

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B1)

(11) 特許番号

特許第5626740号
(P5626740)

(45) 発行日 平成26年11月19日(2014.11.19)

(24) 登録日 平成26年10月10日(2014.10.10)

(51) Int.Cl. F I
G O 2 B 5/30 (2006.01) G O 2 B 5/30

請求項の数 4 (全 17 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2013-179151 (P2013-179151)</p> <p>(22) 出願日 平成25年8月30日 (2013. 8. 30)</p> <p>審査請求日 平成25年11月29日 (2013.11. 29)</p> <p>(出願人による申告) 平成25年度、総務省、戦略的情報通信研究開発推進制度 (SCOPE)、産業技術力強化法第19条の適用を受ける特許出願</p> <p>早期審査対象出願</p>	<p>(73) 特許権者 504203572 国立大学法人茨城大学 茨城県水戸市文京二丁目1番1号</p> <p>(74) 代理人 100102635 弁理士 浅見 保男</p> <p>(74) 代理人 100103735 弁理士 鈴木 隆盛</p> <p>(72) 発明者 鈴木 健仁 茨城県日立市中成沢町四丁目12番1号 国立大学法人茨城大学 工学部内</p> <p>審査官 最首 祐樹</p>
--	---

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ワイヤーグリッド装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

細長い矩形状の金属薄板が一面に形成されている矩形状のフィルムからなるフィルム基板を複数枚積層することにより構成されており、

前記フィルム基板が複数枚積層された状態において、前記金属薄板が相互に重なるように配置され、各フィルム基板に形成された前記金属薄板により構成された平行平板により、テラヘルツ光の偏光子として動作するワイヤーグリッドが構成されていることを特徴とするワイヤーグリッド装置。

【請求項2】

テラヘルツ光の偏光子として動作する前記ワイヤーグリッドにおいて、前記金属薄板の短辺の幅 a が 1.0 mm 、前記フィルム基板の厚さ d が $0.5 \text{ }\mu\text{m} \sim 5.0 \text{ }\mu\text{m}$ とされることを特徴とする請求項1記載のワイヤーグリッド装置。

【請求項3】

平板状の底部と、該底部の上面から立設した複数本の立設柱とを有する基台と、前記基台の前記立設柱の位置が切り欠かれた前記フィルム基板を複数枚積層したフィルム基板積層体と、

平板状の平板部と、該平板部において前記基台の前記立設柱の位置が切り欠かれている押さえ板とを備え、

前記フィルム基板積層体が前記複数本の立設柱により位置合わせされて前記基台に収納され、該フィルム基板積層体の上に前記押さえ板が載置され、該押さえ板に挿通されたネ

10

20

ジが前記基台に螺着されていることを特徴とする請求項 1 または 2 記載のワイヤーグリッド装置。

【請求項 4】

所定の奥行きを有する直方体状とされた導電性の枠体と、該枠体の一辺に平行に前記枠体を貫通するよう多数形成されたスリットとから構成されるテラヘルツ光の偏光子として動作するワイヤーグリッド装置であって、

前記スリットが多数形成されることにより、前記スリット間に多数のグリッドが形成され、前記スリットの幅 d が $50 \mu\text{m}$ 、前記枠体の奥行き a が 2.0mm 、前記グリッドの幅 w が $50 \mu\text{m}$ 以下とされることを特徴とするワイヤーグリッド装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、主にテラヘルツ電磁波の偏光や検光等に用いられるワイヤーグリッド装置に関する。

【背景技術】

【0002】

テラヘルツ電磁波は周波数が $0.1 \sim 10 \text{THz}$ (波長が $30 \mu\text{m} \sim 3000 \mu\text{m}$) の電磁波とされており、波長が遠赤外～ミリ波領域とほぼ一致する。テラヘルツ電磁波は、「光」と「ミリ波」に挟まれた周波数領域に存在しているため、光と同様に高い空間分解能でものを見分ける能力と、ミリ波と同様の物質を透過する能力を併せ持っている。テラヘルツ波帯はこれまで未開拓電磁波であったが、この周波数帯の電磁波の特徴を生かした時間領域分光、イメージング及びトモグラフィーによる材料のキャラクタリゼーションへの応用などが検討されてきている。テラヘルツ電磁波を用いると、物質透過性と直進性を兼ね備えるため X 線に替わる安全かつ革新的なイメージングが可能になったり、数 100Gbps 級の超高速無線通信を可能とすることができる。

【0003】

従来、主にテラヘルツ電磁波の偏光や検光等にはワイヤーグリッドを用いることが提案されており、このワイヤーグリッドの実現に向けて研究が進められている。

従来の自立型ワイヤーグリッドの一例は、直径 $5 \mu\text{m} \sim 50 \mu\text{m}$ 程度の金属細線を、1 本ずつ設定された間隔で平行に並べ、金属枠に接着剤で貼り付けて作成されている。この自立型ワイヤーグリッドは、適用可能な周波数に限界があり、概ね 1.5THz 以上のテラヘルツ電磁波の偏光子に適用可能な構造のものは、微細な構造となることから実現することが困難とされている。

【0004】

テラヘルツ波帯の偏光子に適用可能なワイヤーグリッド用金属板が特許文献 1 に開示されており、このワイヤーグリッド用金属板 101 の構成を示す平面図を図 14 に、ワイヤーグリッド用金属板 101 の一部の拡大平面図を図 15 に、図 15 の一部を更に拡大して示す平面図を図 16 (a) に、その A - A 線で切断した断面図を図 16 (b) に示す。

【0005】

ワイヤーグリッド用金属板 101 は例えば直径 $20 \text{mm} \sim 100 \text{mm}$ 程度のニッケルの円板形状とされ、図 14～図 16 (a) (b) に示すように、縦方向に棧状(細線状)に延びる複数の縦棧部 111 と、各縦棧部 111 にほぼ直交する少なくとも 1 つの横棧部 112 とを有し、縦棧部 111 及び横棧部 112 は、それぞれの両端部が円形又は矩形のフランジ部 113 につながっている。

縦棧部 111 の幅(ワイヤー幅)や間隔は、ワイヤーグリッド用金属板 101 の性能を決定するパラメータであり、適用する光の周波数に応じて定まる。そして、ワイヤーグリッド用金属板 101 は、 1.5THz 以上のテラヘルツ電磁波にも適用可能な構造とすることができ、縦棧部 111 の幅 W_a は $1.5 \mu\text{m} \sim 50 \mu\text{m}$ とすることができる。

【0006】

ワイヤーグリッド用金属板 101 においては、横棧部 112 が、少なくとも所定幅以上

10

20

30

40

50

であって縦棧部 1 1 1 の幅以上に幅広とされている。これにより、幅 W_a が $1.5 \mu\text{m} \sim 50 \mu\text{m}$ の細線構造の縦棧部 1 1 1 を製造可能となる。また、ワイヤグリッド用金属板 1 0 1 の板厚は、基板からの引き剥がし等における物理的強度や透過光特性の劣化を考慮して定める必要があり、板厚は $10 \mu\text{m}$ とされている。

なお、縦棧部 1 1 1 の幅 W_a はワイヤグリッド用金属板 1 0 1 の性能を決定するパラメータとして一義的に定まるが、横棧部 1 1 2 の幅 W_b や間隔（個数）等は、主にワイヤグリッド用金属板 1 0 1 の強度を確保する観点から定まる。このため、横棧部 1 1 2 の幅 W_b は、縦棧部 1 1 1 の幅以上の幅広に形成されている。具体的には、縦棧部 1 1 1 の幅 W_a を $1.5 \mu\text{m} \sim 50 \mu\text{m}$ とし、横棧部 1 1 2 を $15 \mu\text{m}$ 以上であって縦棧部 1 1 1 より幅広に形成する。

