

(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
2013 年 5 月 23 日(23.05.2013)



(10) 国際公開番号

WO 2013/073242 A1

- (51) 国際特許分類:
G01N 21/35 (2006.01) G01N 21/01 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2012/070878
- (22) 国際出願日: 2012 年 8 月 17 日(17.08.2012)
- (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 2011-252405 2011 年 11 月 18 日(18.11.2011) JP
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): 株式会社村田製作所(MURATA MANUFACTURING CO., LTD.) [JP/JP]; 〒6178555 京都府長岡京市東神足 1 丁目 10 番 1 号 Kyoto (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 神波 誠治(KAMBA, Seiji) [JP/JP]; 〒6178555 京都府長岡京市東神足 1 丁目 10 番 1 号 株式会社村田製作所内 Kyoto (JP). 瀧川 和夫(TAKIGAWA, Kazuhiro) [JP/JP]; 〒6178555 京都府長岡京市東神足 1 丁目 10 番 1 号 株式会社村田製作所内 Kyoto (JP). 近藤 孝志(KONDO, Takashi) [JP/JP]; 〒6178555 京

都府長岡京市東神足 1 丁目 10 番 1 号 株式会社村田製作所内 Kyoto (JP). 田中 功二(TANAKA, Koji) [JP/JP]; 〒6178555 京都府長岡京市東神足 1 丁目 10 番 1 号 株式会社村田製作所内 Kyoto (JP).

(74) 代理人: 特許業務法人深見特許事務所(Fukami Patent Office, p.c.); 〒5300005 大阪府大阪市北区中之島二丁目 2 番 7 号 中之島セントラルタワー 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, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, 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, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシ

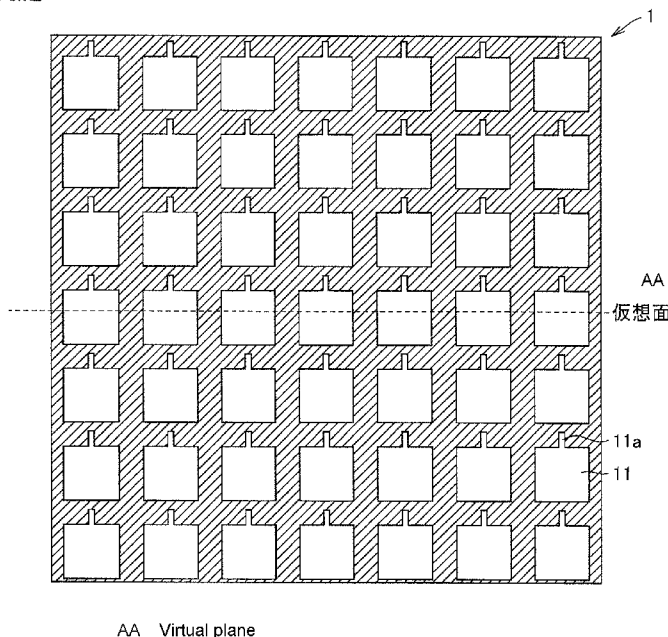
[続葉有]

(54) Title: PERIODIC STRUCTURE AND MEASUREMENT METHOD EMPLOYING SAME

(54) 発明の名称: 周期的構造体、および、それを用いた測定方法

[図2]

FIG.2



(57) Abstract: The present invention provides a flat periodic structure in which at least two gap parts which pass through a primary face in a perpendicular direction are periodically positioned in at least one direction upon the primary face. The shapes of the gap parts do not have mirror symmetry with respect to a virtual plane which is one plane that is orthogonal to the primary face. The gap parts have constricted parts in which the gap intervals which are the width in a direction which is parallel to a line of intersection of the primary face with the virtual plane are partially narrowed.

(57) 要約: 本発明は、主面に垂直な方向に貫通した少なくとも2つの空隙部が、前記主面上の少なくとも一方向に周期的に配置された平板状の周期的構造体であって、前記空隙部の形状が、前記主面と直交する面の1つである仮想面に対して鏡映対称とならない形状であり、前記空隙部は、前記主面と前記仮想面の交線と平行な方向の幅であるギャップ間隔が部分的に狭くなった括れ部を有していることを特徴とする、周期的構造体である。



ア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ
(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR,
GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT,
NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, 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 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称： 周期的構造体、および、それを用いた測定方法

技術分野

[0001] 本発明は、周期的構造体、および、それを用いた測定方法に関する。

背景技術

[0002] 従来から、物質の特性を分析するために、空隙配置構造体（周期的構造体）に被測定物を保持して、その被測定物が保持された周期的構造体に電磁波を照射し、その透過率スペクトルを解析して被測定物の特性を測定する方法が用いられている。具体的には、例えば、被測定物であるタンパク質などが付着した金属メッシュに、テラヘルツ波を照射して透過率スペクトルを解析する手法が挙げられる。

[0003] 例えば、特許文献１（国際公開第２０１１／０２７６４２号）には、ある仮想面に対して鏡映対象とならない形状の空隙部を複数有する平板状の周期的構造体に、電磁波の偏光方向が該仮想面と直交するように電磁波を照射し、周期的構造体で散乱された電磁波の周波数特性の変化に基づいて被測定物の特性を測定する方法が開示されている。

[0004] しかし、特許文献１に記載の測定方法においては、ある周期的構造体に対して照射する電磁波の偏光方向は１つであり、１つのモードの共振により生じたディップ波形等を測定することしか出来ず、様々な量の多種の被測定物を１つの周期的構造体で測定することは困難であった。

[0005] なお、非特許文献１（大西大ら、「テラヘルツ帯にプラズモン共鳴周波数を有する金ナノスリットリング構造の光学特性」、ナノテクジャパン、フォーカス２６＜第１１回＞金ナノスリットリング構造の光学特性、２０１０年１０月８日、Ｖｏｌ．３、Ｎｏ．５）には、ギャップ（スリット）を有するナノスリットリングを周期的に基板上に配置した構造体等が、テラヘルツ帯にプラズモン共鳴周波数を有することが開示されている。

[0006] しかし、非特許文献１においては、独立したスリットリング等の共振器を

基板上に周期配列させているため、所望の特性を得るには、共振器間の間隔を調整して最適化する必要があった。この間隔は、共振器のサイズと比較して非常に小さい（概ね $1/10$ ）ため、実際の製造時にはバラツキが大きくなってしまう。このため、非特許文献 1 に記載の構造体にテラヘルツ波等の電磁波を照射した場合、多くの不要共振が生じてしまい、散乱スペクトルの変化に基づく被測定物の検出を行うことは難しいと考えられる。

先行技術文献

特許文献

[0007] 特許文献 1：国際公開第 2011/027642 号

非特許文献

[0008] 非特許文献 1：大西大ら、「テラヘルツ帯にプラズモン共鳴周波数を有する金ナノスリットリング構造の光学特性」、ナノテクジャパン、フォーカス 26 <第 11 回>金ナノスリットリング構造の光学特性、2010 年 10 月 8 日、Vol. 3、No. 5

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0009] 本発明は、単独で様々な量の多種の被測定物を測定することのできる高感度な測定用デバイスとしての周期的構造体、および、それを用いた測定方法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

[0010] 本発明は、主面に垂直な方向に貫通した少なくとも 2 つの空隙部が、前記主面上の少なくとも一方向に周期的に配置された平板状の周期的構造体であって、

前記空隙部の形状が、前記主面と直交する面の 1 つである仮想面に対して鏡映対称とならない形状であり、

前記空隙部は、前記主面と前記仮想面の交線と平行な方向の幅であるギャップ間隔が部分的に狭くなった括れ部を有していることを特徴とする、周期

的構造体である。

- [0011] 本発明の周期的構造体は、前記周期的構造体に被測定物を保持し、
前記周期的構造体の主面に対して垂直方向に、直線偏光の電磁波を照射し、
前記周期的構造体で前方散乱または後方散乱された電磁波を検出し、
前記前方散乱された電磁波の周波数特性に生じるディップ波形、または、
前記後方散乱された電磁波の周波数特性に生じるピーク波形が、前記被測定物の存在により変化することに基づいて被測定物の特性を測定する測定方法に用いられることが好ましい。
- [0012] 前記空隙部において、前記括れ部の両側の前記ギャップ間隔が前記括れ部よりも広がっていることが好ましい。
- [0013] また、本発明は、上記の周期的構造体に被測定物を保持し、
前記周期的構造体の主面に対して垂直方向に、直線偏光の電磁波を照射し、
前記周期的構造体で前方散乱または後方散乱された電磁波を検出し、
前記前方散乱された電磁波の周波数特性に生じるディップ波形、または、
前記後方散乱された電磁波の周波数特性に生じるピーク波形が、前記被測定物の存在により変化することに基づいて被測定物の特性を測定することを特徴とする測定方法にも関する。
- [0014] 前記周期的構造体に対し、偏光方向が前記仮想面に対して垂直である第1の電磁波を照射する第1のステップ、および／または、
前記周期的構造体に対し、偏光方向が前記仮想面に対して平行である第2の電磁波を照射する第2のステップを含み、
前記第1のステップと前記第2のステップで、異なるモードの共振が生じることが好ましい。
- [0015] 前記第1のステップにより生じる共振がTE₁₁モード様共振であり、前記第2のステップにより生じる共振がLC共振であることが好ましい。
- [0016] 前記第2のステップにより生じる共振に基づく前記ディップ波形または前

記ピーク波形の周波数が、前記第 1 のステップにより生じる共振に基づく前記ディップ波形または前記ピーク波形の周波数の $1/10 \sim 10$ 倍になるように、前記括れ部の前記主面と前記仮想面の交線と平行な方向の幅が調節されていることが好ましい。

発明の効果

[0017] 本発明においては、偏波方向を変えて、2つの異なるモードの共振（例えば、TE₁₁モード様共振とLC共振）により生じるディップ波形を検出することができるため、1つの周期的構造体で様々な量の多種の被測定物を測定することができる。すなわち、別の測定原理による被測定物の検出を一つの周期的構造体を用いて行うことが可能である。

図面の簡単な説明

[0018] [図1]本発明の測定方法の概要を説明するための概略図である。

[図2]実施形態 1 の周期的構造体を示す正面図である。

[図3]図 2 に示す周期的構造体の単位構造を示す正面図である。

[図4]実施形態 2 の周期的構造体を示す正面図である。

[図5]実施形態 3 の周期的構造体を示す正面図である。

[図6]実施形態 3 の周期的構造体の別の例を示す正面図である。

[図7]電磁界シミュレーションの条件を説明するための側面概略図である。

[図8]実施例 1 で得られた透過率スペクトルを示す図である。

[図9] (a)、(b) は、図 8 の Y 偏波を照射した場合のディップ波形における周波数の電磁波を照射したときの電界強度分布図である。(c)、(d) は、Z 偏波を照射した場合のディップ波形における周波数の電磁波を照射したときの電界強度分布図である。

[図10]実施例 2 で得られた Y 偏波の透過率スペクトルを示す図である。

[図11]実施例 2 で得られた Z 偏波の透過率スペクトルを示す図である。

[図12] (a) は、図 2 に示す周期的構造体の単位構造を示す斜視図である。

(b) は、(a) に示す単位構造の切欠部（括れ部）にポリエチレンを充填した状態を示す斜視図である。

[図13]実施例3で得られた透過率スペクトルを示す図である。

[図14]比較例1の周期的構造体を示す正面図である。

[図15]比較例1の周期構造体の単位構造を示す正面図である。

[図16]比較例1で得られた透過率スペクトルを示す図である。

[図17]実施例4で得られた透過率スペクトルを示す図である。

[図18]実施例5で得られた透過率スペクトルを示す図である。

[図19]実施例6で得られた透過率スペクトルを示す図である。

発明を実施するための形態

[0019] 本発明の測定方法の一例の概略を図1を用いて説明する。図1は、本発明の測定方法に用いられる測定装置の全体構造を示す概略図である。この測定装置は、レーザ7（例えば、短光パルスレーザ）から照射されるレーザ光を半導体材料に照射することで発生する電磁波（例えば、20GHz～120THzの周波数を有するテラヘルツ波）パルスを利用するものである。

