周期的に配置され、図 4 (D) においては、線状の導電体 1 2 に囲まれた正五角形の導電体 1 2 の無い領域 1 2 a が周期的に配置されている。図 4 (E) においては、線状の導電体 1 2 により囲まれた円形の導電体 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 4 (A) ~ (E) は導電体 1 2 のみを図示している。

[0057] 図 3 (B)、図 4 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、例えば以下の方法が挙げられる。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である。なお、製造方法は上記に限定されることはなく、導電薄膜層 1 6 の形成においては、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。

[0058] (導電薄膜層 1 6 の他の実施形態)

図 5 に導電薄膜層 1 6 の他の実施形態を示す。図 5 の実施形態においては、複数の導電体 1 2 が基材層 1 3 の上面にシート形状 (薄膜状) として周期的に配置されている。本実施形態では平面視において円形の導電体 1 2 が用いられている。反射する電波の周波数帯域に応じて、直径 L_1 と、隣り合う導電体 1 2 の間の最短の距離 (間隔) L_2 とが設定されている。本実施形態では、特に、第 5 世代移動通信システム (5 G) に係る周波数帯域である 2 0 G H z 以上、3 0 0 G H z 以下の電波を反射するように設定される。しかし、これに限定されず、導電体 1 2 が 2 G H z 以上、3 0 0 G H z 以下の周波数の電波を反射するように、直径 L_1 及び間隔 L_2 が設定されていてもよい。各導電体 1 2 の直径 L_1 は 0. 7 mm 以上、8 0 0 mm 以下であっても

よく、間隔 L_2 は $1\ \mu\text{m}$ 以上、 $1000\ \mu\text{m}$ 以下であってもよい。導電体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。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。

[0059] 導電体12の形状は円形に限定されず、任意の形状であってもよい。好ましくは、ある導電体12の辺と隣り合う導電体12の辺とが平行であり、ある導電体12と隣り合う全ての導電体12との間の間隔が等しくなるように周期的に配置可能な形状であり、例えば、正方形、長方形、三角形、六角形などであってもよい。この場合、導電体12の最も短い辺の長さ、導電体12の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 $0.005\ \mu\text{m}$ 以上、 $100\ \text{nm}$ 以下に設定されてもよい。より好ましくは $0.1\ \mu\text{m}$ 以上、 $1000\ \mu\text{m}$ 以下に設定されてもよい。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。

[0060] （導電薄膜層16の他の実施形態）

導電薄膜層16は、例えばメタマテリアル構造を有していてもよい。メタマテリアル構造は、誘電体であるシート形状の導電体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。各導電体12の形状は限定されず上述の形状であってもよいが、例えば、図6に示すように、各導電体12は正方形形状であってもよい。導電体12が $2\ \text{GHz}$ 以上、 $300\ \text{GHz}$ 以下の周波数の電波を反射するように、一辺の長さ L_{12} 及び隣り合う導電体12の間の間隔 L_{13} が設定されていてもよい。この場合、導電体12の一辺の長さ L_{12} は $0.7\ \text{nm}$ 以上、 $800\ \text{nm}$ 以下であってもよく、間隔 L_{13} は $1\ \mu\text{m}$ 以上、 $1000\ \mu\text{m}$ 以下であってもよい。導電体12の厚み L_3 は、 $350\ \text{nm}$ ($0.35\ \mu\text{m}$) 以下であることが好ましく、 $100\ \text{nm}$ 以下であることがより好ましく、さらに $50\ \text{nm}$ 以下であることがより好ましい。導電体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。一例では、導電体12は、導電体12は基材層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つ形成されていてもよい。この場合、各導電体12の一辺の長さL12は77.460mm、隣り合う導電体12の間隔L13は100 μ m、厚みL3は350nm(0.35 μ m)以下に設定されている。導電薄膜層16はメタマテリアル構造に限定されず、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。なお、導電薄膜層16は導電体に加え、任意の合成樹脂等の物質や任意の部材を含んでもよい。

[0061] (接着層14)

接着層14は、基材層13および導電薄膜層16の上に保護層15を接着するものであり、接着剤から構成される。接着層14は、平面視において基材層13に対応する大きさを有する。接着層14である接着剤として、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14の厚みL4は、5 μ m以上、500 μ m以下に設定されることが好ましい。なお、接着層14は接着剤に加え、任意の合成樹脂等の物質や任意の部材を含んでもよい。

[0062] 接着層14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度合いを表すものであり、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14を用いることで、電波反射体11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。

[0063] また、接着層14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。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。

[0064] なお、接着層14だけでなく、基材層13及び保護層15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。

[0065] （保護層15）

保護層15は、平面視において基材層13に対応する大きさを有し、導電体12を保護するものであり、保護材から構成される。保護層15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15の厚みL5は、0.02mm以上、0.30mm以下に設定されることが好ましい。なお、保護層15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。

[0066] 保護層15は、例えば合成樹脂製のフィルムの図2における上面（外側の面）、下面（接着層14と接する面）の少なくとも一方に、アンチグレア処理またはアンチリフレクション処理が施されていてもよい。

[0067] アンチグレア処理（「AG処理」、「ノングレア処理」ともいう。）とは、保護層15の少なくとも一方の面に凹凸形状を形成し、光を散乱させて保

護層 15 への照明等の光源の映り込みを抑制する処理をいう。アンチグレア処理を施す方法として、例えば、微粒子を分散させたバインダー樹脂をフィルムの面に塗布する方法が挙げられる。また、サンドブラスト、ケミカルエッチング等、既知の方法が用いられてもよい。

[0068] アンチリフレクション処理（「AR処理」ともいう。）とは、フィルムの少なくとも一方の面に反射防止膜を形成し、反射防止膜表面から反射する反射光と反射防止膜とフィルムとの界面から反射する反射光とを干渉により減衰させ、照明等の光源の映り込みを抑制する処理である。反射防止膜は単層でもよいが、屈折率の異なる薄膜を交互に積層させたものでもよく、既知の反射防止膜が用いられる。

[0069] 保護層 15 は、合成樹脂製のフィルムの片面または両面に、アンチグレア処理またはアンチリフレクション処理が施されたフィルムが貼り付けられたものであってもよい。

[0070] 保護層 15 は、温度 40℃、湿度 90% r h（相対湿度）での透湿度が、 $20\text{ g/m}^2 \cdot 24\text{ h}$ 以下であることが好ましく、より好ましくは、 $16\text{ g/m}^2 \cdot 24\text{ h}$ 以下であり、更に好ましくは、 $12\text{ g/m}^2 \cdot 24\text{ h}$ 以下であり、更に好ましくは、 $10\text{ g/m}^2 \cdot 24\text{ h}$ 以下である。保護層 15 の温度 40℃、湿度 90% r h（相対湿度）での透湿度が、 $20\text{ g/m}^2 \cdot 24\text{ h}$ 以下であると、導電薄膜層 16 が腐食しにくく、導電薄膜層 16 の表面抵抗率が上昇しにくいという利点がある。本明細書でいう「透湿度」は、JIS Z 0208（1976）に準拠した試験方法で測定される。

[0071]（他の実施形態）

図 7 に、本発明の他の実施形態を示す。図 7 に示す電波反射体 11 は、導電体 12 A、12 B が樹脂である基材層 13 A、13 B 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 13 A 上に形成された各導電体 12 A と基材層 13 B 上に形成された各導電体 12 B 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 7 の導電薄膜層 16 A、16 B 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 1

6 A、16 Bは異なる配置パターンで形成されていてもよい。導電体12 Aの上に、基材層13 Bの下面が接着層14 Aにより貼付けられ、導電体12 Bの上に、接着層14 Bにより保護層15が貼付けられている。本実施形態では、ヤング率は0.01 GPa以上80 GPa以下であることが好ましく、電波反射体の厚みが0.01 mm以上0.5 mm以下であることが好ましい。電波反射体11の全光線透過率は70%である。

[0072] 電波反射体11に入射した電波は、一層目の導電体12 Bにより反射されるが、一部は導電体12 Bで反射されずに導電体12 Bを通過する。この導電体12 Bを通過した電波は、二層目の導電体12 Aにより反射される。このように、導電体12を上下方向に複数積層することで、上層の導電体12 Bを通過した電波を下層の導電体12 Aで反射させることができ、電波反射体11の反射強度を導電体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、電波の正反射方向に対して±15度の角度範囲 α における、反射強度の分布の尖度をさらに小さくすることができ、角度範囲 α 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14 A、14 Bを用いているので、誘電正接の値が図2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。

[0073] なお、図7の実施形態では、基材層13に形成された導電体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。導電体12を積層する数が多くな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電波反射体11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。

[0074] (他の実施形態)

図8に電波反射体11の他の実施形態を示す。図8の実施形態においては、図2、図3に示す実施形態と同様の複数の線状の導電体12から構成され

る導電薄膜層 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。本実施形態においては、曲げ弾性率が 0.05 GPa 以上 4 GPa 以下であることが好ましく、ヤング率は 0.01 GPa 以上 80 GPa 以下であることが好ましく、電波反射体の厚みが 0.01 mm 以上 0.5 mm 以下であることが好ましい。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。