10

【0007】

図 17 に、縦棧部 1 1 1 の幅 W_a が $20 \mu\text{m}$ 、縦棧部 1 1 1 の間隔が $60 \mu\text{m}$ 、横棧部 1 1 2 の幅 W_b が $20 \mu\text{m}$ 、横棧部 1 1 2 の間隔が 5mm 、厚みが $50 \mu\text{m}$ とされたワイヤグリッド用金属板 1 0 1 を使用した場合の特性を示す。図 17 に示す透過配置の特性線 2、阻止配置の特性線 2 から、周波数 $0.1 \sim 1.5 \text{THz}$ のテラヘルツ光に対して偏光子として動作していることが分かる。この場合、テラヘルツ光の電場の振幅方向が縦棧部 1 1 1 の延伸方向である縦方向と直交する場合に透過配置となり、テラヘルツ光の電場の振幅方向が縦棧部 1 1 1 の延伸方向である縦方向の場合に阻止配置となる。

【先行技術文献】

【特許文献】

20

【0008】

【特許文献 1】特許第 5 1 4 1 3 2 0 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

しかしながら、テラヘルツ電磁波の偏光や検光等に用いられるワイヤグリッド装置の消光比として、強度透過率で約 10^{-6} クラスの特性が求められているが、特許文献 1 に記載のワイヤグリッド用金属板 1 0 1 においては、このような高い消光比を達成することができなかった。

そこで、本発明は、従来のワイヤグリッド装置では実現不可能であった強度透過率で約 10^{-6} クラスの消光比を 1 素子で簡易に実現できるワイヤグリッド装置を提供することを目的としている。

30

【課題を解決するための手段】

【0010】

上記目的を達成するために、本発明のワイヤグリッド装置は、細長い矩形の金属薄板が一面に形成されている矩形のフィルムからなるフィルム基板を複数枚積層することにより構成されており、前記フィルム基板が複数枚積層された状態において、前記金属薄板が相互に重なるように配置され、各フィルム基板に形成された前記金属薄板により構成された平行平板により、テラヘルツ光の偏光子として動作するワイヤグリッドが構成されていることを最も主要な特徴としている。

40

【発明の効果】

【0011】

本発明のワイヤグリッド装置は、細長い矩形の金属薄板が一面に形成されている矩形のフィルムからなるフィルム基板を複数枚積層することにより構成されている、テラヘルツ光の偏光子として動作するワイヤグリッドを備えている。この場合、ワイヤグリッドを構成する平行平板とされる金属薄板の間隔は、ワイヤグリッド装置の性能を決定するパラメータであるが、この間隔はフィルム基板の厚さで一義的に決定される。すなわち、本発明のワイヤグリッド装置は、大量生産した場合にも上記間隔を安定して一定の値に保つことができ、ワイヤグリッド装置の歩留まりを向上することができる。また、フィルム基板の厚さを変更するだけで、ワイヤグリッド装置の性能を変更することが

50

できるようになる。なお、金属薄板の幅 a を約 1.0 mm 、金属薄板の長さ l を約 12.0 mm 、フィルム基板の厚さ d を約 $0.5 \mu\text{m} \sim 50 \mu\text{m}$ とすることにより、テラヘルツ波帯において強度透過率で約 10^{-6} クラスの消光比を 1 素子で簡易に実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】本発明の第1実施例のワイヤグリッド装置の構成を示す斜視図、一部拡大図および各部の寸法の例を示す図表である。

【図2】本発明の第1実施例のワイヤグリッド装置の解析モデルを示す図である。

【図3】本発明の第1実施例のワイヤグリッド装置の解析モデルによる解析結果を示す図である。

10

【図4】本発明の第2実施例のワイヤグリッド装置の構成およびフィルム基板の構成を示す斜視図、各部の寸法の例を示す図表である。

【図5】本発明の第2実施例のワイヤグリッド装置の解析モデルを示す図である。

【図6】本発明の第2実施例のワイヤグリッド装置の解析モデルによる解析結果を示す図である。

【図7】本発明の第2実施例のワイヤグリッド装置の解析モデルによる他の解析結果を示す図である。

【図8】本発明の第3実施例のワイヤグリッド装置の構成を示す正面図および平面図である。

20

【図9】本発明の第3実施例のワイヤグリッド装置の構成を示す分解組立図である。

【図10】本発明の第3実施例のワイヤグリッド装置におけるフィルム基板の構成を示す平面図およびフィルム基板積層体の構成を示す斜視図である。

【図11】本発明の第3実施例のワイヤグリッド装置における基台の構成を示す平面図および正面図である。

【図12】本発明の第3実施例のワイヤグリッド装置における押さえ板の構成を示す平面図および正面図である。

【図13】本発明の第3実施例のワイヤグリッド装置の解析結果を示す図である。

【図14】従来のワイヤグリッド用金属板の構成を示す斜視図である。

【図15】従来のワイヤグリッド用金属板の構成を示す一部の拡大平面図である。

30

【図16】従来のワイヤグリッド用金属板の構成を示す他の一部の拡大平面図である。

【図17】従来のワイヤグリッド用金属板の特性を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0013】

本発明の第1実施例のワイヤグリッド装置1の構成を示す斜視図を図1(a)に、その一部拡大図を図1(b)に、第1実施例のワイヤグリッド装置1の各部の寸法の例を示す図表を図1(c)に示す。

本発明の第1実施例のワイヤグリッド装置1は、図1(a)(b)に示すように所定の奥行きを有する直方体状とされた導電性の枠体1aと、枠体1aの縦方向に、枠体1aを貫通するよう多数形成されたスリット1bとから構成されている。枠体1aは金属製の導電性とされ、枠体1aの奥行きは a とされる。多数のスリット1bの縦方向の長さは l (小文字のエル) とされ、スリット1bは互いに平行に配置されている。スリット1b間の枠体1aの領域によりグリッド1cが形成される。スリット1bの幅は d 、グリッド1cの幅は w とされている。第1実施例のワイヤグリッド装置1では、枠体1aに多数のスリット1bが形成されることにより、平行平板とされる多数のグリッド1cが形成されて、ワイヤグリッド装置として機能するようになる。なお、 l はグリッド1cの長さでもあって、ワイヤグリッド装置1の開口の寸法ともされている。

40

【0014】

次に、第1実施例のワイヤグリッド装置1の透過率と消光比を解析するための解析モデルを図2に示す。

50

第1実施例のワイヤグリッド装置1に入射したz軸方向に進行するテラヘルツ光は、スリット1bが形成された棒体1aに入射し、奥行きaとされた棒体1aに形成されているグリッド1c間を通過して出射されるようになる。これをモデル化したのが図2に示す解析モデルであり、入射するまでの棒体1aの前の領域を仮想した周期境界壁1eの領域と、周期境界壁1eにステップ構造#1で連結された間隔dで対向すると共に奥行きaとされた電気壁1dの領域と、この領域にステップ構造#2で連結された棒体1aの後の領域を仮想した周期境界壁1eの領域とからなる。なお、電気壁1dは奥行きa、幅wとされたグリッド1cにより構成されることから、ステップ構造#1、#2のステップ高さはw/2とグリッド1cの幅wの1/2となる。

【0015】

1つ目のステップ構造#1と2つ目のステップ構造#2とを距離aで散乱行列S1を接続し、周期境界壁1eと電気壁1dとが接続される高さw/2のステップをモードマッチング法により解析する。モードマッチング法による解析では、既知の特性を有する区間に分割し、各区間の接続部の領域における場を計算によって求め、全体の応答を計算している。第1実施例のワイヤグリッド装置1のモードマッチング法の解析について説明する。

