

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2014-74824

(P2014-74824A)

(43) 公開日 平成26年4月24日(2014.4.24)

(51) Int.Cl.
G02B 5/30 (2006.01)

F I
G02B 5/30

テーマコード (参考)
2H149

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2012-222791 (P2012-222791)
(22) 出願日 平成24年10月5日 (2012.10.5)

(71) 出願人 506122327
公立大学法人大阪市立大学
大阪府大阪市住吉区杉本3丁目3番138号
(74) 代理人 100168583
弁理士 前井 宏之
(72) 発明者 菜嶋 茂喜
大阪府大阪市住吉区杉本3丁目3番138号 公立大学法人大阪市立大学内
(72) 発明者 半田 卓也
大阪府大阪市住吉区杉本3丁目3番138号 公立大学法人大阪市立大学内
(72) 発明者 細田 誠
大阪府大阪市住吉区杉本3丁目3番138号 公立大学法人大阪市立大学内
最終頁に続く

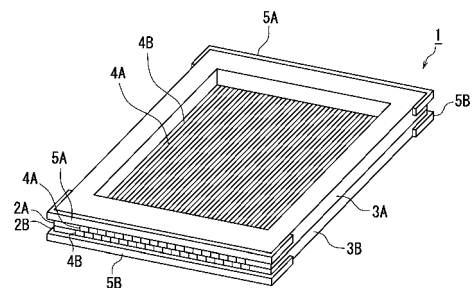
(54) 【発明の名称】 積層型ワイヤグリッド及びその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 消光比の向上と広帯域化とを図ることができる積層型ワイヤグリッドを提供する。

【解決手段】 テラヘルツ波領域の偏光成分を分離する積層型ワイヤグリッド1であって、第1ワイヤグリッド2Aと第1ワイヤグリッドに積層された第2ワイヤグリッド2Bとを備え、第1ワイヤグリッドは、適応波長よりも短い間隔dで一方向に沿って配列された複数の第1ワイヤ4Aを有し、第2ワイヤグリッドは、間隔dで一方向に沿って配列された複数の第2ワイヤ4Bを有し、複数の第1ワイヤと複数の第2ワイヤとの距離Lは、間隔d以下であることを特徴とする。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

テラヘルツ波領域の偏光成分を分離する積層型ワイヤグリッドであって、
第 1 ワイヤグリッドと前記第 1 ワイヤグリッドに積層された第 2 ワイヤグリッドとを備え、

前記第 1 ワイヤグリッドは、適応波長よりも短い間隔 d で一方向に沿って配列された複数の第 1 ワイヤを有し、前記第 2 ワイヤグリッドは、前記間隔 d で前記一方向に沿って配列された複数の第 2 ワイヤを有し、

前記複数の第 1 ワイヤと前記複数の第 2 ワイヤとの距離 L は、間隔 d 以下である、積層型ワイヤグリッド。

【請求項 2】

前記第 1 ワイヤグリッドは、矩形棒状の第 1 フレームを備え、

前記複数の第 1 ワイヤは、前記第 1 フレームの一方の面を縦断するように前記第 1 フレームに張設されており、

前記複数の第 1 ワイヤの各々の両端は、前記第 1 フレームの側面に沿って折曲されると共に前記第 1 フレームの前記側面に固定されており、

前記第 2 ワイヤグリッドは、矩形棒状の第 2 フレームを備え、

前記複数の第 2 ワイヤは、前記第 2 フレームの一方の面を縦断するように前記第 2 フレームに張設されており、

前記複数の第 2 ワイヤの各々の両端は、前記第 2 フレームの側面に沿って折曲されると共に前記第 2 フレームの前記側面に固定されている、請求項 1 に記載の積層型ワイヤグリッド。