[0075] 図 8 に示す実施形態では、導電薄膜層 16 は複数の線状の導電体 12 から構成されるが、導電薄膜層 16 は本実施形態には限定されず、例えば、誘電体である 1 枚のシート形状の導電体 12 が基材層 13 の上面の略全面に正方形形状に構成されていてもよい。この場合、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導電体 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。なお、平面視において導電体 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導電体 12 が形成されていなくてもよい。

[0076] また、図 8 に示す実施形態の導電薄膜層 16 は、図 6 に示す実施形態の導電薄膜層 16 と同様に、複数枚のシート状の導電体 12 を周期的に等配列させたものであってもよい。この場合、複数の導電体 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、導電体 12 の形状は、正方形形状、円形、長方形、三角形、多角形などであってもよい。導電薄膜層 16 はメタマテリアル構造を有していてもよく、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。

[0077] (使用)

上記のいずれかの電波反射体 11 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 9 (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。電波反射体 11 を含んだ装飾材 30A、30B を

壁面 3 1 や電灯カバー 3 2 に取付けることで、屋外から窓 3 3 等を介して室内に入った電波を、壁面 3 1 や電灯カバー 3 2 に設けた装飾材 3 0 A、3 0 B 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。

[0078] また、電波反射体 1 1 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 3 0 である壁面 3 1 そのものや電灯カバー 3 2 そのものが電波反射体 1 1 で構成されていてもよい。さらに、建築材料 3 0 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 9 (B) は室内を平面から見た図であり、電波反射体 1 1 である建築材料 3 0 は部屋の隅の曲面を有する隅柱 3 0 C として形成されている。窓 3 3 から入った電波が隅柱 3 0 C 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 9 (A)、図 9 (B) は建築材料 3 0 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。

[0079] (評価試験)

電波反射体 1 1 として実施例 1 ~ 9 を作成し、この実施例 1 ~ 9 と比較例 1 ~ 4 とについて、反射方向修正性、凹凸追従性について評価試験を行なった。ただし、本発明の電波反射体 1 1 は、実施例 1 ~ 9 に限定されない。

[0080] (実施例、比較例の説明)

表 1 に実施例 1 ~ 9、比較例 1 ~ 4 の詳細と評価試験の結果を示す。表 1 において、実施例 1 ~ 9、比較例 1 ~ 4 は、電波反射体の構成として「構成 A」~「構成 D」、「金属板」のいずれかの構成を有する。「構成 A」とは、図 2、3 に示す実施形態のように、基材層 1 3、導電薄膜層 1 6 (導電体 1 2)、接着層 1 4、保護層 1 5 が順に積層された構成である。基材層 1 3、保護層 1 5 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、基材層 1 3、保護層 1 5 の厚みが 0. 1 3 mm の場合は品番 # 1 2 5 - U 3 4、厚み 0. 1 9 mm の場合は品番 # 1 8 8 - U 3 4) を用いた。

- [0081] 「構成B」は、図8に示す実施形態のように、基材層13の上に導電薄膜層16（導電体12）が積層された構成である。基材層13として、PTFE（フッ素樹脂）からなる合成樹脂材料シート（ニチアス株式会社製TOMBPN o. 9000）を用いた。
- [0082] 「構成C」は、図8に示す実施形態のように、基材層13の上に導電薄膜層16（導電体12）が積層された構成であり、基材層13として、薄膜ガラス（日本電気硝子社製G-L e a f）を用いた。
- [0083] 「構成D」は、図2、3に示す実施形態のように、基材層13、導電薄膜層16（導電体12）、接着層14、保護層15が順に積層された構成である。構成Aとは基材層13が異なっており、構成Dでは、基材層13として、PEEK（ポリエーテルエーテルケトン）からなる合成樹脂材料シート（倉敷紡績社製M i d f i l N S）を用いた。その他の構成は構成Aと同様である。
- [0084] 「金属板」は一枚の金属板からなる構成である。
- [0085] 表1において、導電薄膜層16の導電体12の配置パターンは、「連結型」、「孤立型」と示されている。「連結型」とは、図3（B）および図4に示すように、1または複数の線状の導電体12が、複数の導電体12の無い領域12aを囲んで配置されている、すなわち、導電体12および導電体12の無い領域12aが所定の間隔を空けて周期的に配置されたものである。「孤立型」とは、図5または図6に示すように、シート形状の導電体12が周期的に配列されているものである。
- [0086] 表1において、導電体12の配置パターンの形状は「千鳥状」、「格子状」、「円形」と示されている。「千鳥状」は、導電体12の配置パターンが「連結型」の場合であって、図4（A）に示すように導電体12が千鳥状の形状である。「格子状」は、導電体12の配置パターンが「連結型」の場合であって、図3（B）に示すように導電体12が縦方向および横方向に沿って等間隔に配置されている形状である。「円形」は導電体12の配置パターンが「孤立型」の場合であって、図5に示すように各導電体12の形状が円

形である。

[0087] 表1において、接着層14に用いられる接着剤は「ゴム系」「アクリル系」と示されている。「ゴム系」とは、ゴム系接着剤を意味している。ゴム系接着剤は、以下の方法により得られたものである。冷却管、窒素導入管、温度計、滴下ロ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（ADEKA社製、アデカスタブAO-330）0.5重量部およびトルエン150重量部を仕込み、40℃で5時間攪拌したものを保護層15に塗布し、乾燥させた。これにより、ゴム系接着剤を得た。

[0088] 「アクリル系」とは、アクリル系接着剤を示している。アクリル系接着剤は、以下の方法により得られたものである。単官能長鎖ウレタンアクリレート（AGC製PEM-X264、分子量10000）40質量部、及びアクリルモノマー60質量部（2-エチルヘキシルアクリレート（2EHA）35質量部、シクロヘキシルアクリレート（CHA）10質量部、2-ヒドロキシエチルアクリレート（2HEA）10質量部、及びジメチルアクリルアミド（DMAA）5質量部）を混合、攪拌した。得られた（メタ）アクリル酸エステル系共重合体溶液に、（メタ）アクリル酸エステル系共重合体の固形分100質量部に対して、架橋剤（1,6-ヘキサジオールジアクリレート（A-HD-N、新中村化学製））0.5質量部、及び光重合開始剤（OmniRad651（IGMジャパン合同会社製））を添加し、攪拌し、真空脱泡した。これにより、アクリル系接着剤を得た。

[0089] なお、接着層14は、誘電正接が0.018以下である0.002の値を有している。

[0090] （実施例、比較例の説明）

実施例1として作成した電波反射体11は、「構成A」の構成を有する。電波反射体11は平面形状が正形状であり、一辺の長さL10は100cm、電波反射体11の厚みL11は0.4mmである。平らな状態での電波反射強度（表1における「平らな状態での28.5GHzにおける正反射強度」）は-24dB、ヤング率は0.08GPa、曲げ弾性率は2.2GPa、表面抵抗率は1.7Ω/□、湾曲時の表面抵抗率の変化率Rは4.3%である。電波反射体11の全光線透過率は89%である。基材層13の厚みL8は0.13mmである。導電薄膜層16の導電体12の配置パターンは連結型、配置パターンの形状は千鳥状である。導電体12の線幅L6は400nm、導電体12の厚みL3は0.4μm、隣り合う導電体12間の間隔L7は100μm（公差±10μm。以下同じ。）である。導電体12は銀（Ag）からなる金属薄膜である。導電薄膜層16の表面粗さSaは1.1μmであり、被覆率は0.80%である。接着層14はゴム系であり、接着層14の厚みL4は0.04mm、保護層15の厚みL5は0.13mmである。

[0091] 実施例1の電波反射体11の製造方法を説明する。まず、導電体12の基材層13への形成を行なう。金属層として十分な強度を有する5μm以上、200μm以下の厚さの銅箔の一方の表面に、0.01μm以上、3μm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16を形成する。次に、導電薄膜層16の全部を基材層13で覆う。基材層13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。これにより導電体12が基材層13上に形成される。

[0092] そして、接着層14により保護層15を導電体12の基材層13とは反対側に取り付ける。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の導電体12上に貼付ける。これにより電波反射体11が製造される。

[0093] 実施例2として作成した電波反射体11は、「構成B」の構成を有し、接着層14、保護層15を備えていない。電波反射体11の厚みL11は0.08mmである。平らな状態での電波反射強度は-23dB、ヤング率は0.5GPa、曲げ弾性率は0.6GPa、表面抵抗率は $1.4\Omega/\square$ 、湾曲時の表面抵抗率の変化率Rは2.8%である。電波反射体11の全光線透過率は0.1%である。基材層13の厚みL8は0.08mmである。導電薄膜層16の導電体12の配置パターン、配置パターンの形状、線幅L6、厚みL3、隣り合う導電体12間の間隔L7、導電体の材料等、その他の構成は実施例1と同様である。実施例2の電波反射体11は、実施例1と同様の方法で製造されるが、接着層14、保護層15は設けられない。