入射波はTMモード(Transverse Magnetic mode)であり、磁界H(ベクトル)の入射波 H_y^i 、反射波 H_y^r 、透過波 H_y^t は、

【数1】

$$H_y^i = \exp(-jk_0 z) \quad (1)$$

$$H_y^r = \sum_{m=0}^{\infty} A_m I_m \exp(+jk_m z) \quad (2)$$

$$H_y^t = \sum_{n=1}^{\infty} B_n I_n \exp(-jk_n z) + \sum_{l=0}^{\infty} C_l I_l \exp(-jk_l z) \quad (3)$$

とおける。ここで、 I_m 、 I_n 、 I_l は基底関数を表し、

【数2】

$$I_m = \cos(m\pi x / d) \quad (4)$$

$$I_n = \cos(2n\pi x / p_x) \quad (5)$$

$$I_l = \cos(2l\pi x / p_x) \quad (6)$$

と表せる。さらに、

【数3】

$$k_m = \sqrt{k_0^2 - (m\pi / d)^2} \quad (7)$$

$$k_n = \sqrt{k_0^2 - (2n\pi / p_x)^2} \quad (8)$$

$$k_l = \sqrt{k_0^2 - (2l\pi / p_x)^2} \quad (9)$$

である。 A_m 、 B_n 、 C_l は励振関数を表す。電界E(ベクトル)は磁界H(ベクトル)より一意に決まり、開口面上で電界と磁界の境界条件をたてる。境界条件に3種類の基底関数 I_m 、 I_n 、 I_l を重み付けのためそれぞれ乗算して、境界面上で積分し、行列式を導出する。この行列式を解くことで励振関数 A_m 、 B_n 、 C_l が求まる。

1つ目のステップ構造#1の散乱行列は励振関数 A_m 、 B_n 、 C_l により導出でき、2つ目のステップ構造#2の散乱行列と距離(奥行き)aで接続することにより、図1(a)

10

20

30

40

50

に示すワイヤーグリッド装置 1 の全体構造での T M モードのテラヘルツ光を入射した際の透過、反射特性が求まる。また、消光比は T E モード (Transverse ElectroMagnetic mode) の伝搬定数を考慮して求めることができる。これは、テラヘルツ光の電場の振幅方向がグリッド 1 c の延伸方向である縦方向と直交する (T M モード) 場合に透過配置となり、テラヘルツ光の電場の振幅方向がグリッド 1 c の延伸方向である縦方向 (T E モード) の場合に阻止配置となるからである。

【 0 0 1 6 】

第 1 実施例のワイヤーグリッド装置 1 において、スリット 1 b の幅 d を約 $50 \mu\text{m}$ 、枠体の奥行き a を約 2.0 mm 、スリット 1 b の長さ l を約 18 mm と図 1 (c) に示す寸法とし、グリッド 1 c の幅 w を約 $20 \mu\text{m}$ 、約 $30 \mu\text{m}$ 、約 $50 \mu\text{m}$ として、 $0.1 \text{ THz} \sim 2.98 \text{ THz}$ の周波数のテラヘルツ光を第 1 実施例のワイヤーグリッド装置 1 に入射させた際の解析を、図 2 に示す解析モデルで解析し、その解析結果のグラフを図 3 (a) (b) (c) に示す。これらの図においては、横軸が $0.1 \text{ THz} \sim 2.98 \text{ THz}$ の周波数、縦軸が百分率で表した Transmission Power [%] (以下、「透過電力 % 」という)、あるいは、強度透過率で表した消光比 (Extinction Ratio) とされている。入射されたテラヘルツ光の電場の振幅方向がグリッド 1 c の縦方向である y 軸方向と直交する場合に透過配置となり、その透過電力 % が実線で示され、テラヘルツ光の電場の振幅方向がグリッド 1 c の縦方向である y 軸方向と平行する場合に阻止配置となり、その消光比が破線で示されている。図 3 (a) はグリッド 1 c の幅 w が約 $20 \mu\text{m}$ の時の解析結果であり、この図を参照すると、透過配置の透過電力 % では周波数が 0.1 THz から 2.98 THz まで高くなるに従って上下に振動しているが、約 85% 以上の良好な透過電力 % が得られている。また、阻止配置の消光比は $0.1 \text{ THz} \sim 2.98 \text{ THz}$ において 10^{-12} 以下となる良好な消光比が得られている。図 3 (b) はグリッド 1 c の幅 w が約 $30 \mu\text{m}$ の時の解析結果であり、この図を参照すると、透過配置の透過特性では周波数が 0.1 THz から 2.98 THz まで高くなるに従って上下に振動しているが、約 70% 以上の良好な透過電力 % が得られている。また、阻止配置の消光比は $0.1 \text{ THz} \sim 2.98 \text{ THz}$ において 10^{-12} 以下となる良好な消光比が得られている。図 3 (c) はグリッド 1 c の幅 w が約 $50 \mu\text{m}$ の時の解析結果であり、この図を参照すると、透過配置の透過電力 % では周波数が 0.1 THz から 2.98 THz まで高くなるに従って上下に振動しているが、約 1.50 THz までは約 60% 以上の良好な透過電力 % が得られ、 1.5 THz を超えると透過電力 % は次第に低下するが 20% 以上の透過電力 % が得られている。また、阻止配置の消光比は $0.1 \text{ THz} \sim 2.98 \text{ THz}$ において 10^{-12} 以下となる良好な消光比が得られている。このように、グリッド 1 c の幅 w は狭くなるに従って透過電力 % が向上することが分かり、グリッド 1 c の幅 w は約 $50 \mu\text{m}$ 以下とすることが好適とされる。このように、第 1 実施例のワイヤーグリッド装置 1 において上記したパラメータ値とすると、周波数 $0.1 \sim 2.98 \text{ THz}$ のテラヘルツ光に対する図 3 (a) ~ (c) に示す透過配置の透過電力 %、阻止配置の消光比 (強度透過率) において、透過電力 % の最悪値が 20% とされるが、その際の消光比は 10^{-12} 以下となるから、周波数 $0.1 \sim 2.98 \text{ THz}$ のテラヘルツ光に対して従来得ることができなかった良好な特性の偏光子として動作することが分かる。

【 0 0 1 7 】

本発明の第 2 実施例のワイヤーグリッド装置 2 の構成を示す斜視図を図 4 (a) に、本発明の第 2 実施例のワイヤーグリッド装置 2 のフィルム基板 10 の構成を示す斜視図を図 4 (b) に、本発明の第 2 実施例のワイヤーグリッド装置 2 の各部の寸法の例を示す図表を図 4 (c) に示す。

本発明の第 2 実施例のワイヤーグリッド装置 2 は、図 4 (a) (b) に示すように細長い矩形の金属薄板 12 が一面のほぼ中央に形成されている矩形のポリマーフィルム 11 からなるフィルム基板 10 a , 10 b , 10 c , 10 d , 10 e . . . を複数枚積層することにより構成されている。ポリマーフィルム 11 は、例えばテラヘルツ波帯において低損失なシクロオレフィンポリマーフィルムとされ、厚さが d とされている。金属薄板

10

20

30

40

50

12は、ポリマーフィルム11の一面に蒸着あるいは貼着したり、ポリマーフィルム11の全面に成膜したCuの金属薄膜をエッチングすることにより形成されている。金属薄板12の長さは l （小文字のエル）、幅は a 、厚さは t とされ、ポリマーフィルム11のほぼ中央に金属薄板12が配置されている。この場合、ポリマーフィルム11の長辺から金属薄板12の長辺までの長さが両辺とも b とされている。なお、ポリマーフィルム11の厚さ d はフィルム基板10の厚さ d となる。