[0020] 図1の構成において、レーザ7から出射したレーザ光を、ハーフミラー70で2つの経路に分岐する。一方は、電磁波発生側の光伝導素子77に照射され、もう一方は、複数のミラー71（同様の機能のものは付番を省略）を用いることで、時間遅延ステージ76を経て受信側の光伝導素子78に照射される。光伝導素子77、78としては、LT-GaAs（低温成長GaAs）にギャップ部をもつダイポールアンテナを形成した一般的なものを用いることができる。また、レーザ7としては、ファイバー型レーザやチタンサファイアなどの固体を用いたレーザなどを使用できる。さらに、電磁波の発生、検出には、半導体表面をアンテナなしで用いたり、ZnTe結晶の様な電気光学結晶を用いたりしてもよい。ここで、発生側となる光伝導素子77のギャップ部には、電源80により適切なバイアス電圧が印加されている。

[0021] 発生した電磁波は放物面ミラー72で平行ビームにされ、放物面ミラー73によって、周期的構造体1に照射される。ここで、周期的構造体1は、後述する測定用デバイス（マイクロプレート）の凹部の内部に位置した状態のままであってもよく、測定用デバイス（マイクロプレート）から取り外され

たものであってもよい。

[0022] 周期的構造体 1 を透過したテラヘルツ波は、放物面ミラー 74, 75 によって光伝導素子 78 で受信される。光伝導素子 78 で受信された電磁波信号は、アンプ 84 で増幅されたのちロックインアンプ 82 を通じて取得される。そして、算出手段を含む PC (パーソナルコンピュータ) 83 でフーリエ変換などの信号処理をされた後に、周期的構造体 1 の透過率スペクトルなどが算出される。ロックインアンプ 82 で取得するために、発振器 81 の信号で発生側の光伝導素子 77 のギャップに印加する電源 80 からのバイアス電圧を変調 (振幅 5 V 乃至 30 V) している。これにより同期検波を行うことで S/N 比を向上させることができる。

[0023] 以上に説明した測定方法は、一般にテラヘルツ時間領域分光法 (THz-TDS) と呼ばれる方法である。THz-TDS の他に、フーリエ変換赤外分光法 (FT-IR) などを用いることもできる。

[0024] 図 1 では、電磁波の透過率を測定する場合を示しているが、本発明においては、電磁波の反射率を測定してもよい。好ましくは、0 次方向の透過における透過率や、0 次方向の反射における反射率が測定される。

[0025] なお、一般的に、回折格子の格子間隔を s 、入射角を i 、回折角を θ 、波長を λ としたとき、回折格子によって回折されたスペクトルは、

$$s (\sin i - \sin \theta) = n \lambda \quad \dots (1)$$

と表すことができる。上記「0 次方向」の 0 次とは、上記式 (1) の n が 0 の場合を指す。 s および λ は 0 となり得ないため、 $n = 0$ が成立するのは、 $\sin i - \sin \theta = 0$ の場合のみである。従って、上記「0 次方向」とは、入射角と回折角が等しいとき、つまり電磁波の進行方向が変わらないような方向を意味する。

[0026] 本発明の測定方法で用いられる電磁波は、好ましくは波長 λ が $0.3 \mu\text{m} \sim 1.5 \text{mm}$ (周波数: $20 \text{GHz} \sim 1 \text{PHz}$) の電磁波 (テラヘルツ波) である。より高感度な測定を行うためには、周期的構造体に照射する電磁波の波長 λ を短くすることが好ましく、波長 λ を $300 \mu\text{m}$ 以下 (周波数: 1T

H z 以上) とすることが好ましい。

[0027] 具体的な電磁波としては、例えば、短光パルスレーザを光源として、ZnTe等の電気光学結晶の光整流効果により発生するテラヘルツ波が挙げられる。また、例えば、短光パルスレーザを光源として、光伝導アンテナに自由電子を励起し、光伝導アンテナに印加した電圧によって瞬時に電流が発生することによって生じるテラヘルツ波が挙げられる。また、例えば、高圧水銀ランプや高温セラミックから発せられるテラヘルツ波が挙げられる。また、具体的な電磁波としては、例えば、半導体レーザやフォトダイオードから出射する可視光が挙げられる。

[0028] また、本発明の測定方法において周期的構造体に照射される電磁波は、好ましくは直線偏光の電磁波である。直線偏光の電磁波は、無偏光、円偏光などの光源から出射された電磁波が（直線）偏光子を通過した後の直線偏光の電磁波であってもよく、偏光光源から出射された直線偏光の電磁波であってもよい。直線偏光子としては、ワイヤーグリッドなどを用いることができる。

[0029] 本発明において、「被測定物の特性を測定する」とは、被測定物となる化合物の定量や誘電率等の各種の定性などを行うことであり、例えば、溶液中等の微量の被測定物の含有量を測定する場合や、被測定物の同定を行う場合が挙げられる。具体的には、例えば、被測定物の溶解した溶液に周期的構造体を浸漬し、被測定物を周期的構造体の表面に付着させた後に溶媒や余分な被測定物を洗浄し、周期的構造体を乾燥してから、上述のような測定装置を用いて被測定物の特性を測定する方法が挙げられる。またポリマーなどで構成されたシート状の基材に被測定物を付着させ、シート状の基材に周期的構造体を密着させてから、上述のような測定装置を用いて被測定物の特性を測定する方法が挙げられる。

[0030] 本発明において、被測定物の量を求める場合は、あらかじめ様々な量の被測定物を測定して得られた周波数特性を基に作成した検量線と比較することにより、被測定物の量を算出することが好ましい。

[0031] (周期的構造体)

本発明の周期的構造体は、主面に垂直な方向に貫通した少なくとも2つの空隙部が、主面上の少なくとも一方向に周期的に配置された平板状の周期的構造体である。ここで、空隙部は、その全てが周期的に配置されていてもよく、本発明の効果を損なわない範囲で、一部の空隙部が周期的に配置され、他の空隙部が非周期的に配置されていてもよい。

[0032] 本発明の周期的構造体の特徴は、(1)空隙部の形状が、主面と直交する面の1つである仮想面に対して鏡映対称とならない形状であり、かつ、(2)前記空隙部が括れ部を有していることである。ここで、「括れ部」とは、周期的構造体の主面と上記仮想面の交線と平行な方向の幅(ギャップ間隔)が部分的に狭くなった部分を意味する。

[0033] 空隙部の形状が、主面と直交する面の1つである仮想面に対して鏡映対称とならない形状であることにより、偏光方向が仮想面に対して垂直である第1の電磁波を照射したときに周期構造体にTE₁₁モード様共振が生じる。

[0034] また、偏光方向が仮想面に対して平行である第2の電磁波を照射したとき、電磁波の電界方向と括れ部の共振時の電界方向が一致するため、カップリング(結合)が生じ、電磁波からLC共振器へのエネルギー伝達が生じるようになるためにLC共振が生じる。なお、周期的構造体を等価回路で表現したときに、上記括れ部が狭ギャップを有するコンデンサ(C)に相当し、それ以外の空隙部周辺の構造体がコイル(L)に相当する。

[0035] 括れ部の両側ではギャップの間隔が広がっていることが好ましい。この場合、括れ部の片側のみでギャップの間隔が広がっている場合(空隙部の端に括れ部がある場合)と比べて、LC共振が強くなり、LC共振を用いた測定の感度が向上する。

[0036] 周期的構造体は、好ましくは準周期構造体や周期構造体である。準周期構造体とは、並進対称性は持たないが配列には秩序性が保たれている構造体のことである。準周期構造体としては、例えば、1次元準周期構造体としてフィボナッチ構造、2次元準周期構造体としてペンローズ構造が挙げられる。

周期構造体とは、並進対称性に代表される様な空間対称性を持つ構造体のことであり、その対称の次元に応じて1次元周期構造体、2次元周期構造体、3次元周期構造体に分類される。1次元周期構造体は、例えば、ワイヤグリッド構造、1次元回折格子などが挙げられる。2次元周期構造体は、例えば、メッシュフィルタ、2次元回折格子などが挙げられる。これらの周期構造体のうちでも、2次元周期構造体が好適に用いられる。

[0037] 本発明においては、上述の周期的構造体により散乱した電磁波の周波数特性に関する少なくとも1つのパラメータに基づいて、被測定物の特性が測定される。例えば、周期的構造体により前方散乱（透過）した電磁波の周波数特性に生じたディップ波形や、後方分散（反射）した電磁波の周波数特性に生じたピーク波形などが、被測定物の存在により変化することに基づいて被測定物の特性を測定することができる。

[0038] ここで、ディップ波形とは、照射した電磁波に対する検出した電磁波の比率（例えば、電磁波の透過率）が相対的に大きくなる周波数範囲において、周期的構造体の周波数特性（例えば、透過率スペクトル）に部分的に見られる谷型（下に凸）の部分の波形である。また、ピーク波形とは、照射した電磁波に対する検出した電磁波の比率（例えば、電磁波の反射率）が相対的に小さくなる周波数範囲において、周期的構造体の周波数特性（例えば、反射率スペクトル）に部分的に見られる山型（上に凸）の波形である。

[0039] 本発明の周期的構造体は、上述のような形状の空隙部を有していることにより、個々の空隙部を導波管とみなした場合に、偏光方向が上記仮想面に対して垂直である第1の電磁波を照射する第1のステップにおいて、TE₁₁モード様共振を生じ、かつ、偏光方向が上記仮想面に対して平行である第2の電磁波を照射する第2のステップにおいて、LC共振を生じることが好ましい。なお、TE₁₁モード様共振には、TE₁₁モードの共振およびTE₁₁モードに類似したモードの共振が含まれる。

[0040] TE₁₁モード様共振を生じることにより、第1のステップにおいて、前方散乱した電磁波の周波数特性におけるディップ波形、または、後方散乱し

た電磁波の周波数特性におけるピーク波形が鋭くなり、測定感度が向上するという利点がある。また、周期的構造体に被測定物が保持される前後における、ディップ波形またはピーク波形の周波数シフト量が大きくなるため、被測定物の測定感度を向上させることができる。

[0041] また、LC共振を生じることにより、括れ部に電界が局在化させられるため、第2のステップにおいて、測定感度が向上するという利点がある。つまり、第1のステップでは、TE₁₁モードの電界がある部分、すなわち空隙配置構造体全体という空間サイズに対して、極微小サイズの試料を測定することになるのに対し、第2のステップでは、括れ部周辺という金属メッシュ全体よりはさらに狭い空間サイズ（そこに生じる電界）を用いて、極微小サイズの試料を測定するため、感度が向上する。

[0042] このように、本発明の周期的構造体は、偏波方向を変えて、2つの異なるモードの共振（例えば、TE₁₁モード様共振とLC共振）により生じるディップ波形を検出することができ、1つの周期的構造体で様々な量の多種の被測定物を測定することができる。すなわち、1つのセンサーを用いて、2つの感度で測定を行うことができる。

[0043] これにより、例えば、（1）フィルムなどの大量の被測定物（ラージスケールの対象物）を測定したい場合は、周期的構造体の全体、すなわち、TE₁₁モード様共振による電界強度が相対的に強い位置に被測定物を配置して、偏光方向が上記仮想面に対して垂直である第1の電磁波（Z偏波）を照射して測定を行う第1のステップを実施し、（2）極微量の被測定物（スモールスケールの対象物）を高感度に測定したい場合は、空隙部の括れ部周辺のLC共振による電界強度が相対的に強い位置に被測定物を配置して、偏光方向が上記仮想面に対して平行である第1の電磁波（Y偏波）を照射して測定を行う第2のステップを実施することで、1つの周期的構造体で様々な量の被測定物を測定することができる。なお、例えば、空隙部の括れ部のみに、極微量の非測定物を保持するためのAというプローブを固定し、空隙配置構造体のそれ以外の部分には微量測定が必要なBというプローブを固定するこ

とにより、上記（１）および（２）の測定を１つの空隙配置構造体を用いて行うことができる。

[0044] 空隙部の寸法は、測定方法や、周期的構造体の材質特性、使用する電磁波の周波数等に応じて適宜設計されるものであり、その範囲を一般化するのは難しいが、前方散乱した電磁波を検出する場合、空隙部が縦横に周期的に配置された周期的構造体では、空隙部の格子間隔（例えば、図３に示す P ）が、測定に用いる電磁波の波長の 10 分の 1 以上、 10 倍以下であることが好ましい。空隙部の格子間隔がこの範囲外になると、散乱が生じにくくなる場合がある。また、空隙部の孔サイズ（例えば、図３に示す D_2 ）が、測定に用いる電磁波の波長の 10 分の 1 以上、 10 倍以下であることが好ましい。空隙部の孔サイズがこの範囲外になると、透過（前方散乱）する電磁波の強度が弱くなって信号を検出することが難しくなる場合がある。

