

(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
2006年4月6日 (06.04.2006)

PCT

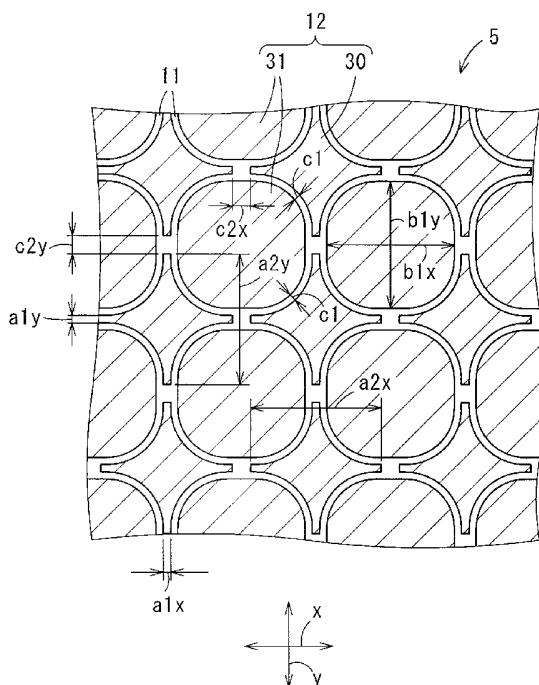
(10) 国際公開番号
WO 2006/035912 A1

- (51) 国際特許分類:
H05K 9/00 (2006.01) *H01Q 17/00* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2005/018036
- (22) 国際出願日: 2005年9月29日 (29.09.2005)
- (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2004-284968 2004年9月29日 (29.09.2004) JP
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): ニッタ株式会社 (NITTA CORPORATION) [JP/JP]; 〒5560022 大阪府大阪市浪速区桜川4丁目4番26号 Osaka (JP).
- (72) 発明者; および
(75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 松下正人 (MATSUSHITA, Masato) [JP/JP]; 〒6391085 奈良県大和郡山市池沢町172ニッタ株式会社 奈良工場内 Nara (JP). 吉田隆彦 (YOSHIDA, Takahiko) [JP/JP]; 〒6391085 奈良県大和郡山市池沢町172ニッタ株式会社 奈良工場内 Nara (JP). 呉東英 (GO, Haruhide) [JP/JP]; 〒6391085 奈良県大和郡山市池沢町172ニッタ株式会社 奈良工場内 Nara (JP). 清原好晴 (KIYOHARA, Yoshiharu) [JP/JP]; 〒6391085 奈良県大和郡山市池沢町172ニッタ株式会社 奈良工場内 Nara (JP). 前澤慎 (MAEZAWA, Makoto) [JP/JP]; 〒6391085 奈良県大和郡山市池沢町172ニッタ株式会社 奈良工場内 Nara (JP). 佐藤真一 (SATO, Shinichi) [JP/JP]; 〒6391085 奈良県大和郡山市池沢町172ニッタ株式会社 奈良工場内 Nara (JP).

[続葉有]

(54) Title: ELECTROMAGNETIC WAVE ABSORBER

(54) 発明の名称: 電磁波吸収体



(57) Abstract: A conductive pattern (12) has an external shape which is substantially a polygon and can have a high peak value of the electromagnetic wave absorption amount as compared to a case when the conductive pattern has a circular external shape. Thus, the conductive pattern is basically a polygon and at least one of the corner portions is formed by a curved line. This minimizes the shift of the frequency at which the absorption amount becomes a peak value by the polarization direction of the electromagnetic wave. Accordingly, it is possible to realize an electromagnetic absorber having an excellent electromagnetic wave absorption characteristic exhibiting a high peak value of the absorption amount of the electromagnetic wave and a small shift of frequency at which the absorption amount becomes a peak value by the polarization direction of the electromagnetic wave.

(57) 要約: 導電性パターン12が、基本的に多角形である略多角形の外郭形状を有しており、電磁波吸収量のピーク値を、導電性パターンの外郭形状が円形の場合と比べて、電磁波吸収量のピーク値を高くすることができる。このように基本的には多角形であり、少なくとも1つの角部が曲線状に形成される。これによって電磁波の偏波方向によって吸収量がピークとなる周波数のずれを小さく抑えることができる。

WO 2006/035912 A1

したがって電磁波の吸収量のピーク値が高く、かつ電磁波の偏波方向によって吸収量がピークとなる周波数のずれが小さい優れた電磁波吸収特性の電磁波吸収体を実現することができる。



- (74) 代理人: 西教 圭一郎, 外(SAIKYO, Keiichiro et al.);
〒5410051 大阪府大阪市中央区備後町3丁目2番6号
敷島ビル Osaka (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ヨーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

明細書

電磁波吸収体

技術分野

[0001] 本発明は、電磁波を捉えて、吸収する電磁波吸収体に関する。

背景技術

[0002] コンピューターネットワークのLAN(Local Area Network)構築において、マイクロ波を用いる無線LANが利用され、よりフレキシブルでモバイル性の高い通信システムが構築されている。また、FWA(Fixed Wireless Access)と呼ばれる広域ネットワークまたは交換網と、利用者が操作する通信装置との間で無線通信する通信サービスが始まり、無線通信システムがより身近に活用されている。さらに、WPAN(Wireless Personal Area Network)の代表とされるBluetoothと呼ばれる近距離無線技術が、有線ケーブル技術の代替技術として利用されている。今後、VoWLAN(Voice over Wireless Local Area Network)と呼ばれる無線LANによる音声通話のできる携帯電話装置を用いる通信システムの普及も予想される。

複数の無線LANシステムを極接近して構築したり、無線LANシステムが構築されている環境において電子レンジおよび無線通信技術を利用する盜難防止装置等を用いる場合、同じ帯域の電磁波を利用する結果、電磁波干渉(他波干渉)の問題が生じることがある。それとは別に反射波などによる伝送の誤りの問題(マルチパスの問題、自己干渉)が生じることもある。具体的には、上記の無線技術を利用する機器間の伝送速度の低下、BER(Bit Error Rate)の増大すなわち通信環境の劣化を生じる。電子機器への影響も懸念され、最悪の事態では、機器の誤動作が生じるおそれがある。これらの問題を解決するために、導電性パターン(以下単に「パターン」という場合がある)を有するパターン層を備える電磁波吸収体(以下「パターン電波吸収体」という場合がある)が用いられている。

パターン電波吸収体は、たとえば特許第3076473号(特開平6-244583号公報)、特許第3209456号(特開平6-140787号公報)、特開平11-204984号公報および特開2002-246786号公報に開示されている。特に、特開2002-2467

86号公報には、斜入射特性に優れるパターン層を有する電磁波吸収体が開示されている。さらに特開平11-204984号公報には、複数の共振型周波数選択性電磁波遮断性面状体に関する記載があり、これが双峰特性を有するパターン層を有する電磁波吸収体に関する。これら各特許文献に開示される電磁波吸収体で用いられているパターンの形状は、多角形または円形であって、線状または面状の形状である。パターンの形状について、電磁波の偏波の電磁波吸収特性への影響について考察した文献は見あたらなかった。

パターン電磁波吸収体は、パターンを吸収すべき周波数の電磁波に対応する受信アンテナとして機能させて電磁波を捉え、その捉えた電磁波をパターンおよび損失層によって、電磁波を減衰させまたは打ち消し合うよう干渉させることで、反射波を小さくする。このようにパターン電磁波吸収体は、吸収すべき周波数の電磁波に対して共振するように整合させた薄型の電磁波吸収体を実現している。

パターン電磁波吸収体は、パターンの寸法を適宜設定して、吸収すべき周波数の電磁波の反射量が小さくなるように設計されるが、パターンの偏波依存性が大きい場合、吸収すべき周波数の電磁波に対応させることが困難になる。つまりパターンの形状に起因して、TE波、TM波、その間の任意の角度から入る電磁波あるいは円偏波によって、電磁波吸収特性、特に吸収周波数が変動するという問題、したがって電磁波吸収特性が偏波依存性を有するという問題があった。

この原因は、パターン電磁波吸収体が、パターンの形状、数、配列、損失層の寸法および材料定数(ϵ' 、 ϵ'' 、 μ' 、 μ'')を含むパラメータが関与して最適状態を創り出し、高性能薄型電磁波吸収体を実現しているので、垂直入射の電磁波に対する吸収特性に対する最適化設計はできているが、電磁波の入射角度や偏波の影響により共振状態が影響を受けやすく、共振周波数が変動しやすいためである。

発明の開示

[0003] 本発明の目的は、電磁波の吸収量のピーク値が高く、または複数周波数の電磁波を吸収することができ、かつ電磁波の偏波方向によって吸収量がピークとなる周波数のずれが小さい電磁波吸収体を提供することである。

本発明は、少なくとも1つの角部が曲線状である略多角形の外郭形状を有する単

数または複数種類の導電性パターンを含む複数個の導電性パターンが、互いに連結しない態様で、形成されるパターン層と、

複素比透磁率(μ' 、 μ'')を有する磁性損失材および複素比誘電率(ϵ' 、 ϵ'')を有する誘電損失材の少なくともいずれか一方である材料から成る部分を有する損失層とが積層されて構成されることを特徴とする電磁波吸収体である。

また本発明は、前記角部における曲線状に形成する部分の寸法は、偏波方向の違いによる吸収可能な周波数のずれを抑制可能な寸法の範囲内で小さい寸法に決定されることを特徴とする。

また本発明は、導電性パターンは、面状のパターンであることを特徴とする。

また本発明は、外周長が異なる導電性パターンが、組み合わされて形成されることを特徴とする。

また本発明は、角部の曲率半径が異なる導電性パターンが、組み合わされて形成されることを特徴とする。

また本発明は、隣接する2つの導電性パターンの間隔が、位置によって異なることを特徴とする。

また本発明は、導電性パターンは、単数または複数個の空孔部を有し、その空孔部は吸収すべき周波数の電磁波に対して共振することを特徴とする。

また本発明は、損失層は、

磁性損失材および誘電損失材の少なくともいずれか一方である材料から成る電磁波吸収層と、

誘電体材料から成る誘電体層とを含むことを特徴とする。

また本発明は、電磁波吸収層は、有機重合体100重量部に対して、磁性損失材料としてフェライト、鉄合金、鉄粒子の群から選ばれる1または複数の材料を、1重量部以上1500重量部以下の配合量で含むことを特徴とする。

また本発明は、誘電体層の複素比誘電率の実部 μ' が1以上50以下の範囲にあることを特徴とする。

また本発明は、電磁波吸収層および誘電体層は、表面抵抗率がそれぞれ $10^6 \Omega / \square$ 以上であることを特徴とする。

また本発明は、電磁波吸収層および誘電体層の少なくともいずれか一方が、複数層積層されていることを特徴とする。

また本発明は、2.4GHz帯の電磁波を吸収するための電磁波吸収体であって、総厚が4mm以下であることを特徴とする。

また本発明は、900MHz帯の電磁波を吸収するための電磁波吸収体であって、総厚が10mm以下であることを特徴とする。

また本発明は、導電性反射層が、損失層に対してパターン層と反対側に積層されることを特徴とする。

また本発明は、難燃性または不燃性を有する電磁波吸収体である。

また本発明は、前述の電磁波吸収体を用いることによる電磁波吸収方法である。

図面の簡単な説明

[0004] 本発明とこれらの目的とそれ以外の目的と、特色と利点とは、下記の詳細な説明と図面とから一層明確になるであろう。

図1は、方形パターンの角度による電磁波照射時の電界の発生する方向を説明するためのパターンPを示す正面図である。

図2は、本発明の実施の一形態の電磁波吸収体1の断面図である。

図3は、図2に示される本発明の実施の一形態の電磁波吸収体1を構成するパターン層5を示す正面図である。

図4は、図2および図3に示される実施の形態におけるパターン層5の一部の拡大した正面図である。

図5は、本発明の実施の他の形態の電磁波吸収体1の断面図である。

図6は、本発明の実施のさらに他の形態の電磁波吸収体1の断面図である。

図7は、本発明の実施のさらに他の形態の電磁波吸収体1を構成するパターン層5を示す正面図である。

図8は、本発明の実施のさらに他の形態の電磁波吸収体1を構成するパターン層5を示す正面図である。

図9は、本発明の実施のさらに他の形態の略方形パターン41を示す正面図である。

。

図10は、本発明の実施のさらに他の形態の放射形パターン40を示す正面図である。

図11は、電磁波の吸収特性のシミュレーション結果を示すグラフである。

図12は、R付与により吸収特性が改善した結果と、吸収周波数が高周波にシフトすることを示すグラフ（シミュレーション結果）である。

図13は、2. 45GHz帯の吸収特性のシミュレーション結果と実測値を比較したグラフである。

図14は、吸収周波数が2つであるシミュレーション結果を示すグラフである。

図15は、図14の電磁波吸収特性を示す導電性パターン、具体的には略方形パターン31の配列の一部を示す正面図である。

図16は、曲率半径Rの異なる略方形パターン31の組み合せにより電磁波吸収特性が変化するシミュレーション結果を示すグラフである。

図17は、吸収周波数が3つであるシミュレーション結果を示すグラフである。

図18は、図17の電磁波吸収特性を示す導電性パターン、具体的には略方形パターン31の配列の一部を示す正面図である。

図19は、本発明の実施例として900MHz帯に吸収ピークを有する電磁波吸収体のTE波の電磁波吸収特性のグラフである。

図20は、本発明の実施例として900MHz帯に吸収ピークを有する電磁波吸収体のTM波の電磁波吸収特性のグラフである。

図21は、本発明の実施のさらに他の形態の電磁波吸収体1を構成するパターン層5を示す正面図である。

図22は、本発明の実施例として900MHz帯に吸収ピークを有する電磁波吸収体のシミュレーション結果を示すグラフである。

発明を実施するための最良の形態

[0005] 以下、添付図面を参照して、本発明に従う電磁波吸収体の好適な実施形態について説明する。

図1は、パターンPにおいて、TE波である電磁波を受けた場合のパターンPの方向が、パターンP内に生じる電界に与える影響を示すパターンPの正面図である。図1（

1)に、電磁波における電界の方向(以下「偏波方向」という場合がある)に方形のパターンPを正対する位置関係に置いた場合の電界の生じ方を示し、図1(2)に、図1の位置関係からパターンPを45度(°)角変位させた場合の電界の生じ方を示し、図1(3)に円形のパターンPの場合の電界の生じ方を示している。図1(1)の位置関係とは、電磁波における電界の方向に対して、平行または垂直な辺が存在する方形のパターンPの位置関係である。図1(2)における位置関係は、図1(1)の位置から方形の導電性パターンPを45度(°)角変位させた位置関係である。方形とは、4つの内角が直角である四角形である。図1における各パターンPは、導電性パターンである。

図1に示すように、パターンPによって電磁波を受信したときに、パターンPに生じる電界の方向Eは、パターンPの形状によって異なるとともに、方形のパターンPの場合は、電磁波の偏波方向に対するパターンPの位置関係によって異なる。図1(1)の場合、パターンP内に生じる電界の方向Eは、1つの辺に平行な方向な直線状の方向である。図1(2)および図1(3)の場合、パターンP内に生じる電界の方向Eは、大略的に双曲線状となる。

このように生じる電界の方向Eが変わると、電磁波に対する共振周波数が変わることになる。方形のパターンPにおいて電磁波、特にTE波およびTM波を受ける場合、図1(1)の配置にすると、辺付近に辺に沿って共振電流が流れやすい。これに対して方形のパターンPを図1(1)から45度(°)角変位させた図1(2)の場合および円形のパターンPを用いる図1(3)の場合は、方形のパターンPを図1(1)のように用いる場合ほど、辺付近に共振電流が集中し得ないことを示している。したがって電磁波を受信するために用いるパターンには、電磁波の偏波方向に関わらず、受信状態が一定である円形のパターンのようなパターンと、電磁波の偏波方向によって、受信状態が変化してしまう方形のパターンのような導電性パターンとが存在する。実際の電磁波吸収体の使用環境では、TE波およびTM波のような直線偏波の電磁波だけでなく、円偏波の電磁波が存在するとともに、直線偏波の電磁波であっても偏波方向が必ず同一の方向とは限らず、偏波方向の異なる電磁波が入り乱れた電磁波を吸収しなければならないので、このような偏波方向によって受信状態が異なる偏波依存性を抑えること、つまり偏波特性を良くすることは重要な課題となる。本発明では、この課題を解

決することができる。

さらに導電性パターンによって電磁波を受信し、損失層でエネルギーを損失させる電磁波吸収体において、導電性パターンの形状に起因する電磁波吸収特性の傾向を分析すると、電磁波吸収量の向上と、偏波依存性を少なくすることである偏波特性の向上とは、両立するものではなく、むしろ二律相反するものである。導電性パターンの形状が、多角形である場合、線状であるか面状であるかを問わず、導電性パターンの外郭形状に、エッジとも呼ばれる鋭角な角部を有する場合、電磁波の吸収量のピーク値は高くなるが、電磁波の電界の方向によって吸収量がピーク値となる周波数のずれが大きくなってしまう。また導電性パターンの形状が、円形である場合、線状であるか面状であるかを問わず、電磁波の偏波方向によって吸収量がピークとなる周波数がずれないが、電磁波の吸収量のピーク値が低くなってしまう。

多角形などの鋭角な角部を有する導電性パターンは、円形の導電性パターンよりも、Q値が高くなる。Q値は、共振周波数と帯域幅で表すことができ、 $Q = \text{共振周波数} / \text{帯域幅}$ となる。帯域幅は、予め定める受信強度、たとえば共振周波数 ω_0 における受信強度の2分の1以上の受信強度を有する帯域の幅である。したがって共振周波数を ω_0 とし、受信強度が共振周波数 ω_0 における受信強度の2分の1となる共振周波数を挟む両側の周波数をそれぞれ ω_1 , $\omega_2 (> \omega_1)$ とすると、 $Q = \omega_0 / (\omega_2 - \omega_1)$ で表すことができる。

このQ値は、パターン電磁波吸収体の電磁波吸収特性を示すために、電磁波吸収量のピーク値に当てはめて表現される。Q値が高いとは、吸収する電磁波の周波数帯域(以下「吸収帯域」という場合がある)の幅は小さいが、高い電磁波吸収量(以下単に「吸収量」という場合がある)のピーク値を有することを表す。またQ値が低いとは、吸収量のピーク値は小さいが、大きい吸収帯域の幅を有することを表す。吸収帯域は、予め定める吸収量以上の吸収量で吸収される電磁波の周波数である。

鋭角な角部を有する導電性パターンは、Q値が高いので、吸収量のピーク値は高くなるが、吸収帯域の幅が狭くなり、偏波方向が異なることによって共振周波数のズレが発生してしまうことになる。これは図1(1)の場合、そのパターンPの辺に沿って強い電流が生じ、その部分で共振が起こるのに対し、図1(2)および図1(3)の場合は、強

い電流が流れる経路が、図1(1)の場合ほど、辺に沿って集中しなくなる現象が起きることから明らかである。言い換えれば、電流の経路が広がることで、共振に関わる半波長の波の分布する領域が広がり、共振する条件が多くなると言える。この結果として吸収帯域の幅が大きくなる。方形の導電性パターンの場合、図1(1)のように配置すると、辺に平行にまっすぐな方向の電界ができるが、図1(2)のように45度(°)角変位させると、円弧を描くような方向の電界が生じるため、明らかに分布が異なっている。つまり方形の導電性パターンを用いる構成は、共振が集中して起きる結果、電磁波吸収特性が高くなるけれども、偏波依存性を有している。このような特性は、方形に限らず、多角形の導電性パターンを用いる構成も同様に有している。

本実施の形態では、導電性パターンの形状の最適化を図り、偏波依存性が小さく、かつ電磁波吸収量を高くすることができる優れたパターン電磁波吸収体を供給することである。パターン電波吸収体とは、導電性パターンを有するパターン層を備える電磁波吸収体である。多角形の導電性パターンを用いる場合の前記欠点を改善するために、導電性パターンの形状は、基本的には多角形であるが、少なくとも1つの角部が曲線状に形成される形状にする。角部にRを付与する、つまり曲面状とする効果は、共振電流が角部で滞ることなく流れやすくなることであり、さらに共振する領域が広くなることであり、結果Q値は若干落ちるけれども広帯域性能を示すことにより、偏波特性が改善されることになる。

これによって電磁波の偏波方向によって吸収量がピーク値となる周波数のずれを小さく抑えることができる。したがって電磁波の吸収量のピーク値が高く、かつ電磁波の偏波方向によって吸収量がピーク値となる周波数のずれが小さい優れた電磁波吸収特性の電磁波吸収体を実現することができる。