【0018】

第2実施例のワイヤーグリッド装置2は、図4(a)に示すように複数枚のフィルム基板10a, 10b, 10c, 10d, 10e, …を積層して構成されているが、複数枚のフィルム基板10a~10e, …のそれぞれは図4(b)に示すフィルム基板10と同様の構成とされている。また、複数枚のフィルム基板10a~10e, …が積層された際に、各フィルム基板10a~10eに形成されている金属薄板12が相互に重なるように配置される。この場合、隣接する金属薄板12間の間隔は、ポリマーフィルム11の厚さである d となる。これにより、上下にわたり重ねられた複数の金属薄板12が平行平板を構成し、ワイヤーグリッドを構成することができる。この場合、平行平板とされる金属薄板12の間隔は、ワイヤーグリッド装置2の性能を決定するパラメータであるが、この間隔はフィルム基板10の厚さで一義的に決定される。すなわち、第2実施例のワイヤーグリッド装置2は、大量生産した場合にも上記間隔を安定して一定の値に保つことができ、ワイヤーグリッド装置2の歩留まりを向上することができる。

ここで、第2実施例のワイヤーグリッド装置2の各部の寸法の例を図4(c)に示す。図4(c)に示す図表のように、金属薄板12の幅 a は約1.0mmとされ、厚さ t は約0.5 μ mとされ、長さ l は約12.0mmとされる。また、ポリマーフィルム11の長辺から金属薄板12の長辺までの長さ b は約2.0mmとされ、ポリマーフィルム11の厚さ d は約50 μ mとされる。なお、フィルム基板10を積層する枚数は、フィルム基板10を積層していった寸法が、ワイヤーグリッド装置1に必要なとされる開口の高さの寸法になる枚数とされる。

【0019】

次に、第2実施例のワイヤーグリッド装置2の透過率と消光比を解析するための解析モデルを図5に示す。

第2実施例のワイヤーグリッド装置2に入射した z 軸方向に進行するテラヘルツ光は、まずポリマーフィルム11に入射し、ポリマーフィルム11を長さ b だけ通過すると金属薄板12に達する。次いで、幅 a とされた金属薄板12の間を通過すると再びポリマーフィルム11に達し、ポリマーフィルム11を長さ b だけ通過すると出射されるようになる。これをモデル化したのが図5に示す解析モデルであり、ポリマーフィルム11の領域を仮想した長さ b の周期境界壁15の領域Aと、周期境界壁15の領域Aにステップ状に連結された間隔 d で対向すると共に幅（長さ） a とされた電気壁16aの領域Bと、この領域Bにステップ状に連結されたポリマーフィルム11の領域を仮想した長さ b の周期境界壁17の領域Cとからなる。なお、領域Bは幅 a 、厚さ t 、間隔 d で対向する金属薄板12からなる領域に相当することから、領域Aと領域Bとが接続されるステップのステップ高さは金属薄板12の厚さ t の1/2である $t/2$ となると共に、領域Bと領域Cとが接続されるステップのステップ高さも $t/2$ となる。

【0020】

領域Aでは散乱行列 S_2 を接続し、領域Aと領域Bとが接続される高さ $t/2$ のステップをモードマッチング法により解析する。領域Bでは散乱行列 s_3 を接続し、領域Bと領域Cとが接続される高さ $t/2$ のステップをモードマッチング法により解析する。そして、領域Cでは散乱行列 S_3 を接続する。モードマッチング法の解析については、第1実施例のワイヤーグリッド装置1の解析と同様にして行われるので、その説明は省略する。

【0021】

第2実施例のワイヤーグリッド装置2において、金属薄板12の幅 a 、長さ l および厚さ t と、フィルム基板10の厚さ d を上記した図4(c)に示す寸法とし、ポリマーフィ

10

20

30

40

50

ルム 11 の複素屈折率を $1.53 + j0.0064$ として、長さ b を約 0 mm 、約 1.0 mm 、約 2.0 mm 、約 3.0 mm とした時の、 $0.1\text{ THz} \sim 1.92\text{ THz}$ の周波数のテラヘルツ光を第 2 実施例のワイヤグリッド装置 2 に入射させた際の解析を、図 5 に示す解析モデルで解析し、その解析結果のグラフを図 6 に示す。図 6 においては、横軸が $0.1\text{ THz} \sim 1.92\text{ THz}$ の周波数、縦軸が透過電力% (Transmission Power [%])、あるいは、強度透過率で表した消光比 (Extinction Ratio) とされている。入射されたテラヘルツ光の電場の振幅方向が金属薄板 12 からなるワイヤグリッドの縦方向である y 軸方向と直交する (TM モード) 場合に透過配置となり、その透過電力% が実線で示され、テラヘルツ光の電場の振幅方向が金属薄板 12 からなるワイヤグリッドの縦方向である y 軸方向と平行な (TE モード) 場合に阻止配置となり、その消光比が破線で示されている。図 6 を参照すると、透過配置の透過電力% では周波数が 0.1 THz から高くなるに従い上下に若干振動しながら低下していく。この時、長さ b が 0 mm の時に透過電力% が最も良好となり、 $0.1\text{ THz} \sim 1.92\text{ THz}$ で約 $94\% \sim$ 約 40% の透過電力% が得られ、約 1.0 mm の時に $0.1\text{ THz} \sim 1.92\text{ THz}$ で約 $83\% \sim$ 約 10% の透過電力% が得られ、約 2.0 mm の時に $0.1\text{ THz} \sim 1.92\text{ THz}$ で約 $78\% \sim$ 約 2% の透過電力% が得られ、約 3.0 mm の時に $0.1\text{ THz} \sim 1.92\text{ THz}$ で約 $70\% \sim$ 約 1% の透過電力% が得られ、長さ b が長くなるに従って透過電力% が劣化するようになる。これは、長さ b が長くなるに従いフィルム基板 10 による減衰が大きくなるからと考えられる。また、阻止配置の消光比は $0.1\text{ THz} \sim 1.92\text{ THz}$ において 10^{-12} 以下の良好な消光比が得られ、消光比は長さ b が 0 mm から 3.0 mm まで変化してもほぼ同じとなる。

【0022】

また、第 2 実施例のワイヤグリッド装置 2 において、金属薄板 12 の幅 a 、長さ l と、フィルム基板 10 の厚さ d および長さ b を図 4 (c) に示す寸法とし、ポリマーフィルム 11 の複素屈折率を $1.53 + j0.0064$ として、金属薄板 12 の厚さ t を約 $0.5\text{ }\mu\text{m}$ 、約 $10\text{ }\mu\text{m}$ 、約 $50\text{ }\mu\text{m}$ とした時の、 $0.1\text{ THz} \sim 1.92\text{ THz}$ の周波数のテラヘルツ光を第 2 実施例のワイヤグリッド装置 2 に入射させた際の解析を、図 5 に示す解析モデルで解析し、その解析結果のグラフを図 7 に示す。図 7 においては、横軸が $0.1\text{ THz} \sim 1.92\text{ THz}$ の周波数、縦軸が透過電力% (Transmission Power [%])、あるいは、強度透過率で表した消光比 (Extinction Ratio) とされている。透過配置の透過電力% が実線で示され、阻止配置の消光比が破線で示されている。図 7 を参照すると、透過配置の透過電力% では周波数が 0.1 THz から高くなるに従い上下に若干振動しながら低下していく。この時、厚さ t が約 $0.5\text{ }\mu\text{m}$ の時に $0.1\text{ THz} \sim 1.92\text{ THz}$ で約 $94\% \sim$ 約 42% の透過電力% が得られ、厚さ t が約 $10\text{ }\mu\text{m}$ の時に $0.1\text{ THz} \sim 1.92\text{ THz}$ で約 $94\% \sim$ 約 38% の透過電力% が得られ、約 $50\text{ }\mu\text{m}$ の時に $0.1\text{ THz} \sim 1.92\text{ THz}$ で約 $94\% \sim$ 約 19% の透過電力% が得られるが、所定間隔毎の周波数において透過電力% が劣化するようになる。また、阻止配置の消光比は $0.1\text{ THz} \sim 1.92\text{ THz}$ において強度透過率が 10^{-12} 以下の良好な消光比が得られ、消光比は厚さ t が $0.5\text{ }\mu\text{m}$ から $50\text{ }\mu\text{m}$ まで変化してもほぼ同じとなる。