[0045] また、上記第２のステップにより生じる共振に基づくディップ波形またはピーク波形の周波数が、上記第１のステップにより生じる共振に基づくディップ波形またはピーク波形の周波数の $1/10 \sim 10$ 倍になるように、括れ部（切欠部、スリット）のギャップ間隔が調節されていることが好ましい。これにより、同一の測定器を用いて、第一ステップおよび第二ステップを同時、あるいは個別に測定できるようになり、装置コストを削減できる。

[0046] 周期的構造体の平均的な厚みは、測定方法や、周期的構造体の材質特性、使用する電磁波の周波数等に応じて適宜設計されるものであり、その範囲を一般化するのは難しいが、前方散乱した電磁波を検出する場合、測定に用いる電磁波の波長の数倍以下であることが好ましい。構造体の平均的な厚みがこの範囲よりも大きくなると、前方散乱する電磁波の強度が弱くなって信号を検出することが難しくなる場合がある。

[0047] また、本発明の周期的構造体は、通常、全体が一体的に結合された構造を有しているため非特許文献１に記載される構造体のように微細なリング等の個別の共振器を周期的に配置するような場合に必要となる、各共振器の間隔調整を行う必要がなく、各共振器の間隔により生じる不要共振の影響も少な

い（あるいは無い）。

[0048] 本発明において、周期的構造体に被測定物を保持する方法としては、種々公知の方法を使用することができ、例えば、周期的構造体に直接付着させてもよく、支持膜等を介して付着させてもよい。測定感度を向上させ、測定のばらつきを抑えることにより再現性の高い測定を行う観点からは、周期的構造体の表面に直接被測定物を付着させることが好ましい。

[0049] 周期的構造体に被測定物を直接付着させる場合としては、周期的構造体の表面と被測定物との間で直接的に化学結合等が形成される場合だけでなく、予め表面にホスト分子が結合された周期的構造体に対して、該ホスト分子に被測定物が結合されるような場合も含まれる。化学結合としては、共有結合（例えば、金属—チオール基間の共有結合など）、ファンデルワールス結合、イオン結合、金属結合、水素結合などが挙げられ、好ましくは共有結合である。また、ホスト分子とは、被測定物を特異的に結合させることのできる分子などであり、ホスト分子と被測定物の組み合わせとしては、例えば、抗原と抗体、糖鎖とタンパク質、脂質とタンパク質、低分子化合物（リガンド）とタンパク質、タンパク質とタンパク質、一本鎖DNAと一本鎖DNAなどが挙げられる。

[0050] 周期的構造体に被測定物を直接付着させる場合、少なくとも一部の表面が導体で形成された周期的構造体を用いることが好ましい。

[0051] ここで、導体とは、電気を通す物体（物質）のことであり、金属だけでなく半導体も含まれる。金属としては、ヒドロキシ基、チオール基、カルボキシル基などの官能基を有する化合物の官能基と結合することのできる金属や、ヒドロキシ基、アミノ基などの官能基を表面にコーティングできる金属、ならびに、これらの金属の合金を挙げることができる。具体的には、金、銀、銅、鉄、ニッケル、クロム、シリコン、ゲルマニウムなどが挙げられ、好ましくは金、銀、銅、ニッケル、クロムであり、さらに好ましくは金である。金、ニッケルを用いた場合、特に被測定物がチオール基（—SH基）を有する場合に該チオール基を周期的構造体の表面に結合させることができるた

め有利である。また、ニッケルを用いた場合、特に被測定物がヒドロキシ基（ —OH ）やカルボキシル基（ —COOH ）を有する場合に該官能基を周期的構造体の表面に結合させることができるため有利である。また、半導体としては、例えば、Ⅳ族半導体（ Si 、 Ge など）や、Ⅱ－Ⅴ族半導体（ ZnSe 、 CdS 、 ZnO など）、Ⅲ－Ⅴ族半導体（ GaAs 、 InP 、 GaN など）、Ⅳ族化合物半導体（ SiC 、 SiGe など）、Ⅰ－Ⅱ－Ⅴ族半導体（ CuInSe_2 など）などの化合物半導体、有機半導体が挙げられる。

[0052] また、支持膜等を介して付着させる場合として、具体的には、周期的構造体の表面にポリアミド樹脂等の支持膜を貼付して被測定物を該支持膜に付着させる方法や、支持膜に換えて、気密または液密な容器を用いて、流体または流体に分散させた物質を測定する方法が挙げられる。

[0053] 共振による電界強度が相対的に強い位置に被測定物を配置する方法としては、例えば、周期的構造体の共振による電界強度が相対的に強い部分の表面を、被測定物との結合性が高い物質で被覆して、被測定物をその部分に選択的に保持させる方法が挙げられる。

[0054] （実施形態１）

本発明の周期的構造体の一実施形態を図２に示す。図２に示す周期的構造体は、方形の空隙の一端に括れ部（切欠部）１１ａを有している。本実施形態では、括れ部１１ａを含む空隙部１１の全体形状は、周期的構造体１の主面と直交する面の１つである仮想面に対して鏡映対称とならない形状であり、かつ、空隙部１１は、ギャップ間隔（上記主面と上記仮想面の交線と平行な方向の幅）が部分的に狭くなった括れ部１１ａを有している。

[0055] なお、図２に示す周期的構造体は、図３に示す空隙部１１を有する単位構造１０が周期的に配置され、一体的に結合された構造体である。

[0056] （実施形態２）

本発明の周期的構造体の別の実施形態を図４に示す。図４に示す周期的構造体は、円形の空隙の一端に括れ部（切欠部）１１ａを有している。本実施

形態においても、括れ部 1 1 a を含む空隙部 1 1 の全体形状は、仮想面（周期的構造体 1 の主面と直交する面の 1 つ）に対して鏡映対称とならない形状であり、かつ、空隙部 1 1 は、ギャップ間隔が部分的に狭くなった括れ部 1 1 a を有している。

[0057] （実施形態 3）

本発明の周期的構造体のさらに別の実施形態を図 5 に示す。図 5 に示す周期的構造体は、方形の空隙の一部にスリット部（括れ部） 1 1 a を有している。この括れ部 1 1 a は、仮想面に対して鏡映対称とならないように設けられる必要がある。本実施形態においても、括れ部 1 1 a を含む空隙部 1 1 の全体形状は、周期的構造体 1 の主面と直交する面の 1 つである仮想面に対して鏡映対称とならない形状であり、かつ、空隙部 1 1 は、ギャップ間隔が部分的に狭くなった括れ部 1 1 a を有している。

[0058] なお、図 5 に示すように、括れ部 1 1 a は、仮想面および周期的構造体 1 の主面の両方に垂直な面に対しては、空隙部 1 1 全体の形状が鏡映対称となるように設けられていてもよく、図 6 に示すように、空隙部 1 1 全体の形状が仮想面および周期的構造体 1 の主面の両方に垂直な面に対して鏡映対象とならないように設けられていてもよい。

[0059] また、周期的構造体の全体形状（外形）は、図 2 ～ 6 に示すような正方形形状だけでなく、長方形や円状など閉じた形状であれば、任意の形状を選択することが出来る。また、空隙部の括れ部（スリットや切欠部）は、一か所に限定されるものではなく、複数設けてもよい。

実施例

[0060] （実施例 1）

3 次元電磁界シミュレーションソフト（Microstripes、CST 社製）を用いて、図 2 に示すような周期的構造体の電磁波透過率の周波数特性についてのシミュレーション計算を行った。計算は、周期的構造体を構成する単位構造について、周期境界条件を用いることで行った。

[0061] 図 3 は、図 2 に示す周期的構造体の単位構造を示す正面図である。単位構

造 10 の一方の主面を入射面、その反対面を検出面とし、それら以外の面を周期境界（点線部分）とした。図 3 に示す設計パラメータとして、 P は $260\text{ }\mu\text{m}$ 、 D_2 は $180\text{ }\mu\text{m}$ 、 T （板厚）は $60\text{ }\mu\text{m}$ 、 G は $20\text{ }\mu\text{m}$ 、 L は $50\text{ }\mu\text{m}$ に設定した。また、周期的構造体の材料は Au とした。なお、計算上は、単位構造を XYZ 方向の寸法が全て $5\text{ }\mu\text{m}$ のユニットセルに分割した。

[0062] 図 7 に示すように、波源 20 から周期的構造体 1 の主面に対して垂直方向に、直線偏光の電磁波（平面波）を照射し、周期的構造体 1 を透過した電磁波を波源 20 とは逆側に設けた検出面 21 で検出することとした。本実施例では、偏向方向が図 2 に示す仮想面に対して垂直な方向（図 3 および図 7 の Y 軸方向）である第 1 の電磁波（ Y 偏波）を照射した場合と、偏向方向が図 2 に示す仮想面に対して平行な方向（図 3 および図 7 の Z 軸方向）である第 2 の電磁波（ Z 偏波）を照射した場合の各々についてシミュレーション計算をおこなった。周期的構造体 1 と波源 20 との間の距離は $300\text{ }\mu\text{m}$ とし、周期的構造体 1 と検出面 21 との間の距離は $300\text{ }\mu\text{m}$ とした。

[0063] 図 8 に、計算により得られた周期的構造体 1 の透過率の周波数特性（透過率スペクトル）を示す。

[0064] また、図 8 の Y 偏波を照射した場合のディップ波形における周波数の電磁波を照射したときの電界強度分布図を図 9（a）、（b）に、 Z 偏波を照射した場合のディップ波形における周波数の電磁波を照射したときの電界強度分布図を図 9（c）、（d）に示す。なお、（a）、（c）は図 3 の X 軸方向から見た図であり、（b）、（d）は図 3 の Z 軸方向から見た図である。

[0065] 図 8 および図 9 に示す結果から、 Y 偏波（第 1 の電磁波）を照射した場合は、周期的構造体の空隙部が TE_{11} モード様共振を生じることにより、透過率スペクトルにディップ波形が現れていることがわかる。一方、 Z 偏波（第 2 の電磁波）を照射した場合は、切欠部（括れ部）が容量成分 C となる LC 共振が生じることにより、透過率スペクトルにディップ波形が現れていることがわかる。これらの結果から、異なる 2 つの偏波方向を有する電磁波を照射した場合の双方で、本発明の周期的構造体を用いた測定が可能であると

考えられる。

[0066] (実施例 2)

実施例 1 と同様の周期的構造体（図 2 に示すような周期的構造体）について、その主面に厚み $10\ \mu\text{m}$ ポリエチレンフィルム（比誘電率 = 2.4）を密着させたときの透過率スペクトルにおけるディップ波形の変化を図 10 および図 11 に示す。図 10 は Y 偏波（第 1 の電磁波）を照射した場合、図 11 は Z 偏波（第 2 の電磁波）を照射した場合を示す。これらの結果から、異なる 2 つの偏波方向を有する電磁波を照射した場合の双方で、本発明の周期的構造体を用いた測定が可能であると考えられる。

[0067] (実施例 3)

実施例 1 と同様の周期的構造体（図 2 に示すような周期的構造体）について、図 12 に示すように、その空隙部 11 の切欠部（括れ部）11a に何も無い場合（図 12（a））と、括れ部 11a にポリエチレンを充填した場合での透過率スペクトルにおけるディップ波形の変化を図 13 に示す。図 13 は Z 偏波（第 2 の電磁波）を照射した場合を示している。図 13 の結果を図 11 の結果と比較すると、Z 偏波（第 2 の電磁波）を照射する場合において、括れ部のみに被測定物を保持することにより、被測定物の存在に基づくディップ波形の周波数シフト量が増加し、本発明の周期的構造体を用いた測定の測定感度が向上すると考えられる。

[0068] (比較例 1)

比較例として、図 14 に示されるような、独立したスリットリング共振器 3 周期的に配列された構造を有する周期的構造体について、実施例 1 と同様にして電磁波透過率の周波数特性のシミュレーション計算を行った。ただし、比較例 1 では、Y 偏波（第 1 の電磁波）を照射した場合のみについて計算を行った。

[0069] 図 15 は、図 14 に示す周期的構造体の単位構造を示す正面図である。スリットリング共振器 3 の一方の主面を入射面、その反対面を検出面とし、周期境界は図 14 の点線部分のように設定した。図 14 に示す設計パラメータ

として、 G は $0\ \mu\text{m}$ に設定した（すなわち、スリットのないリング共振器をシミュレーションの対象とした）。 D_1 は $260\ \mu\text{m}$ 、 D_2 は $180\ \mu\text{m}$ 、 T （板厚）は $60\ \mu\text{m}$ に設定し、 P （ピッチ）は 280 、 300 、 340 および $420\ \mu\text{m}$ に設定した。また、周期的構造体の材料は Au とした。なお、計算上は、単位構造を XYZ 方向の寸法が全て $5\ \mu\text{m}$ のユニットセルに分割した。