図2は、本発明の実施の一形態の電磁波吸収体1の断面図である。たとえばオフィスなどの空間の電磁波環境を改善するこの電磁波吸収体1は、図2の上方である電磁波入射側から、パターン層5と、電磁波吸収層4と、誘電体層3と、導電性反射層2とが、電磁波入射側からこの順序で積層される構成である。パターン層5は、複数の導電性パターン12を有する。導電性パターン12は、この導電性パターン12に含まれる各パターン30, 31の形状に依存して、整合周波数を調整することができる。電

磁波吸収体1は、たとえば2. 4GHzまたは5. 2GHzの電磁波を吸収するために用いられる。

図3は、図2に示される本発明の実施の一形態の電磁波吸収体1を構成するパターン層5を示す正面図である。図4は、図2および図3に示される実施の形態におけるパターン層5の一部の拡大した正面図である。

このパターン層5は、板状基材11の電磁波入射側の表面上に、導電性パターン12が形成される。板状基材11は、たとえば合成樹脂である誘電体から成っており、この板状基材11もまた誘電性の損失材である。導電性パターン12は、放射形パターン30と、略方形パターン31とを有する。

放射形パターン30は、放射形状に形成され、複数の放射形パターン30が、相互に間隔(以下「放射形パターン間隔」という) c_{2x} , c_{2y} をあけて設けられる。さらに具体的に述べると、たとえばこの実施の形態では、放射形パターン30は、相互に垂直なx方向およびy方向に沿う放射状である十文字状に形成され、x方向に放射形パターン間隔 c_{2x} をあけ、y方向に放射形パターン間隔 c_{2y} をあけて、行列状に規則正しく配置されてもよい。

放射形パターン30は、図4に仮想線で示す十文字20を基礎として、交差部分16における4つの角部21を曲線状、具体的には円弧状にした形状である。基礎となる十文字20は、x方向に細長く延びる長方形の形状部分14と、y方向に細長く延びる長方形の形状部分15とが、それらの各形状部分14, 15の図心を重ねて、交差部分16で直角に交差する形状である。各形状部分14, 15は、交差部分16において垂直な軸線まわりに90度ずれており、同一形状を有する。このような十文字20に、直角二等辺三角形であり、直角の角部に対向する斜辺が直角の角部に向けて凹となる円弧状である4つの略三角形22を、直角の角部が十文字20の各交差部分16の角部21に收まるように設けた形状である。

吸収すべき電磁波の周波数が2. 4GHzである場合、放射形パターン30の寸法の一例を挙げると、各形状部分14, 15の幅 a_{1x} , a_{1y} は、等しく、たとえば1. 0mmであり、各形状部分14, 15の長さ a_{2x} , a_{2y} は、等しく、たとえば25. 0mmである。円弧状に形成される角部の円弧状となる寸法、したがって略三角形22の斜辺を除く辺の

長さ、具体的にはx方向の辺の長さ $a3x$ およびy方向の辺の長さ $a3y$ は、等しく、たとえば11.5mmであり、斜辺の曲率半径 $R1$ は、11.5mmである。放射形パターン間隔は、x方向の間隔 $c2x$ とy方向の間隔 $c2y$ が、等しく、たとえば4.0mmである。

略方形パターン31は、放射形パターン30に囲まれる領域に、放射形パターン30から間隔(以下「放射一方形間隔」という) $c1$ をあけて配置され、放射形パターン30に囲まれる領域を塗潰すように設けられる。さらに詳細には、放射形パターン部に囲まれる領域に対応する形状に形成される。さらに具体的に述べると、たとえばこの実施の形態では、放射形パターン部30が前述のような十字状であり、放射形パターン30に囲まれる領域は長方形を基礎とする略長方形であり、これに対応する形状、つまり放射一方形間隔 $c1$ が全周にわたって同一となる形状に形成される。各形状部分14, 15が前述のように同一形状である場合、放射形パターン30に囲まれる領域は、正方形を基礎とする略正方形となり、略方形パターン31は、正方形25を基礎とする略正方形となる。略方形パターン31は、基礎と成る正方形25の辺部が、x方向およびy方向のいずれかに延びるように配置されている。

略方形パターン31は、正方形25を基礎として、4つの角部26を曲線状、具体的には円弧状にした形状である。具体的には、正方形25から、直角二等辺三角形であり、直角の角部に対向する斜辺が直角の角部に向けて凹となる円弧状である4つの略三角形27を、直角の角部が正方形の各角部26に収まるよう位置関係で取り除いた形状である。

吸収すべき電磁波の周波数が2.4GHzである場合、略方形パターン31の寸法の一例を挙げると、正方形25のx方向の寸法 $b1x$ とy方向の寸法 $b1y$ とが、等しく、たとえば25.0mmである。弧状に形成される角部の円弧状となる寸法、したがって略三角形27の斜辺を除く辺の長さ、具体的にはx方向の辺の長さ $b2x$ およびy方向の辺の長さ $b2y$ は、等しく、たとえば10.0mmであり、斜辺の曲率半径 $R2$ は10.0mmである。放射一方形間隔は、x方向の間隔 $c1x$ とy方向の間隔 $c1y$ とが、等しく、たとえば4.0mmである。

このように放射形パターン30および略方形パターン31は、略多角形を基礎とし、少なくとも1つの角部が曲線状である略多角形の外郭形状を有する導電性パターンで

ある。このようなパターンでは、電磁波を受信したときの共振電流が、曲線状に形成される角部でスムーズに流れようになる。

また放射形パターン30および略方形パターン31は、前述の形状の外周縁に沿つて延びる閉ループの線状(帯状)ではなく、内周部も塗潰される面状のパターンである。したがって導電性反射層2との間にコンデンサを形成することができる。

このような電磁波吸収体1では、パターン層5によって、各導電性パターン12の共振周波数の電磁波を、効率よく受信することができる。ただし、最終的な共振周波数はパターン寸法だけでなく、導電性パターン12同士の結合特性、電磁波吸収層4、誘電体層3から決定されるインピーダンスの影響を受けて決まる。このパターン層5に近接して、電磁波吸収層4、誘電体層3が設けられており、パターン層5によって受信される電磁波のエネルギーが損失される。言い換えるならば電磁波のエネルギーを熱エネルギーに変換して吸収することができる。このようにパターン層5を用いることによって電磁波を効率よく受信して吸収することができる。

電磁波吸収層4は、複素比透磁率(μ' 、 μ'')を有する磁性損失材および複素比誘電率(ϵ' 、 ϵ'')を有する誘電損失材の少なくともいずれか一方である材料から成る。誘電体層3は、複素比誘電率(ϵ' 、 ϵ'')を有する誘電損失材から成る。導電性反射層2は、板状基材の電磁波入射側の表面上に、全面にわたって導電性膜が形成されて構成される。電磁波吸収体1は、パターン層5の各導電性パターン12によって、その形状および寸法によって決定される共振周波数の電磁波を受信し、その電磁波エネルギーを、電磁波吸収層4および誘電体層3を含む損失層で損失させ、具体的には熱エネルギーに変化させて、吸収することができる。誘電体層3を含まない構成も可能である。

電磁波吸収体1は、前述のような積層構成とすることによって、電磁波の吸収効率を高くすることができるので、電磁波吸収量が大きい電磁波吸収特性を得ることができ、薄型化および軽量化を図ることができる。たとえば2.45GHzの電磁波を吸収するための構成で比較して、電磁波吸収体1は、 $\lambda/4$ 型の電磁波吸収体に比べて約1/3～約1/4程度の厚さに抑える薄型化、ゴムフェライトなどを用いる単層型電磁波吸収体に比べて約1/2程度の厚さに抑える薄型化および約1/4程度の重量に

抑える軽量化を実現することができる。また導電性パターン12を面状のパターンとして、導電性反射層2との間でコンデンサを形成し、その容量を大きくして受信効率を高く、電磁波吸収効率を高くすることができる。

また電磁波吸収体1は、電磁波遮蔽板としての導電性反射板2を設ける構成とする。この導電性反射板2を設けない場合には、電磁波遮蔽性能を有する物体の面上に設置するよう構成とする。これによって、パターン層5の形状および寸法などの決定、つまり設計が容易になる。この場合導電性反射板2を用いる構成では、電磁波吸収体1の設置場所の影響を受けて、導電性パターン12, 30, 31の共振周波数が変化することが防がれる。たとえば電磁波吸収体1(導電性反射板2を積層しない構成)を、導電性を有さない建物内装材の上に設けても、その内装材の固有の複素比誘電率などの影響を受けて、パターン(受信アンテナ)の共振周波数が変化してしまうことがあるが、それを防ぐことができる。

また導電性パターン12において、放射形パターン30は、前述のように放射状に延びる部分を相互に突合せるように配置され、略方形パターン31は、放射形パターン30に囲まれる領域に対応する形状に形成される。このような配置は、受信原理の異なる(放射形パターンがダイポールアンテナ、方形パターンがパッチアンテナとなる。)、放射形パターン30と方形パターン31を組み合わせることで、受信効率が最適(高くなる)となる組み合わせである。したがって吸収効率の高い、電磁波吸収体を実現することができる。また放射形パターン30がx方向およびy方向に沿って放射する配置であるとともに略方形パターン31の基礎となる正方形の辺部がx方向およびy方向に延びるように配置されており、x方向およびy方向に電界の方向が存在するように偏波する電磁波の受信効率が高くなることができる。

電磁波吸収体1では、電磁波を受信する導電性パターン12が、基本的に多角形である略多角形の外郭形状を有しており、電磁波吸収量のピーク値を、導電性パターンの外郭形状が円形の場合と比べて、電磁波吸収量のピーク値を高くすることができる。このように基本的には多角形であり、少なくとも1つの角部が曲線状に形成される。これによって電磁波の偏波方向によって吸収量がピークとなる周波数のずれを小さく抑えることができる。したがって電磁波の吸収量のピーク値が高く、かつ電磁波の偏

波方向によって吸収量がピーク値となる周波数のずれが小さい優れた電磁波吸収特性を得ることができる。

このように本実施の形態の電磁波吸収体1は、パターン層5の導電性パターン12によって、アンテナの共振原理に従って特定周波数の電磁波を受信する。言い換れば、本発明の電磁波吸収体は、電磁波を吸収する以外に、近くに金属(導電性反射層2)の存在する状態で、導体パターン12が受信アンテナとしても有効に動作する機能を有している。ここで特定周波数は、導電性パターン12の形状および寸法などの諸元によって決定される周波数であり、電磁波吸収体1によって吸収すべき周波数である。電磁波を導電性パターン12で受信すると、導電性パターン12の端部に共振電流が流れることになる。この電流が流れることで、電流のまわりに磁界が発生する。磁束密度は、電流に近いほど大きい状態で分布する。このパターン層5の近くに磁性損失材を有する損失層を設けると、磁界をエネルギー的に損失させることができる。このように電磁波のエネルギーを熱エネルギーに変化させて吸収することができる。本実施の形態では、損失層は、電磁波吸収層4および誘電体3を含む。

さらに電磁波吸収体1を表面部が導電性材料から成る物体に装着して用いる、または損失層に対してパターン層5と反対側に導電性反射層をさらに設けるなど、パターン層と導電性の層の間に損失層を介した積層状態で用いることによって、パターン層5の導電性パターン12と、導電性の層(導電性材料から成る物体の表面層または導電性反射層)の間にコンデンサを構成することができる。この導電性パターン12と導電性の層との距離を短くすると、コンデンサの容量を大きくすることができる。またパターン相互間にもコンデンサを形成することができる。このようにパターン電磁波吸収体では、コンデンサを利用することによりリアクタンス調整機能が付与されることで薄型化を達成することができる。

図5は、本発明の実施の他の形態の電磁波吸収体1の断面図である。この実施の形態は、前述の図2～図4の実施の各形態に類似し、対応する部分には同一の参照符を付す。特にこの実施の形態では、電磁波入射側から、電磁波吸収層4、パターン層5、誘電体層3と、導電性反射層2とが、この順序で積層して構成される。そのほかの構成は、前述の実施の形態と同様である。

本発明の電磁波吸収量(反射損失量)の計算は、コンピュータシミュレーションで行っている。シミュレーションは、TLM法を用い、KCC社製「Micro—Stripes」を使用している。その計算に当たり、電磁波吸収層4のたとえば2. 4GHzの材料定数は、複素比誘電率の実部 ϵ' = 12. 2、複素比誘電率の虚部 ϵ'' = 1. 13、複素比透磁率の実部 μ' = 1. 02、複素比透磁率の虚部 μ'' = 0. 48であり、厚みは0. 5mmとした。誘電体層3のたとえば2. 4GHzの材料定数は ϵ' = 3. 79、 ϵ'' = 0. 03であり、厚みは2. 0mmとした。つまり、2. 4GHz帯の電磁波吸収体として厚さ2. 5mm厚(透磁率を有する層としては、0. 5mm厚)の薄型を実現している。しかし材料定数および厚みは、これらの数値に限定されることはなく、任意の組合せを選択できる。たとえば、さらなる薄型化のためには ϵ' や μ' を向上させることによる波長短縮効果にて、総厚を0. 5mmや1. 0mmのものも製造することが可能である。

図6は、本発明の実施のさらに他の形態の電磁波吸収体1の断面図である。この実施の形態は、前述の図2～図4の実施の形態に類似し、対応する部分には同一の参考符を付す。特にこの実施の形態では、パターン層5の電磁波入射側(図6の上方)には、前述のようにさらに表面層6が形成されてもよい。構成は、図5および図6に示す構成に限定されるものではない。たとえば、電磁波入射側から、電磁波吸収層4、パターン層5、電磁波吸収層4、誘電体層3、導電性反射層2の順に構成したものなども可能である。

本発明の実施の形態としては、電波の入射する方向からパターン層5、電磁波吸収層4、誘電体層3、導電性反射層2の順である積層体、電磁波吸収層4、パターン層5、誘電体層3、導電性反射層2の順の積層体、電磁波吸収層4、パターン層5、電磁波吸収層4、誘電体層3、導電性反射層2の順である積層体、パターン層5、誘電体層3、導電性反射層2の順である積層体、パターン層5、誘電体層3、導電性反射層2の順である積層体等がある。これらに限定されるものではなく、様々な態様の積層体が含まれる。またこれらの積層体は主要な層を抽出したものであり、必ずしもこの通りに並ぶ必要もなく、例えば各層の間に接着層や支持体あるいは保護層などが入っても同様の効果が得られる。また接着剤に配合することで、接着層と誘電体層3や電磁波吸収層4を兼ねることも可能である。

本発明の実施のさらに他の形態では、電磁波吸収体は、図2～図6の実施の各形態における導電性反射層2を含まず、このような導電性反射層2を含まない電磁波吸収体が、誘電体層3の電磁波入射側(図5および図6の上方)とは反対側(図5および図6の下方)で、電磁波遮蔽性能を有する面上に設置されるように構成されてもよい。電磁波遮蔽性能を有する面は、たとえば導電性反射層2と同様な構成を有してもよく、たとえば金属板などによって実現されてもよい。このような構成は、導電性反射層2を有する電磁波吸収体と同様の電磁波吸収特性を達成することができる。

図7は、本発明の実施のさらに他の形態の電磁波吸収体1を構成するパターン層5を示す正面図である。本実施の形態では、図3および図4に示すパターン層5に代えて、図7に示すパターン層5を用いる。その他の構成は、図2～図6の構成と同様である。図3および図4に示すパターン層5の導電性パターン12は、放射形パターン30と、略方形パターン31とを有していたが、図7のパターン層5の導電性パターン12は、略方形パターン31だけを有する。このような構成であっても同様の効果を達成することができる。

図8は、本発明の実施のさらに他の形態の電磁波吸収体1を構成するパターン層5を示す正面図である。本実施の形態では、図3および図4に示すパターン層5に代えて、図8に示すパターン層5を用いる。その他の構成は、図2～図6の構成と同様である。図3および図4に示すパターン層5の導電性パターン12は、放射形パターン30と、略方形パターン31とを有していたが、図8のパターン層5の導電性パターン12は、放射形パターン30だけを有する。このような構成であっても同様の効果を達成することができる。

図9は、本発明の実施のさらに他の形態の略方形パターン41を示す正面図である。本実施の形態では、図3、図4および図7に示す略方形パターン31に代えて、図9に示す略方形パターン41を用いる。その他の構成は、図2～図7の構成と同様である。図3、図4および図7に示す略方形パターン31は、面状パターンであったけれども、図9の略方形パターン41は、外周縁に沿うって延びる閉ループの線状(帶状)のパターンである。このような構成であっても、導電性反射層2との間に形成されるコンデンサの容量は小さくなるが、同様の効果を達成することができる。

図10は、本発明の実施のさらに他の形態の放射形パターン40を示す正面図である。本実施の形態では、図3、図4および図8に示す放射形パターン30に代えて、図10に示す放射形パターン40を用いる。その他の構成は、図2～図6および図8の構成と同様である。図3、図4および図8に示す放射形パターン30は、面状パターンであったけれども、図10の略放射形パターン40は、外周縁に沿って延びる閉ループの線状(帯状)のパターンである。このような構成であっても、導電性反射層2との間に形成されるコンデンサの容量は小さくなるが、同様の効果を達成することができる。

図11は、電磁波の吸収特性のシミュレーション結果を示すグラフである。電磁波吸収体1の構成としては、図2の構成としている。図11において、横軸は、周波数を示し、縦軸は反射損失を示す。反射損失は、値が小さくなるほど、電磁波の吸収量が大きいことを示す。正方形、角部を円弧状にした略正方形、円形のパターンを、図7のように並べた電磁波吸収体について、反射特性を求めた。角部の曲率半径以外の条件は、全て一致している。

添え字「a」「b」に拘わらず、符号50を付すライン50a, 50bは、正方形パターンの電磁波吸収特性を示す。添え字「a」「b」に拘わらず、符号51を付すライン51a, 51bは、円形パターンの電磁波吸収特性を示す。添え字「a」「b」に拘わらず、符号52を付すライン52a, 52bは、正方形を基礎として角部を小さい曲率半径の円弧状としたパターンの電磁波吸収特性を示す。添え字「a」「b」に拘わらず、符号53を付すライン53a, 53bは、正方形を基礎として角部を中間的な曲率半径の円弧状としたパターンの電磁波吸収特性を示す。添え字「a」「b」に拘わらず、符号54を付すライン54a, 54bは、正方形を基礎として角部を小さい曲率半径の円弧状としたパターンの電磁波吸収特性を示す。各パターンについて、偏波方向が45度(°)異なる電磁波に対する電磁波吸収特性を、添え字「a」、「b」で区別して示す。

正方形パターン(R無)では、Q値が高く、電磁波の吸収量のピーク値(ピーク吸収量)は大きいが、吸収量の大きい周波数帯域が小さく、この帯域を、目的とする吸収すべき周波数に合うように調整するために手間をようする。しかも電磁波の偏波方向によって、電磁波の吸収量がピークとなる周波数(ピーク周波数)が、大きくずれ、偏波特性が悪い。円形のパターンでは、偏波特性は、極めて良好であるが、Q値が低く

、ピーク吸収量が小さい。これに対して、正方形を基礎として、角部を曲線状にしたパターン(R付正方形)では、ピーク吸収量が大きくかつ偏波特性の良好である。

図11から明らかなように、正方形を基礎として、角部を曲線状にしたパターンにおいて、角部における曲線状に形成する部分の寸法には、偏波方向の違いによる吸収可能な周波数のずれを抑制可能、つまり円形と同程度の偏波特性を得られる範囲が存在している。図11の場合、3つの角部の曲率半径のうち、大きい側の2つの半径のパターンでは、良好な偏波特性が得られている。ピーク吸収量は、角部の曲率半径が小さくなればなるほど、大きくなっているので、円形と同程度の偏波特性を得られる範囲内で、可及的に小さい寸法の曲率半径で曲線状にすることが好ましい。図11の場合の略方形パターン31の対応する正方形25の辺長は8mmであり、偏波方向に平行な辺を有する配置である試料が0度(°)位置の場合(図中の実線、以下「0度(°)偏波」という場合がある)、R=2の場合の反射損失が-17dB、R=3の場合の反射損失が-14dBであり、前記0度(°)の位置から資料を45度(°)角変位させた場合(図中の破線、以下「45度(°)偏波」という場合がある)でもほとんど吸収周波数のずれはなく、偏波特性が良好であることがわかる。

反射損失は、電磁波吸収体に入射した電磁波が電磁波吸収体で反射するという視点で見た場合の損失であって、電磁波が電磁波吸収体によって吸収されることによる損失を表しており、電磁波吸収体における電磁波の吸収量に対応する値である。反射損失は、負の値で表わされており、反射損失の絶対値が電磁波の吸収量となる。