このように、第 2 実施例のワイヤグリッド装置 2 において上記したパラメータ値とすると、周波数 $0.1 \sim 1.92\text{ THz}$ のテラヘルツ光に対する図 6, 7 に示す透過配置の透過電力%、阻止配置の消光比 (強度透過率) において、透過電力% の最悪値が 1% とされるが、その際の消光比は 10^{-12} 以下となるから、周波数 $0.1 \sim 1.92\text{ THz}$ のテラヘルツ光に対して従来得ることができなかった良好な特性の偏光子として動作することが分かる。

【0023】

次に、本発明の第 3 実施例のワイヤグリッド装置 3 の構成を図 8 ないし図 12 に示す。図 8 (a) (b) は第 3 実施例のワイヤグリッド装置 3 の構成を示す正面図および平面図であり、図 9 は第 3 実施例のワイヤグリッド装置 3 の構成を示す分解組立図であり、図 10 (a) (b) は第 3 実施例のワイヤグリッド装置 3 におけるフィルム基板およ

10

20

30

40

50

びフィルム基板積層体の構成を示す斜視図であり、図11(a)(b)は第3実施例のワイヤグリッド装置3における基台の構成を示す平面図および正面図であり、図12(a)(b)は第3実施例のワイヤグリッド装置3における押さえ板の構成を示す平面図および正面図である。

これらの図に示すように、第3実施例のワイヤグリッド装置3は、基台50と、複数のフィルム基板20を積層したフィルム基板積層体30と、押さえ板40を備えている。図11(a)(b)に示す基台50はアルミニウム合金等の金属製とされており、矩形の横長の平板状とされた底部51と、底部51の上面において1つの隅を除く3つの隅から所定の高さで立設された第1立設柱52、第2立設柱53、第3立設柱54とを備えている。第1立設柱52～第3立設柱54の断面は、横長の矩形状とされており、基台50の中心に面している角にはR部が形成されて丸みを帯びている。また、底部51には4つのネジ孔55が形成されている。

10

【0024】

また、図12(a)(b)に示す押さえ板40はアルミニウム合金等の金属製とされており、横長の矩形の平板状とされた平板部41を備え、平板部41の1つの隅を除く3つの隅には、第1立設柱52～第3立設柱54の断面形状とそれぞれほぼ同じ形状とされた第1切欠部42、第2切欠部43、第3切欠部44が形成されている。基台50に押さえ板40を組み合わせた時に、第1切欠部42～第3切欠部44に第1立設柱52～第3立設柱54がそれぞれ嵌合するようになる。また、平板部41には、基台50に設けられているネジ孔55と同じ位置に4つの挿通孔46が形成されている。なお、4つの挿通孔46

20

【0025】

第3実施例のワイヤグリッド装置3におけるフィルム基板20は、外形形状がほぼ押さえ板40と同様の外形形状とされたポリマーフィルム21と、ポリマーフィルム21上に設けられた横に細長い金属薄板22とから構成されている。ポリマーフィルム21は、横長の矩形の平板状とされ、取付部21bおよび取付部21cが両側に形成され、取付部21bと取付部21cとの間に矩形状切欠部26が形成されて、金属薄板22を保持する横に細長い保持部21aが中央部の一側に形成されている。第1立設柱52～第3立設柱54の位置に対応する取付部21bの1つの隅と取付部21cの2つの隅には、第1立設柱52～第3立設柱54の断面形状と同じ形状とされた第1切欠部23、第2切欠部24

30

【0026】

このような構成のフィルム基板20を図10(b)に示すように位置合わせしながら複数枚積層してフィルム基板積層体30を構成する。図10(b)に示すフィルム基板20a, 20b, 20c, 20d, 20e, 20fは図10(a)に示すフィルム基板20と同じ構成とされている。フィルム基板積層体30は、図10(b)では6枚のフィルム基板20a～20fから構成されているが、図10(b)は模式的に示す図であり実際には数十枚以上のフィルム基板20を積層してフィルム基板積層体30が構成される。そして、フィルム基板積層体30においては、フィルム基板20a～20fに形成されている金属薄板22a～22fが同じ位置で重ねられると共に、隣接する金属薄板22間の間隔は、ポリマーフィルム21の厚さであるdとなる。これにより、上下にわたり重ねられた複数の金属薄板22が平行平板を構成し、ワイヤグリッドが構成される。

40

【0027】

このようにして構成されたフィルム基板積層体30を図9に示すように基台50上に配

50

置して基台 50 内に収納する。収納した際にフィルム基板積層体 30 における各フィルム基板 20 の第 1 切欠部 23 ~ 第 3 切欠部 25 に、基台 50 の第 1 立設柱 52 ~ 第 3 立設柱 54 がそれぞれ嵌合されて、基台 50 に対してフィルム基板積層体 30 における各フィルム基板 20 が位置合わせされて収納されるようになる。また、フィルム基板積層体 30 における各フィルム基板 20 の 4 つの孔部 27 が基台 50 の 4 つのネジ孔 55 に位置合わせされる。

フィルム基板積層体 30 を基台 50 に収納した後に、基台 50 上に押さえ板 40 を配置して基台 50 に収納したフィルム基板積層体 30 の上に載置する。この時、押さえ板 40 の第 1 切欠部 42 ~ 第 3 切欠部 44 に、基台 50 の第 1 立設柱 52 ~ 第 3 立設柱 54 がそれぞれ嵌合されて、基台 50 に対して押さえ板 40 が位置合わせされるようになる。また、押さえ板 40 の 4 つの挿通孔 46 が、フィルム基板積層体 30 における各フィルム基板 20 の 4 つの孔部 27 および基台 50 の 4 つのネジ孔 55 に位置合わせされる。

【0028】

そこで、押さえ板 40 の 4 つの挿通孔 46 にそれぞれ取付ネジ 60 を挿通して、フィルム基板積層体 30 における各フィルム基板 20 の孔部 27 を貫通した 4 本の取付ネジ 60 を、それぞれ基台 50 のネジ孔 55 に螺着する。これにより、フィルム基板 20 同士が密着されて図 8 (a) (b) に示す第 3 実施例のワイヤグリッド装置 3 が組み立てられるようになる。第 3 実施例のワイヤグリッド装置 3 においては、押さえ板 40 の平板部 41 により、金属薄板 22 が形成されているフィルム基板 20 の保持部 21 a が圧接されて、金属薄板 22 間の間隔が安定して保持されるようになる。また、図 8 (a) に示すように、フィルム基板積層体 30 における各フィルム基板 20 の金属薄板 22 が上下にわたり平行に配置されてワイヤグリッドが構成される様子を理解することができる。この場合、平行平板とされる金属薄板 22 の間隔は、ワイヤグリッド装置 3 の性能を決定するパラメータであるが、この間隔はフィルム基板 20 の厚さで一義的に決定される。すなわち、第 3 実施例のワイヤグリッド装置 3 では、4 本の取付ネジ 60 で固着される基台 50 と押さえ板 40 との間に平行平板とされている金属薄板 22 を備えるフィルム基板積層体 30 が挟持されることから、平行平板とされる金属薄板 22 間の間隔がきわめて安定化されており、大量生産した場合にも上記間隔を安定して一定の値に保つことができ、ワイヤグリッド装置 3 の歩留まりを向上することができる。なお、4 本の取付ネジ 60 は皿ネジとされており、押さえ板 40 の 4 つの座繰り加工された挿通孔 46 内に頭部が収まるようになり、取付ネジ 60 を螺着することにより基台 50、フィルム基板積層体 30 および押さえ板 40 が位置合わせされて固着されるようになる。