[0070] 図16に、計算により得られた各ピッチの設定値に対する透過率スペクトルを示す。図16の結果から、 $P=280\ \mu\text{m}$ （リング間隔（ $P-D_1$ ）： $20\ \mu\text{m}$ ）、 $P=300\ \mu\text{m}$ （リング間隔： $40\ \mu\text{m}$ ）の場合では、図8の Y 偏波を照射した場合の透過率スペクトルと同様に、 $1\ \text{THz}$ 近辺に通過帯を持つバンドパス波形が維持できているが、 $P=340\ \mu\text{m}$ （リング間隔： $80\ \mu\text{m}$ ）、 $P=420\ \mu\text{m}$ （リング間隔： $160\ \mu\text{m}$ ）の場合では、バンドパス波形が大きく崩れてしまっている。このように、図14に示すような周期的構造体では、リング間隔の調整が必要であることがわかる。

[0071] また、図8の Y 偏波を照射した場合の透過率スペクトルと比較して、全てのピッチ P の波形において、通過帯にノッチ波形（不要共振波形）が生じてしまっていることがわかる。

[0072] （実施例4）

本実施例では、図2に示す周期的構造体を実際に作製し、テラヘルツ時間領域分光法（ THz-TDS ）による透過率スペクトルの測定を行った。

[0073] 図2に示す構造体の作製手順について以下に説明する。 $300\ \text{mm}$ 角の平滑面を有する導体板を用意し、その片面に感光性樹脂層を厚み $100\ \mu\text{m}$ で塗布・乾燥した。図2の主面内の周期構造が展開されたフォトマスクを用意し、図2の空隙部11に相当する部分を UV 硬化させた。非硬化樹脂分をリンスで除去し、図2の空隙部11に相当する部分以外の導体板を露出させた。フォトリソグラフィーによるパターニングが終わった面に対して、剥離用のポリマー溶液を塗布・乾燥することで、導体板露出部分に極薄い剥離層を形成した。

[0074] このようにして得られた導体板をNi電界メッキ浴中に配置し通電することで、導体板露出部分のみにNiメッキ膜を厚み60 μ mで形成した。メッキ後、導体板に残る硬化樹脂分を溶剤にて除去し、導体板からNiメッキ構造体を剥離することで、Ni製の平板状の周期的構造体を得た。

[0075] 得られた周期的構造体について、実施例1と同様に、第1の電磁波（Y偏波）と第2の電磁波（Z偏波）の各々を照射し、透過率の周波数特性を図1に示すような装置を用いてTHz-TDSにより測定した。

[0076] 図17に、第1の電磁波（Y偏波）と第2の電磁波（Z偏波）の各々を照射したときの透過率の周波数特性を示す。図17の結果から、実際に作製した周期的構造体においても、図8に示す実施例1のシミュレーション結果と同様の結果が得られていることがわかる。

[0077] （実施例5）

被測定物として厚み10 μ mのポリエチレン製フィルムを用意した。このフィルムを、実施例4で作製した周期的構造体の一方の主面に密着させた状態で、実施例4と同様にして透過率スペクトルを測定した。

[0078] 図18に、第1の電磁波（Y偏波）と第2の電磁波（Z偏波）の各々を照射したときの透過率の周波数特性を示す。図18の結果から、実際に作製した周期的構造体においても、図10および図11に示す実施例2のシミュレーション結果と同様の結果が得られていることがわかる。

[0079] （実施例6）

実施例4で作製した周期的構造体に対して、括れ部11aにのみ被測定物を配置した時のZ偏波（第2の電磁波）の透過率スペクトルを測定した。

[0080] まず、実施例4で使用した感光性樹脂と同じものを用いて、実施例4で得た周期的構造体の表面をスピコートし（括れ部11aにも感光性樹脂を充填されている）、次に、切欠部のみが露光されるフォトマスクを用意し、周期的構造体をアライメントした後、切欠部のみの樹脂を硬化させ、他の非露光部はリンスにより除去することで、括れ部のみに感光性樹脂が残った試料を得た（図9（b）のPEの代わりに感光性樹脂が充填された状態）。

[0081] この括れ部のみに感光性樹脂が充填された周期的構造体について、実施例 3 と同様に、Z 偏波の透過率スペクトルを測定した。なお、比較として、感光性樹脂が充填されていない実施例 4 で得た周期的構造体のみについても、同様に Z 偏波の透過率スペクトルを測定した。測定結果を図 19 に示す。

[0082] 図 19 の結果から、実際に作製した周期的構造体においても、図 13 に示す実施例 3 のシミュレーション結果と同様の結果が得られていることがわかる。

[0083] 上述の実施例では、被測定物としてポリエチレン製フィルムや感光性樹脂の例を示したが、これらは一例であり、タンパク、糖鎖、DNA などの生体分子や有機・無機化合物などを被測定物としてもよい。

[0084] また、上述の実施例では、被測定物を周期的構造体に直接固定化して測定を行う例を示したが、前述の分子などは、チオール基やシランカップリング基などで周期的構造体に固定されたプローブ分子を介した特異的吸着により固定化してもよい。

[0085] 今回開示された実施の形態および実施例はすべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は上記した説明ではなくて請求の範囲によって示され、請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

符号の説明

[0086] 1 周期的構造体、10 単位構造、11 空隙部、11a 括れ部（切欠部、スリット）、20 波源、21 検出面、3 スリットリング共振器、7 レーザ、70 ハーフミラー、71 ミラー、72, 73, 74, 75 放物面ミラー、76 時間遅延ステージ、77, 78 光電導素子、80 電源、81 発振器、82 ロックインアンプ、83 PC（パーソナルコンピュータ）、84 アンプ。

請求の範囲

- [請求項1] 主面に垂直な方向に貫通した少なくとも2つの空隙部が、前記主面上の少なくとも一方向に周期的に配置された平板状の周期的構造体であって、
- 前記空隙部の形状が、前記主面と直交する面の1つである仮想面に対して鏡映対称とならない形状であり、
- 前記空隙部は、前記主面と前記仮想面の交線と平行な方向の幅であるギャップ間隔が部分的に狭くなった括れ部を有していることを特徴とする、周期的構造体。
- [請求項2] 前記周期的構造体に被測定物を保持し、
- 前記周期的構造体の主面に対して垂直方向に、直線偏光の電磁波を照射し、
- 前記周期的構造体で前方散乱または後方散乱された電磁波を検出し、
- 前記前方散乱された電磁波の周波数特性に生じるディップ波形、または、前記後方散乱された電磁波の周波数特性に生じるピーク波形が、前記被測定物の存在により変化することに基づいて被測定物の特性を測定する測定方法に用いられる、請求項1に記載の周期的構造体。
- [請求項3] 前記空隙部において、前記括れ部の両側の前記ギャップ間隔が前記括れ部よりも広がっている、請求項1または2に記載の周期的構造体。
- [請求項4] 請求項1に記載の周期的構造体に被測定物を保持し、
- 前記周期的構造体の主面に対して垂直方向に、直線偏光の電磁波を照射し、
- 前記周期的構造体で前方散乱または後方散乱された電磁波を検出し、
- 前記前方散乱された電磁波の周波数特性に生じるディップ波形、または、前記後方散乱された電磁波の周波数特性に生じるピーク波形が

、前記被測定物の存在により変化することに基づいて被測定物の特性を測定することを特徴とする測定方法。

[請求項5] 前記周期的構造体に対し、偏光方向が前記仮想面に対して垂直である第1の電磁波を照射する第1のステップ、および／または、

前記周期的構造体に対し、偏光方向が前記仮想面に対して平行である第2の電磁波を照射する第2のステップを含み、

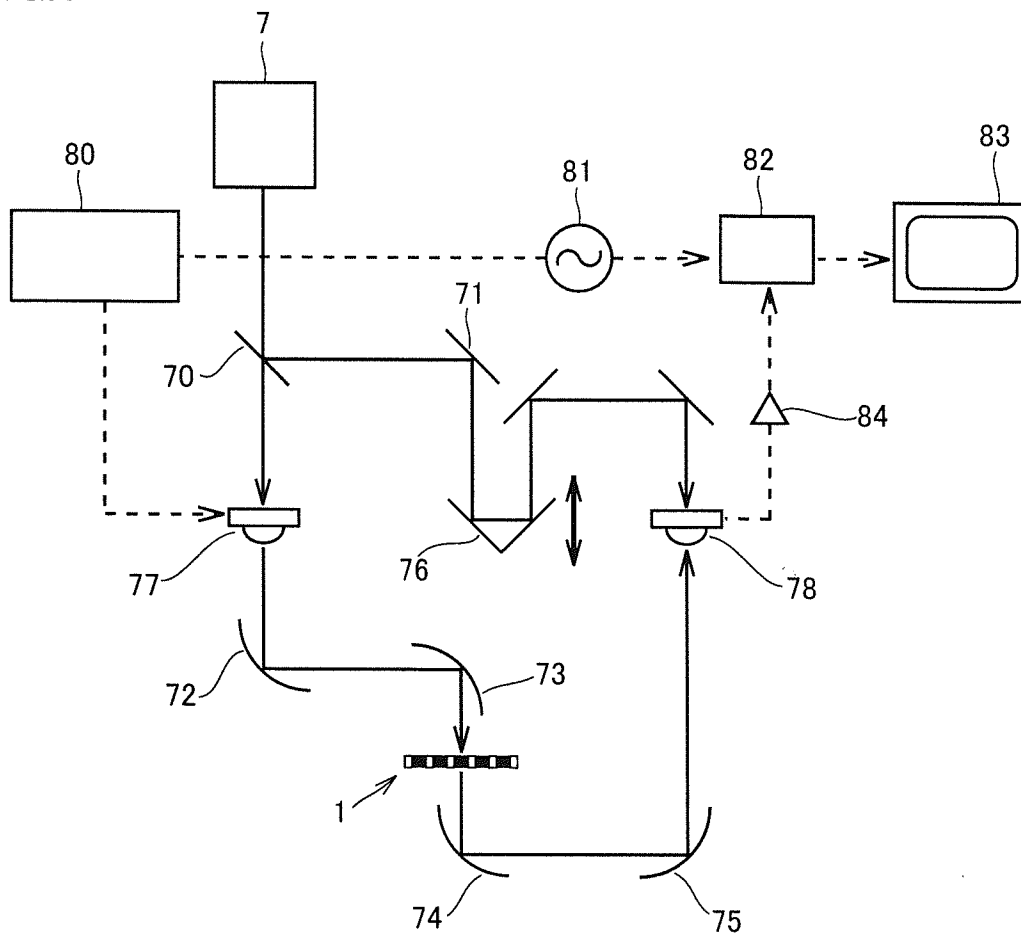
前記第1のステップと前記第2のステップで、異なるモードの共振が生じる、請求項4に記載の測定方法。

[請求項6] 前記第1のステップにより生じる共振がTE₁₁モード様共振であり、前記第2のステップにより生じる共振がLC共振である、請求項5に記載の測定方法。

[請求項7] 前記第2のステップにより生じる共振に基づく前記ディップ波形または前記ピーク波形の周波数が、前記第1のステップにより生じる共振に基づく前記ディップ波形または前記ピーク波形の周波数の1/10～10倍になるように、前記括れ部の前記主面と前記仮想面の交線と平行な方向の幅が調節されている、請求項5または6に記載の測定方法。