図12は、正方形を基礎として、角部を曲線状にした導電性パターンにおいて、角部における曲線状に形成する部分の寸法による電磁波吸収特性の変化を示すグラフである。図12は、導電性パターンの角部に曲線状の部分を設けることによって、Q値も増し、反射損失が大きくなり、電磁波吸収特性が改善される例を示している。図12の例では、導電性パターンの一辺長は20mmである。

曲率半径R=0mmである場合、0度(°)偏波の電磁波の反射損失は、線60で示され、ピーク値が-23dB(2.6GHz)であるが、曲率半径R=2mmの場合、0度(°)偏波の電磁波の反射損失は、線61で示され、ピーク値が-32dB(2.65GHz)と

なる。このようにR付与(曲線部形成)により、共振電流の流れもスムーズとなり、Q値が増したものと考えられる。このことは方形パターンが常にQ値の最も高い状態にあることではないことを示している。曲率半径Rをさらに大きくすると今度は反射損失の値が小さくなり、高周波数側にシフトする傾向も見られる。曲率半径R=10mmの場合では、0度(°)偏波の電磁波の反射損失は、線63で示され、ピーク値が曲率半径R=0mmの場合を下回っている。したがって反射損失を改善するためには曲率半径Rの範囲は、 $1\text{mm} < R < 20\text{mm}$ が良好であるといえる。

曲率半径R=0mmである場合の45度(°)偏波の電磁波の反射損失を、線63で示し、曲率半径R=2mmである場合の45度(°)偏波の電磁波の反射損失を、線64で示し、曲率半径R=10mmである場合の45度(°)偏波の電磁波の反射損失を、線65で示す。そして曲率半径R=4mmである場合の0度(°)偏波の電磁波の反射損失を、線66で示し、曲率半径R=4mmである場合の45度(°)偏波の電磁波の反射損失を、線67で示す。偏波特性も含めた、反射損失改善効果は曲率半径R=4mmが最も優れている。(反射損失は-29dB)これらの結果から、パターン形状にRを付与することで吸収周波数の高周波数側へのシフト制御と、さらにはQ値の最適化も達成でき得る場合があることを示しており、電磁波吸収特性の調整手段として有効な手段であることがわかる。さらに45°傾けた場合(45°偏波)の吸収特性のずれを計算すると、R付与の改善効果は確かに確認される。

本実施の形態では、前記角部における曲線状に形成する部分の寸法は、偏波方向の違いによる吸収可能な周波数のずれを抑制可能な寸法の範囲内で小さい寸法に決定される。このような構成によって、角部における曲線状に形成する部分を可及的に小さくすることができる。これによって図11および図12から明らかなように、電磁波の偏波方向によって吸収量がピークとなる周波数のずれを抑制したうえで、電磁波の吸収量のピーク値をできるだけ高くすることができる。つまり角部の曲線の曲率半径が大きくなるとパターン形状は円に近づき、最終的に円になる。それに応じてQ値は下がり、電磁波吸収特性は低下していく傾向にあるが、偏波特性は良くなっていく。したがって前記角部における曲線状に形成する部分の寸法を、偏波方向の違いによる吸収可能な周波数のずれを抑制可能な寸法の範囲内で小さい寸法に決定す

ることによって、電磁波吸収特性を高く、しかし偏波特性を良くするように曲率半径Rの大きさを最適化したパターン形状としている。したがって極めて優れた電磁波吸収特性の電磁波吸収体を実現することができる。

図13は、R付与した略方形パターン31を用いた図7のパターン配列による電磁波吸収体1の電磁波吸収特性の計算値と実測値とを比較して示すグラフである。線70は、0度(°)偏波の電磁波の電磁波吸収特性の計算値を示し、線71は、45度(°)偏波の電磁波の電磁波吸収特性の計算値を示す。線72は、0度(°)偏波TE波の電磁波の電磁波吸収特性の実測値を示し、線73は、0度(°)偏波TM波の電磁波の電磁波吸収特性の実測値を示す。線74は、45度(°)偏波TE波の電磁波の電磁波吸収特性の実測値を示し、線75は、45度(°)偏波TM波の電磁波の電磁波吸収特性の実測値を示す。

この略方形パターン31を用いた電磁波吸収体1は、2.45GHzに電磁波吸収ピークを合わせるように設計している。計算値では、約-17dBの反射損失がみられ、45度(°)傾けた場合の吸収特性のずれもほとんど見あたらなかった。実測値は、TE波およびTM波に対して、0度(°)と45度(°)回転した状態での、自由空間法による電磁波吸収特性である。実測値の反射損失(電磁波吸収量に相当)は、-15~-19dB(TE波およびTM波、0°および45°偏波を含めて)で計算値との差は少なく、帯域幅は実測値の方が若干大きくなっている。R付与効果により、偏波特性に優れた吸収特性が観察された。

図14は、R付与した略方形パターン31のサイズが異なるものを配列し、2つの周波数の電磁波吸収を狙った電磁波吸収体1の電磁波吸収特性を示すグラフである。図15は、図14の電磁波吸収特性を示す導電性パターン、具体的には略方形パターン31の配列の一部を示す正面図である。本発明の実施の他の形態として、外周長が異なる導電性パターンが、組み合わされて形成される。本実施の形態では、略方形パターン31として、対応する正方形25の辺長が10mmの第1の略方形パターン31aと、対応する正方形25の辺長が24mmの第2の略方形パターン31bとを、図15に示す辺長が27mmの正方形パターン単位を、x方向およびy方向に鏡面を当てるように繰り返して配置し、パターン層5を形成している。換言すれば、第1の略方形パターン

31bを市松模様状に配置し、第1の略方形パターン31b間に、第2の略方形パターン31aを行列状にして4つずつ配置している。

図14において、実線70は、0度(°)偏波の電磁波吸収特性を示し、破線71は、45度(°)偏波の電磁波吸収特性を示す。この電磁波吸収体1では、反射損失(電磁波吸収特性)は、2.45GHzと5.2GHzにおいて共に約-10dBの2つの吸収ピークを示している。さらに45度(°)傾けた場合の吸収特性のずれを計算すると、ほとんどずれのないことがわかり、R付与の改善効果は確かに確認される。

表1は、曲率半径Rの異なる略方形パターン31を組み合わせた場合の電磁波吸収特性を比較して示す。

[表1]

構成	Rの大きさ (mm)		吸収帯域の広さ (MHz)			
	大	小	-20 dB	-15 dB	-10 dB	-6 dB
1種類	7	7	16.8	33.6	67.1	134.2
2種類1	8	6	33.6	50.3	83.9	167.8
2種類2	9	5	16.8	33.6	67.1	151.0
2種類3	10	4	0.0	16.8	50.4	117.5

図16は、曲率半径Rの異なる略方形パターン31を組み合わせた場合の電磁波吸収特性を比較して示すグラフである。本発明の実施の他の形態として、角部の曲率半径が異なる導電性パターンが、組み合わされて形成される。本実施の形態では、図7に示す略方形パターン31を並べる構成において、x方向およびy方向に隣接する略方形パターン31同士で、曲率半径Rが異なる構成であり、各角部の曲率半径Rが第1の値である略方形パターン31と、各角部の曲率半径Rが第2の値である略方形パターン31とが、市松模様状に並べて配置される。第1の値と第2の値とは異なる。曲率半径Rは、図7の説明に用いている図3および図4における略方形パターン31の角部における曲率半径R1に相当するが、便宜上「R」を用いる。

図16には、図7のように略方形パターン31を並べた構成において、x方向およびy方向に隣接する略方形パターン31の曲率半径Rの差異による電磁波吸収特性を示す。図16において、各線100～103は、一辺の長さが23mmである正方形の各角部を、曲線状に形成した構成の電磁波吸収特性を示す。なお正方形の間隔は6mmで

ある。破線100は、x方向およびy方向に隣接する略方形パターン31の曲率半径Rは、同一の7mmである場合の電磁波吸収特性を示す。実線101は、x方向およびy方向に隣接する略方形パターン31のうち、一方の略方形パターン31の各角部の曲率半径Rが6mmであり、かつ他方の略方形パターン31の各角部の曲率半径Rが8mmである場合の電磁波吸収特性を示す。点線102は、x方向およびy方向に隣接する略方形パターン31のうち、一方の略方形パターン31の各角部の曲率半径Rが5mmであり、かつ他方の略方形パターン31の各角部の曲率半径Rが9mmである場合の電磁波吸収特性を示す。一点鎖線103は、x方向およびy方向に隣接する略方形パターン31のうち、一方の略方形パターン31の各角部の曲率半径Rが4mmであり、かつ他方の略方形パターン31の各角部の曲率半径Rが10mmである場合の電磁波吸収特性を示す。

破線100は、表1の「1種類」と記す構成の電磁波吸収特性を示す。実線101は、表1の「2種類1」と記す構成の電磁波吸収特性を示す。点線102は、表1の「2種類2」と記す構成の電磁波吸収特性を示す。一点鎖線103は、表1の「2種類3」と記す構成の電磁波吸収特性を示す。表1において、吸収帯域の広さは、反射損失が、-20dB、-15dB、-10dB、-6dB以上である周波数帯域の幅を示す。

隣接する略方形パターン31の角部の曲率半径Rを異ならせることで、略方形パターン31の外周長が異なり、それに応じて共振周波数が異なる。隣接する略方形パターン31の角部の曲率半径Rが、同一の場合と異なる場合との電磁波吸収特性の差異は、たとえば曲率半径Rを大きくすれば、その割合に応じて略方形パターン31の外周長が短くなり、共振周波数が高周波数にシフトするというような単純な差異ではない。図16から明らかなように、隣接する2つの略方形パターン31の曲率半径Rを、合計値が一定となるように保持して、差を大きくすると、電磁波の吸収周波数は、低周波数側にシフトする。吸収周波数は、吸収量がピーク値となる周波数である。

しかも隣接する2つの略方形パターン31の曲率半径Rの差が小さい場合、図16に示す例では差が2mmの場合は、電磁波吸収量のピーク値は、隣接する2つの略方形パターン31の曲率半径Rが同一である場合の吸収量のピーク値を維持したまま吸収帯域が広くなる。この吸収帯域が広くなる現象は、隣接する導電性パターンの間隔

が比較的に近い場合に、言い換えれば導電性パターン同士の干渉効果が見られる距離にある場合に、生じることが本件発明者によって確認されている。隣接する2つの略方形パターン31の曲率半径Rの差をさらに大きくすると、電磁波吸収量のピーク値はあまり低下せずに低周波数に吸収周波数がシフトする。図16に示す例では、特に曲率半径の差が4mm以下の場合は、電磁波吸収量のピーク値は、隣接する2つの略方形パターン31の曲率半径Rが同一である場合の吸収量のピーク値を維持している。

このように隣接する2つの略方形パターン31の曲率半径Rは、電磁波吸収体の設計パラメータとして有効に寄与することが明らかである。隣り合う導電性パターン同士の干渉および影響によって、特異な現象が生じている。角部の曲率半径Rの差に起因する共振周波数が近い複数の導電性パターンを組み合わせることにより、吸収帯域および吸収周波数が変化する。隣接する導電性パターンの角部の曲率半径Rを異ならせることによって、隣接する導電性パターンの互いに及ぼし合う効果によって、隣接する導電性パターンの角部の曲率半径Rを同一にする場合と比べて、吸収量のピーク値を維持したまま、吸収周波数を変更することができる。

このように隣接する導電性パターンの角部の曲率半径Rを異ならせる構成によれば、角部の曲率半径が同一の導電性パターンだけを形成する場合に対して、電磁波吸収量のピーク値を低下させずに吸収帯域を変更することができる。たとえば隣接する導電性パターンの角部の曲率半径に若干の差を与えることによって、電磁波吸収体の吸収量のピーク値を低下させずに吸収帯域を広げることができ、またたとえば隣接する導電性パターンの角部の曲率半径に少し大きい差を与えることによって、電磁波吸収体の吸収量のピーク値を低下させずに吸収する電磁波の周波数(以下「吸収周波数」という場合がある)を低くすることができる。

図17は、R付与した略方形パターン31の中に空孔部(スロットアンテナ部)75を設け、その空孔部75の中にさらに小サイズの略方形パターン31を配置したパターン層5を有する電磁波吸収体1の電磁波吸収特性を示すグラフである。図18は、図17の電磁波吸収特性を示す導電性パターンの配列の一部を示す正面図である。この例では、略方形パターン31として、対応する正方形25の辺長が24mmであり、外郭に

対して45度(°)傾斜した方向の略方形(4つの角部が曲線状)の空孔部75が形成される第1の略方形パターン31cと、この第1の略方形パターン31cと同一の方向に配置されて空孔部75の内側に形成される第2の略方形パターン31dとが設けられる。空孔部75の辺長は、16mmであり、第2の略方形パターン31dは、10mmである。

図17には、図18に示すパターン単位を、x方向およびy方向に繰り返して複数配列させたパターン層5を用いた電磁波吸収体1の反射損失の計算結果を示す。図17において、実線80は、0度(°)偏波の電磁波吸収特性を示し、破線81は、45度(°)偏波の電磁波吸収特性を示す。この場合の電磁波吸収体1では、1.8GHzで-3.5dB、5.4GHzにて-9dB、7.5dBで-18dBと各アンテナに応じて3つの帯域での電磁波吸収が見られる。45°傾けた場合の吸収特性のずれを計算すると、ほとんどずれのないことがわかり、R付与の改善効果は確かに確認される。

図17および図18に示す構成によれば、導電性パターンである第1の略方形パターン31cに空孔部75が設けられ、この空孔部自体をまた受信アンテナとして機能させることができる。つまり外周長に対応する周波数に共振する略方形パターン31cに、内周長に対応する周波数に対して共振するスロットパターン(スロットアンテナ部)75を設けることができ、1つの導電性パターンである略方形パターン31cによって、異なる複数(2以上)の周波数に対して共振することができる。これにより1つの導電性パターンの外周長と、それに形成される1つのスロットパターンの内周長とにそれぞれ対応する2つの周波数の電磁波を吸収する双峰特性の電磁波吸収体を得ることができる。

また1つの導電性パターンに複数のスロットパターンを形成し、各スロットパターンの内周長が異なる場合は、1つの導電性パターンによって、スロットパターンの数+1の数の周波数の電磁波を吸収する多峰特性の電磁波吸収体を得ることができる。さらに繰り返してスロットパターンの内方に他の導電性パターンを設けることが可能であり、それを共振アンテナとして別の周波数の電磁波に対応させることができ、さらに吸収周波数を増加させて、1つの導電性パターンに1つのスロットパターンを形成し、その理論上3つ以上の周波数の電磁波を吸収する多峰特性の電磁波吸収体を得ることができる。この場合も、高吸収特性だけでなく、導電性パターンの角部に曲線状を

設けることで偏波特性を改善することができる。この操作の繰り返しによりさらに多数(4つ以上)の周波数の電磁波を吸収することが可能となる。

本発明での電磁波吸収体1の製造方法は、たとえば次のような方法である。パタン層5は、アルミ蒸着PETフィルム(フィルム厚=25 μm、アルミ厚=600~800オングストローム)でエッティング法により所定形状の導電性パターンを形成して製造している。電磁波吸収層4は、SBS(スチレン・ブタジエン・スチレン共重合体)樹脂100部にフェライトを340部、カーボンブラックを50配合して他の充填剤と共に混練し、0.5 mm厚にシーティングして形成している。誘電体層3は、SBS(スチレン・ブタジエン・スチレン共重合体)樹脂に無機系および他の充填剤(磁性損失材は使用しない)を充填して混練後、2.0mm厚にシーティングして形成される。各層の材料定数は、Φ7×Φ3のリング状に加工し、同軸管法によりネットワークアナライザーにより測定し、所望の材料定数になるように配合を調整している。他の充填剤としては、難燃剤、老化防止剤、加工助剤、無機充填剤などを適宜使用している。

これらの各層を、接着剤を介して積層し、接着反応が完了後、50cm×50cmの寸法に裁断した。

フェライトとしては、たとえばMn-Znフェライト、Ni-Znフェライト、Mn-Mgフェライトなどのソフトフェライト、あるいは永久磁石材料であるハードフェライトが挙げられる。鉄合金としては、たとえば磁性ステンレス(Fe-Cr-Al-Si合金)、センダスト(Fe-Si-Al合金)、パーマアロイ(Fe-Ni合金)、ケイ素銅(Fe-Cu-Si合金)、Fe-Si-B(-Cu-Nb)合金、Fe-Si-Cr合金、Fe-Ni-Cr-Si合金等が挙げられる。なお、これら合金においては扁平状のものを用いてもよい。鉄粒子としては、たとえばカルボニル鉄粉が挙げられる。カルボニル鉄の場合はできるだけ真球に近いものがよい。磁性材料であれば、その形状に制限はなく、塊状、扁平状、纖維状等を適宜用いることができる。好ましくは低コストで複素比透磁率の高いソフトフェライト粉末を使用するのがよい。フェライトの様な磁性損失材が存在しないと、複素比透磁率を利用した薄層化を達成することができない。また、電磁波吸収層4が磁性体そのもので形成されてもよい。この場合は、フェライトなどの軟磁性焼結体やそれらのメッキ物、金属化合物や金属酸化物の層を形成する方法が採用される。

また、電磁波吸収層4、もしくは必要ならば誘電体層3にも含まれる誘電損失材料は、グラファイト、カーボンブラック、炭素繊維、グラファイト繊維、金属粉、金属繊維の群から選ばれる材料である電磁波吸収体である。電磁波吸収層4は磁性損失材料を必須の成分として含むが、インピーダンス整合のためには適宜な複素比誘電率を付与することも好ましい。この目的で、電磁波吸収層4もしくは必要なら誘電体層3に充填される誘電損失材料としては、たとえばファーネスブラックやチャンネルブラックなどのカーボンブラック、ステンレス鋼や銅やアルミニウム等の導電粒子や繊維、グラファイト、カーボン繊維、グラファイト繊維、酸化チタン等が挙げられる。本発明で好ましく使用する誘電性材料は、カーボンブラックであり、特に窒素吸着比表面積(ASTM(American Society for Testing and Materials) D3037-93)が $100\sim1000\text{m}^2/\text{g}$ 、DBP吸油量(ASTM D2414-96)が $100\sim400\text{ml}/100\text{g}$ であるカーボンブラック、たとえば昭和キャボット社製の商品名IP1000およびライオン・アクゾ社製商品名ケッテンブラックECなどを使用するのが好ましい。DBP吸油量というのは、可塑剤の一種であるDBP(dibutyl phthalateの略)の吸収量(単位 $\text{cm}^3/100\text{g}$)である。

電磁波吸収層4および誘電体層3に使用される有機重合体の材料(ビヒクル)としては、合成樹脂、ゴム、および熱可塑性エラストマーを使用している。たとえばポリエチレン、ポリプロピレン、およびこれらの共重合体、ポリブタジエンおよびこれらの共重合体等のポリオレフィン、ポリウレタン、ポリ塩化ビニル、ポリ酢酸ビニル、エポキシ樹脂、フェノール樹脂、メラミン樹脂などの熱可塑性樹脂または熱硬化性樹脂やビチュメン等が挙げられる。ポリ尿酸などの生分解性を有する樹脂も使用可能である。またガラス繊維などの材料が充填されたFRPとなっていても良い。

電磁波吸収層4は、前記有機重合体以外の、石膏材、セメント材、または不織布や発泡体、紙、段ボール等に磁性を有する塗料等を含浸させたものであってもよく、充填材を配合することが可能な材料を適宜選択することもできる。

誘電体層3は、有機重合体の材料を使用したものに限定されることなく、複素比誘電率を有し、導電性を示さないものであればどのような材料でも使用可能である。たとえば、木材、合板、紙、石膏、セメント、粘土、砂、土、不織布、リサイクル樹脂、不燃

ボード、ビチュメン、アスファルト、発泡体等が用いることができる。

電磁波吸収層4が接着剤層を兼ねることも可能である。たとえばエポキシ樹脂にフェライトや誘電損失材を配合させて、パターン層5、誘電体層3、導電性反射層2の各界面や積層で用いる場合の各層の間に位置させることができる。この場合、電磁波吸収層4および誘電体層3を交互に複数、積層した構成をとることも前述したとおりである。