[0094] 実施例3として作成した電波反射体11は、実施例1と同様の「構成A」の構成を有する。電波反射体11の厚みL11は0.5mmである。平らな状態での電波反射強度は-25dB、ヤング率は0.08GPa、曲げ弾性率は2.2GPa、表面抵抗率は $1.5\Omega/\square$ 、湾曲時の表面抵抗率の変化率Rは9.8%である。電波反射体11の全光線透過率は87%である。基材層13の厚みL8は0.19mmである。接着層14はゴム系であり、接着層14の厚みL4は0.12mm、保護層15の厚みL5は0.19mmである。導電薄膜層16の導電体12の配置パターン、配置パターンの形状、線幅L6、厚みL3、隣り合う導電体12間の間隔L7、導電体の材料等、その他の構成は実施例1と同様である。

[0095] 実施例4として作成した電波反射体11は、「構成C」の構成を有し、接着層14、保護層15を備えていない。電波反射体11の厚みL11は0.05mmである。平らな状態での電波反射強度は-26dB、ヤング率は70GPa、曲げ弾性率は0.05GPa、表面抵抗率は $3.8\Omega/\square$ 、湾曲時の表面抵抗率の変化率Rは3.9%である。電波反射体11の全光線透過率は90%である。基材層13の厚みL8は0.05mmである。導電薄膜層16の導電体12の配置パターンは連結型であり、配置パターンの形状は格子状である。導電体12の線幅L6、厚みL3、隣り合う導電体12間の

間隔L 7、導電体の材料等、その他の構成は実施例1と同様である。実施例4の電波反射体11は、実施例1と同様の方法で製造されるが、接着層14、保護層15は設けられない。

[0096] 実施例5として作成した電波反射体11は、「構成D」の構成を有する。電波反射体11の厚みL11は0.5mmである。平らな状態での電波反射強度は-25dB、ヤング率は0.1GPa、曲げ弾性率は3.7GPa、表面抵抗率は2.1Ω/□、湾曲時の表面抵抗率の変化率Rは9.5%である。電波反射体11の全光線透過率は0.1%である。基材層13の厚みL8は0.25mmである。導電薄膜層16の導電体12の配置パターンは連結型であり、配置パターンの形状は格子状である。接着層14はゴム系であり、接着層14の厚みL4は0.06mm、保護層15の厚みL5は0.19mmである。導電体12の線幅L6、厚みL3、隣り合う導電体12間の間隔L7、導電体の材料等、その他の構成は実施例1と同様である。

[0097] 実施例6として作成した電波反射体11は、「構成A」の構成を有する。平らな状態での電波反射強度は-27dB、ヤング率は0.08GPa、曲げ弾性率は2.2GPa、表面抵抗率は0.003Ω/□、湾曲時の表面抵抗率の変化率Rは1.1%である。電波反射体11の全光線透過率は80%である。導電薄膜層16の導電体12の配置パターンは孤立型、配置パターンの形状は円形状である。導電体12の厚みL3は0.5μm、導電体12の直径L1は1000μm、隣り合う導電体12間の間隔L2は10μm（公差±10μm。以下同じ。）である。導電薄膜層16の表面粗さSaは2.3μmであり、被覆率は23%である。その他の構成は実施例1と同様である。

[0098] 実施例6、7及び比較例3の電波反射体11の製造方法について説明する。まず、導電体12の基材層13への形成を行なう。実施例6、7及び比較例3の製造では、ロールtoロール方式のスputタリング装置を用いている。スputタリング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。スパッタリング装置の成膜室は、真空ポンプにより排気され、例えば 3.0×10^{-4} Paまで減圧され、また、例えばアルゴンガスが所定の流量（100 sccm）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 m/分、張力100 N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5 kW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。金属薄膜の表面にフォトリソグラフィ法により導電体12の配置パターン状にマスクを形成する。その後薬剤により、マスクされていない金属薄膜部分を除去する。次いでマスク部分を取り除くことで導電体12を形成する。これにより複数の導電体12を有する導電薄膜層16が基材層13上に形成される。

[0099] 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（HYSITRON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、50 nm）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。

[0100] そして、接着層14により保護層15を導電体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の導電体12上に貼付ける。これにより電波反射体11が製造される。

[0101] 実施例7として作成した電波反射体11は、「構成A」の構成を有する。平らな状態での電波反射強度は -29 dB、ヤング率は 0.08 GPa、曲げ弾性率は 2.2 GPa、表面抵抗率は $9.8 \Omega/\square$ 、湾曲時の表面抵抗率の変化率Rは 1.2% である。電波反射体11の全光線透過率は 79% である。導電薄膜層16の導電体12の配置パターンは孤立型、配置パターンの形状は円形状である。導電体12の厚みL3は $0.04 \mu\text{m}$ 、導電体12の

直径 L_1 は $1000\mu\text{m}$ 、隣り合う導電体 12 間の間隔 L_2 は $10\mu\text{m}$ である。導電体 12 はチタンからなる金属薄膜である。導電薄膜層 16 の表面粗さ S_a は $3.1\mu\text{m}$ であり、被覆率は 23% である。その他の構成は実施例 1 と同様である。

[0102] 実施例 8 として作成した電波反射体 11 は、「構成 D 」の構成を有する。曲げ弾性率は 3.9GPa 、湾曲時の表面抵抗率の変化率 R は 9.6% である。その他の構成は実施例 5 と同様である。

[0103] 実施例 9 として作成した電波反射体 11 は、接着層 14 がアクリル系である。その他の構成は実施例 3 と同様である。

[0104] 比較例 1 として作成した電波反射体は、厚みが 0.5mm のアルミニウムからなる 1 枚の金属板である。平らな状態での電波反射強度は -24dB 、ヤング率は 70GPa 、曲げ弾性率は 71GPa 、表面抵抗率は $0.00005\Omega/\square$ 、湾曲時の表面抵抗率の変化率 R は 0.1% である。電波反射体 11 の全光線透過率は 0% 、表面粗さ S_a は $1.06\mu\text{m}$ である。

[0105] 比較例 2 として作成した電波反射体は、「構成 B 」の構成を有し、接着層 14 、保護層 15 を備えていない。電波反射体 11 の厚み L_{11} は 0.6mm である。平らな状態での電波反射強度は -23dB 、ヤング率は 0.5GPa 、曲げ弾性率は 0.6GPa 、表面抵抗率は $1.4\Omega/\square$ である。電波反射体を曲率半径 200mm の曲面に沿って湾曲させた状態の表面抵抗率は、電波反射体 11 を湾曲させる途中で電波反射体 11 が破損したために測定できず、面抵抗値の変化率 R は測定不能である。電波反射体 11 の全光線透過率は 0% である。基材層 13 の厚み L_8 は 0.6mm である。導電薄膜層 16 の導電体 12 の配置パターン、配置パターンの形状、線幅 L_6 、厚み L_3 、隣り合う導電体 12 間の間隔 L_7 、導電体の材料等、その他の構成は実施例 1 と同様である。比較例 2 の電波反射体 11 は、実施例 1 と同様の方法で製造されるが、接着層 14 、保護層 15 は設けられておらず、実施例 2 と比べて基材層 13 の厚みが大きく設定されている。

[0106] 比較例 3 として作成した電波反射体は、「構成 A 」の構成を有する。平ら

な状態での電波反射強度は -38 dB、ヤング率は 0.08 GPa、曲げ弾性率は 2.2 GPa、表面抵抗率は 20.5 Ω/\square 、表面抵抗率の変化率Rは 0.6% である。電波反射体11の全光線透過率は 80% である。導電薄膜層16の導電体12の配置パターンは孤立型、配置パターンの形状は円形状である。導電体12の厚みL3は 0.02 μm 、導電体12の直径L1は 1000 nm、隣り合う導電体12間の間隔L2は 10 μm である。導電体12はチタンからなる金属薄膜である。導電薄膜層16の表面粗さSaは 2.6 μm であり、被覆率は 23% である。その他の構成は実施例1と同様である。

[0107] 比較例4として作成した電波反射体は、「構成D」の構成を有する。平らな状態での電波反射強度は -31 dB、ヤング率は 0.8 GPa、曲げ弾性率は 4.2 GPa、表面抵抗率の変化率Rは 13% である。電波反射体11の全光線透過率は 80% である。その他の構成は実施例5と同様である。

[0108] (反射強度の測定)

測定対象物である実施例1～9、比較例1～4（まとめて「試料」ともいう。）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。試料架台に試料を平らとした状態で配置し、電波の入射角 θ_1 、反射角 θ_2 ($\theta_1, \theta_2 = 45$ 度)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 1 mとした。送信アンテナから、周波数 $3 \sim 300$ GHzの連続的に変化する電波を出力し、電波に対する反射量（反射強度）を測定した。周波数 28.5 GHzにおける反射量と、反射量が -30 dB以上となる周波数帯域を求めた。

[0109] まず、基準金属板（アルミニウムA1050板、厚み 3 mm）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、測定対象の電波反射体 11 の正反射方向の反射量を求めた。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 10 GHz 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。

[0110] (表面抵抗率の測定、表面抵抗率の変化率 R の算出)