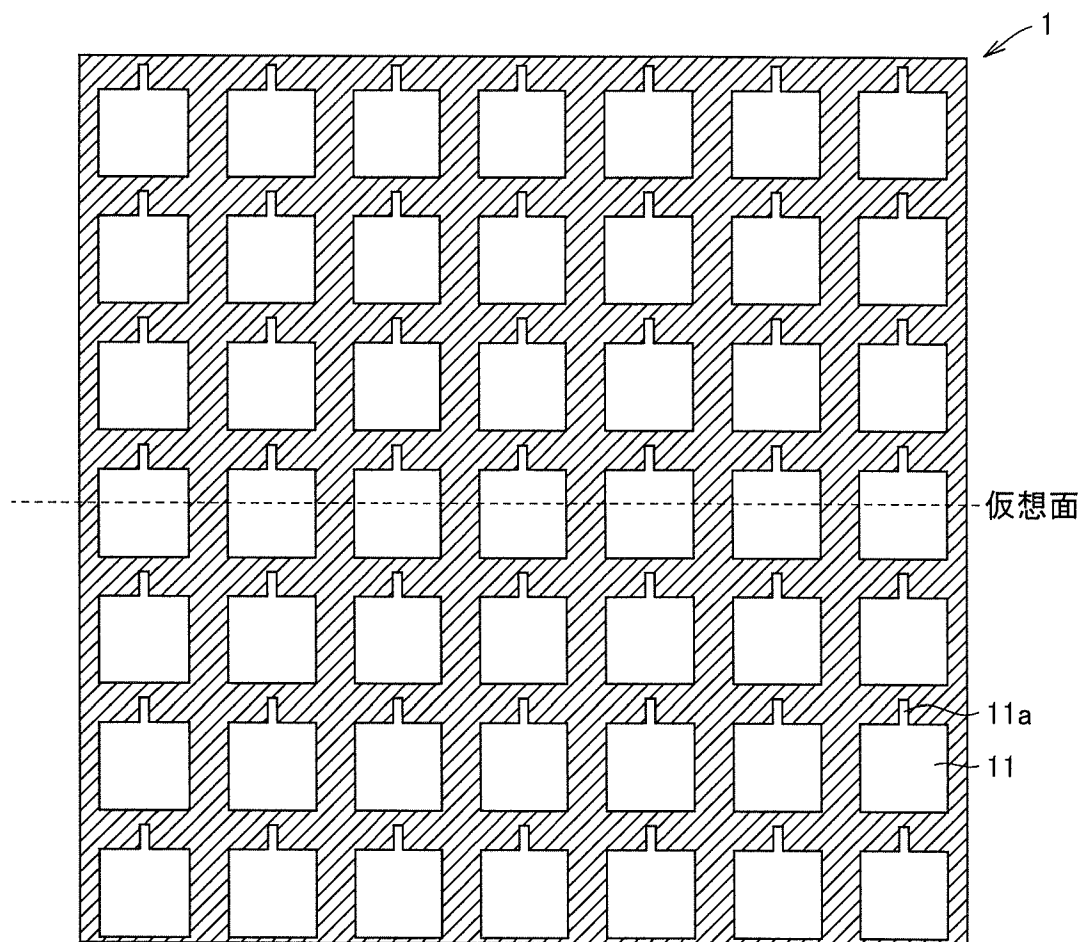
[図1]

FIG. 1



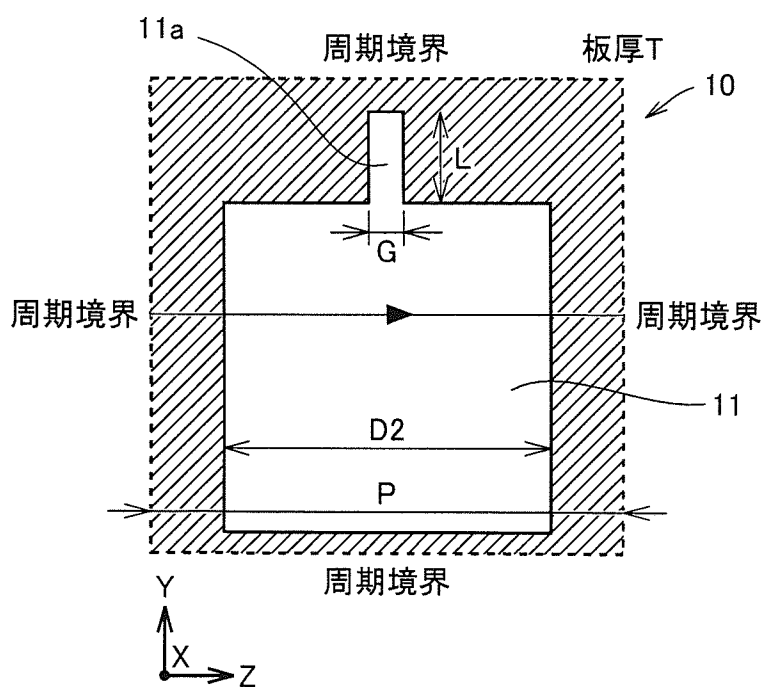
[図2]

FIG.2



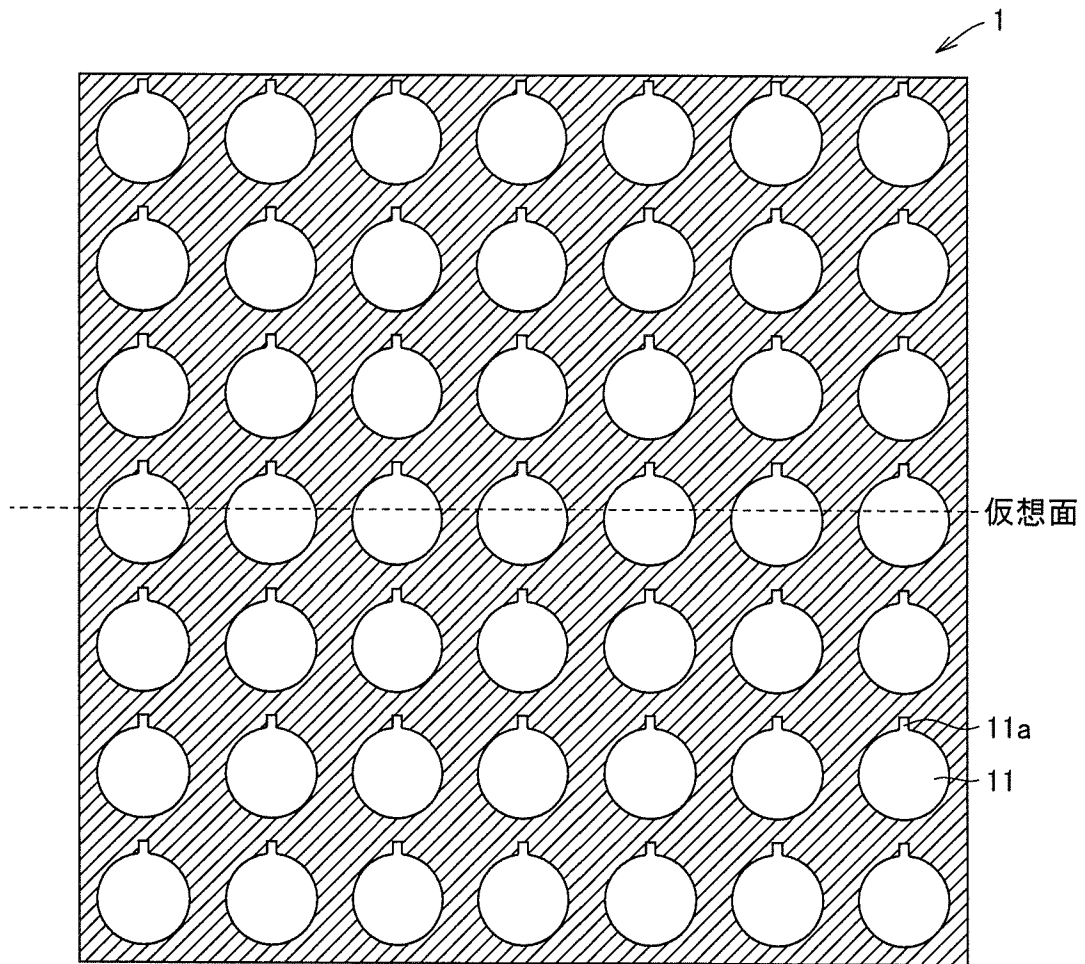
[図3]

FIG.3



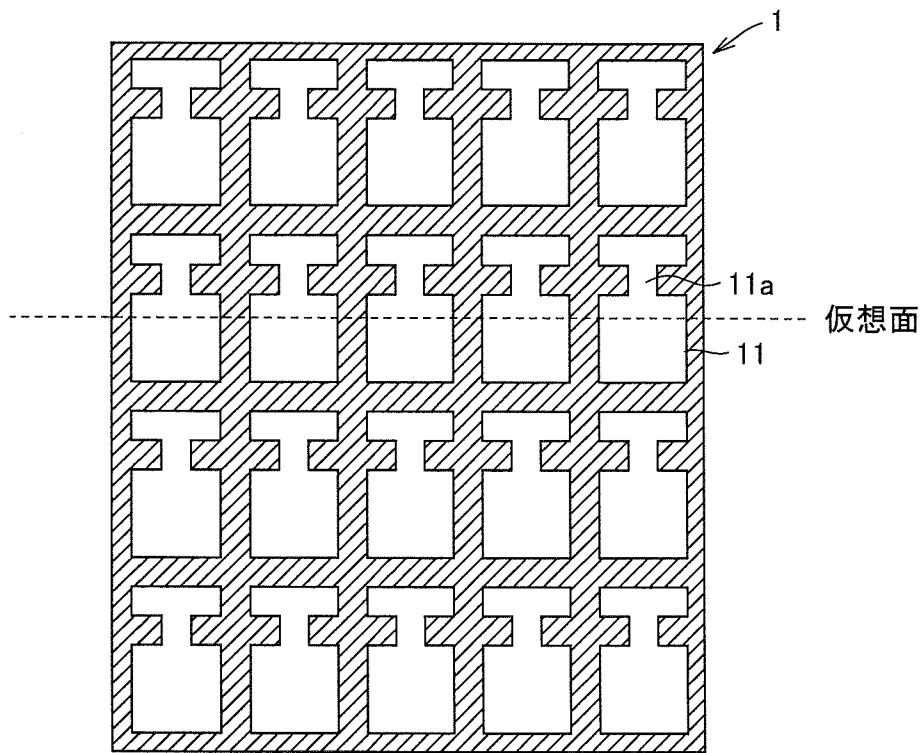
[図4]

FIG.4



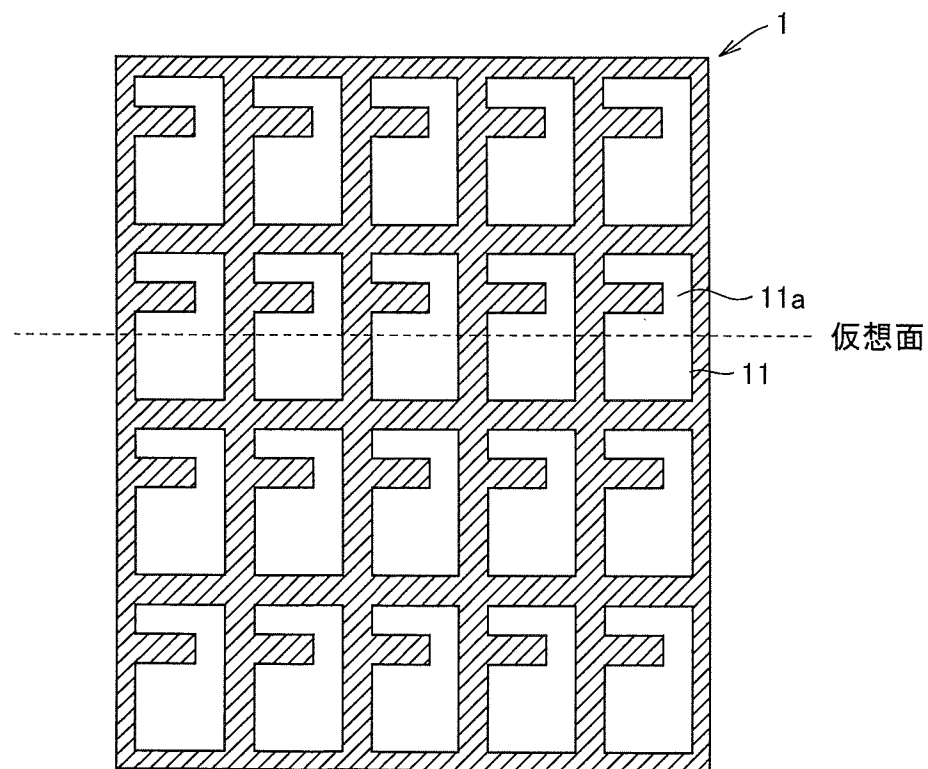
[図5]