このとき、電磁波吸収層4や誘電体層3に難燃性を付与するためには、所定量の難燃剤および難燃助剤を配合することになる。難燃性の尺度としては、UL94V0を満たすことが要求される。難燃剤としては特に限定されることはなく、リン化合物、ホウ素化合物、臭素系難燃剤、亜鉛系難燃剤、窒素系難燃剤、水酸化物系難燃剤等が適宜量使用できる。リン化合物としては、リン酸エステル、リン酸チタンなどが挙げられる。ほう素化合物としては、ホウ酸亜鉛などが挙げられる。臭素系難燃剤としては、ヘキサブロモベンゼン、デカブロモベンジルフェニルエーテル、デカブロモベンジルフェニルオキサイド、テトラブロモビスフェノール、臭化アンモニウムなどが挙げられる。亜鉛系難燃剤としては、炭酸亜鉛、酸化亜鉛若しくはホウ酸亜鉛等が挙げられる。窒素系難燃剤としては、たとえばトリアジン化合物、ヒンダードアミン化合物、若しくはメラミンシアヌレート、メラミングアニジン化合物といったようなメラミン系化合物などが挙げられる。水酸化物系難燃剤としては、水酸化マグネシウム、水酸化アルミニウムなどが挙げられる。難燃性や不燃性を付与する場合に、パターン層5や導電性反射層2に用いるPETフィルムが問題となる。基本的にPETフィルムの難燃化は難しく、チャー(炭化層)の様な不燃材料で覆うことが考えられる。それ以外の方法としては、パターン層5に対して導電性パターンのみを電磁波吸収層4に転写して、PETフィルムを剥離してしまう構成や、導電性反射層2に対してはPETフィルムの代わりにガラス繊維やガラスクロスに金属箔を加えた層を使うことで対応する。

本発明で実施した難燃配合は、電磁波吸収層4が結合材としてのPVCが100(phr)に対して、炭酸カルシウム70(phr)、難燃剤(丸菱油化工業株式会社製ノンネサンSAN-1)20(phr)をベースに分散剤、可塑剤、フェライト、黒鉛などを配合している。さらに誘電体層3は結合材として再生PVC100(phr)、炭酸カルシウム140(phr)

、難燃剤(丸菱油化工業株式会社製ノンネサンSAN—1)10(phr)等を配合している。いずれの層もUL94のV—0相当の難燃性を示した。なおこの配合で作成したパターン電波吸収体は、製品として防炎規格を合格している。

パターン層5および導電性反射層2は、金、白金、銀、ニッケル、クロム、アルミニウム、銅、亜鉛、鉛、タンクステン、鉄などの金属であってもよく、樹脂に上記金属の粉末、導電性カーボンブラックの混入された樹脂混合物、あるいは導電性樹脂のフィルム等であってもよい。上記金属等を、板、シート、フィルム、不織布等に加工されたものであってもよい。あるいはまた合成樹脂性フィルム上に、膜厚たとえば600Åの金属層が形成された構成を有してもよい。金属箔をフィルムもしくはクロスなどの基材に転写したものでもよい。また、導電インク(たとえば抵抗率 $10\Omega/\square$ 以下 $0.5\Omega/\square$ 以上)を基材もしくは電磁波吸収体4もしくは誘電体層3上に塗布してもよい。

電磁波吸収特性はフリースペース法による。フリースペース法は、自由空間に置かれた測定試料である電磁波吸収体1に平面波を照射し、そのときの反射係数、透過係数を、周波数、入射角度、偏波を変化させて測定し、材料の複素比誘電率および複素比透磁率を得る測定方法であり、こうして得られた複素比誘電率および複素比透磁率とから、電磁波吸収体1の電磁波吸収量(反射損失)を計算して求める。このときTE波、TM波、さらに試料を45°回転させた状態での測定を行っている。使用した測定機器は、ネットワークアナライザー(アジレントテクノロジー社製商品名HP8720ES)であり、アンテナはダブルリジッドアンテナである。電磁波吸収体1である測定試料の矩形の各辺のサイズは 500×500 (mm)および 1000×1000 (mm)である。

図6にある表面層6は、図6の順に積層したものだけでなく、他の積層順で構成される電磁波吸収体1の場合でも上に載せられることがある。表面層6の具体例は、壁紙、タイルカーペット、タイル、不燃ボード、合板、化粧板、塗装面、樹脂板、布製品、紙類等がある。基本的に電磁波シールド性を有する導電性の材料以外の材料なら、全て上(パターン層の外側)に積層することが可能である。これらの厚みがたとえば1m以下のように薄いと電磁波吸収特性にほとんど影響しないものの、厚い場合や複素比誘電率が高い場合は、電磁波吸収特性の最適化のための再設計が必要になる。しかし、この再設計で調整すれば、所望の電磁波吸収特性を発揮することができる。

。

本発明にて対象とする電磁波は、用途によって決定されるものであるが、たとえば900MHz帯における少なくとも一部の周波数の電磁波であって、さらに具体的には、950MHz以上956MHz以下の範囲を含む周波数の電磁波である。前記遮断の対象とする電磁波の周波数は例示であり、例示の周波数以外の周波数の電磁波を遮断する構成でも本発明に含まれる。900MHz帯とは、880MHz以上1000MHz未満の周波数範囲である。各構成層の材料特性はこれらの周波数範囲ではほとんど差がなく推移し、本発明での数値をそのまま使うことができる。

また2. 4GHz帯の周波数の電磁波を吸収の対象とすることがある。2. 4GHz帯は、2400MHz以上2500MHz未満の電磁波である。具体的にはRFID用の2400MHz以上2483. 5MHz以下の範囲を含む周波数の電磁波である。

これらの周波数は、UHF帯(300MHz～3GHz)、SHF帯(3GHz～30GHz)及びEHF帯(30GHz～300GHz)の中であれば任意の単数あるいは複数の周波数を選択することができる。つまり吸収の対象となる電磁波は、300MHz以上300GHz以下の周波数の電磁波を含む。

最後に、950MHz帯に吸収特性を有するパターン電波吸収体のパターン形状と積層構成、配合を示す。パターン形状は図3に示す構成で、 $a1x=a1y=1.0\text{mm}$ 、 $a2x=a2y=17.5\text{mm}$ 、 $b1x=b1y=20.5\text{mm}$ 、 $c2x=c2y=9.0\text{mm}$ 、 $c1=1.5\text{mm}$ 、放射形パターン30における略三角形部分22の曲率半径 $R1=7.5\text{mm}$ 、略方形パターン31における角部の曲率半径 $R2=7.0\text{mm}$ とした。電波吸収体層4の配合は、PVC(株式会社カネカ、KS1700)100(phr)、フェライト(JFEフェライト株式会社製LD-M)430(phr)、黒鉛(日本黒鉛株式会社製青P 35(phr)をベースに可塑剤、分散剤、炭酸カルシウム等を添加している。構成は、パターン層(アルミ蒸着PETフィルム)、電波吸収体層4(2.5mm)、誘電体層3として合板(6.5mm)、導電性反射層(アルミ蒸着PETフィルム)の積層とした。

表2は、自由空間法で測定したTE波およびTM波の電波吸収特性を示す。

[表2]

入射角度	T E 波			T M 波		
	10度	30度	45度	10度	30度	45度
吸収周波数 (G H z)	0. 95	0. 95	1. 00	0. 95	1. 05	1. 05
吸収量の ピーク値 (d B)	20	20	16	25	30	22

図19は、自由空間法で測定したTE波の電磁波吸収特性を示すグラフである。図20は、自由空間法で測定したTM波の電磁波吸収特性を示すグラフである。図19において、実線110は、入射角が10度(°)の場合の電磁波吸収特性を示し、破線111は、入射角が30度(°)の場合の電磁波吸収特性を示し、一点鎖線112は、入射角が45度(°)の場合の電磁波吸収特性を示す。図20において、実線120は、入射角が10度(°)の場合の電磁波吸収特性を示し、破線121は、入射角が30度(°)の場合の電磁波吸収特性を示し、一点鎖線122は、入射角が45度(°)の場合の電磁波吸収特性を示す。前述の構成の電磁波吸収体は、たとえば入射角が10度(°)で入射するTE波に対して20dBの電磁波吸収量を示し、入射角が10度(°)で入射するTM波に対して25dBの電磁波吸収量を示した。異方性も少なく、高吸収性能を示すことがわかった。図19および図20ならびに表2から明らかなように、放射形パターン30および略方形パターン31の寸法、電磁波吸収層4の材質を適宜選択することによって、950MHzの電磁波を吸収する電磁波吸収体1を得られることが明らかである。

図21は、本発明の実施のさらに他の形態の電磁波吸収体1を構成するパターン層5を示す正面図である。図22は、図21に示すパターン層5を備える電磁波吸収体1の電磁波吸収特性を示すグラフである。さらに薄型化を示す950MHz帯に吸収特性を有するパターン電波吸収体のパターン形状と積層構成、配合を示す。パターン形状は、図21に示すように、ほぼ図3に示す構成であって、異なる点は、寸法が異なる点であり、対応する部分に同一の符号を付す。本実施の形態では、放射形パターン30と略方形パターン31との各曲率に差を付け、2つのパターン30, 31の間隔c1を連続的に差を変化させている。導体パターン寸法は、a1x=a1y=1. 0mm、a2x=a2y=20. 0mm、b1x=b1y=25mm、c2x=c2y=7. 0mm、c1=0. 5mm以上2. 5mm以下、放射形パターン30における略三角形部分22の曲率半径R1=6.

5mm、略方形パターン31における角部の曲率半径R2=10.5mmとした。放射形パターン30と略方形パターン31との間隔c1は、これらパターン30, 31間の隙間が延びる方向の両端部に比べて、中間部が大きくなるように、連続的に変化している。電磁波吸収体層4の配合は、塩素化ポリエチレン(昭和电工株式会社、エラスレン301NA)100(phr)、カルボニル鉄(BASF製EW-1)650(phr)をベースに可塑剤、分散剤、炭酸カルシウム等を添加している。構成は、パターン層(アルミ蒸着PETフィルム)、電磁波吸収体層4(1.2mm)、誘電体層3(3.2mm)、導電性反射層(アルミ蒸着PETフィルム)の積層とした。電磁波吸収層4及び誘電体層3の950MHzの材料定数は、後に示す表3の通りである。つまり、950MHz帯の電磁波吸収体として厚さ4.4mm厚(透磁率を有する層としては、1.2mm厚)の薄型を実現している。そのシミュレーションによる電磁波吸収量は図22の通りである。図22には、線200によつて電磁波吸収量を示す。925MHz帯にて19.5dBの吸収量の結果を得ることができた。

図21に示すように、隣接する2つの導電性パターンである放射形パターン30と略方形パターン31との間隔c1が、位置によって異なる構成とすることができます。これによつて放射形パターン30と略方形パターン31との間隔c1を一定にする場合に比べて、電磁波吸収量を大きくすることができる。したがつて隣接する導電性パターンの角部の曲率半径を変え、導電性パターン間の間隔を連続的に変化する様とすれば、吸収周波数を低周波数にシフトさせ、吸収量も増加させることも可能となる。

表3は、前述の実施例に用いた電磁波吸収層4および誘電体層3の材料定数ならびに厚みを示す。表3において電磁波吸収層4を、単に「吸収層」と記している。

[表3]

関連図		厚み	材料	ϵ'	ϵ''	μ'	μ''
図 1-1	吸収層 誘電体層	0.5mm 2mm	SBS系測定平均値 (5.2GHz) PVC系測定平均値 (5.2GHz)	12.2 3.79	1.12 0.03	1.02 1.03	0.48 0.04
図 1-2、 図 1-3	吸収層 誘電体層	0.5mm 2mm	SBS系測定平均値 (2.4GHz) PVC系測定平均値 (2.4GHz)	12.8 3.89	1.18 0.11	1.41 1.03	0.43 0.01
図 1-4、 図 1-7	吸収層 誘電体層	0.5mm 2mm	SBS系測定平均値 (2.4GHz) SBS系測定平均値 (5.2GHz) PVC系測定平均値 (2.4GHz) PVC系測定平均値 (5.2GHz)	12.8 12.2 3.89 3.79	1.18 1.12 0.11 0.03	1.41 1.02 1.03 1.03	0.43 0.48 0.01 0.04
図 1-6	吸収層 誘電体層	0.2mm 1.6mm	黒鉛・フェライト配合PVC系測定平均値 (2.4GHz) 黒鉛配合PVC系測定平均値 (2.4GHz)	20 6	2 0.12	1.2 1	0.2 0
図 1-9、 図 2-0	吸収層 誘電体層	2.5mm 6.5mm	黒鉛・フェライト配合PVC系測定平均値 (950MHz) 木材測定測定平均値 (950MHz)	23 2.32	1 0.3	2.7 1	1.2 0
図 2-1	吸収層 誘電体層	1.2 3.2	塩素化PE／カルボン酸系測定平均値 (950MHz) 黒鉛配合PVC系測定平均値 (950MHz)	15.1 7.9	0.74 0.13	4.6 1	1.1 0

前述の実施の形態は、本発明の例示に過ぎず、本発明の範囲内で構成を変更することができる。本発明は、導電性パターンの角部を曲線状にすることが大きな特徴であるが、全ての導電性パターンの角部を曲線状に形成しなくてもよく、一部の導電性パターンについてだけ、曲線状の角部を有する形状であってもよい。また導電性パターンの角度を曲線状に形成する場合、全ての角部を曲線状にしてもよいし、一

部の角部だけを曲線状にしてもよい。

また導電性パターンは、略多角形の面状の形状であってもよいし、略多角形の外周縁に沿って延びる閉ループの線状の形状であってもよい。

また電磁波吸収層は、有機重合体100重量部に対して、磁性損失材料としてフェライト、鉄合金、鉄粒子の群から選ばれる1または複数の材料を、1重量部以上1500重量部以下の配合量で含む構成とすることができます。このような構成にすれば、損失層に複素比透磁率(μ' 、 μ'')を付与することができ、導体パターンの周囲に発生する磁界を効率よく、エネルギー的に減衰することが可能となる。

また誘電体層の複素比誘電率の実部 μ' が1以上50以下の範囲にある構成とすることができます。このような構成にすれば、誘電体層及び電磁波吸収体の誘電率を任意に制御することができ、導電性パターンの小型化や、電磁波吸収体の薄型化に寄与することができる。

また2.4GHz帯の電磁波を吸収するための電磁波吸収体として、総厚が4mm以下である構成とすることができます。このような構成にすれば、導電性パターンが2.4GHz帯の電磁波に対して共振アンテナとして機能することができる。したがって電磁波吸収体における電磁波吸収効率を高くすることができ、電磁波吸収体の薄型化が可能になる。

また900MHz帯の電磁波を吸収するための電磁波吸収体として、総厚が10mm以下である構成とすることができます。このような構成にすれば、導電性パターンが900MHz帯の電波に対して共振アンテナとして機能することができる。したがって電磁波吸収体における電磁波吸収効率を高くすることができ、電磁波吸収体の薄型化が可能になる。

本発明は、次の実施の形態が可能である。

(1)少なくとも1つの角部が曲線状である略多角形の外郭形状を有する単数または複数種類の導電性パターンが、互いに連結しない態様で、複数個配列して形成されるパターン層と、

複素比透磁率(μ' 、 μ'')を有する磁性損失材および複素比誘電率(ϵ' 、 ϵ'')を有する誘電損失材の少なくともいずれか一方である材料から成る損失層とが積層さ

れて構成されることを特徴とする電磁波吸収体。

優れた電磁波吸収特性の電磁波吸収体を実現することができる。その理由について、以下に詳細に述べる。

導電性パターンを用いる電磁波吸収体における薄型化のメカニズムを以下に説明する。まずパターン層の導電性パターンによって、アンテナの共振原理に従って特定周波数の電磁波を受信する。ここで特定周波数は、導電性パターンの形状および寸法などの諸元によって決定される周波数であり、電磁波吸収体によって吸収すべき周波数である。電磁波を導電性パターンで受信すると、導電性パターンの端部に共振電流が流れることになる。この電流が流れることで、電流のまわりに磁束が発生する。磁束は、電流源に近いほど多くなり、磁束密度の大きい状態で分布する。このパターン層に近接して磁性損失材を有する損失層を設けると、磁界エネルギーを損失させることができる。このように電磁波のエネルギーを熱エネルギーに変化させて吸収することができる。

さらに電磁波吸収体を表面部が導電性材料から成る物体に装着して用いる、または損失層に対してパターン層と反対側に導電性反射層をさらに設けるなど、パターン層と導電性の層の間に損失層を介した積層状態で用いることによって、パターン層の導電性パターンと、導電性の層(導電性材料から成る物体の表面層または導電性反射層)の間にコンデンサを構成することができる。この導電性パターンと導電性の層との距離を短くすると、コンデンサの容量を大きくすることができる。またパターン相互間にもコンデンサを形成することができる。このようにパターン電磁波吸収体ではコンデンサを利用することによりリアクタンス調整機能が付与されることで薄型化を達成することができる。

さらに電磁波を受信する導電性パターンが、基本的に多角形である略多角形の外郭形状を有しており、電磁波吸収量のピーク値を、導電性パターンの外郭形状が円形の場合と比べて、電磁波吸収量のピーク値を高くすることができる。

この理由は、多角形パターンの場合、Q値が円形パターンよりも高くなるためである。まずQ値について説明すると、共振のQ値は帯域幅で表すことができる。両者の関係は、 $Q = \text{共振周波数} / \text{帯域幅}$ となる。したがって、Q値が高いということは、帯域幅

が狭いことになる。

この関係は、パターンを用いる電磁波吸収体の電磁波吸収量のピーク値に当てはめて表現される。つまり多角形パターンのQ値が高いとは、狭い帯域ながら高い電磁波反射減衰量(電磁波吸収量のピーク値)を持つことであり、Q値が低いとは、広い吸収帯域を示すものの電磁波反射減衰量(電磁波吸収量のピーク値)は低いことを表している。

多角形パターンのQ値が高い裏返しとして吸収帯域が狭くなり、偏波の影響により共振周波数のズレが発生してしまうことになる。これは方形(四角形)パターンに0°の電界(偏波がない状態)がかかると、方形パターンの辺に沿って強い電流が流れ、その部分で共振が起こるのに対し、方形パターンで電界を45°傾けた場合や、円形パターンの場合は、強い電流が流れる経路が、方形パターンの0°のときほど細く縁に集中しなくなる現象が起きることにより説明できる。いいかえれば、電流の経路が広がることで、共振に関わる半波長の波の分布する領域が広がり、共振する条件が多くなるといえる。この結果として帯域幅が稼げると考えている。たとえば方形パターンの場合、電磁波(TE波)を受けると辺に平行にまっすぐに電界ができるが、方形を45°回転させた場合は、電磁波(TE波)を受けた場合のパターン内の電界は円弧を描く様に生じるため、明らかに分布が異なっている。つまり方形(多角形)パターンは共振が集中して起きる結果、電磁波吸収特性が高くなるものの、偏波依存性を発現やすい欠点があつた。

この欠点を改善するために、パターン形状は基本的には多角形であるが、少なくとも1つの角部が曲線状に形成されるものとする。ここで角部にRを付与する、つまり曲面状とする効果は、共振電流が角部で滞ることなく流れやすくなることであり、さらに共振する領域が広くなることであり、結果Q値は若干落ちるもののが広帯域性能を示すことにより、偏波特性が改善されることになる。これによって電磁波の偏波方向によつて吸収量がピークとなる周波数のずれを小さく抑えることができる。したがつて電磁波の吸収量のピーク値が高く、かつ電磁波の偏波方向によつて吸収量がピークとなる周波数のずれが小さい優れた電磁波吸収特性の電磁波吸収体を実現することができる。

導電性パターンは、略多角形の面状の形状であってもよいし、略多角形の外周縁に沿って延びる閉ループの線状の形状であってもよい。

基本的に多角形であり、少なくとも一部の角部を曲線状とすることによって、電磁波の吸収量のピーク値が高く、かつ電磁波の偏波方向によって吸収量がピークとなる周波数のずれが小さい優れた電磁波吸収特性の電磁波吸収体を実現することができる。

(2) 前記角部における曲線状に形成する部分の寸法は、偏波方向の違いによる吸収可能な周波数のずれを抑制可能な寸法の範囲内で小さい寸法に決定されることを特徴とする電磁波吸収体。

角部における曲線状に形成する部分を可及的に小さくすることができる。これによって電磁波の偏波方向によって吸収量がピークとなる周波数のずれを抑制したうえで、電磁波の吸収量のピーク値をできるだけ高くすることができる。つまり角部の曲線の曲率半径Rが大きくなるとパターン形状は円に近づき、最終的に円になる。それに応じてQ値は下がり、電磁波吸収特性は低下していく傾向にあるが、偏波特性は良くなっていく。本発明では、電磁波吸収特性を高く、しかし偏波特性を良くするように曲率半径Rの大きさを最適化したパターン形状としている。したがって極めて優れた電磁波吸収特性の電磁波吸収体を実現することができる。