【請求項 3】

前記複数の第 1 ワイヤと前記複数の第 2 ワイヤとの前記一方向における相対的なシフト量は $0.5 \times$ 間隔 d であり、

前記複数の第 1 ワイヤと前記複数の第 2 ワイヤとは、直径 a を有し、

距離 $L =$ 直径 a である、請求項 1 又は請求項 2 に記載の積層型ワイヤグリッド。

【請求項 4】

直径 $a /$ 間隔 $d = 0.5$ である、請求項 3 に記載の積層型ワイヤグリッド。

【請求項 5】

矩形棒状の第 1 フレームと矩形棒状の第 2 フレームとを積層して備えたフレーム積層体を準備する準備工程と、

前記フレーム積層体の両主面と両側面とを巻き込むように前記フレーム積層体に長尺のワイヤを複数回巻回する巻回工程と、

前記ワイヤを前記第 1 フレームの両側面と前記第 2 フレームの両側面とに固定する固定工程と、

前記第 1 フレームと前記第 2 フレームとの境界面に沿って前記フレーム積層体を分断し、第 1 ワイヤグリッドと第 2 ワイヤグリッドとを得る分断工程と、

前記第 1 ワイヤグリッドの有する前記ワイヤの縦断面と、前記第 2 ワイヤグリッドの有する前記ワイヤの縦断面とを対向させて、前記第 1 ワイヤグリッドと前記第 2 ワイヤグリッドとを積層する積層工程とを包含し、

適応波長よりも短い間隔 d で一方向に沿って配列された複数の第 1 ワイヤを有する前記第 1 ワイヤグリッドと、前記間隔 d で前記一方向に沿って配列された複数の第 2 ワイヤを有する前記第 2 ワイヤグリッドとを、前記複数の第 1 ワイヤと前記複数の第 2 ワイヤとの距離 L が前記間隔 d 以下となるように積層した積層型ワイヤグリッドを得る、積層型ワイヤグリッドの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、テラヘルツ波領域の偏光成分を分離する積層型ワイヤグリッドの改良に関する

10

20

30

40

50

る。

【背景技術】

【0002】

近年のレーザー技術の向上により、斬新なテラヘルツ波の発生方法や検出方法が次々と生み出され、それに伴って、テラヘルツ波領域における光学素子の需要が高まっている。

【0003】

ワイヤグリッドは、テラヘルツ波領域の光の偏光を制御できる光学素子であり、例えば、偏光子や偏光ビームスプリッタ等として使用されている。

【0004】

図19は、下記特許文献1等が開示されている従来のワイヤグリッド101の一例を示しており、(a)は正面図、(b)は側面図である。

10

【0005】

ワイヤグリッド101は、一方向に沿って所定間隔をおいて配列した多数の金属製のワイヤ102、102、・・・の両端部を一对のドーナツ形の板状のフレーム103、103の間に挟み込んで固定したものである。なお、図面を見やすくするために、ワイヤ102、102、・・・の各々の間隔は、実際の間隔(数十 μm)よりも大きくしてある。

【0006】

ワイヤグリッド101は、ワイヤ102と垂直な偏光のテラヘルツ波(以下「TE波」と称する。)を透過させるが、ワイヤ102と平行な偏光のテラヘルツ波(以下「TM波」と称する。)を透過させないという特性を有している。

20

【0007】

ワイヤグリッド101は、フレーム103内に形成される空間104にワイヤ102を張設したフリースタンド型であるため、電磁波の多重反射や吸収がほとんど無く、効率的な偏光子である。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0008】

【特許文献1】特開2003-14620号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

30

【0009】

しかしながら、従来のワイヤグリッド101では、消光比が良好な条件でも 10^{-4} 台であり、グランレーザ等の可視光領域の偏光子に比べて2桁以上も劣るという問題があった。

【0010】

また、光源の広帯域化に伴い、より広帯域に対応できる偏光子への需要が高くなると考えられる。

【0011】

本発明は上記課題を鑑みてなされたものであり、その目的は、消光比の向上と広帯域化とを図ることができる積層型ワイヤグリッドを提供することにある。

40

【課題を解決するための手段】

【0012】

上記目的を達成するために、本発明は、テラヘルツ波領域の偏光成分を分離する積層型ワイヤグリッドであって、第1ワイヤグリッドと前記第1ワイヤグリッドに積層された第2ワイヤグリッドとを備え、前記第1ワイヤグリッドは、適応波長よりも短い間隔 d で一方向に沿って配列された複数の第1ワイヤを有し、前記第2ワイヤグリッドは、間隔 d で前記一方向に沿って配列された複数の第2ワイヤを有し、前記複数の第1ワイヤと前記複数の第2ワイヤとの距離 L は、間隔 d 以下であることを特徴としている。