電波反射体 11 を平らとした状態の電波反射体の表面抵抗率 R1 は、導電体 12 からなる導電薄膜層 16 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した。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 (ナプソン株式会社製、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した。導電薄膜層 16 の表面抵抗率は、電波反射体 11 の表面抵抗率として示される。

[0111] 電波反射体 11 を曲率半径 200 mm の曲面に沿って湾曲させた状態の表面抵抗率 R2 は、以下のように測定される。半径 200 mm を半径とする円形状または半円状の断面を有する柱部材を用意し、柱部材の外周面に沿って試料を湾曲されて固定する。そして、上述の四端子法に準拠して表面抵抗率 R2 を測定する。湾曲時の表面抵抗率の変化率 R は、 $R(\%) = (R2 - R1) / R1 \times 100$ で求められる。

[0112] なお、実施例 1~5、比較例 2 のように、導電薄膜層 16 の導電体 12 の配置パターンが連結型の場合、または比較例 1 のように一枚の金属板からなる場合には、導電薄膜層 16 全体、すなわち導電薄膜層 16 を構成する複数の導電体 12 上の任意の点 20 か所を測定対象として、得られた値の算術平均値を表面抵抗率 R1、R2 とした。また、実施例 6、7、比較例 3 のように導電体 12 の配置パターンが孤立型の場合には、複数の導電体 12 から任意の 20 か所の導電体 12 上の点を測定対象として、その算術平均値を表面抵抗率 R1、R2 とした。なお、実施例 6、7、比較例 3 は各導電体 12 の

平面視における形状が直径1000nmの円形であり、各導電体12を表面抵抗率R1、R2の測定対象としている。しかし、各導電体12の平面視における面積が数センチ平方メートル程度の場合には、導電薄膜層16全体を測定対象として表面抵抗率R1、R2の測定を行う。

[0113] (曲げ弾性率、ヤング率の測定)

曲げ弾性率はJIS K7171に準拠した方法により測定され、ヤング率はJIS K7127-1999に準拠した方法により測定される。

[0114] (評価指標)

反射方向修正性、凹凸追従性の2つの評価指標を設定した。反射方向修正性は、正反射方向に対して反射点を中心としてある回転角度だけ回転させた方向に電波を反射させたい場合に、電波反射体11を折り曲げて設置することで、電波反射体11が所望の方向に実用に耐える反射強度で電波を反射できるか否かを評価するものである。

[0115] 反射方向修正性の評価方法は以下のとおりである。図10に示すように、表面が平らで水平方向に平行な設置面42に電波反射体11を載置し、電波反射体11を、正形状の対辺の中心点を通る線(中心線)に沿って折り曲げる。設置面42と電波反射体11の反射面とがなす折り曲げ角度 θ_3 は10度とする。電波反射体11の中心線上の一点を反射点11aとした場合に、入射波の入射角 θ_1 が60度となるように、送信アンテナ40を設置する。反射点11aと送信アンテナ40との間の距離を5mに設定する。受信部21である受信アンテナ41の設置位置は、法線22を0度としたときに図10における右回りに回転角 θ_4 の位置とし、回転角 θ_4 を50度とする。すなわち、受信アンテナ41の設置位置は、電波反射体11が平らに設置面42に設置されたときの正反射方向(矢印A3)から反射点11aを中心とした回転角10度だけ法線22に近い位置である。反射点11aと受信アンテナ41との間の距離を5mに設定する。

[0116] 送信アンテナ40から、周波数が28GHzの電波を出力し、受信アンテナ41において反射量(反射強度)を測定した。反射強度の測定方法は、上

述の反射強度の測定方法と同様である。受信アンテナ41の電波の受信強度が -30 dB以上を「○」、 -30 dB未満を「×」と評価した。

[0117] 凹凸追従性の評価方法は以下のとおりである。図11に示すように、板状部43aの上面に上方向に突出する凸部43bを有する試験台43を用意した。凸部43bは断面形状が半径200 mmの半円形（曲率半径が200 mmの曲面）の半円柱状である。試験台43は全体として透明であり、図11に示す試験台43の側面視において最も上下方向の長さが長い箇所において、全光線透過率は75%である。試験台の33の下位置にはカメラ等の画像撮影装置44が配置される。

[0118] 試験台43の凸部43bの表面に、電波反射体11の基板層13が接するように接着剤（セメダイン社製PPX）で貼り付け、画像撮影装置44により試験台43を通した導電体12を撮影する。得られた画像を画像処理ソフト（THERMO FISHER SCIENTIFIC社製AVizo）を用いてコンピュータ解析する。解析では、電波反射体11と試験台43の凸部43bとが重なっている面積（すなわち電波反射体11の面積）と、試験台43の凸部43bの表面と電波反射体11との間に存在する気泡の面積とを求め、電波反射体11の面積から気泡の面積を除くことで接着剤により電波反射体11が凸部43bに密着している面積を算出する。電波反射体11の面積に対して、電波反射体11が凸部43bに密着している面積の割合が90%以上である場合には「○」、90%未満の場合に「×」と評価した。「密着」とは、凸部43bの表面と電波反射体11との間に接着剤が存在するが、気泡は存在しないことをいう。

[0119] （評価結果）

表1に評価結果を示す。実施例1～9の全ての例で、電波反射体11を平らにした状態での正反射強度が -30 dB以上であり、反射方向修正性は「○」、凹凸追従性は「○」の評価であった。一方、比較例1はアルミニウム板から構成されており、正反射強度は -30 dBより大きく、反射方向修正性が「○」の評価であったものの、湾曲させることができず凹凸追従性が「

×」の評価であった。比較例2は実施例2と比べて基材層13の厚みが大きく設定されており、正反射強度は -30 dBより大きいものの、反射方向修正性が「×」の評価、湾曲させることができず凹凸追従性が「×」の評価であった。比較例3は実施例7と比べて導電体12の厚みL3が小さく設定されており、十分な正反射強度が確保できず、反射方向修正性が「×」の評価であった。比較例4は実施例5と比べて曲げ弾性率が大きく、湾曲させることができず凹凸追従性が「×」の評価であった。

[0120]

[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	実施例9	比較例1	比較例2	比較例3	比較例4
電波反射体の構成	構成A	構成B	構成A	構成C	構成D	構成A	構成A	構成D	構成A	金属板	構成B	構成A	構成D
電波反射体の厚み(mm)	0.4	0.08	0.5	0.05	0.5	0.3	0.3	0.5	0.5	0.5	0.6	0.3	0.5
電波反射体の厚み(mm)	-24	-23	-25	-26	-25	-27	-29	-25	-25	-24	-23	-38	-31
平均半球面での28.5GHzにおける正反射強度 (dB)	3 - 300	3 - 300	3 - 300	3 - 300	3 - 300	20 - 60	20 - 60	3 - 300	3 - 300	3 - 300	3 - 300	-	3 - 300
反射強度が-30dB以上を満たす周波数帯域 (GHz)	0.08	0.5	0.08	0.1	0.1	0.08	0.08	0.1	0.08	0.1	0.5	0.08	0.8
ヤング率(GPa)	2.2	0.6	2.2	0.05	3.7	2.2	2.2	3.9	2.2	71	0.6	2.2	4.2
曲げ弾性率(GPa)	1.7	1.4	1.5	3.8	2.1	0.003	9.8	2.1	1.5	0.00005	1.4	20.5	2.1
表面抵抗率(Ω/\square)	4.3	2.8	9.8	3.9	9.5	1.1	1.2	9.6	9.8	0.1	測定不能	0.6	1.3
表面抵抗率の変化する率(%)	0.13	0.08	0.19	0.05	0.25	0.13	0.13	0.25	0.19	-	0.6	0.13	0.25
基材層の厚み(mm)	連続型	連続型	連続型	連続型	連続型	孤立型	孤立型	連続型	連続型	-	連続型	孤立型	連続型
導電層の配置パターン	十字状	十字状	十字状	格子状	格子状	円形状	円形状	格子状	十字状	-	十字状	円形状	格子状
配置パターンの形状	400	400	400	400	400	-	-	400	400	-	400	-	400
導電体の線幅(nm)	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.04	0.4	0.4	-	0.4	0.02	0.4
導電体の厚み(μm)	-	-	-	-	-	1000	1000	-	-	-	-	1000	-
直径(μm)	100	100	100	100	100	10	10	100	100	-	100	10	100
隣り合う導電体間の間隔(μm)	銀	銀	銀	銀	銀	銀	チタン	銀	銀	-	銀	チタン	銀
導電体の材料	0.04	-	0.12	-	0.06	0.04	0.04	0.06	0.12	-	-	0.04	0.06
接着層の厚み(mm)	ゴム系	-	ゴム系	-	ゴム系	ゴム系	ゴム系	ゴム系	アクリル系	-	-	ゴム系	ゴム系
接着層の種類	0.13	-	0.19	-	0.19	0.13	0.13	0.19	0.19	-	-	0.13	0.19
保護層の厚み(mm)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	×	×	○
反射方向修正性	○	○	○	○	○	○	○	○	○	×	×	○	×
凹凸追従性	○	○	○	○	○	○	○	○	○	×	×	○	×