電磁波の偏波方向によって吸収量がピークとなる周波数のずれを抑制したうえで、電磁波の吸収量のピーク値をできるだけ高くすることができる。

(3) 導電性パターンは、面状のパターンであることを特徴とする電磁波吸収体。

電磁波吸収体を表面が導電性の材料から成る物体に装着して用いる、また導電性の反射層をさらに設けて用いるなど、パターン層が、導電性の層に積層される状態で用いることによって、パターン層の導電性パターンと、導電性の層とによって、コンデンサを構成することができる。さらに面状のパターンであるので、コンデンサの容量を大きくすることができる。面状の導電性パターンは容量の大きなコンデンサを形成し易く、導電性パターンを用いる電磁波吸収体の薄型化に効果を有すリアクタンス調整機能を有効に活用することができる。

導電線パターンによる電磁波の受信効率を高くし、電磁波吸収体における電磁波

吸収量を高くすることができる。

(4) 導電性パターンの組み合わせによって、2つ以上の周波数の電磁波を吸収できることを特徴とする電磁波吸収体。

導電性パターンは特定周波数の電磁波に対して共振アンテナとして機能する。そして面状パターンの場合は、外周長が特定周波数の波長に対応するように設計されている。すると、パターンのサイズを2つ以上の電磁波の周波数に対応させた複数種類を配列した場合、2つ以上の周波数の電磁波を吸収する双峰特性の電磁波吸収体を実現することができる。この場合も、高吸収特性だけでなく、パターン形状の角部に曲線状を設けることで偏波特性を改善することができる。

パターン形状の組合せにより複数周波数の電磁波の受信を可能とし、2つまたは2つ以上の電磁波の吸収をすることができる。

(5) 導電性パターンは、単数または複数個の空孔部を有し、その空孔部は吸収すべき周波数の電磁波に対して共振することを特徴とする電磁波吸収体。

たとえば面状パターンの内部に空孔部を設け、この空孔部自体をまた受信アンテナとして機能させることができる。つまり共振パッチアンテナである面状パターンの内部にスロットパターン(スロットアンテナ)を設けることができる。これにより2つの周波数の電磁波を吸収する双峰特性の電磁波吸収体を得ることができる。さらに繰り返してスロットパターンの内部に面状パターンを設けることで、それを共振アンテナとして別の周波数の電磁波に対応させることができ、理論上3つの周波数の電磁波を吸収する多峰特性の電磁波吸収体を得ることができる。この場合も、高吸収特性だけでなく、パターン形状の角部に曲線状を設けることで偏波特性を改善することができる。この操作の繰り返しによりさらに多数(4つ以上)の周波数の電磁波を吸収することが可能となる。

導電性パターンに空孔部を形成することによって、複数周波数の電磁波の受信を可能とし、2つまたは2つ以上の電磁波の吸収をすることができる。

(6) 損失層は、

磁性損失材および誘電損失材の少なくともいずれか一方である材料から成る電磁波吸収層と、

誘電体材料から成る誘電体層とを含むことを特徴とする電磁波吸収体。

損失層における電磁波の吸収を良好にすることができます。したがって電磁波吸収体における電磁波吸収効率を高くすることができ、電磁波吸収体の薄型化が可能になる。

損失層における電磁波の吸収を良好にし、電磁波吸収量を高くすることができる。

(7) 電磁波吸収層および誘電体層は、表面固有抵抗率がそれぞれ $10^6 \Omega / \square$ 以上であることを特徴とする電磁波吸収体。

電磁波吸収層および誘電体層の表面抵抗率(JIS K6911準拠)が導電性といわれるレベル($10^{-4} \sim 10^1 \Omega / \square$)に比べて十分高く、これらの層がいわゆる電磁波シールド性を有さないものである。この結果、特定周波数の電磁波を高い効率で内部に取り込み、熱エネルギーに変換することができる事になる。

電磁波を反射することなく、好適に吸収することができる。

(8) 電磁波吸収層および誘電体層の少なくともいずれか一方が、複数層積層されていることを特徴とする電磁波吸収体。

電磁波吸収層と誘電体層が積層体として構成される場合も、さらに電磁波吸収層および誘電体層が交互に積層される場合も想定している。たとえば誘電体層として不燃ボード、熱硬化性樹脂、難燃紙や合板の薄板を用い、電磁波吸収層として接着性樹脂の中に磁性損失材を配合した接着剤層を用いる場合に、接着剤層の必要厚さを得るために厚塗りをすることになると、専用設備を要することになり、コストアップにつながる。薄塗りを多層化しても電磁波吸収層としての効果は得られるため、既存設備で薄塗りをして積層数を増やした交互積層を採用すれば、新規専用設備は不要となる。

各層の薄型複層化により、既存設備を使用して、低価格で製造することができる。

(9) 導電性反射層が、損失層に対してパターン層と反対側に積層されることを特徴とする電磁波吸収体。

電磁波吸収体の装着場所の制限が少くなり、たとえば表面が非導電性材料から成る物体に装着して用い、電磁波を吸収することができる。したがって利便性が向上する。

利便性の高い電磁波吸収体を得ることができる。

(10) 前述の電磁波吸収体を用いることによる電磁波吸収方法。

前述のように優れた電磁波吸収体を用いることによって、好適に電磁波を吸収することができる。

前述の電磁波吸収体の具体的な用途としては、オフィスなどの電磁波環境空間の形成する床材、壁材、天井材として、あるいは家具や事務機器の金属面の被覆材として、あるいは衝立等として、本発明に従う電磁波吸収体を配置することにより、電磁波環境の改善を行う。具体的には、自波干渉や他波干渉による電子機器(医療用機器)の誤動作防止、人体保護、無線LAN(2.4GHz帯、4.9GHz帯、5.2GHz帯等)およびDSRC、ETC(5.8GHz)等の伝送遅延対策や電磁波通信環境の保全対策である。またミリ波帯の電磁波を使用するITS関係の移動物体間の無線通信の電磁波通信環境の改善にも使用できる。そして電磁波環境については、オフィスだけではなく、家庭内、病院、コンサートホール、工場、研究施設、駅舎、展示場、道路側壁等の屋外施設等でも利用できる。それぞれ想定できる環境での壁、床、天井、柱、パネル、広告板、スチール製品等において、必要とされる箇所ごとに利用できる。

前述のように優れた電磁波吸収体を用いて、好適に電磁波を吸収することができる。

本発明は、その精神または主要な特徴から逸脱することなく、他のいろいろな形で実施することができる。したがって、前述の実施形態は、あらゆる点で単なる例示にすぎず、本発明の範囲は、請求の範囲に示すものであって、明細書本文には何ら拘束されない。

さらに、請求の範囲の均等範囲に属する変形や変更は、すべて本発明の範囲内のものである。

産業上の利用可能性

- [0006] 本発明によれば、優れた電磁波吸収特性の電磁波吸収体を実現することができる。電磁波吸収体では、まずパターン層の導電性パターンによって、アンテナの共振原理に従って特定周波数の電磁波を受信する。ここで特定周波数は、導電性ペー

ンの形状および寸法などの諸元によって決定される周波数であり、電磁波吸収体によって吸収すべき周波数である。電磁波を受信する導電性パターンを有するパターン層に積層して、損失層を設けるので、受信した電磁波のエネルギーを損失層によって損失させることができる。このようにして電磁波を吸収することができる。

さらに電磁波を受信する導電性パターンが、基本的に多角形である略多角形の外郭形状を有し、かつ少なくとも1つの角部が曲線状に形成される。角部にRを付与する、つまり曲線状とすることによって、電磁波の偏波方向によって電磁波吸収量(以下単に「吸収量」という場合がある)がピーク値となる周波数のずれを小さく抑えて、偏波特性を良好にすることができます。したがって電磁波の吸収量のピーク値が高く、かつ電磁波の偏波方向によって吸収量がピーク値となる周波数のずれが小さい優れた電磁波吸収特性の電磁波吸収体を実現することができる。

パターン層は、全ての導電性パターンが曲線状の角部を有する構成であってもよいが、全ての導電性パターンが曲線状の角部を有する構成でなくともよく、一部の導電性パターンが曲線状の角部を有する構成であればよい。一部の導電性パターンが曲線状の角部を有する場合には、その他の導電性パターンは、曲線状の角部の有無について限定されるものではない。さらに曲線状の角部を有する導電性パターンは、一部の角部だけが曲線状であってもよいし、全ての角部が曲線状であってもよい。また導電性パターンは、略多角形の面状の形状であってもよいし、略多角形状に延びる閉ループの線状の形状であってもよい。

本発明によれば、角部における曲線状に形成する部分を可及的に小さくすることができる。これによって電磁波の偏波方向によって吸収量がピークとなる周波数のずれを抑制したうえで、電磁波の吸収量のピーク値をできるだけ高くすることができる。つまり電磁波吸収量のピーク値が高く、かつ偏波特性を良くするように曲率半径Rの大きさを最適化したパターン形状としている。したがって極めて優れた電磁波吸収特性の電磁波吸収体を実現することができる。

本発明によれば、電磁波吸収体を表面が導電性の材料から成る物体に装着して用いる、また導電性の反射層をさらに設けて用いるなど、パターン層が、導電性の層に積層される状態で用いることによって、パターン層の導電性パターンと、導電性の層

とによって、コンデンサを構成することができる。さらに面状のパターンであるので、コンデンサの容量を大きくすることができる。面状の導電性パターンは容量の大きなコンデンサを形成しやすく、コンデンサを形成することによってリアクタンスを調整し、導電性パターンを用いる電磁波吸収体を薄型化することができる。

本発明によれば、導電性パターンは特定周波数の電磁波に対して共振アンテナとして機能する。導電性パターンは、外周長が特定周波数の波長に対応するように設計されている。したがって外周長の異なる導電性パターンを形成することによって、外周長にそれぞれ対応する2つ以上の電磁波の周波数に対して共振する。これによって2つ以上の周波数の電磁波を吸収する多峰特性の電磁波吸収体を実現することができる。この場合も、高吸収特性だけでなく、パターン形状の角部に曲線状を設けることで偏波特性を改善することができる。

本発明によれば、角部の曲率半径が異なる導電性パターンを形成することによって、角部の曲率半径が同一の導電性パターンだけを形成する場合に対して、電磁波吸収量のピーク値を低下させずに吸収する電磁波の周波数帯域(以下「吸収帯域」という場合がある)を変更することができる。吸収帯域の変更は、吸収帯域を広くすることおよび吸収周波数の変更を含む。たとえば隣接する導電性パターンの角部の曲率半径に若干の差を与えることによって、電磁波吸収体の吸収量のピーク値を低下させずに吸収帯域を広げることができ、またたとえば隣接する導電性パターンの角部の曲率半径に少し大きい差を与えることによって、電磁波吸収体の吸収量のピーク値を低下させずに吸収する電磁波の周波数(以下「吸収周波数」という場合がある)を低くすることができる。

本発明によれば、隣接する2つの導電性パターンの間隔を一定にする場合に比べて、電磁波吸収量を大きくすることができる。

本発明によれば、導電性パターンに空孔部が設けられ、この空孔部自体をまた受信アンテナとして機能させることができる。つまり外周長に対応する周波数に共振する導電性パターンに、内周長に対応する周波数に共振するスロットパターン(スロットアンテナ)を設けることができ、異なる複数(2以上)の周波数に対して共振することができる。これにより2つ以上の周波数の電磁波を吸収する多峰特性の電磁波吸収体

を得ることができる。さらに繰り返してスロットパターンの内方に他の導電性パターンを設けることが可能であり、それを共振アンテナとして別の周波数の電磁波に対応させることができ、理論上3つ以上の周波数の電磁波を吸収する多峰特性の電磁波吸収体を得ることができる。この場合も、高吸収特性だけでなく、パターン形状の角部に曲線状を設けることで偏波特性を改善することができる。この操作の繰り返しによりさらに多数(4つ以上)の周波数の電磁波を吸収することが可能となる。

本発明によれば、損失層における電磁波の吸収を良好にすることができる。したがって電磁波吸収体における電磁波吸収効率を高くすることができ、電磁波吸収体の薄型化が可能になる。

本発明によれば、損失層に複素比透磁率(μ' 、 μ'')を付与することができ、導体パターンの周囲に発生する磁界を効率よく、エネルギー的に減衰することができる。

本発明によれば、誘電体層および電磁波吸収体の誘電率を任意に制御することができ、導電性パターンの小型化および電磁波吸収体の薄型化に寄与することができる。

本発明によれば、電磁波吸収層および誘電体層の表面抵抗率(JIS K6911準拠)が導電性といわれるレベル($10^{-4} \sim 10^1 \Omega/\square$)に比べて十分高く、これらの層がいわゆる電磁波シールド性を有さないものである。この結果、特定周波数の電磁波を高い効率で内部に取り込み、熱エネルギーに変換することになる。また、電磁波を反射することなく、好適に吸収することができる。

本発明によれば、電磁波吸収層と誘電体層が積層体として構成される場合も、さらに電磁波吸収層および誘電体層が交互に積層される場合も想定している。たとえば誘電体層として不燃ボード、熱硬化性樹脂、難燃紙や合板の薄板を用い、電磁波吸収層として接着性樹脂の中に磁性損失材を配合した接着剤層を用いる場合に、接着剤層の必要厚さを得るために厚塗りをすることになると、専用設備を要することになり、コストアップにつながる。薄塗りを多層化しても電磁波吸収層としての効果は得られるため、既存設備で薄塗りをして積層数を増やした交互積層を採用すれば、新規専用設備は不要となる。各層の薄型複層化により、既存設備を使用して、低価格で

製造することができる。

本発明によれば、導電性パターンが2.4GHz帯の電磁波に対して共振アンテナとして機能することができる。したがって電磁波吸収体における電磁波吸収効率を高くすることができ、電磁波吸収体の薄型化が可能になる。

本発明によれば、導電性パターンが900MHz帯の電波に対して共振アンテナとして機能することができる。したがって電磁波吸収体における電磁波吸収効率を高くすることができ、電磁波吸収体の薄型化が可能になる。

本発明によれば、電磁波吸収体の装着場所の制限が少なくなり、たとえば表面が非導電性材料から成る物体に装着して用い、電磁波を吸収することができる。したがって利便性が向上する。

本発明によれば、積層体である電磁波吸収体に難燃性または不燃性が与えられる。積層体としての電磁波吸収体に難燃性または不燃性を与えるにあたっては、たとえば電磁波吸収層および吸収体層の少なくとも一層に難燃性または不燃性を付与するなどして実現することができる。このように電磁波吸収体に難燃性または不燃性を付与することによって、電磁波吸収体を、内装材または内装材を構成する材料として好適に用いることができる。

本発明によれば、前述のように優れた電磁波吸収体を用いることによって、好適に電磁波を吸収することができる。

前述の各本発明の電磁波吸収体の具体的な用途としては、あくまで一例として述べると、オフィスなどの電磁波環境空間を形成する床材、壁材および天井材として、あるいは家具および事務機器の金属面の被覆材として、あるいは衝立等として用いることができる。これらの用途に、本発明に従う電磁波吸収体を配置することにより、電磁波環境を改善することができる。さらに具体的には、自波干渉および他波干渉による電子機器(医療用機器)の誤動作防止、電磁波から的人体保護を目的として用いることができる。さらに無線LAN(2.4GHz帯、4.9GHz帯、5.2GHz帯等)、ICタグ(950MHz帯、2.4GHz帯)、DSRC、ETC(5.8GHz帯)および船舶のレーザ(9.4GHz帯、3GHz帯)などにおける伝送遅延対策および電磁波通信環境の保全対策に用いることができるし、さらにレーザ偽像防止対策に用いることができる。ま

たミリ波帯の電磁波を使用するITS関係の移動物体間の無線通信の電磁波通信環境の改善にも用いることができる。そして電磁波環境については、オフィスだけではなく、一般家屋、病院、コンサートホール、工場、研究施設、駅舎、展示場、道路側壁、船舶、航空機、コンテナ、トラック、倉庫、物流センター、百貨店、駐車場、ガソリンスタンド、コンビニエンスストア、店舗などの屋内外施設等でも利用できる。それぞれ想定できる環境での壁、床、天井、柱、パネル、広告板、スチール製品、机、パーテーション、棚、支柱、設備、金属製部材などにおいて、必要とされる箇所毎に利用できる。前記の具体的な用途は、あくまで例示であり、本発明がこの用途に限定されるものではなく、電磁波の吸収を目的とするありとあらゆる用途で広く用いることができる。

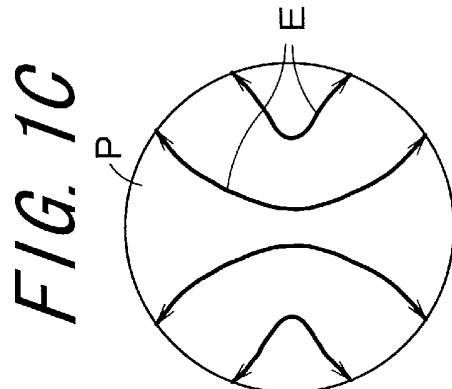
請求の範囲

- [1] 少なくとも1つの角部が曲線状である略多角形の外郭形状を有する単数または複数種類の導電性パターンを含む複数個の導電性パターンが、互いに連結しない様で、形成されるパターン層と、
複素比透磁率(μ' 、 μ'')を有する磁性損失材および複素比誘電率(ϵ' 、 ϵ'')を有する誘電損失材の少なくともいずれか一方である材料から成る部分を有する損失層とが積層されて構成されることを特徴とする電磁波吸収体。
- [2] 前記角部における曲線状に形成する部分の寸法は、偏波方向の違いによる吸收可能な周波数のずれを抑制可能な寸法の範囲内で小さい寸法に決定されることを特徴とする請求項1記載の電磁波吸収体。
- [3] 導電性パターンは、面状のパターンであることを特徴とする請求項1または2記載の電磁波吸収体。
- [4] 外周長が異なる導電性パターンが、組み合わされて形成されることを特徴とする請求項1～3のいずれか1つに記載の電磁波吸収体。
- [5] 角部の曲率半径が異なる導電性パターンが、組み合わされて形成されることを特徴とする請求項1～4のいずれか1つに記載の電磁波吸収体。
- [6] 隣接する2つの導電性パターンの間隔が、位置によって異なることを特徴とする請求項1～5のいずれか1つに記載の電磁波吸収体。
- [7] 導電性パターンは、単数または複数個の空孔部を有し、その空孔部は吸収すべき周波数の電磁波に対して共振する寸法を有することを特徴とする請求項1～6のいずれか1つに記載の電磁波吸収体。
- [8] 損失層は、
磁性損失材および誘電損失材の少なくともいずれか一方である材料から成る電磁波吸収層と、
誘電体材料から成る誘電体層とを含むことを特徴とする請求項1～7のいずれか1つに記載の電磁波吸収体。
- [9] 電磁波吸収層は、有機重合体100重量部に対して、磁性損失材料としてフェライト、鉄合金、鉄粒子の群から選ばれる1または複数の材料を、1重量部以上1500重量

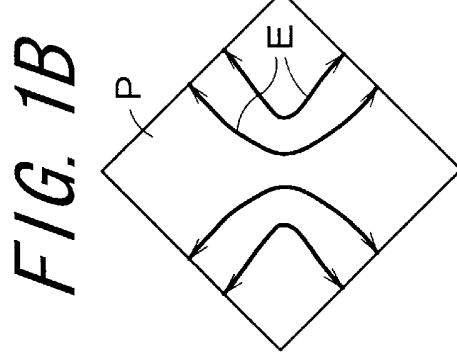
部以下の配合量で含むことを特徴とする請求項8記載の電磁波吸収体。

- [10] 誘電体層の複素比誘電率の実部 μ' が1以上50以下の範囲にあることを特徴とする請求項8または9記載の電磁波吸収体。
- [11] 電磁波吸収層および誘電体層は、表面抵抗率がそれぞれ $10^6 \Omega/\square$ 以上であることを特徴とする請求項8～10のいずれか1つに記載の電磁波吸収体。
- [12] 電磁波吸収層および誘電体層の少なくともいずれか一方が、複数層積層されることを特徴とする請求項8～11のいずれか1つに記載の電磁波吸収体。
- [13] 2. 4GHz帯の電磁波を吸収するための電磁波吸収体であって、
総厚が4mm以下であることを特徴とする請求項1～12のいずれか1つに記載の電
磁波吸収体。
- [14] 900MHz帯の電磁波を吸収するための電磁波吸収体であって、
総厚が10mm以下であることを特徴とする請求項1～12のいずれか1つに記載の
電磁波吸収体。
- [15] 導電性反射層が、損失層に対してパターン層と反対側に積層されることを特徴とする請求項1～14のいずれか1つに記載の電磁波吸収体。
- [16] 難燃性または不燃性を有することを特徴とする請求項1～15のいずれか1つに記
載の電磁波吸収体。
- [17] 請求項1～16のいずれか1つに記載の電磁波吸収体を用いることによる電磁波吸
収方法。