FIG.5



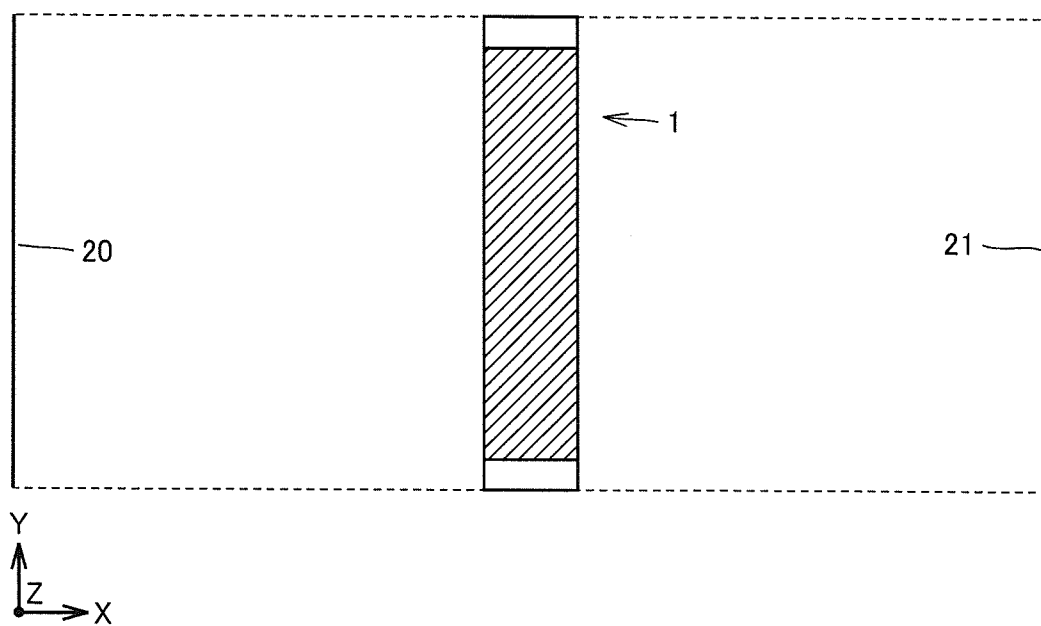
[図6]

FIG.6



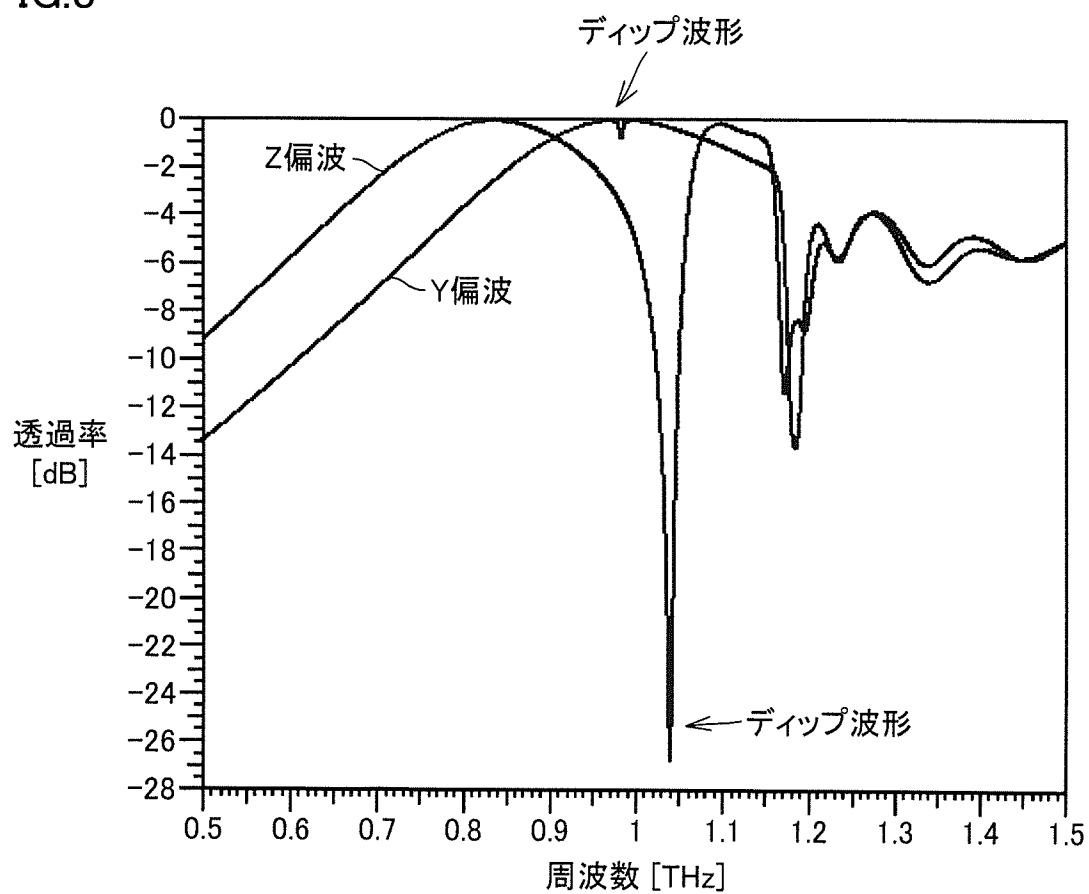
[図7]

FIG. 7



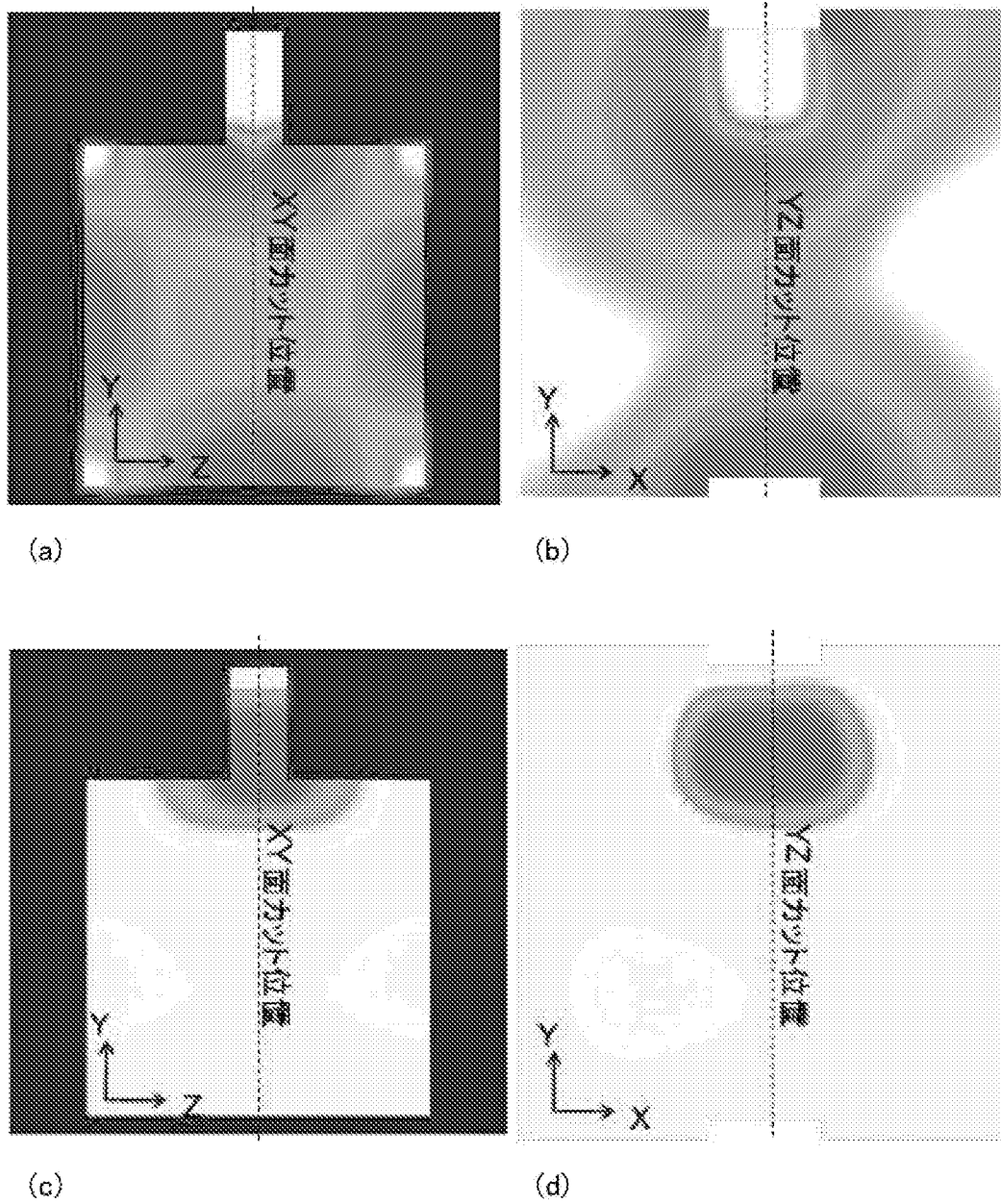
[図8]

FIG. 8



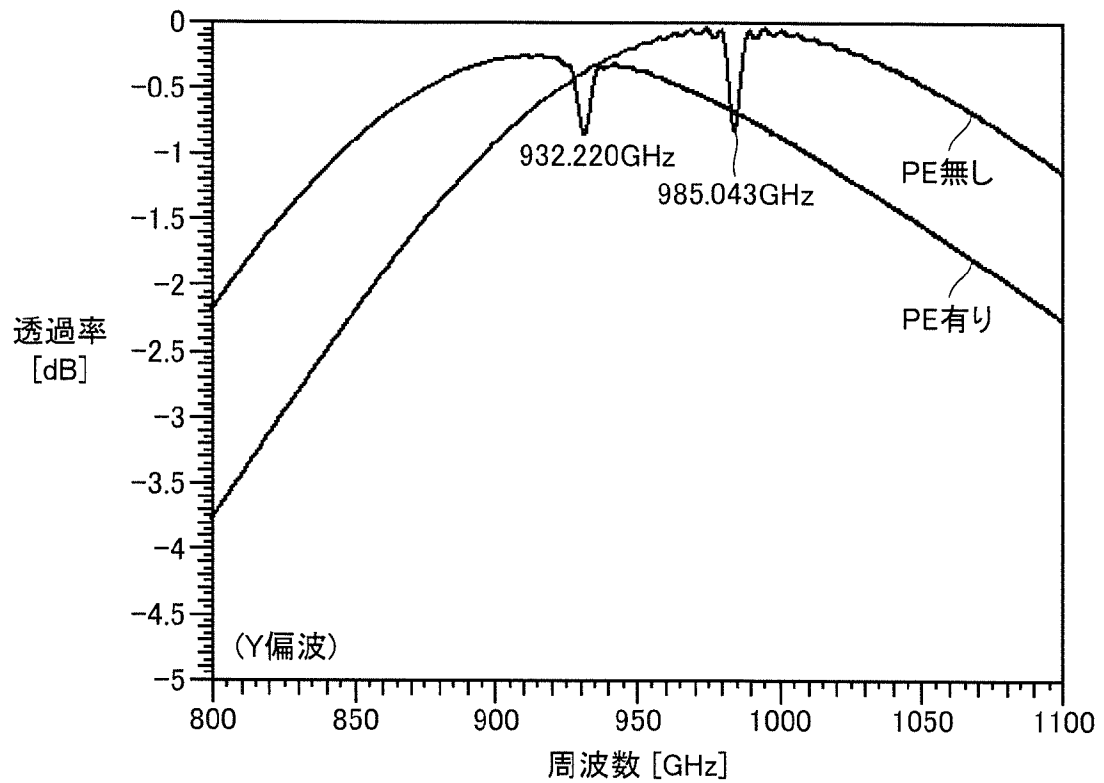
[図9]