【0013】

より具体的には、前記第1ワイヤグリッドは、矩形棒状の第1フレームを備え、前記複

50

数の第1ワイヤは、前記第1フレームの一方の面を縦断するように前記第1フレームに張設されており、前記複数の第1ワイヤの各々の両端は、前記第1フレームの側面に沿って折曲されると共に前記第1フレームの前記側面に固定されており、前記第2ワイヤグリッドは、矩形棒状の第2フレームを備え、前記複数の第2ワイヤは、前記第2フレームの一方の面を縦断するように前記第2フレームに張設されており、前記複数の第2ワイヤの各々の両端は、前記第2フレームの側面に沿って折曲されると共に前記第2フレームの前記側面に固定されているものとすることができる。

【0014】

なお、前記複数の第1ワイヤと前記複数の第2ワイヤとの前記一方向における相対的なシフト量が $0.5 \times$ 間隔 d であり、前記複数の第1ワイヤと前記複数の第2ワイヤとは、直径 a を有し、距離 $L =$ 直径 a であると、より好ましい。

10

【0015】

また、この場合、直径 a /間隔 d が 0.5 であると、さらに好ましい。

【0016】

本発明の積層型ワイヤグリッドは、以下のような製造方法により効率的に製造できる。すなわち、矩形棒状の第1フレームと矩形棒状の第2フレームとを積層して備えたフレーム積層体を準備する準備工程と、前記フレーム積層体の両主面と両側面とを巻き込むように、前記フレーム積層体に長尺のワイヤを複数回巻回する巻回工程と、前記ワイヤを、前記第1フレームの両側面と、前記第2フレームの両側面とに固定する固定工程と、前記第1フレームと前記第2フレームとの境界面に沿って前記フレーム積層体を分断し、第1ワイヤグリッドと第2ワイヤグリッドとを得る分断工程と、前記第1ワイヤグリッドの有する前記ワイヤの縦断面と、前記第2ワイヤグリッドの有する前記ワイヤの縦断面とを対向させて、前記第1ワイヤグリッドと前記第2ワイヤグリッドとを積層する積層工程とを包含し、適応波長よりも短い間隔 d で一方向に沿って配列された複数の第1ワイヤを有する前記第1ワイヤグリッドと、前記間隔 d で前記一方向に沿って配列された複数の第2ワイヤを有する前記第2ワイヤグリッドとを、前記複数の第1ワイヤと前記複数の第2ワイヤとの距離 L が前記間隔 d 以下となるように積層した積層型ワイヤグリッドを得る製造方法である。この場合、第1フレームと第2フレームとに同時にワイヤを巻回することができるので、本発明の積層型ワイヤグリッドを効率良く製造でき、製造コストの低減を図ることができる。

20

30

【発明の効果】

【0017】

本発明によれば、テラヘルツ波領域のワイヤグリッドの消光比の向上と広帯域化とを図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【0018】

【図1】本発明による積層型ワイヤグリッドの実施形態の斜視図である。

【図2】本発明による積層型ワイヤグリッドの実施形態を示す図であり、(a)は正面図、(b)は(a)の矢印X方向の側面図である。

40

【図3】図2のA-A'断面を模式的に示す図である。

【図4】実施形態の積層型ワイヤグリッドのワイヤの配列パターンを模式的に示す図である。

【図5】実施形態の積層型ワイヤグリッドと比較例の積層型ワイヤグリッドのテラヘルツ波の透過率を示すグラフである。

【図6】実施形態の積層型ワイヤグリッドと比較例の積層型ワイヤグリッドの消光比を示すグラフである。

【図7】シフト量 $p = 0$ の積層型ワイヤグリッドのワイヤの配列パターンを模式的に示す図である。

【図8】シフト量 $p = 0.5 \times$ 間隔 d の場合に、距離 L を $10 \mu\text{m}$ から $30 \mu\text{m}$ ($0.5 \times$ 間隔 d から $1.5 \times$ 間隔 d) まで変化させたときのテラヘルツ波の透過率の変化を示すグラフである