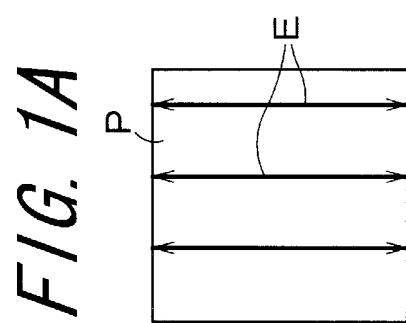
[図1]



円形バーターン



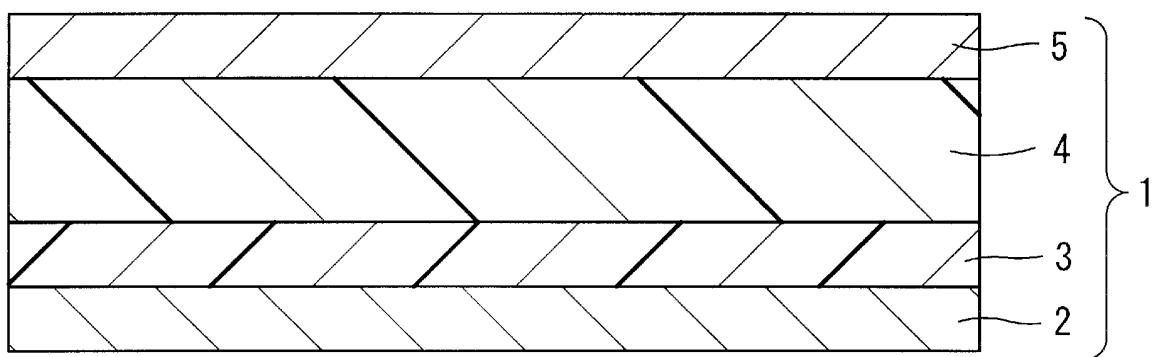
方形バーターン 45°



方形バーターン 0°

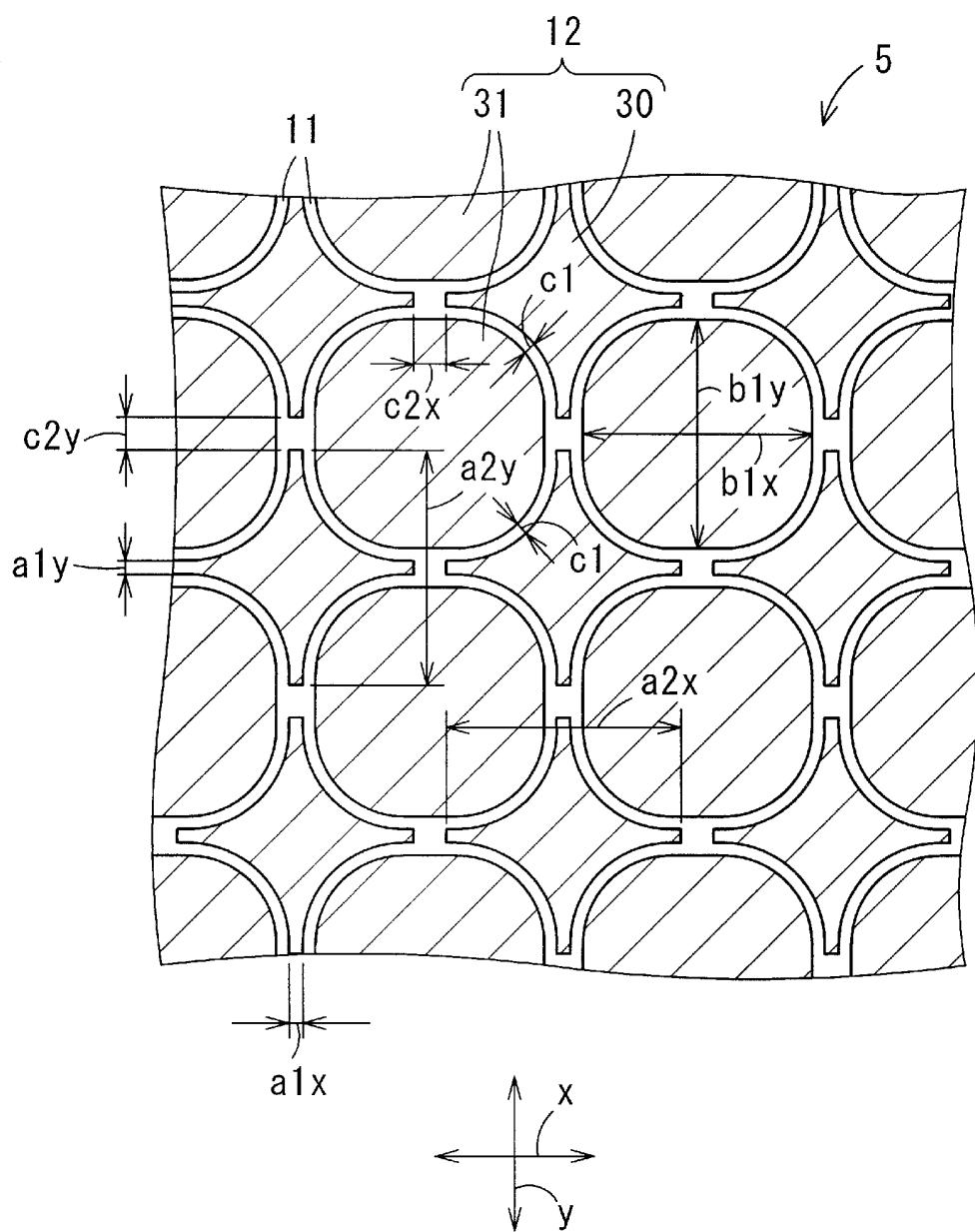
[図2]

FIG. 2



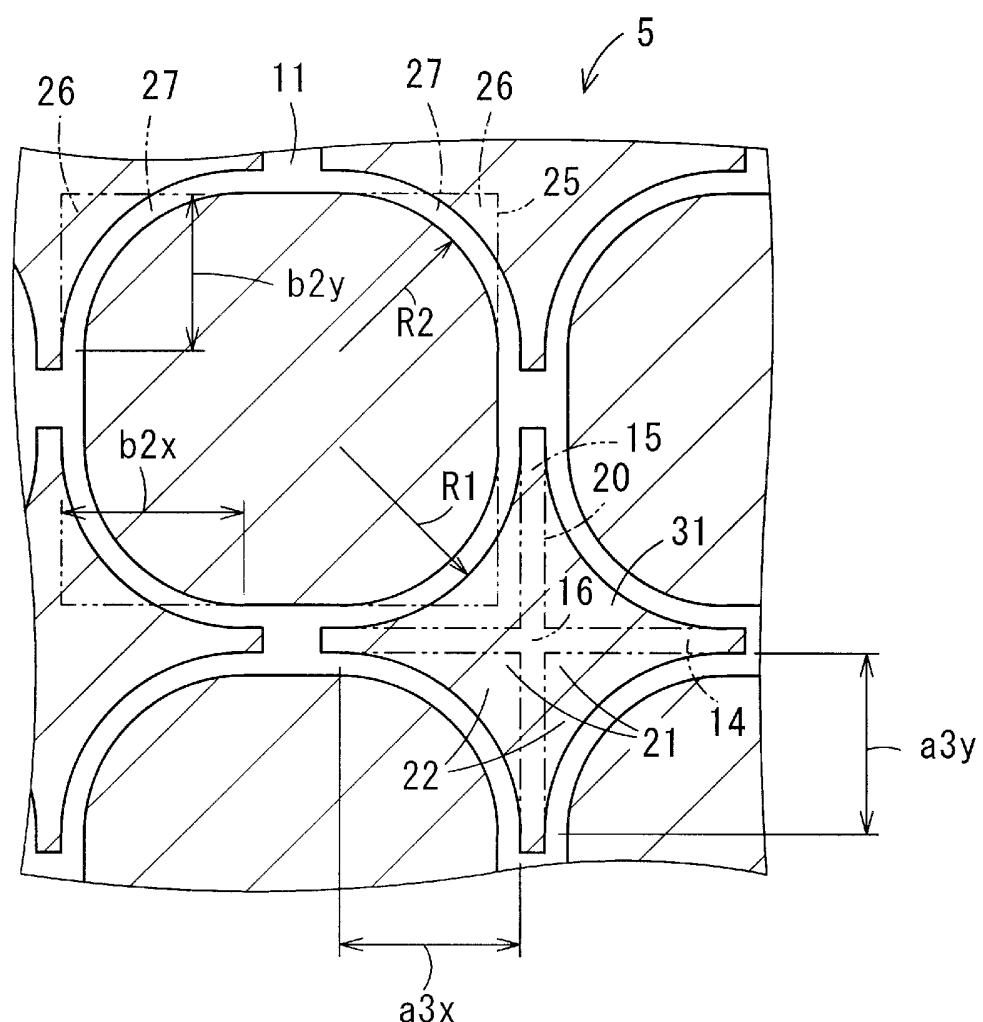
[図3]

FIG. 3



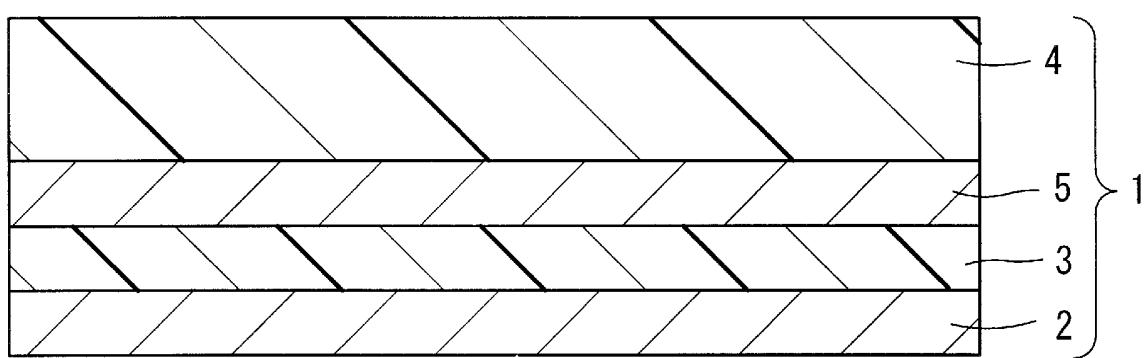
[図4]

FIG. 4



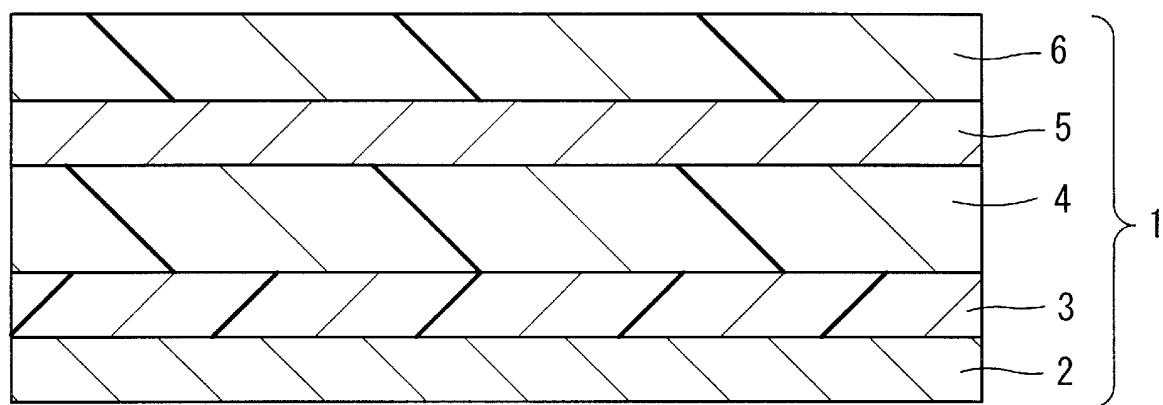
[図5]

FIG. 5



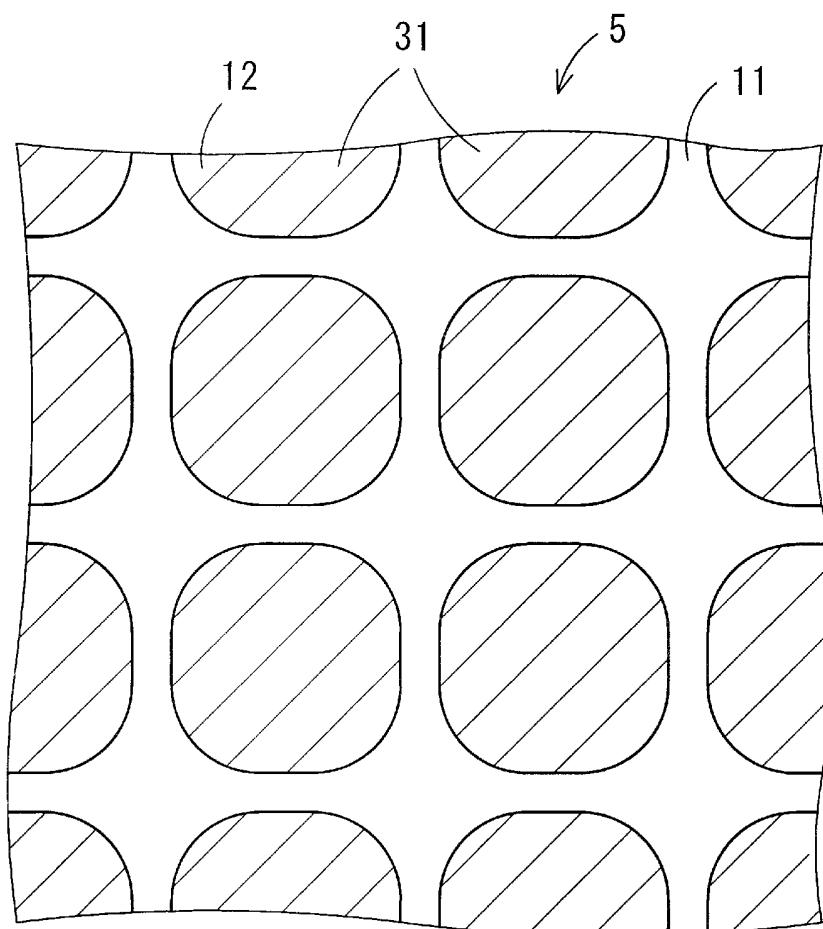
[図6]

FIG. 6



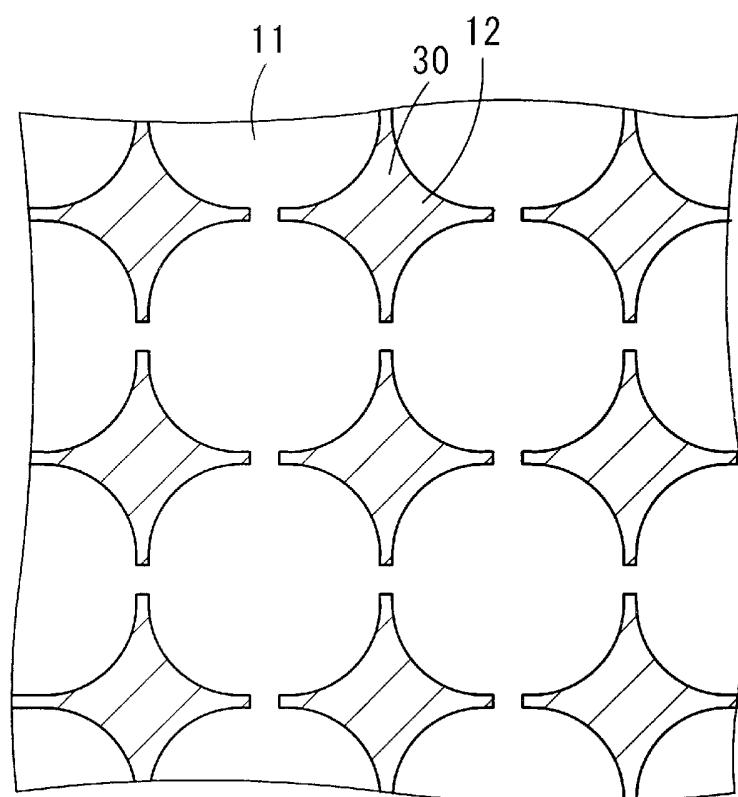
[図7]

FIG. 7



[図8]

FIG. 8



[図9]

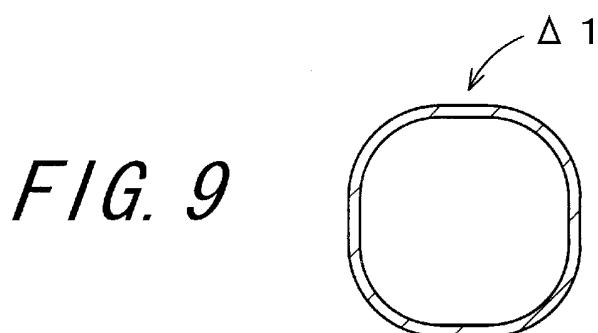


FIG. 9

[図10]