【0029】

第 3 実施例のワイヤグリッド装置 3 の透過率と消光比は、図 5 に示す解析モデルを用いて解析することができる。第 3 実施例のワイヤグリッド装置 3 において、金属薄板 22 の幅 a を約 1.0 mm 、長さ l を約 30.0 mm 、厚さ t を約 $0.5 \mu\text{m}$ 、フィルム基板 20 の厚さ d を約 $50 \mu\text{m}$ 、長さ b を約 0 mm 、ポリマーフィルム 21 の複素屈折率を $1.53 + j0.0064$ とした場合の図 5 に示す解析モデルを用いて解析した解析結果と、実験結果とのグラフを図 13 (a) に示す。図 13 (a) においては、横軸が $0.1 \text{ THz} \sim 1.92 \text{ THz}$ の周波数、縦軸が TM モード時の透過電力 % (Transmission power of TM mode [%])、あるいは、強度透過率で表した消光比 (Extinction Ratio) とされている。図 13 (a) において破線で示す解析結果は、入射されたテラヘルツ光の電場の振幅方向が金属薄板 22 からなるワイヤグリッドの縦方向である y 軸方向と直交する透過配置の場合の解析結果である。この透過配置の解析結果の透過電力 % を参照すると、周波数が 0.1 THz から高くなるに従い上下に若干振動しながら低下していき、 $0.1 \text{ THz} \sim 1.92 \text{ THz}$ において約 $94\% \sim 40\%$ の透過電力 % が得られている。

また、入射されたテラヘルツ光が TM モードであって、電場の振幅方向が金属薄板 22 からなるワイヤグリッドの縦方向である y 軸方向と直交する場合 (透過配置) の透過電力 % の実験結果 (Measurement results) が上段の実線で示されている。この実験結果を参照すると、周波数が 0.1 THz から高くなるに従い最大 30% の幅で上下に振動しな

10

20

30

40

50

が若干低下していくが、 $0.1\text{ THz} \sim 1.92\text{ THz}$ において約 $100\% \sim 60\%$ の透過電力%が得られ、解析結果の透過電力%と近似しているがより良好な透過電力%が得られていることが分かる。

【0030】

さらに、入射されたテラヘルツ光がTEモードであって、電場の振幅方向が金属薄板22からなるワイヤーグリッドの縦方向であるy軸方向に平行となる場合(阻止配置)の消光比の実験結果(Measurement results)が下段の実線で示されている。この実験結果を参照すると、周波数が 0.1 THz では消光比が約 10^{-4} 程度であるが、約 0.75 THz 近辺まで高くなると消光比が約 10^{-7} 以下となって向上していき、 0.5 THz 近辺を超えて 1.92 THz まではほぼ 10^{-6} 前後の消光比が得られていることが分かる。

10

このように、第3実施例のワイヤーグリッド装置3において上記したパラメータ値とすると、周波数 $0.1 \sim 1.92\text{ THz}$ のテラヘルツ光に対する図13(a)に示す透過配置の透過電力%、阻止配置の消光比(強度透過率)において、透過電力%の最悪値が 60% と良好な値が得られると共に、その際の消光比は 10^{-4} 以下が得られることから、周波数 $0.1 \sim 1.92\text{ THz}$ のテラヘルツ光に対して従来得ることができなかつた良好な特性の偏光子として動作することが分かる。

【0031】

また、第3実施例のワイヤーグリッド装置3において、金属薄板22の幅aを約 1.0 mm 、長さlを約 12.0 mm 、厚さtを約 $0.5\text{ }\mu\text{m}$ 、フィルム基板20の厚さdを約 $50\text{ }\mu\text{m}$ 、長さbを約 2.0 mm 、ポリマーフィルム21の複素屈折率を $1.53 + j0.0064$ とした場合の図5に示す解析モデルを用いて解析した解析結果と、実験結果とのグラフを図13(b)に示す。図13(b)においても、横軸が $0.1\text{ THz} \sim 1.92\text{ THz}$ の周波数、縦軸がTMモード時の透過電力%(Transmission power of TM mode [%])、あるいは、強度透過率で表した消光比(Extinction Ratio)とされている。図13(b)において破線で示す解析結果は、入射されたテラヘルツ光の電場の振幅方向が金属薄板22からなるワイヤーグリッドの縦方向であるy軸方向と直交する透過配置の場合の解析結果である。この透過配置の解析結果の透過電力%を参照すると、周波数が 0.1 THz から高くなるに従い上下に若干振動しながら低下していき、 $0.1\text{ THz} \sim 1.92\text{ THz}$ において約 $78\% \sim 2\%$ の透過電力%が得られている。

20

また、入射されたテラヘルツ光がTMモードであって、電場の振幅方向が金属薄板22からなるワイヤーグリッドの縦方向であるy軸方向と直交する場合(透過配置)の透過電力%の実験結果(Measurement results)が左矢印で示す実線で示されている。この実験結果を参照すると、周波数が 0.1 THz から高くなるに従い若干振動しながら低下していき、 $0.1\text{ THz} \sim 1.92\text{ THz}$ において約 $80\% \sim 2\%$ の透過電力%が得られ、解析結果の透過電力%と近似しているがより良好な透過電力%が得られていることが分かる。

30

【0032】

さらに、入射されたテラヘルツ光がTEモードであって、電場の振幅方向が金属薄板22からなるワイヤーグリッドの縦方向であるy軸方向に平行となる場合(阻止配置)の消光比の実験結果(Measurement results)が右矢印で示す実線で示されている。この実験結果を参照すると、周波数が 0.1 THz では消光比が約 10^{-4} 程度であるが、約 1.15 THz 近辺まで高くなると消光比が約 10^{-7} クラスとなって向上していき、 1.15 THz 近辺を超えて 1.92 THz まではほぼ 10^{-5} ないし 10^{-6} 前後の消光比が得られていることが分かる。

40

このように、第3実施例のワイヤーグリッド装置3において上記したパラメータ値とすると、周波数 $0.1 \sim 1.92\text{ THz}$ のテラヘルツ光に対する図13(b)に示す透過配置の透過電力%、阻止配置の消光比(強度透過率)において、透過電力%の最悪値が 2% とされるが、その際の消光比は 10^{-4} 程度が得られることから、周波数 $0.1 \sim 1.92\text{ THz}$ のテラヘルツ光に対して従来得ることができなかつた良好な特性の偏光子として動作することが分かる。

50

【産業上の利用可能性】

【0033】

以上説明した本発明にかかるワイヤーグリッド装置においては、テラヘルツ波帯において良好な透過率が得られると共に約 10^{-6} クラスの高い消光比を得ることができる。また、第2, 3実施例のワイヤーグリッド装置においてフィルム基板を積層する枚数は、フィルム基板を積層していった寸法が、ワイヤーグリッド装置に必要とされる開口の高さの寸法になる枚数とされる。さらに、第2, 3実施例のワイヤーグリッド装置をテラヘルツ波帯に適用する際に、金属薄板の幅を約 1.0 mm 、金属薄板の長さを約 $12.0\text{ mm} \sim 30\text{ mm}$ 、フィルム基板の厚さ d を約 $0.5\text{ }\mu\text{ m} \sim 50\text{ }\mu\text{ m}$ とすることが好適とされる。