50

。

【図 9】シフト量 $p = 0.5 \times$ 間隔 d の場合に、距離 L を $10 \mu\text{m}$ から $30 \mu\text{m}$ ($0.5 \times$ 間隔 d から $1.5 \times$ 間隔 d) まで変化させたときのテラヘルツ波の透過率の変化を示すグラフ (片対数) である。

【図 10】シフト量 $p = 0.5 \times$ 間隔 d の場合に、距離 L を横軸にしてテラヘルツ波の各偏向方向における透過率と消光比のスペクトルをカラーマップ (図面ではモノクロで表示) にした図である。

【図 11】シフト量 $p = 0$ の場合に、距離 L を $10 \mu\text{m}$ から $30 \mu\text{m}$ まで変化させたときのテラヘルツ波の各偏向方向における透過率の変化を示すグラフである。

【図 12】シフト量 $p = 0$ の場合に、距離 L を $10 \mu\text{m}$ から $30 \mu\text{m}$ まで変化させたときのテラヘルツ波の各偏向方向における透過率の変化を示すグラフ (片対数) である。

【図 13】シフト量 $p = 0$ の場合に、距離 L を横軸にしてテラヘルツ波の各偏向方向における透過率と消光比のスペクトルをカラーマップ (図面ではモノクロで表示) にした図である。

【図 14】距離 $L = 10 \mu\text{m}$ のときに、シフト量 p を $0 \mu\text{m}$ から $10 \mu\text{m}$ まで変化させたときのテラヘルツ波の各偏向方向における透過率の変化を示すグラフである。

【図 15】距離 $L = 10 \mu\text{m}$ のときに、シフト量 p を $0 \mu\text{m}$ から $10 \mu\text{m}$ まで変化させたときのテラヘルツ波の各偏向方向における透過率の変化を示すグラフである。

【図 16】シフト量 p を横軸にしてテラヘルツ波の各偏向方向における透過率と消光比のスペクトルをカラーマップ (図面ではモノクロで表示) にした図である。

【図 17】実施形態の積層型ワイヤグリッドの製造方法の説明図である。

【図 18】実施形態の積層型ワイヤグリッドの製造方法の説明図である。

【図 19】従来のフリースタンド型ワイヤグリッドの一例を示す図であり、(a) は正面図、(b) は側面図である。

【図 20】図 19 に示す構造のワイヤグリッドを 2 個積層した状態を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0019】

ワイヤグリッドの消光比の向上を図る方法として、複数個のワイヤグリッドを積層することが考えられる。これにより、消光比は積層個数でべき乗した値まで向上する。

【0020】

また、本発明者がワイヤグリッドの積層条件について種々検討した結果、2 個のワイヤグリッドのワイヤ間の距離をワイヤの配列間隔以下にすると、消光比の向上と広帯域化との点で好ましい結果が得られることが判明した。本発明は、かかる知見に基づいてなされたものである。

【0021】

以下、図面を参照して本発明による積層型ワイヤグリッドの実施形態を説明する。

【0022】

図 1 及び図 2 は、本発明による積層型ワイヤグリッド 1 の第 1 実施形態を示す図であり、図 1 は積層型ワイヤグリッド 1 の斜視図、図 2 (a) は積層型ワイヤグリッド 1 の正面図、図 2 (b) は図 2 (a) の矢印 X 方向の側面図である。

【0023】

積層型ワイヤグリッド 1 は、テラヘルツ波領域の偏光成分を分離するためのものであって、第 1 ワイヤグリッド 2 A と第 2 ワイヤグリッド 2 B とを積層して構成されている。なお、第 1 ワイヤグリッド 2 A と第 2 ワイヤグリッド 2 B との基本的な構成は同じであるので、以下の説明においては、まず、第 1 ワイヤグリッド 2 A の構成の説明を行い、第 2 ワイヤグリッド 2 B については、第 1 ワイヤグリッド 2 A の構成と共通する構成の説明を省略するものとする。