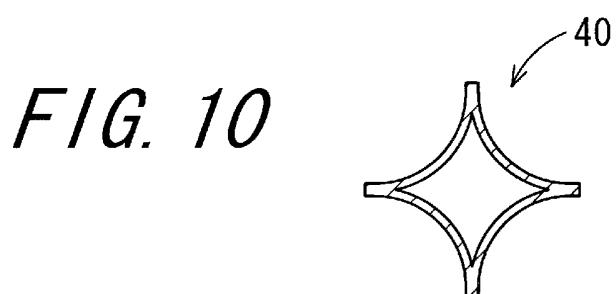
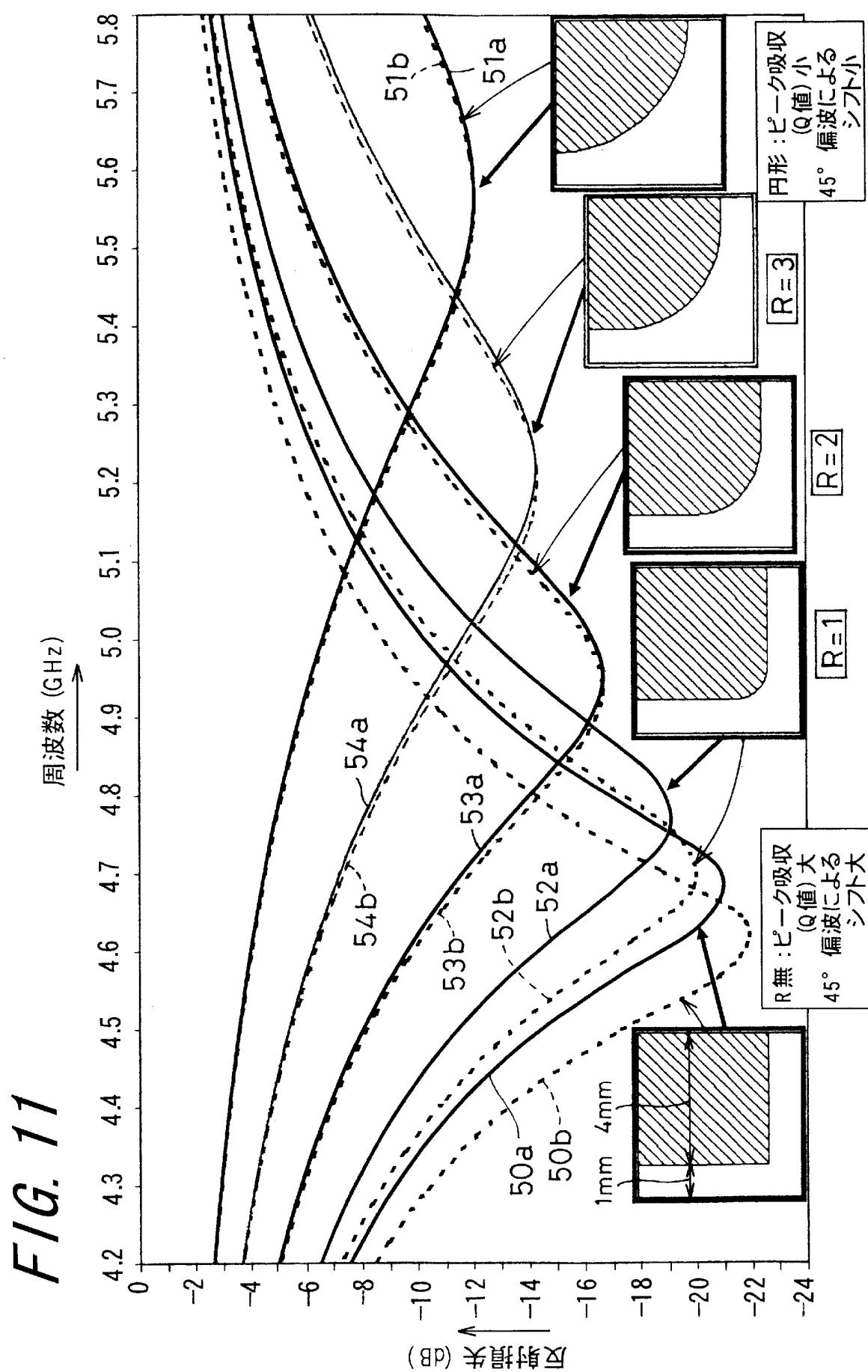
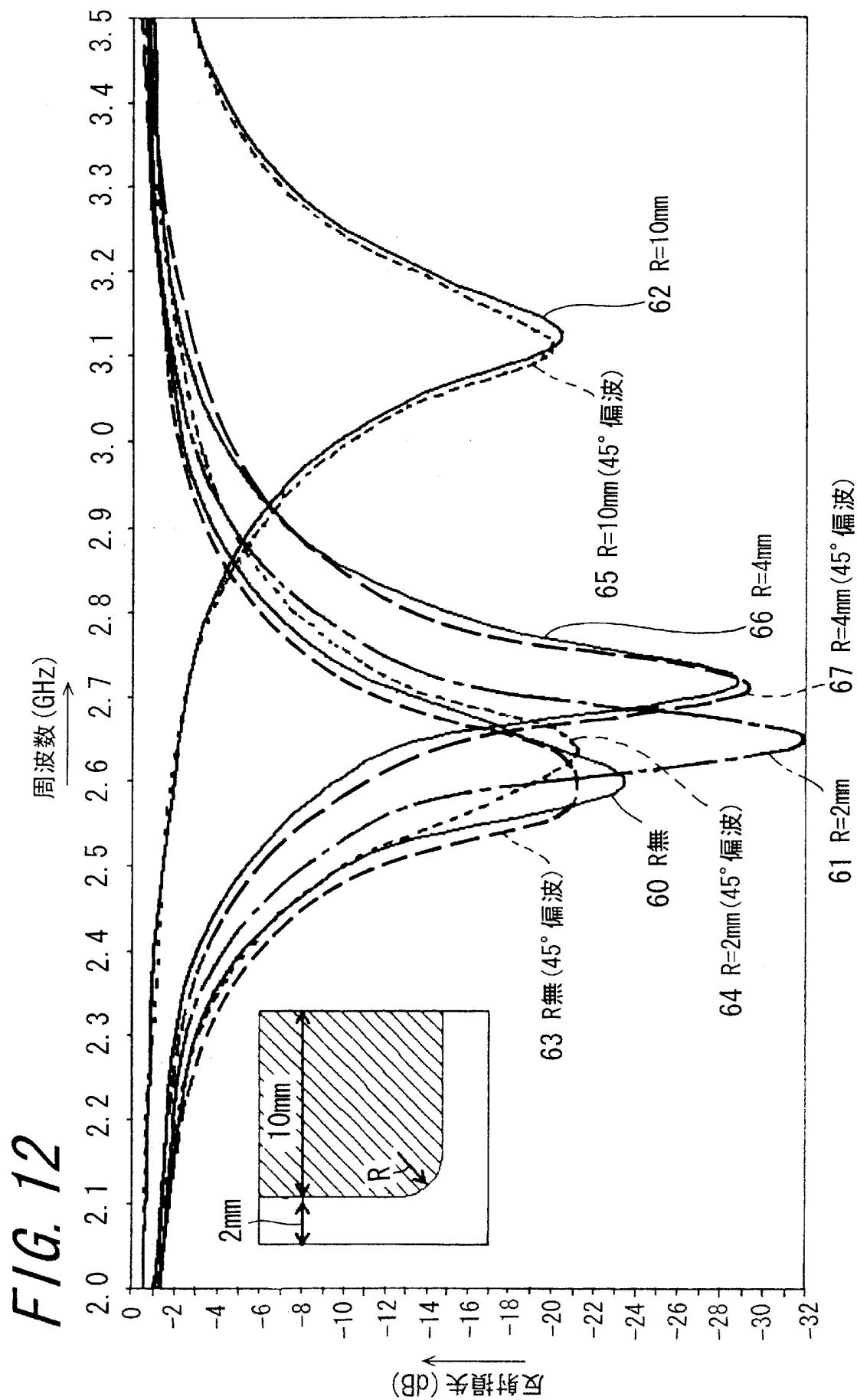


FIG. 10

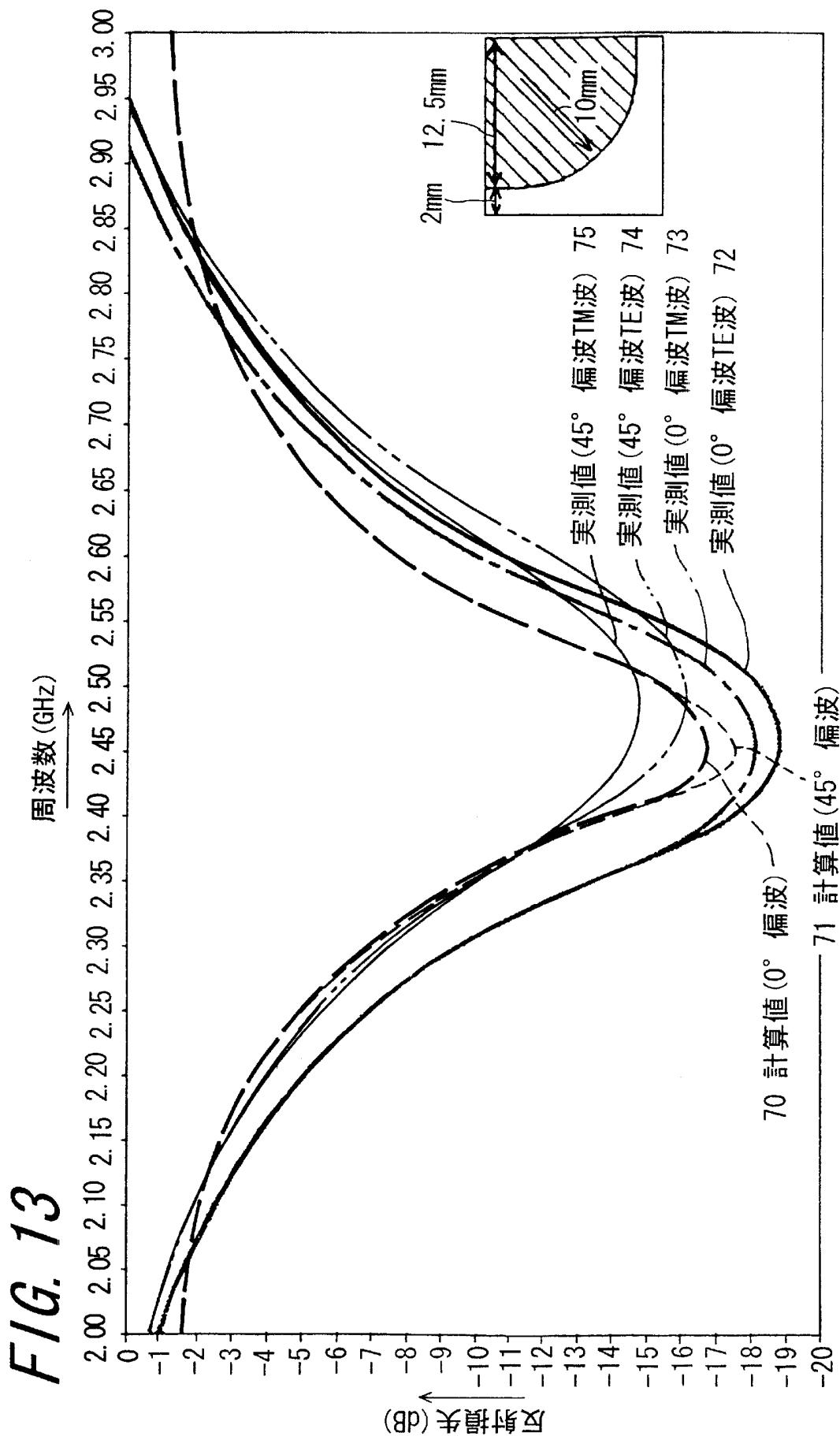
[図11]



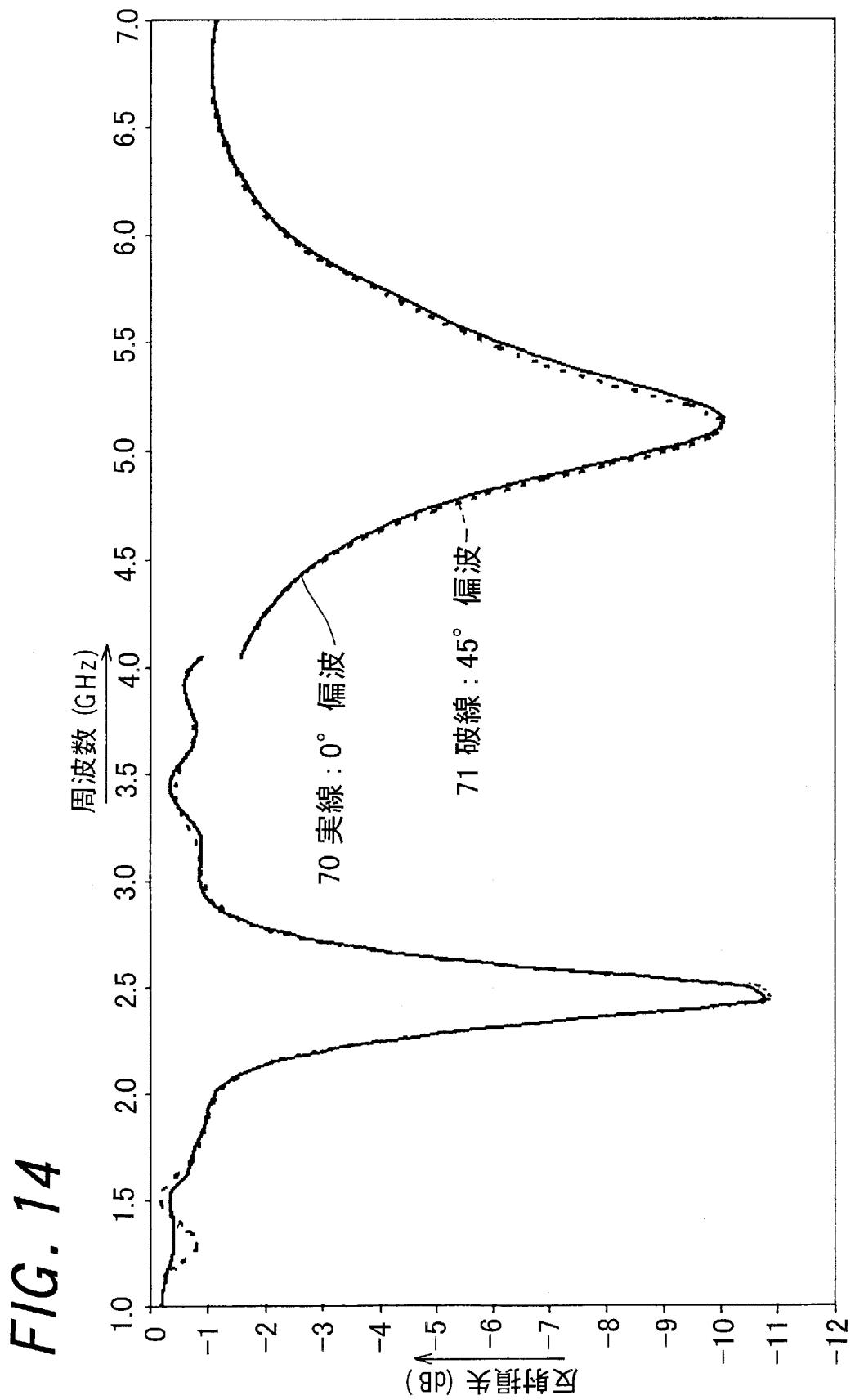
[図12]



[図13]

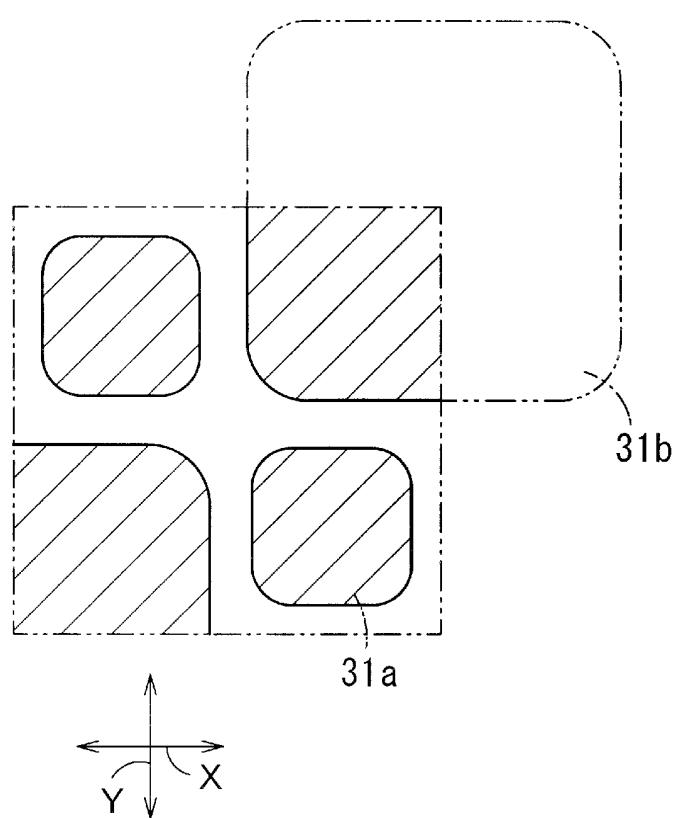


[図14]

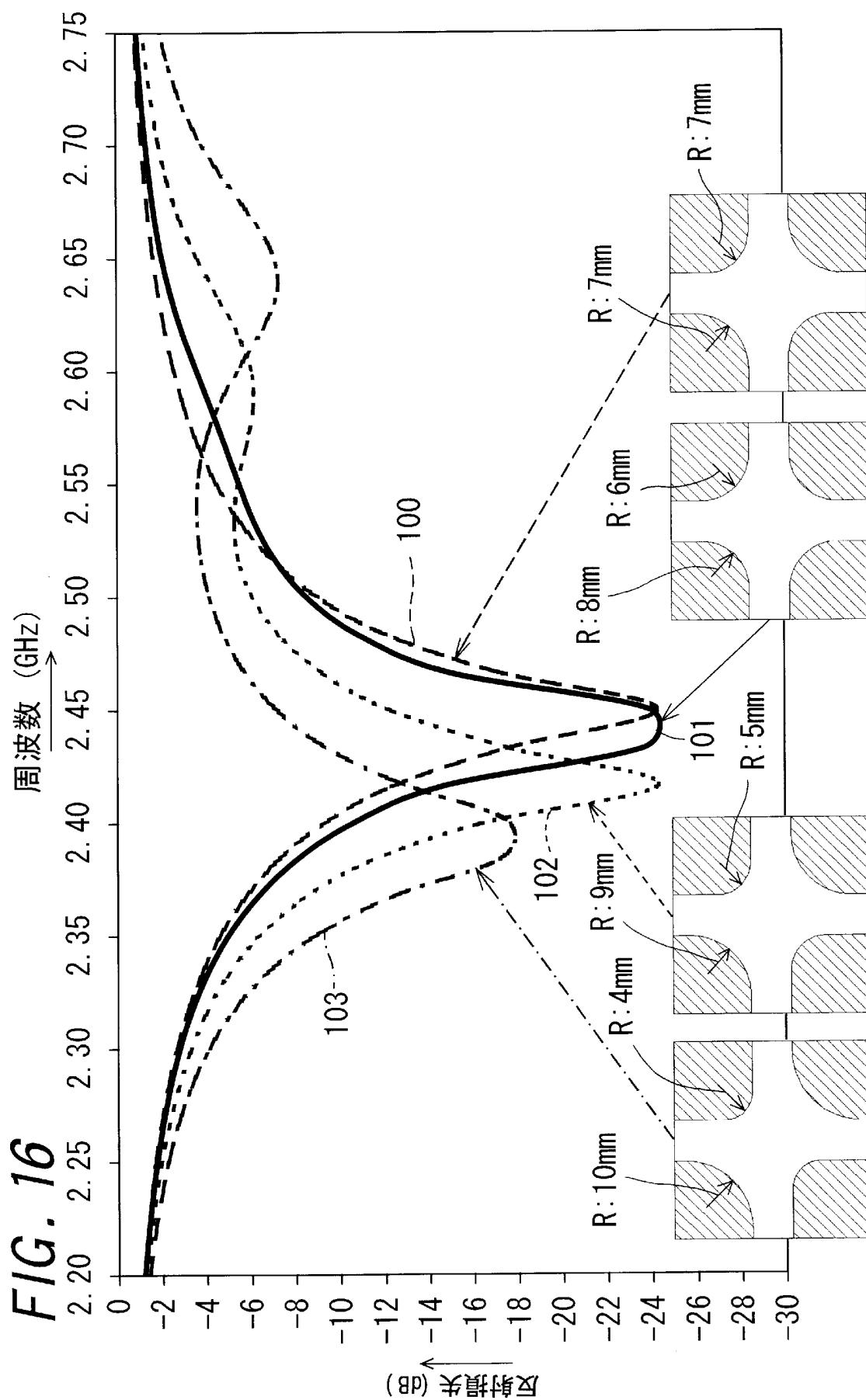


[図15]

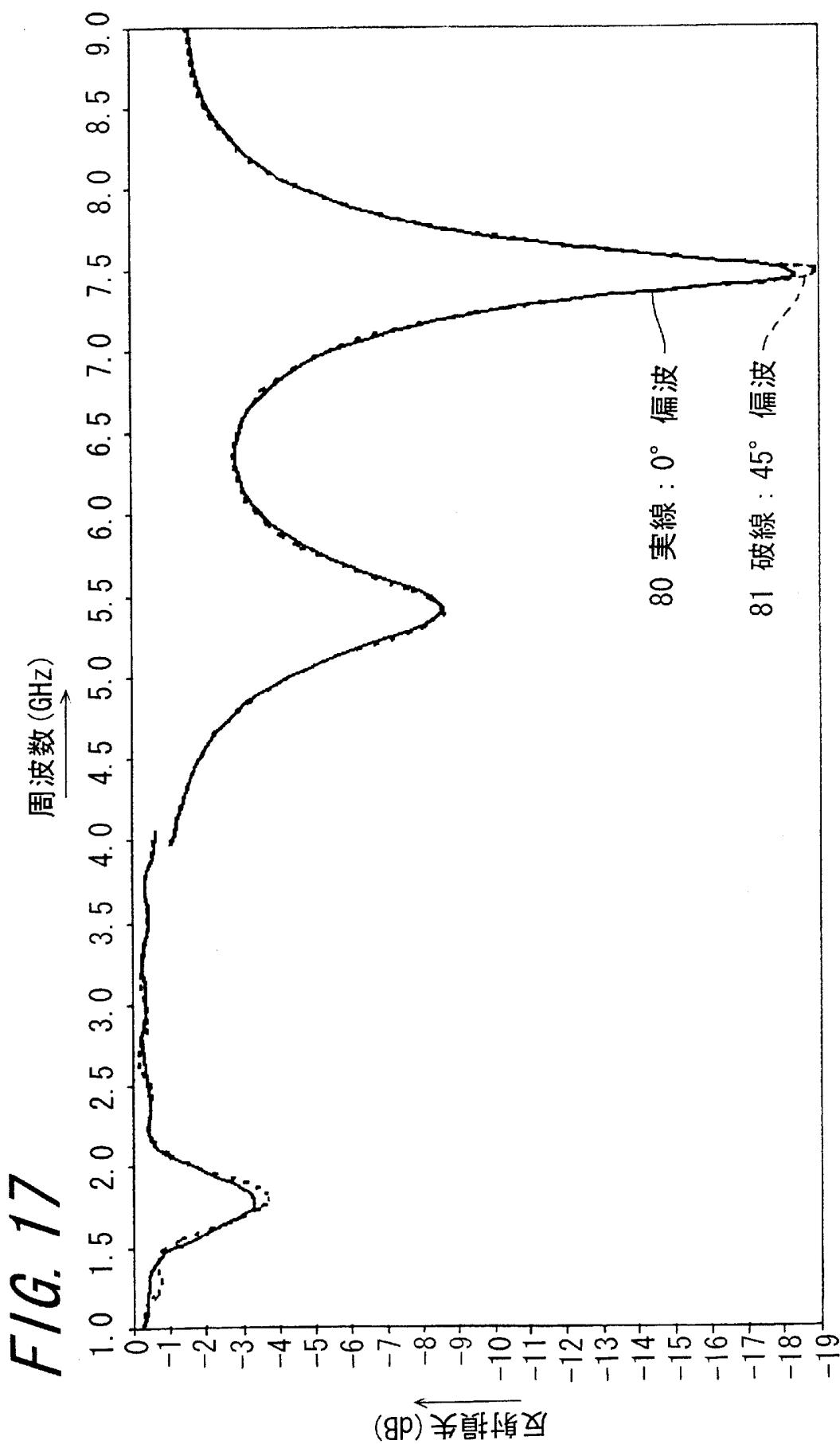
FIG. 15



[図16]