[0121] 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

- [0122] 1 1 電波反射体
- 1 1 a 反射点
 - 1 2、1 2 A、1 2 B 導電体
 - 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 導電体の直径
 - L 2 隣り合う導電体の間隔
 - L 3 導電体の厚み
 - L 4 接着層の厚み
 - L 5 保護層の厚み
 - L 6 導電体の線幅
 - L 7 隣り合う導電体の間隔
 - 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

R 湾曲時の表面抵抗率の変化率

R 1、R 2 表面抵抗率

請求の範囲

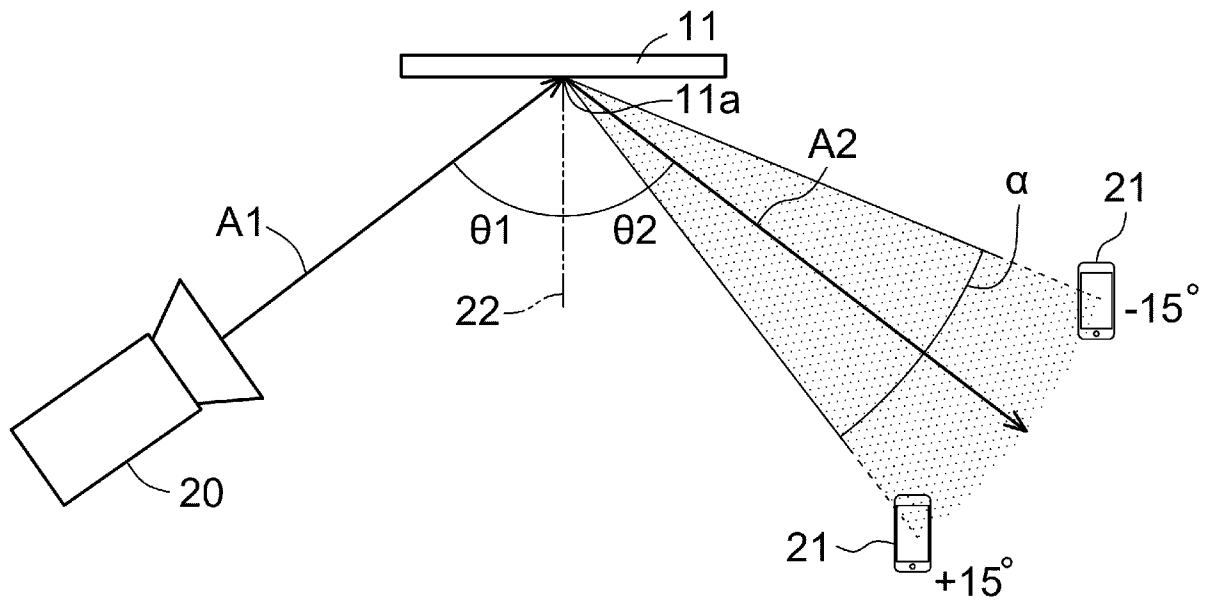
- [請求項1] 電波を反射させる電波反射体であって、
前記電波反射体を平らとした状態で、前記電波反射体に、入射波の入射角が15度以上75度以下の角度で、電波を反射させたときに、前記入射波が正反射したときの反射波の強度が前記入射波の強度に対して-30dB以上となる周波数が存在し、
前記電波反射体を平らとした状態の電波反射体の表面抵抗率に対して、前記電波反射体を曲率半径200mmの曲面に沿って湾曲させた状態の表面抵抗率の変化率は、-10%以上10%以下であり、
曲げ弾性率が0.05GPa以上4GPa以下である、電波反射体。
- [請求項2] 入射波の周波数が2GHz以上300GHz以下の任意の周波数である、請求項1に記載の電波反射体。
- [請求項3] ヤング率が0.01GPa以上80GPa以下である、請求項1に記載の電波反射体。
- [請求項4] 前記電波反射体の厚みが0.01mm以上0.5mm以下である、請求項1に記載の電波反射体。
- [請求項5] 電波を反射させる前記導電体を含む導電薄膜層と、前記導電薄膜層に積層され、基材を含む基材層とを少なくとも有する、請求項1に記載の電波反射体。
- [請求項6] 前記導電薄膜層と、前記基材層と、前記導電薄膜層を保護するための保護材を含む保護層と、前記導電薄膜層と前記保護材を含む層とを接着するための接着剤を含む接着層とを有し、
前記基材層、前記導電薄膜層、前記接着層、前記保護層の順に積層されている、請求項5に記載の電波反射体。
- [請求項7] 前記電波反射体を平らとした状態の表面抵抗率が0.003Ω/□以上10Ω/□以下である、請求項1に記載の電波反射体。
- [請求項8] 前記保護層は、アンチグレア処理またはアンチリフレクション処理

が施されている、請求項 6 に記載の電波反射体。

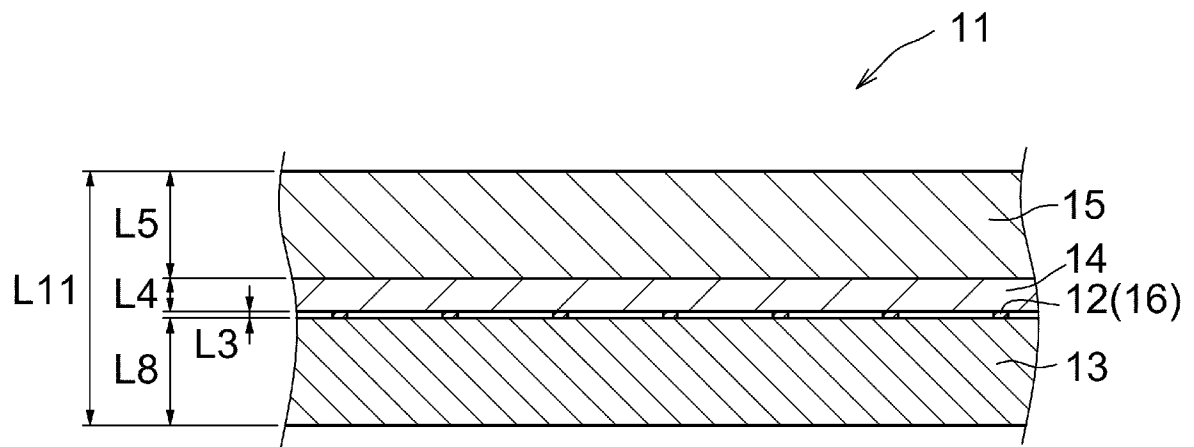
[請求項 9] 請求項 1 から 8 のいずれか 1 項に記載の電波反射体を含む建築材料

。

[図1]

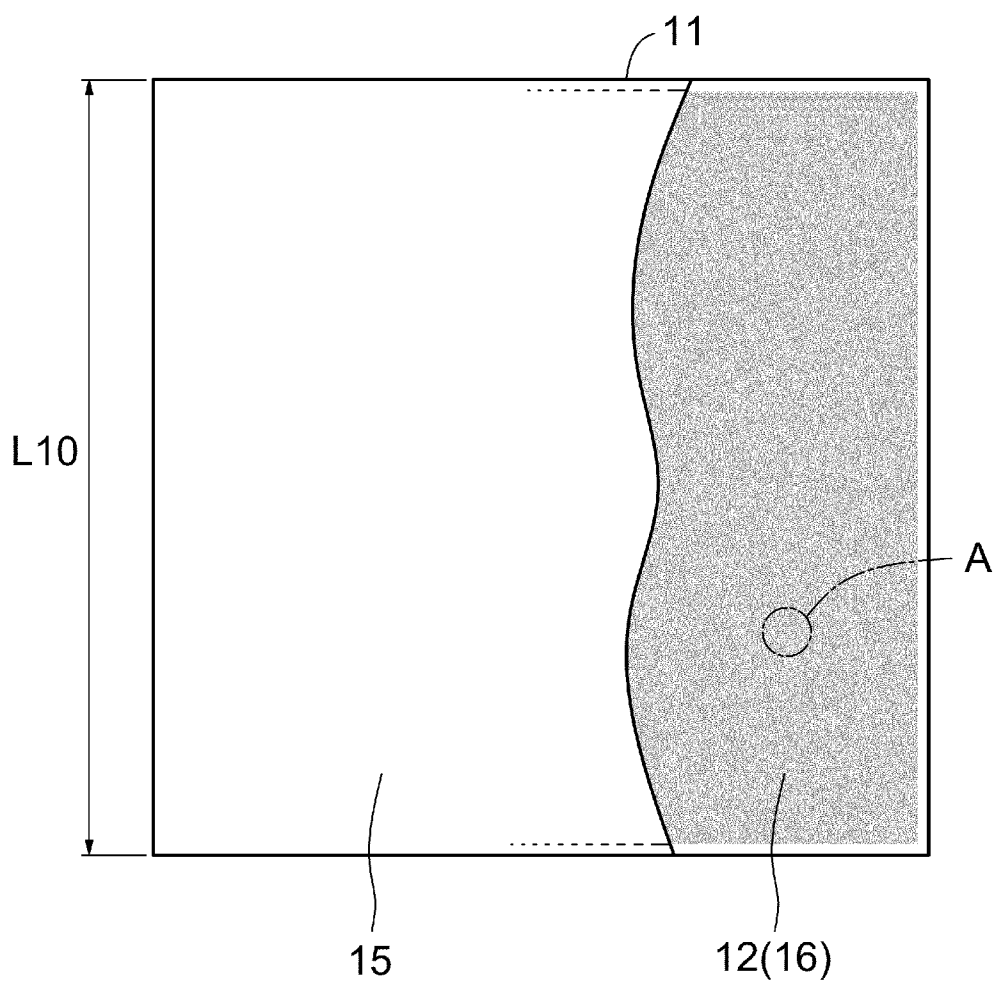


[図2]