10

この場合、第2, 3実施例のワイヤーグリッド装置におけるワイヤーグリッドを構成する平行平板とされる金属薄板の間隔は、ワイヤーグリッド装置の性能を決定するパラメータであるが、この間隔はフィルム基板の厚さで一義的に決定される。すなわち、本発明の第2, 3実施例のワイヤーグリッド装置では、大量生産した場合にも上記間隔を安定して一定の値に保つことができ、当該ワイヤーグリッド装置の歩留まりを向上することができる。また、フィルム基板の厚さを変更するだけで、適用される周波数帯を変更することができるようになる。さらに、ポリマーフィルムは、シクロオレフィンポリマーフィルムを用いるようにしたが、これに限ることはなくテラヘルツ波帯において誘電正接の小さいフィルムならばいずれの材料からなるフィルムでも用いることができる。また、フィルムに替えてフィルム状の物質を金属薄板の面に形成しても良い。例えば、金属薄板の面に所定の厚さになる樹脂等の絶縁性の物質を塗布あるいは貼着することにより、金属薄板を所定間隔で対向させるようにしても良い。

20

なお、第1実施例のワイヤーグリッド装置において、スリットを縦方向に形成したが、横方向に形成するようにしても良いことは当然のことであり、スリットは枠体の辺に平行に枠体のほぼ全領域に形成すればよい。

【符号の説明】

【0034】

1 ワイヤーグリッド装置、1 a 枠体、1 b スリット、1 c グリッド、1 d 電気壁、1 e 周期境界壁、2 ワイヤーグリッド装置、3 ワイヤーグリッド装置、10 フィルム基板、10 a ~ 10 e フィルム基板、11 ポリマーフィルム、12 金属薄板、15 周期境界壁、16 電気壁、17 周期境界壁、20 フィルム基板、20 a ~ 20 f フィルム基板、21 ポリマーフィルム、21 a 保持部、21 b 取付部、21 c 取付部、22 金属薄板、22 a ~ 22 f 金属薄板、23 第1切欠部、24 第2切欠部、25 第3切欠部、26 矩形状切欠部、27 孔部、30 フィルム基板積層体、40 押さえ板、41 平板部、42 第1切欠部、43 第2切欠部、44 第3切欠部、46 挿通孔、50 基台、51 底部、52 第1立設柱、53 第2立設柱、54 第3立設柱、55 ネジ孔、60 取付ネジ、101 ワイヤーグリッド用金属板、111 縦棧部、112 横棧部、113 フランジ部

30

【要約】

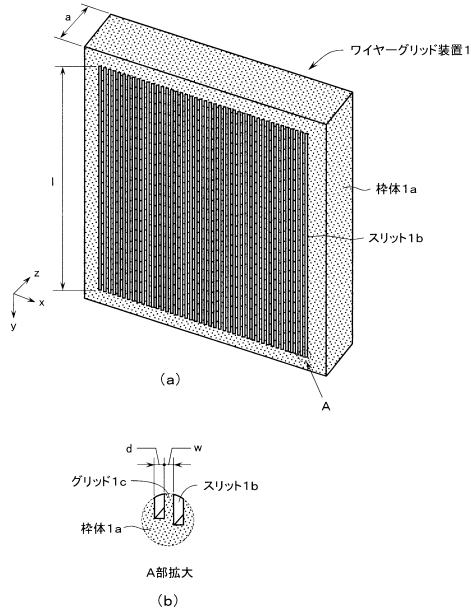
【課題】 テラヘルツ波帯において、強度透過率で約 10^{-6} クラスの消光比を1素子で簡易に実現する。

40

【解決手段】 細長い矩形状の金属薄板12が一面のほぼ中央に形成されている矩形状のポリマーフィルム11からなるフィルム基板10を複数枚積層することにより構成されている。金属薄板12の幅 a を約 1.0 mm 、金属薄板12の長さ l を約 $12.0\text{ mm} \sim 30\text{ mm}$ 、フィルム基板10の厚さ d を約 $0.5\text{ }\mu\text{ m} \sim 50\text{ }\mu\text{ m}$ とすることにより、テラヘルツ波帯において、強度透過率で約 10^{-6} クラスの消光比を1素子で簡易に実現することができる。

【選択図】 図4

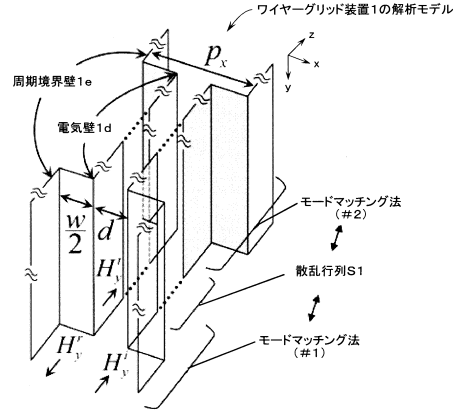
【図1】



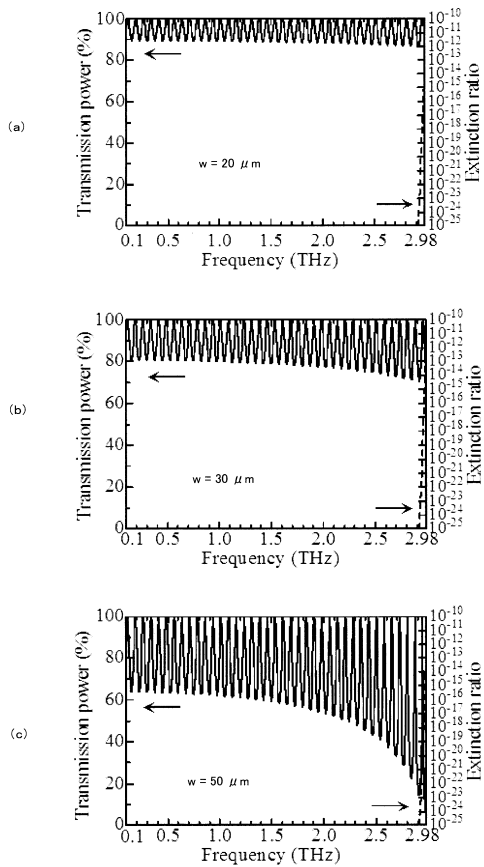
d	50 μm	a	2.0 mm	l	18 mm
-----	------------------	-----	--------	-----	-------

(c)