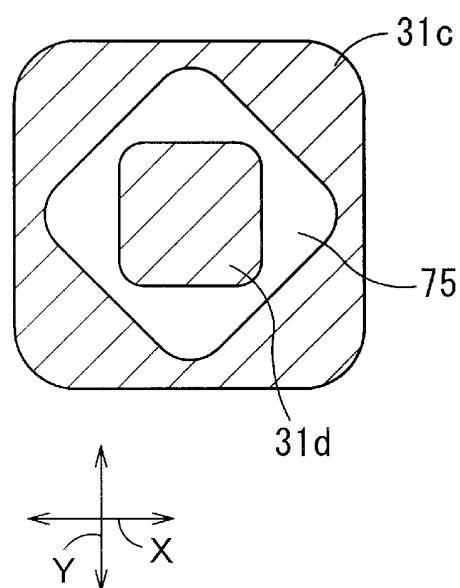


[図17]



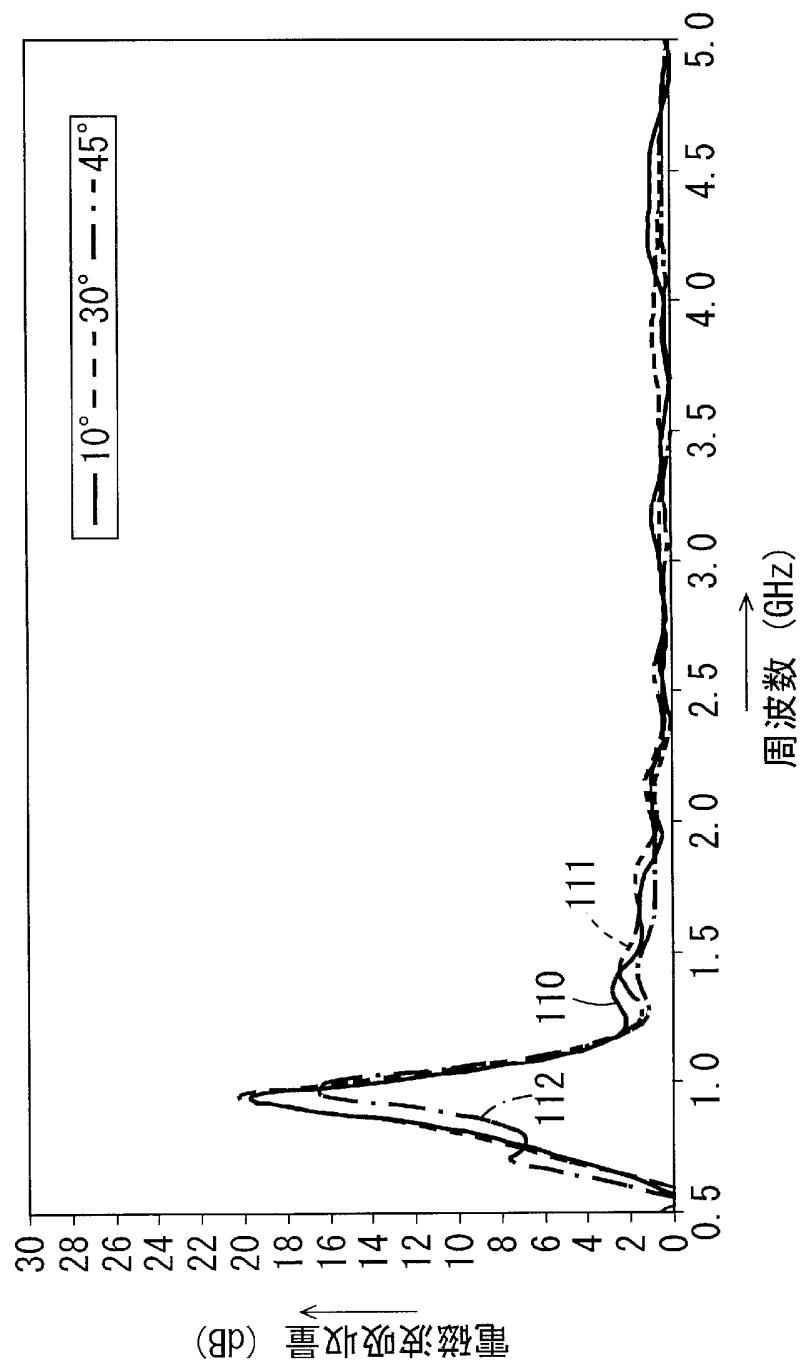
[図18]

FIG. 18



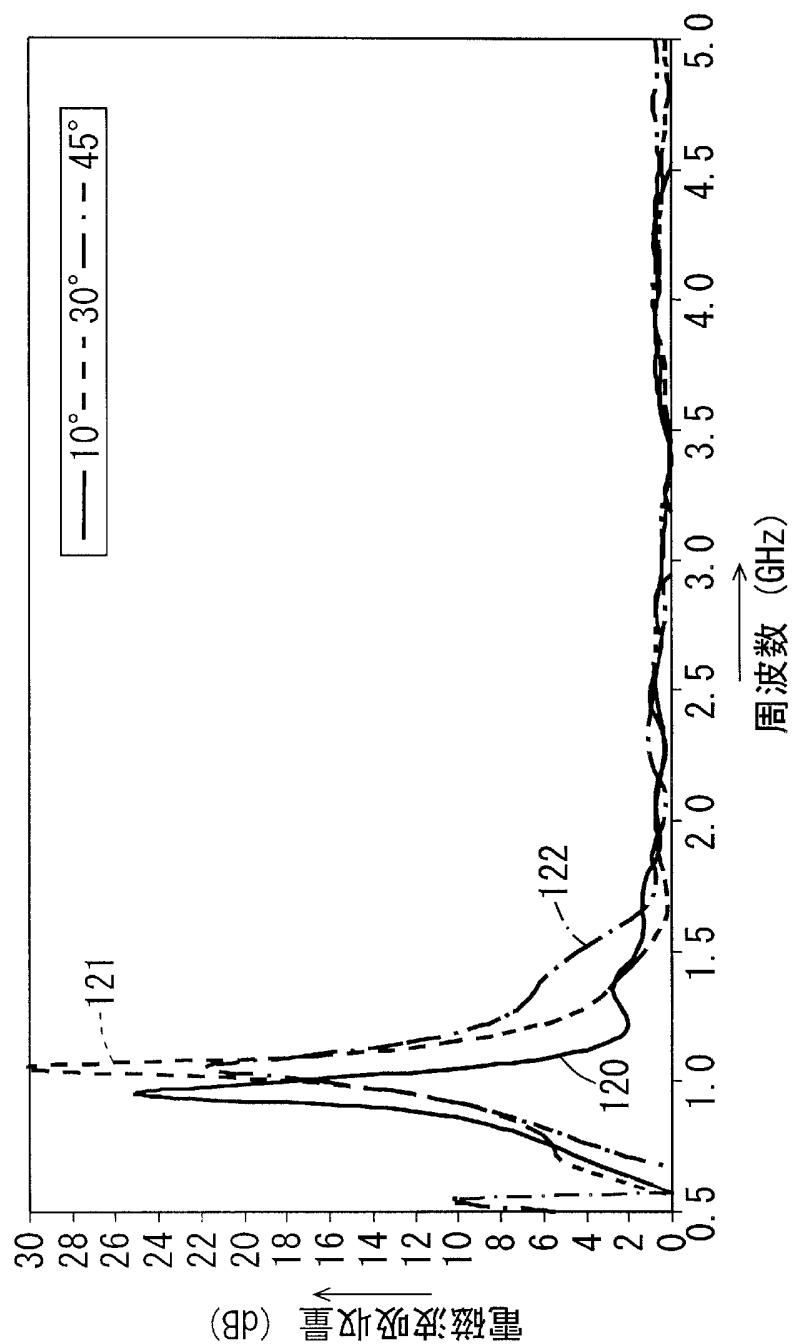
[図19]

FIG. 19



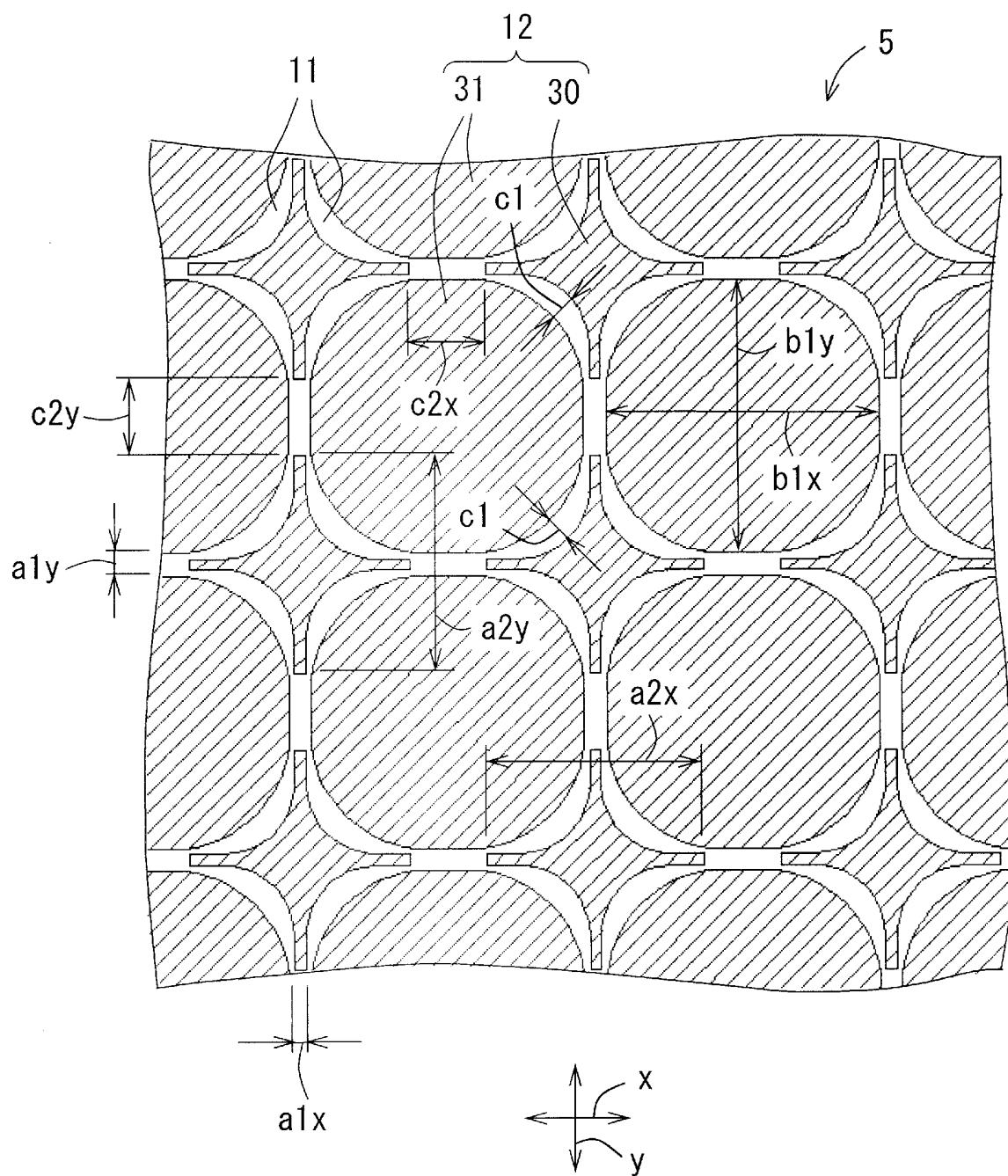
[図20]

FIG. 20



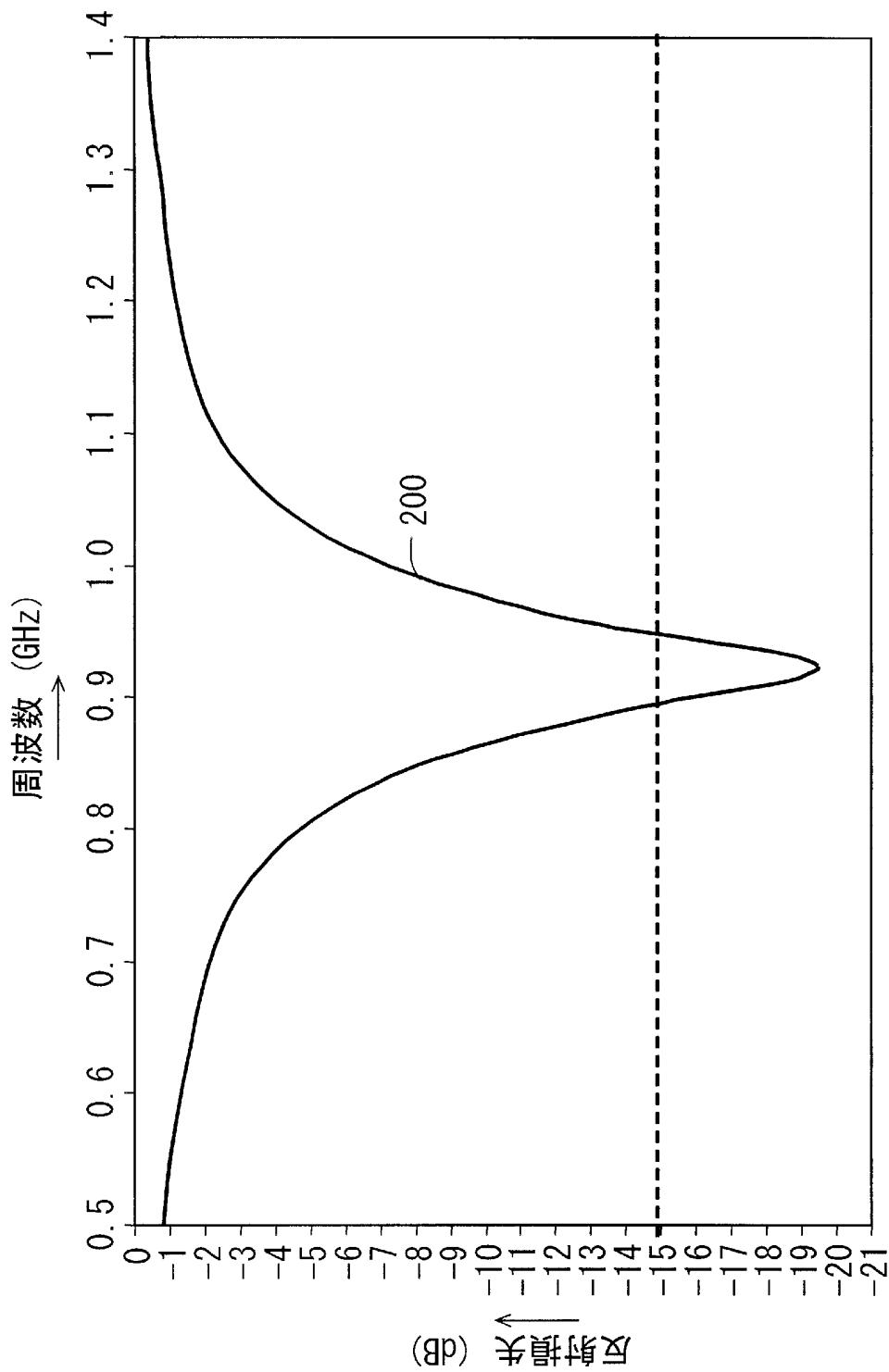
[図21]

FIG. 21



[図22]

FIG. 22



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No. PCT/JP2005/018036

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
H05K9/00(2006.01), **H01Q17/00**(2006.01)

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H05K9/00(2006.01), **H01Q17/00**(2006.01)

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
 Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2005
 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2005 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2005

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP 2002-76670 A (Toppan Printing Co., Ltd.), 15 March, 2002 (15.03.02), Par. Nos. [0016], [0017], [0019], [0021] to [0023]; Figs. 1 to 8 (Family: none)	1-6 7-17
X Y	JP 2003-69278 A (Toppan Printing Co., Ltd.), 07 March, 2003 (07.03.03), Par. Nos. [0018], [0022] to [0028]; Figs. 1 to 7 (Family: none)	1-3 7-17
Y	JP 2003-163487 A (Yoji KOZUKA), 06 June, 2003 (06.06.03), Page 2, right column, lines 31 to 38; Fig. 1 (Family: none)	7-17

Further documents are listed in the continuation of Box C.

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
16 December, 2005 (16.12.05)

Date of mailing of the international search report
27 December, 2005 (27.12.05)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Faxsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORTInternational application No.
PCT/JP2005/018036

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2003-243876 A (Yoji KOZUKA), 29 August, 2003 (29.08.03), Page 7, left column, line 40 to right column, line 46; Figs. 14 to 17 (Family: none)	8-17
A	JP 2004-259910 A (TDK Corp.), 16 September, 2004 (16.09.04), Par. Nos. [0052] to [0056]; Figs. 9, 10 (Family: none)	1
A	JP 9-307267 A (Takenaka Corp.), 28 November, 1997 (28.11.97), Full text; Figs. 1 to 7 (Family: none)	1
A	JP 2004-193531 A (Hiroki KOZUKA), 08 July, 2004 (08.07.04), Full text; Figs. 1 to 8 (Family: none)	1
E,X	JP 2005-288969 A (Kabushiki Kaisha Nittakusu), 20 October, 2005 (20.10.05), Par. Nos. [0019] to [0023]; Figs. 1 to 3 (Family: none)	1-4,8,12-17
E,A	JP 2005-244043 A (Mitsubishi Gas Chemical Co., Inc.), 08 September, 2005 (08.09.05), Full text; Figs. 1 to 8 (Family: none)	1
E,A	JP 2005-277373 A (Mitsubishi Gas Chemical Co., Inc.), 06 October, 2005 (06.10.05), Full text; Figs. 1 to 29 (Family: none)	1

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. H05K9/00 (2006.01), H01Q17/00 (2006.01)

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. H05K9/00 (2006.01), H01Q17/00 (2006.01)

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	1971-2005年
日本国実用新案登録公報	1996-2005年
日本国登録実用新案公報	1994-2005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 請求の範囲の番号
X Y	JP 2002-76670 A (凸版印刷株式会社) 2002.03.15, 段落【0016】, 【0017】,【0019】,【0021】-【0023】, 第1-8図 (ファミリーなし)	1-6 7-17
X Y	JP 2003-69278 A (凸版印刷株式会社) 2003.03.07, 段落【0018】 【0022】-【0028】, 第1-7図 (ファミリーなし)	1-3 7-17
Y	JP 2003-163487 A (小塚洋司) 2003.06.06, 第2頁右欄第31-3 8行, 第1図 (ファミリーなし)	7-17

 C欄の続きにも文献が列挙されている。 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矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

16. 12. 2005

国際調査報告の発送日

27. 12. 2005

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号 100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

川内野 真介

3S 3022

電話番号 03-3581-1101 内線 3391

C (続き) 関連すると認められる文献		関連する請求の範囲の番号
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	
Y	JP 2003-243876 A (小塚洋司) 2003.08.29, 第7頁左欄第40行—右欄第46行, 第14—17図 (ファミリーなし)	8-17
A	JP 2004-259910 A (TDK株式会社) 2004.09.16, 段落【0052】—【0056】, 第9, 10図 (ファミリーなし)	1
A	JP 9-307267 A (株式会社竹中工務店) 1997.11.28, 全文, 第1—7図 (ファミリーなし)	1
A	JP 2004-193531 A (小塚宏樹) 2004.07.08, 全文, 第1—8図 (ファミリーなし)	1
E, X	JP 2005-288969 A (株式会社ニッタクス) 2005.10.20, 段落【0019】—【0023】, 第1—3図 (ファミリーなし)	1-4, 8, 12-17
E, A	JP 2005-244043 A (三菱瓦斯化学株式会社) 2005.09.08, 全文, 第1—8図 (ファミリーなし)	1
E, A	JP 2005-277373 A (三菱瓦斯化学株式会社) 2005.10.06, 全文, 第1—29図 (ファミリーなし)	1