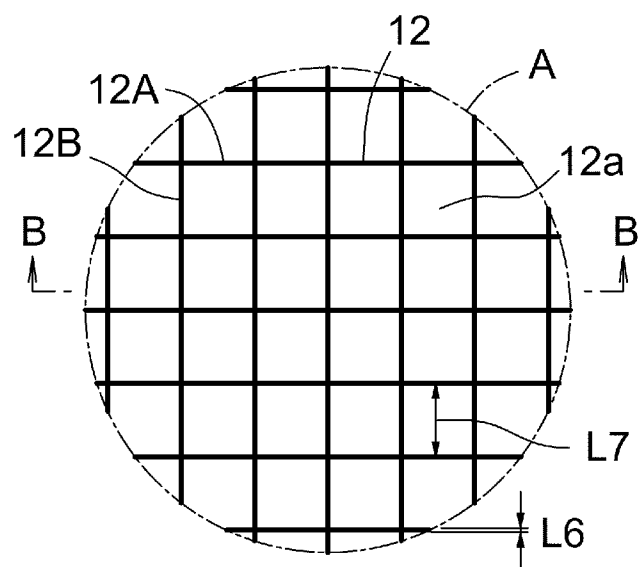


[図3]

(A)

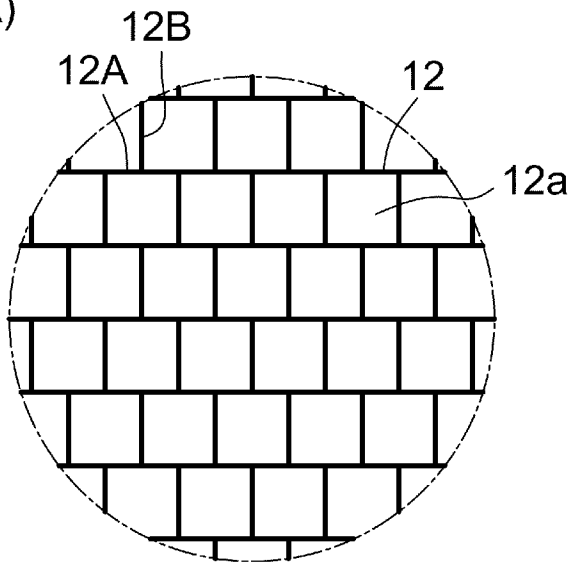


(B)

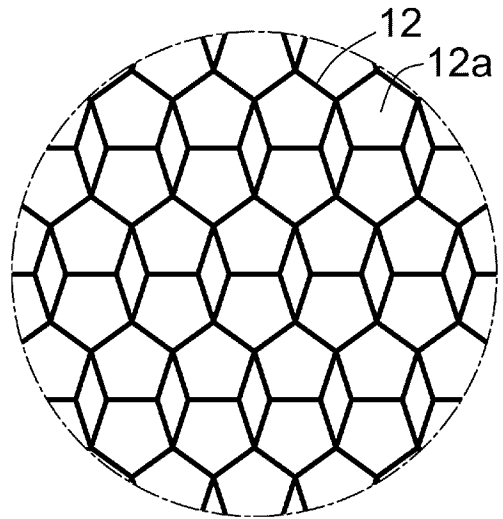


[図4]

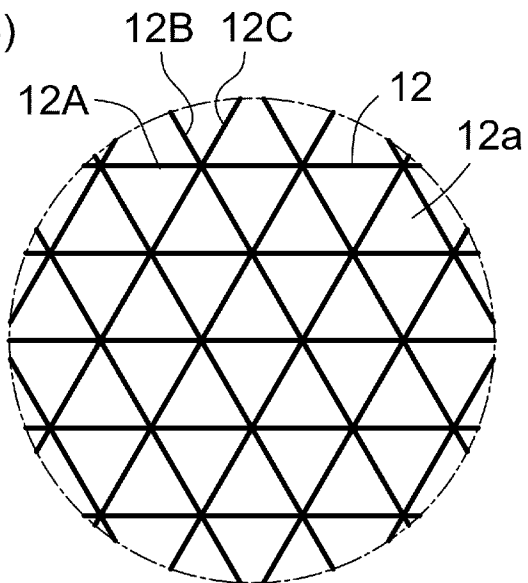
(A)



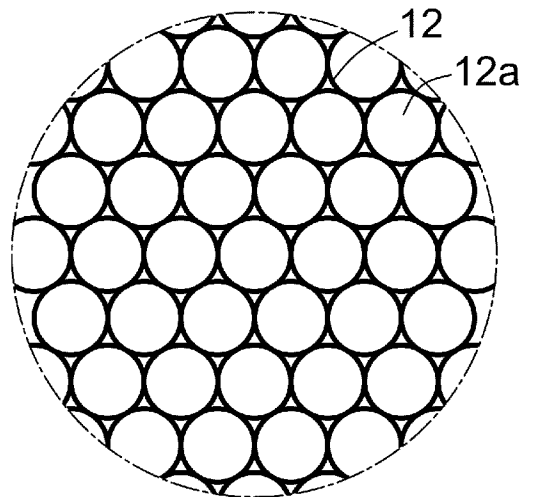
(D)



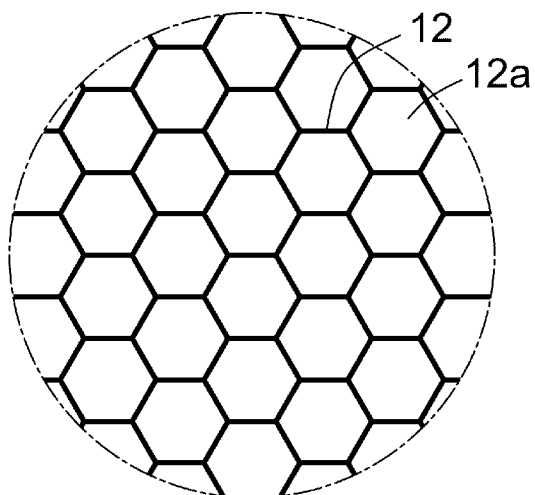
(B)



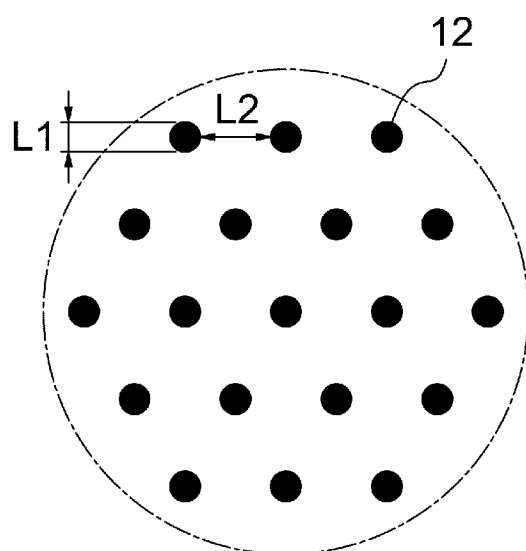
(E)