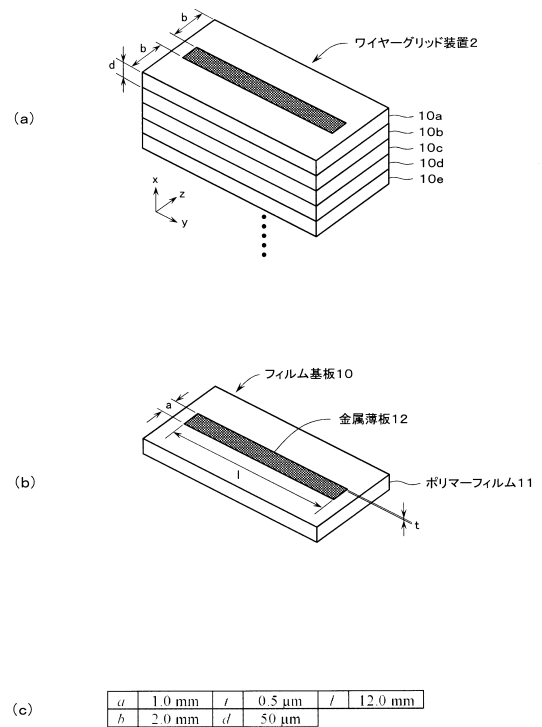
【図2】



【図3】

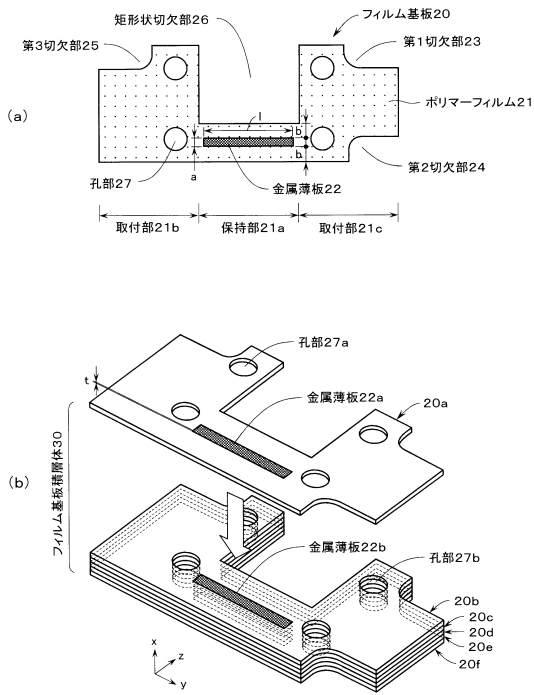


【図4】

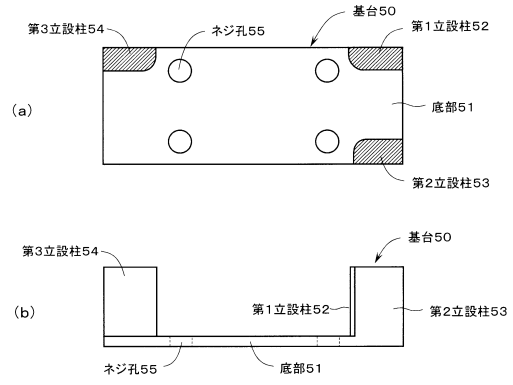


(c)

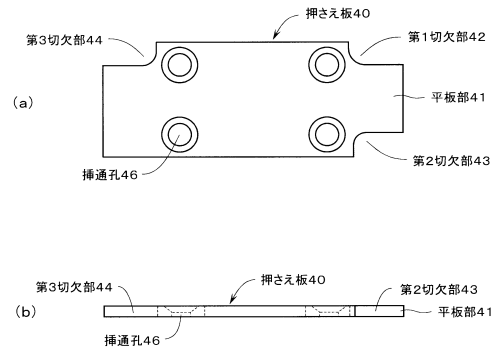
【図10】



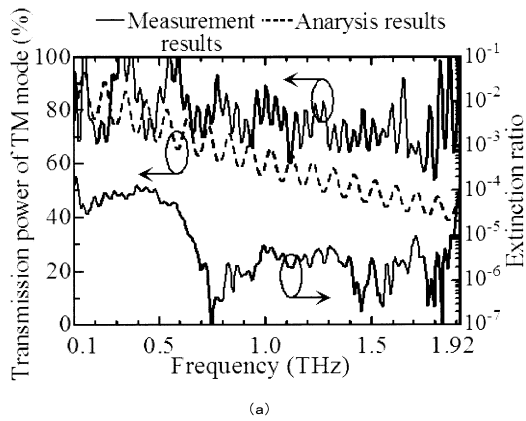
【図11】



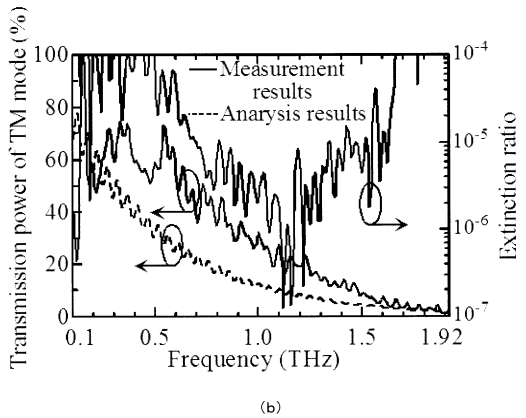
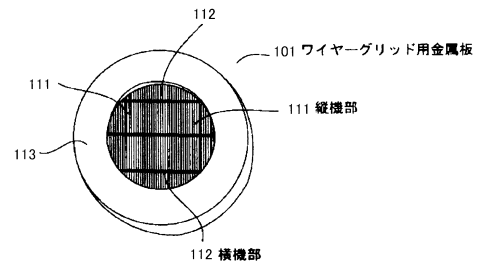
【図12】



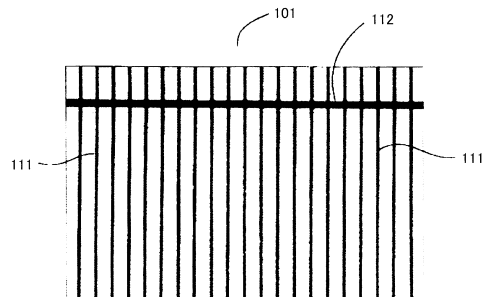
【図13】



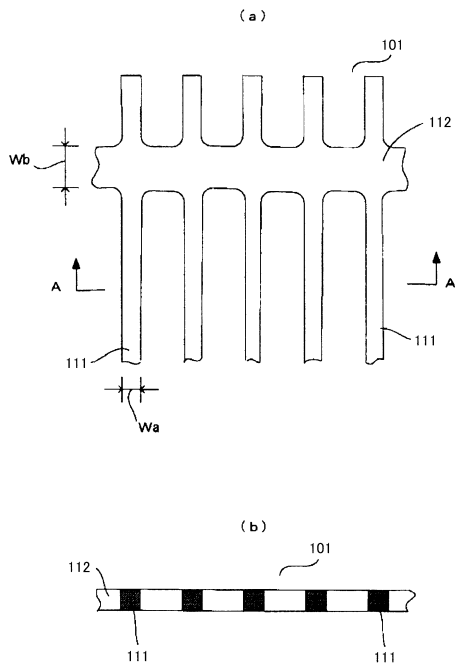
【図14】



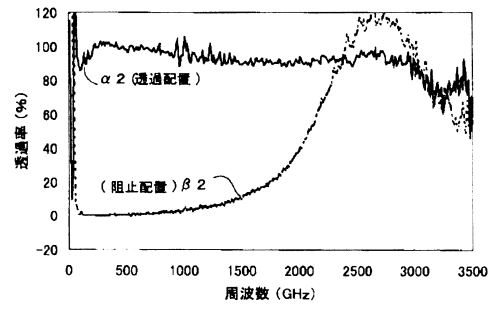
【図15】



【図16】



【図17】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2013-256840(JP,A)
特開2013-178303(JP,A)
特開2003-249198(JP,A)
藤井高志、松本直樹, THz帯域におけるワイヤーグリッドの金属厚みによる阻止特性への影響, 第70回応用物理学会学術講演会講演予稿集 Vol.3, 日本, 2009年 9月 8日, 1022
藤井高志、坂部行雄、武藤一義、平尾一之, 金属加工によるワイヤーグリッドの構造・材質によるTHz特性への影響, 第68回応用物理学会学術講演会講演予稿集 Vol.3, 日本, 2007年 9月 4日, 1128

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 1/00 - 1/08 ; 3/00 - 3/14
G02B 5/30
G02B 6/10 - 6/293
G01N 21/00 - 21/958
JSTPlus(JDreamIII)