FIG.9



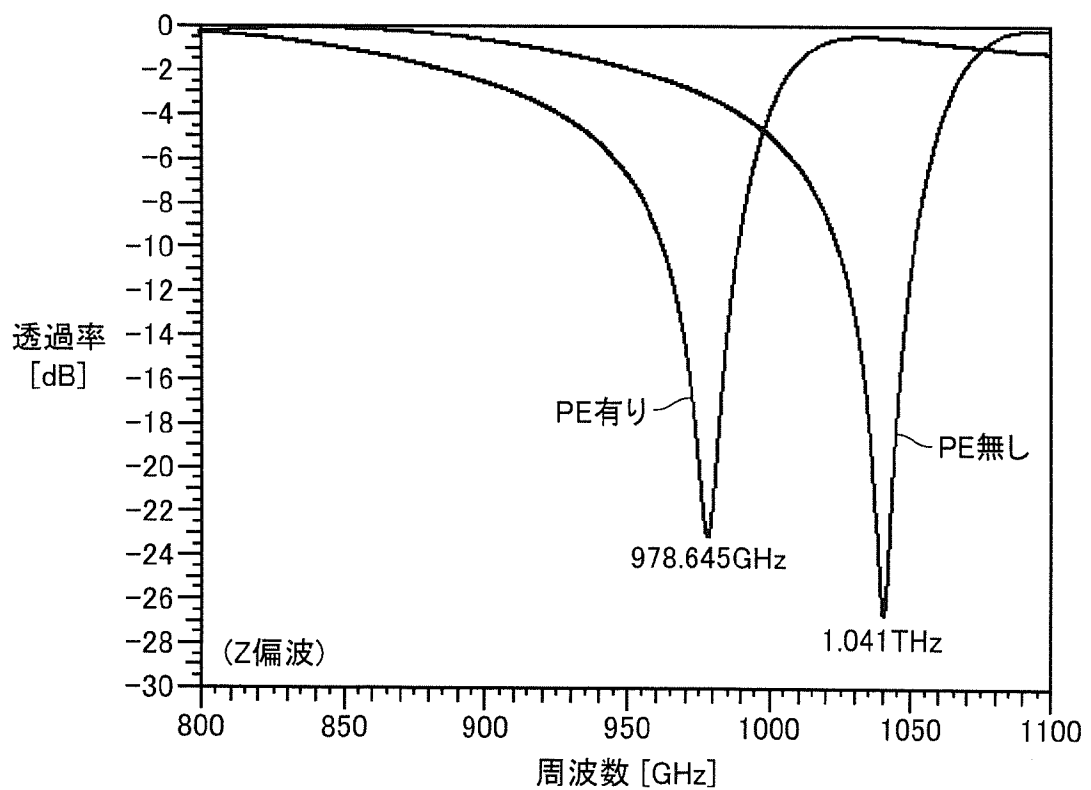
[図10]

FIG.10



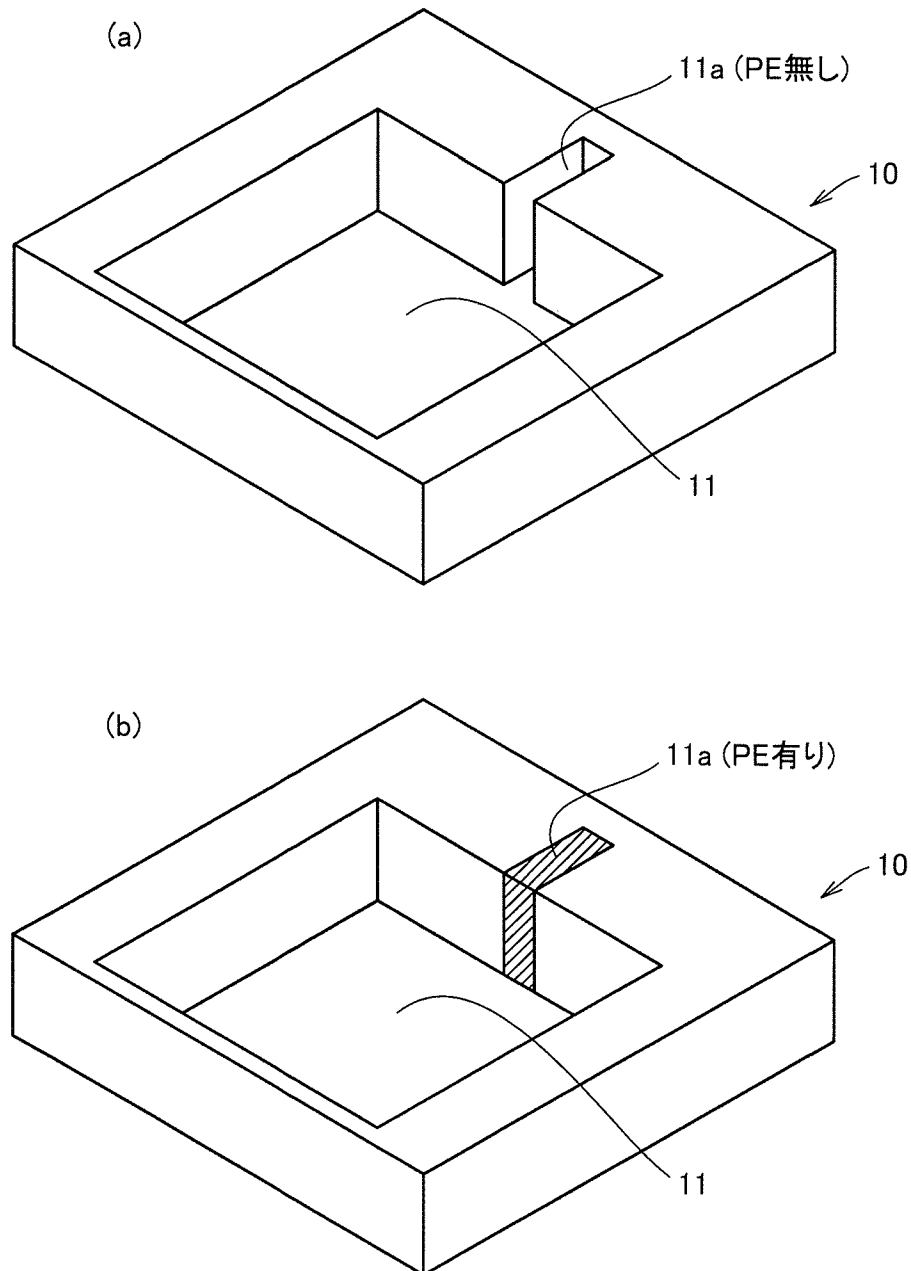
[図11]

FIG.11



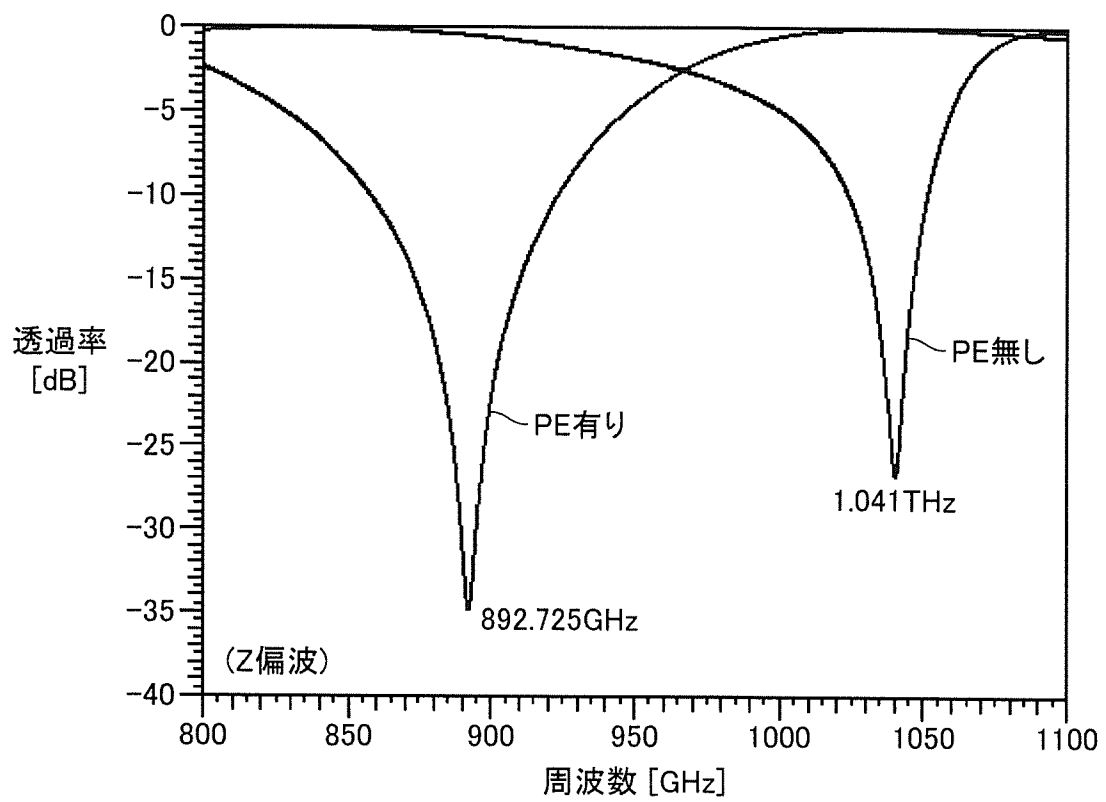
[図12]

FIG.12



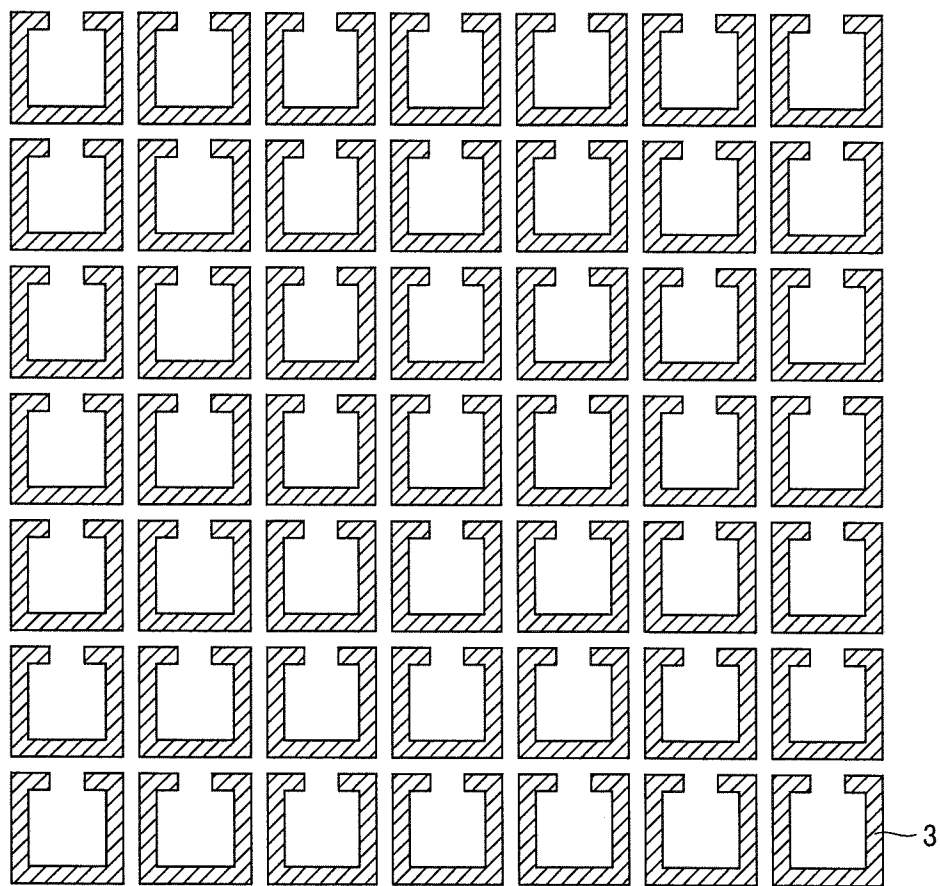
[図13]

FIG.13



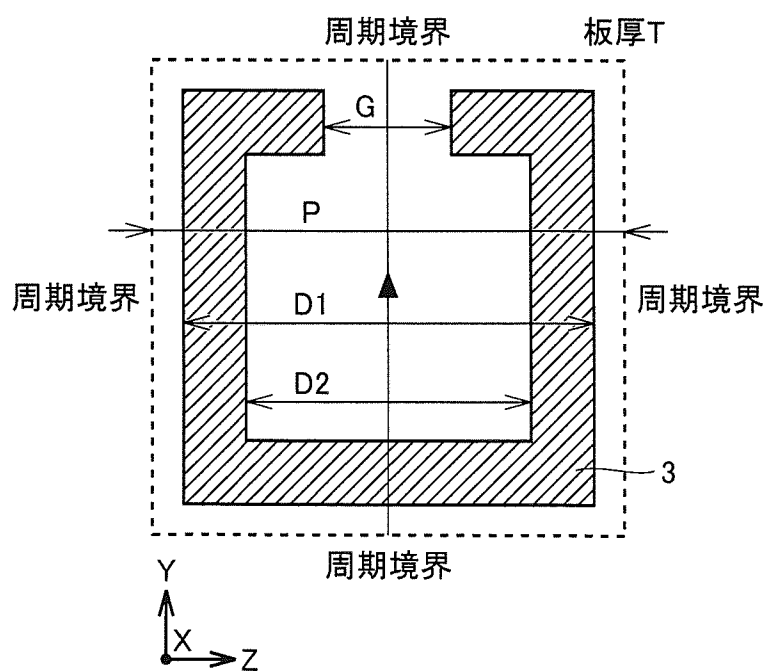
[圖14]