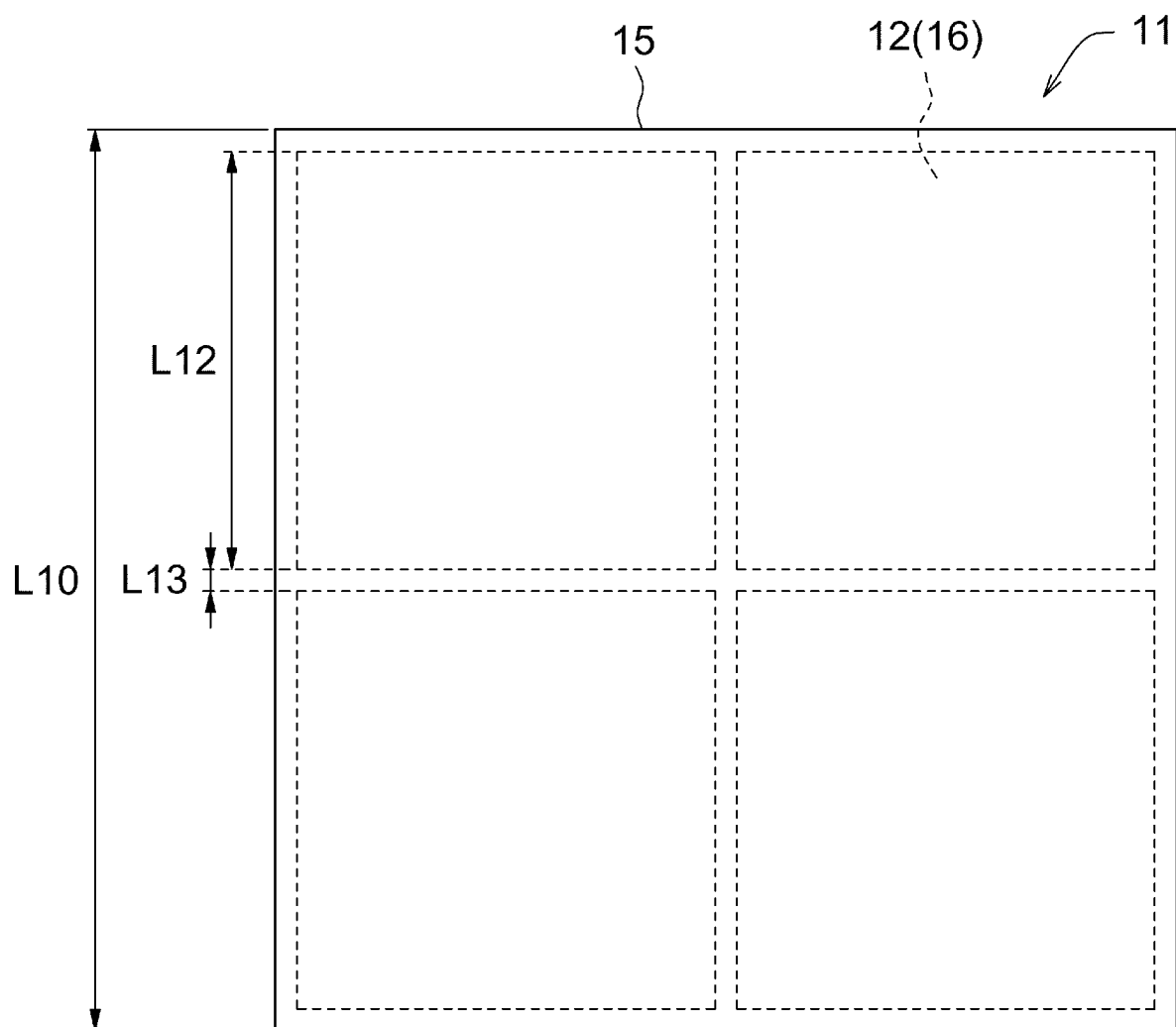
(C)



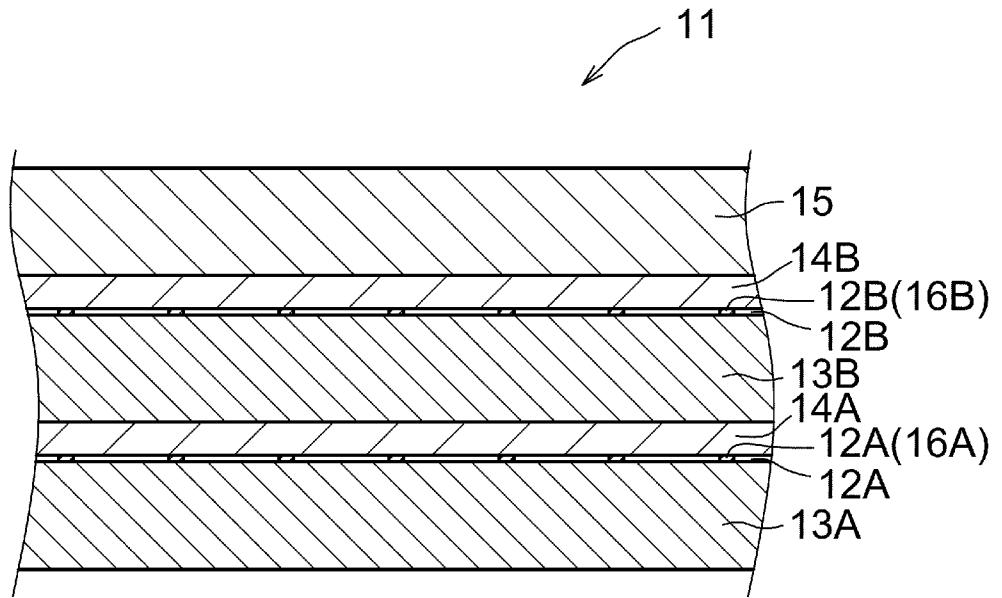
[図5]



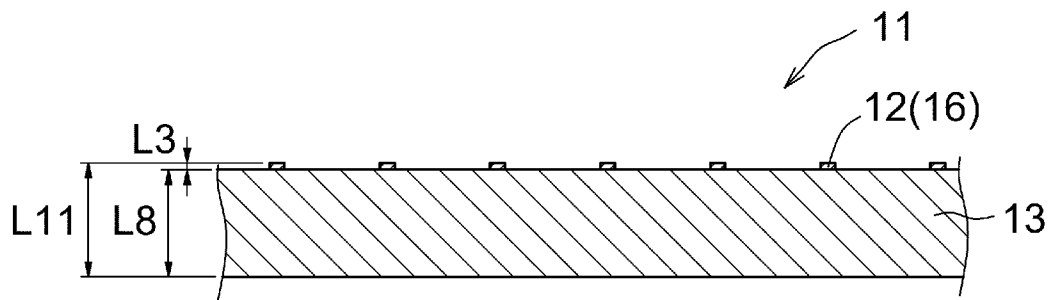
[図6]



[図7]

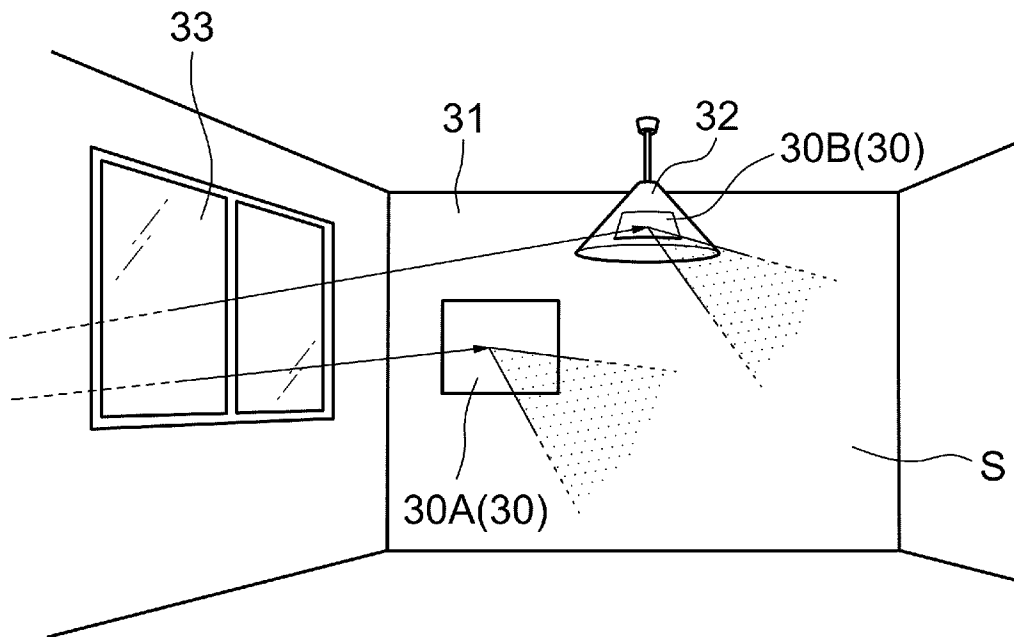


[図8]

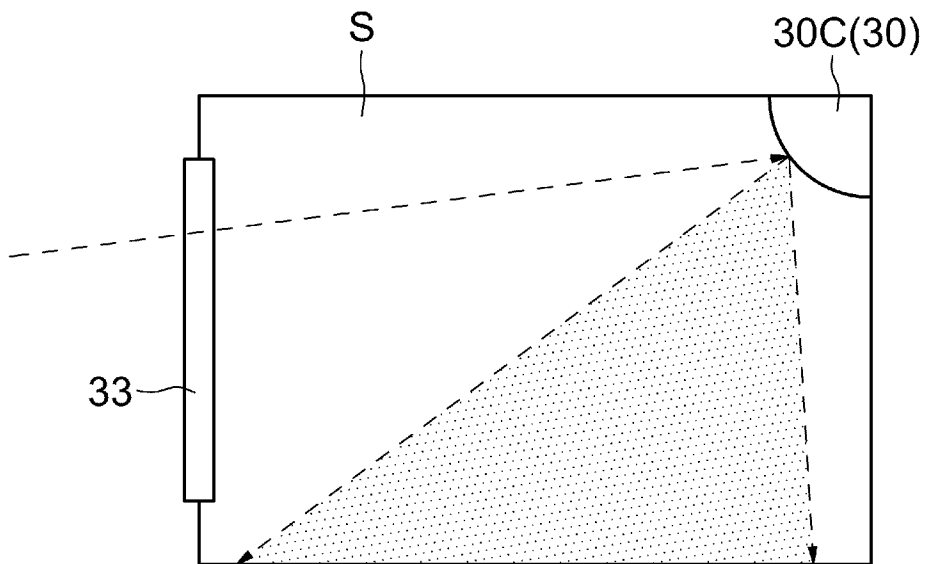


[図9]

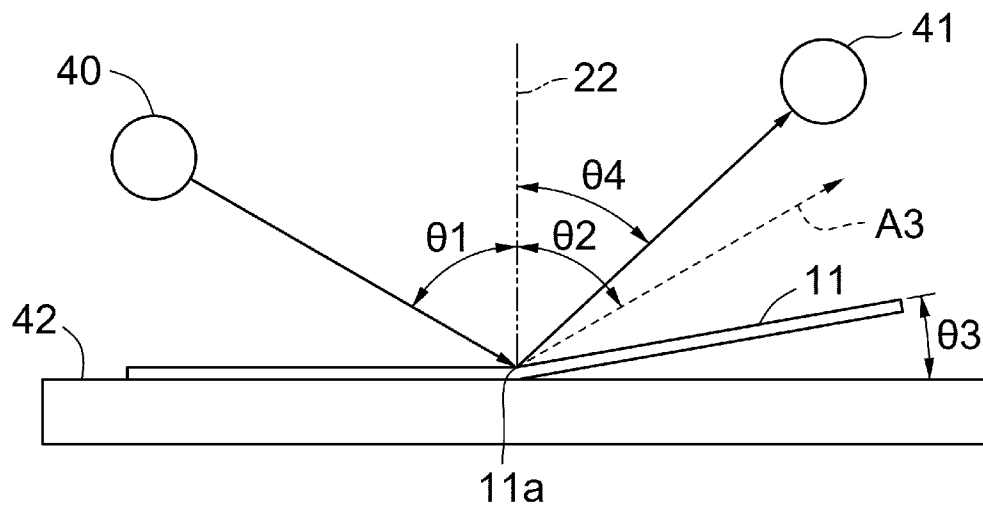
(A)



(B)

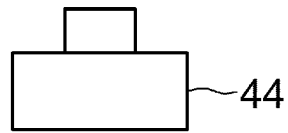
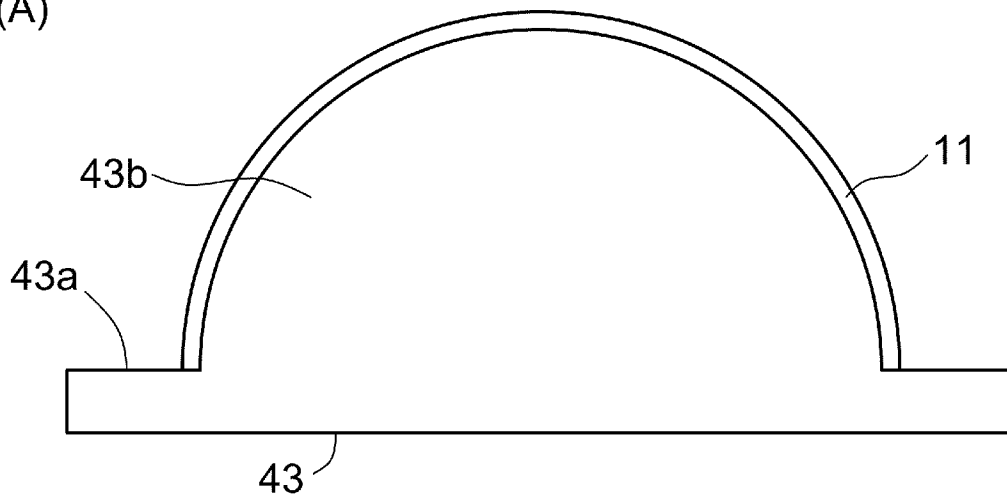


[図10]

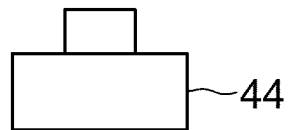
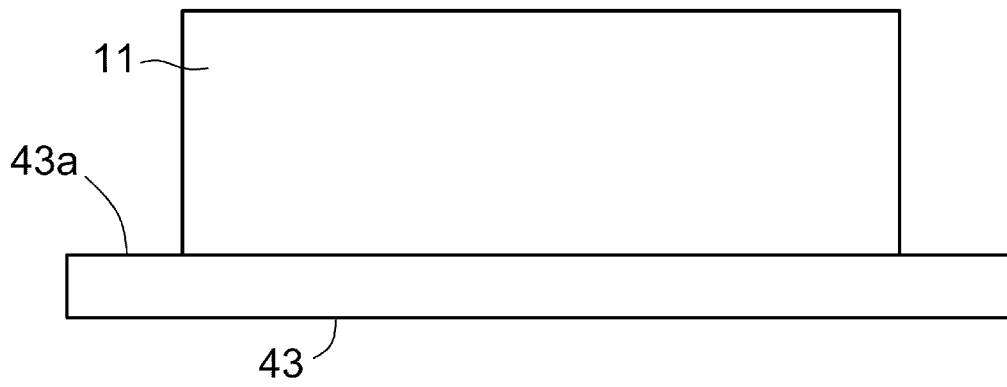


[図11]

(A)



(B)



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2022/047520

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
<i>H01Q 15/14</i> (2006.01); <i>H01Q 15/16</i> (2006.01); FI: H01Q15/14 Z; H01Q15/16		
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) H01Q15/14; H01Q15/16		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Published examined utility model applications of Japan 1922-1996 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2023 Registered utility model specifications of Japan 1996-2023 Published registered utility model applications of Japan 1994-2023		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2020-141338 A (NIPPON ZEON CO., LTD.) 03 September 2020 (2020-09-03)	1-9
A	JP 2011-010191 A (DENKI KOGYO CO., LTD.) 13 January 2011 (2011-01-13)	1-9
A	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 018866/1979 (Laid-open No. 118514/1980) (FURUNO ELECTRIC CO., LTD.) 21 August 1980 (1980-08-21)	1-9
A	「5G通信向け透明フレキシブル電波反射フィルム」を開発 ~景観を損ねずに電波環境を改善~, 15 December 2021, (Newly Developed Transparent and Flexible Radio Wave Reflection Film for 5G Communications ~Will improve radio wave communications infrastructure without spoiling landscape~.) pp. 1-4	1-9
A	来山 大祐, 5G evolution & 6Gに向けた透明RIS技術の研究, NTT DOCOMOテクニカル・ジャーナル, vol. 29, no. 2, July 2021, (KITAYAMA, Daisuke. NTT DOCOMO Technical Journal.), non-official translation (Research on transparent RIS technology for 5G evolution & 6G.) pp. 15-23	1-9
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 20 February 2023		Date of mailing of the international search report 28 February 2023
Name and mailing address of the ISA/JP Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2022/047520

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
P, A	WO 2022/163813 A1 (SEKISUI CHEMICAL CO., LTD.) 04 August 2022 (2022-08-04)	1-9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2022/047520

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 2020-141338 A	03 September 2020	(Family: none)	
JP 2011-010191 A	13 January 2011	(Family: none)	
JP 55-118514 U1	21 August 1980	(Family: none)	
WO 2022/163813 A1	04 August 2022	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H01Q 15/14(2006.01)i; H01Q 15/16(2006.01)i FI: H01Q15/14 Z; H01Q15/16		
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）） H01Q15/14; H01Q15/16 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 1971-2023年 日本国実用新案登録公報 1996-2023年 日本国登録実用新案公報 1994-2023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
A	JP 2020-141338 A（日本ゼオン株式会社）03.09.2020（2020-09-03）	1-9
A	JP 2011-010191 A（電気興業株式会社）13.01.2011（2011-01-13）	1-9
A	日本国実用新案登録出願54-018866号（日本国実用新案登録出願公開55-118514号）の願書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマイクロフィルム（古野電気株式会社）21.08.1980（1980-08-21）	1-9
A	「5G通信向け透明フレキシブル電波反射フィルム」を開発 ～景観を損ねずに電波環境を改善～, 2021.12.15 第1-4頁	1-9
A	来山 大祐, 5G evolution & 6Gに向けた透明RIS技術の研究, NTT DOCOMOテクニカル・ジャーナル, Vol. 29, No. 2, 2021.07 p. 15-23	1-9
P, A	WO 2022/163813 A1（積水化学工業株式会社）04.08.2022（2022-08-04）	1-9
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" 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の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抵触するものではなく、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	国際調査報告の発送日	
20.02.2023	28.02.2023	
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官） 白井 亮 5K 3363 電話番号 03-3581-1101 内線 3596	

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2022/047520

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2020-141338 A	03.09.2020	(ファミリーなし)	
JP 2011-010191 A	13.01.2011	(ファミリーなし)	
JP 55-118514 U1	21.08.1980	(ファミリーなし)	
WO 2022/163813 A1	04.08.2022	(ファミリーなし)	