FIG.14



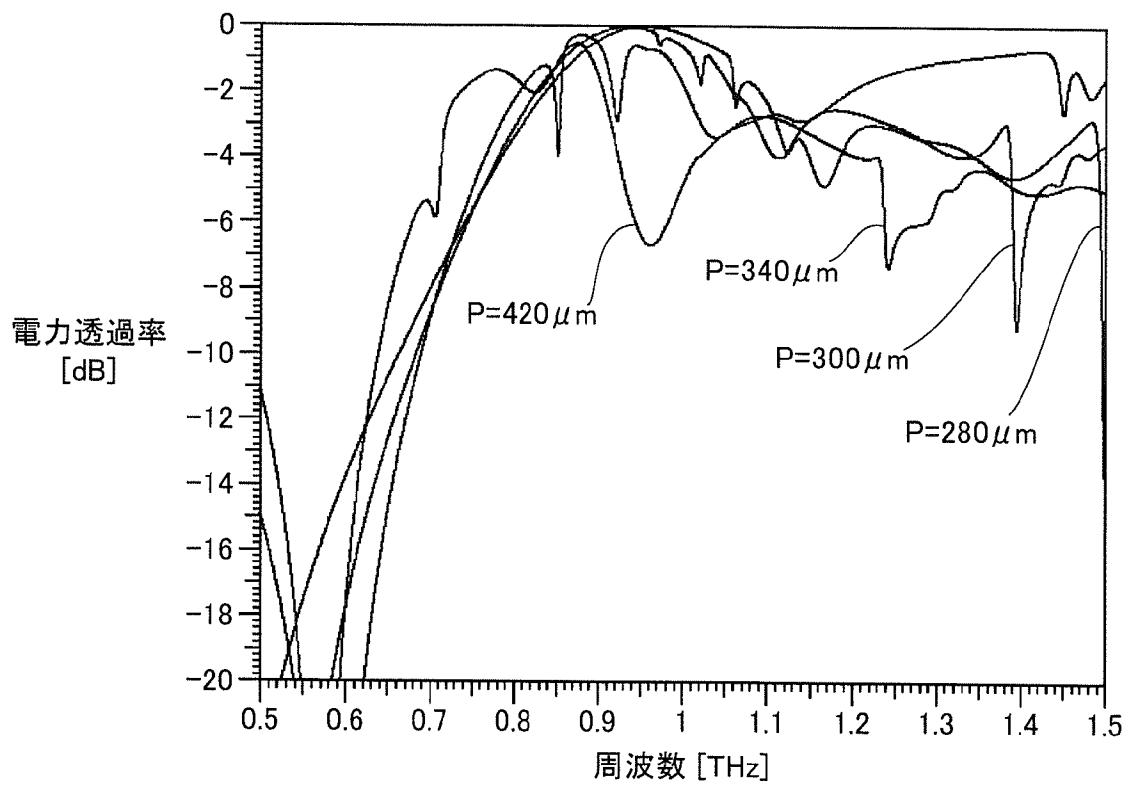
[圖15]

FIG.15



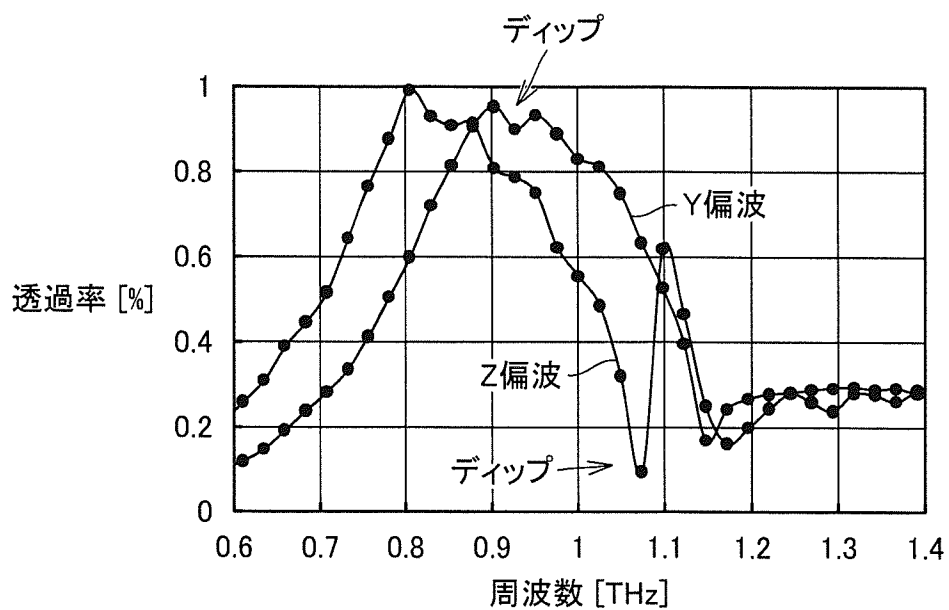
[図16]

FIG.16



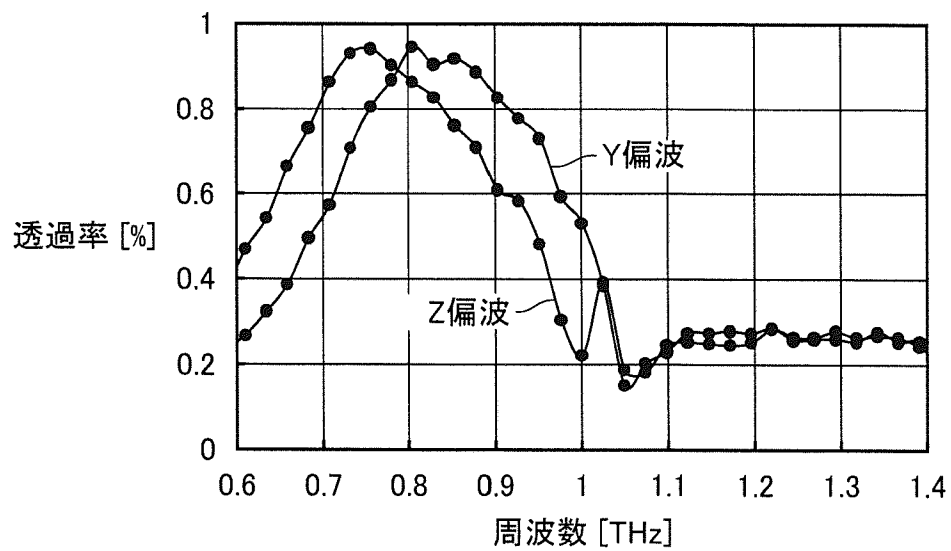
[図17]

FIG.17



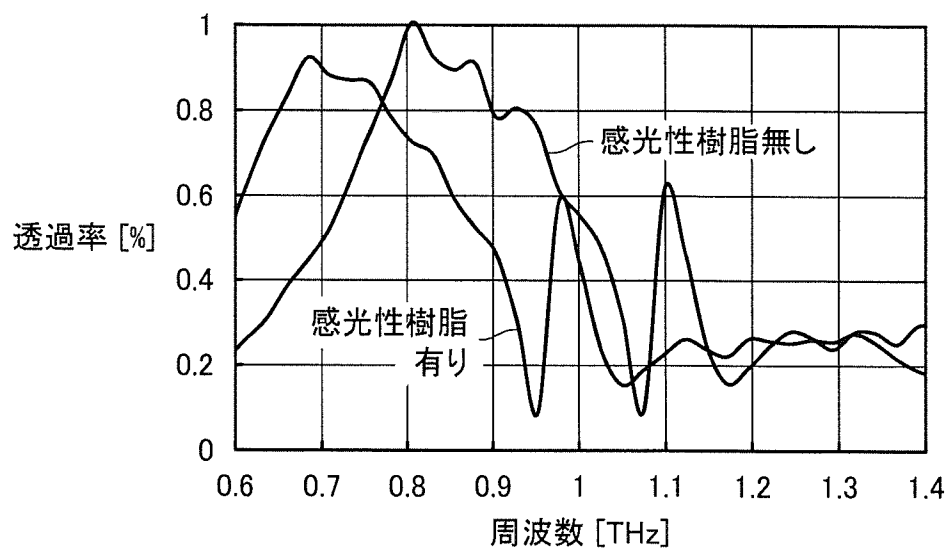
[図18]

FIG.18



[図19]

FIG.19



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/070878

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01N21/35 (2006.01) i, G01N21/01 (2006.01) i

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)

G01N21/00-21/61, G0J3/00-3/52, G01J4/00-4/04, G01J7/00-9/04

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 1996-2012

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2012 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2012

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

JSTPlus/JMEDPlus/JST7580 (JDreamII)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 2011/077949 A1 (Murata Mfg. Co., Ltd.), 30 June 2011 (30.06.2011), paragraphs [0010] to [0018], [0032], [0038] to [0050], [0099] to [0101], [0144] to [0148]; fig. 7, 22 to 24 (Family: none)	1-7
Y	WO 2011/027642 A1 (Murata Mfg. Co., Ltd.), 10 March 2011 (10.03.2011), paragraphs [0023] to [0035], [0042] to [0050], [0069] to [0071], [0089] to [0090]; fig. 9, 11, 13, 19 (Family: none)	1-7
Y	Singh R, et.al., Random terahertz metamaterials, Journal of Optics, 2010.01, Vol.12, No.1, pp.015101, 1-5	5-7

☒ 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
05 November, 2012 (05.11.12)Date of mailing of the international search report
20 November, 2012 (20.11.12)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/070878

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	Gadot F, et.al., Infrared response of a metamaterial made of gold wires and split ring resonators deposited on silicon, Optical and Quantum Electronics, 2007.07.03, Vol.39, No.4/6, pp.273-284	5-7
A	JP 2011-515688 A (Dritte Patentportfolio Beteiligungsgesellschaft mbH & Co. KG), 19 May 2011 (19.05.2011), paragraphs [0006] to [0007] & US 2011/0017910 A1 & EP 2257785 A & WO 2009/118287 A1 & DE 102008016294 A	1-7
A	WO 2011/142155 A1 (Murata Mfg. Co., Ltd.), 17 November 2011 (17.11.2011), paragraphs [0049] to [0051] (Family: none)	1-7

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. G01N21/35 (2006.01)i, G01N21/01 (2006.01)i

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 (I P C))

Int.Cl. G01N21/00-21/61, G0J3/00-3/52, G01J4/00-4/04, G01J7/00-9/04

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 2 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 2 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 2 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)

JSTPlus/JMEDPlus/JST7580 (JDreamII)

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
Y	W0 2011/077949 A1 (株式会社村田製作所) 2011.06.30, 段落 0 0 1 0 - 段落 1 8、段落 0 0 3 2、段落 0 0 3 8 - 段落 0 0 5 0、段落 0 0 9 9 - 0 1 0 1、段落 0 1 4 4 - 0 1 4 8、図 7、図 2 2 - 図 2 4 (ファミリーなし)	1-7
Y	W0 2011/027642 A1 (株式会社村田製作所) 2011.03.10, 段落 0 0 2 3 - 段落 0 0 3 5、段落 0 0 4 2 - 段落 0 0 5 0、段落 0 0 6 9 - 段落 0 0 7 1、段落 0 0 8 9 - 段落 0 0 9 0、図 9、図 1 1、図 1 3、図 1 9 (ファミリーなし)	1-7

☒ 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

0 5 . 1 1 . 2 0 1 2

国際調査報告の発送日

2 0 . 1 1 . 2 0 1 2

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (I S A / J P)

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

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)

横尾 雅一

2 W

3 7 1 6

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 9 2

C (続き) . 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
Y	Singh R , et.al., Random terahertz metamaterials, Journal of Optics, 2010.01, Vol.12, No.1, pp.015101,1-5	5-7
Y	Gadot F , et.al., Infrared response of a metamaterial made of gold wires and split ring resonators deposited on silicon, Optical and Quantum Electronics, 2007.07.03, Vol.39, No.4/6, pp.273-284	5-7
A	JP 2011-515688 A (ドリッテ パテントポートフォリオ ベタイ リグングスゲゼルシャフト ミット ベシュレンクテル ハフツン グ ウント コンパニー コマンディートゲゼルシャフト) 2011.05.19, 段落0006-段落0007 & US 2011/0017910 A1 & EP 2257785 A & WO 2009/118287 A1 & DE 102008016294 A	1-7
A	WO 2011/142155 A1 (株式会社村田製作所) 2011.11.17, 段落004 9-段落0051 (ファミリーなし)	1-7