【0024】

第 1 ワイヤグリッド 2 A は、矩形棒状の第 1 フレーム 3 A と、第 1 フレーム 3 A の一方の面を縦断するように、第 1 フレーム 3 A に張設されるとともに、適応波長よりも短い間

10

20

30

40

50

隔で一方向に配列された多数の第1ワイヤ4A、4A、・・・と、多数の第1ワイヤ4A、4A、・・・を第1フレーム3Aの両側面に固定する固定手段としての第1固定具5A、5Aとを備えている。

【0025】

第1ワイヤ4Aは金属により形成されており、その材質、直径及び配列間隔は特に限定されないが、本実施形態では、第1ワイヤ4Aは直径10 μ mのタンゲステン線であって、径方向に20 μ mの間隔をおいて配列されている。なお、図1及び図2では、図面を見やすくするために、多数の第1ワイヤ4A、4A・・・の各々の配列間隔を実際の寸法よりも大きくしてある。

【0026】

図3は図2のA-A'断面を模式的に示す図である。多数の第1ワイヤ4A、4A、・・・のそれぞれの両端部4a、4a（一方のみ図示）はフレーム3の側面3aに沿って略直角に折曲されている。

【0027】

図2(a)に示すように、第1固定具5Aは金属等により形成される略コの字形の部材である。第1固定具5Aと第1フレーム3Aの側面3aとの間に第1ワイヤ4Aの端部4a（図3参照）を挟み込むとともに第1固定具5Aの両端部5a、5aが第1フレーム3Aを挟み込んだ状態で、接着剤やネジ等の適宜の手段により第1固定具5Aが第1フレーム3Aに固定される。

【0028】

なお、第1固定具5Aと第1フレーム3Aの接着性を向上させるべく、第1フレーム3Aの側面3a及び/又は第1固定具5Aの内面に、微細な凹凸加工を施すようにしてもよい。

【0029】

図3に示すように、第1固定具5Aの幅W1は、第1フレーム3Aの側面3aの幅W2よりも小さく、第1固定具5Aは、第1ワイヤグリッド2Aと第2ワイヤグリッド2Bとの境界面Fにはみ出さないよう、境界面Fから離間した位置に固定される。このようにすることで、第1ワイヤグリッド2Aの第1ワイヤ4Aと、第2ワイヤグリッド2Bの第2ワイヤ4Bとの間隔L（図4参照）を適応波長以下にすることができる。

【0030】

これに対し、図19に示す従来のワイヤグリッド101を2個積層すると、一方のワイヤグリッド101のワイヤ102と、他方のワイヤグリッド101のワイヤ102との間隔を適応波長以下にすることができない。

【0031】

図20は、図19に示す構造のワイヤグリッドを2個積層した状態を示す図である。一方のワイヤグリッド101Aのワイヤ(図示せず)が存在する面105Aと、他方のワイヤグリッド101Bのワイヤ(図示せず)が存在する面105Bとの間に2個のフレーム103A、103Bが介在するため、面105Aと面105Bとの距離Yを適応波長以下にまで小さくすることができない。

【0032】

図4は、本実施形態の積層型ワイヤグリッド1の第1ワイヤ4Aと第2ワイヤ4Bの配列パターンを模式的に示す図である。第1ワイヤ4Aの直径及び第2ワイヤ4Bの直径をa、第1ワイヤ4A、4A、・・・の間隔及び第2ワイヤ4B、4B、・・・の間隔をd、第1ワイヤ4A、4A、・・・と第2ワイヤ4B、4B、・・・との距離をL、第1ワイヤ4A、4A、・・・の配列方向及び第2ワイヤ4B、4B、・・・の配列方向をx、第1ワイヤ4A、4A、・・・と第2ワイヤ4B、4B、・・・とのx方向における相対的なシフト量をpとする。

【0033】

本実施形態では、直径a、間隔d、距離L、シフト量pの関係が、 $a/d = 0.5$ 、 $L = a$ 、 $p = 0.5d$ であり、より具体的には、 $a = 10\mu\text{m}$ 、 $d = 20\mu\text{m}$ 、 $L = 10\mu\text{m}$ 、 $p = 10\mu\text{m}$ であ

10

20

30

40

50

る。なお、これらの寸法や寸法比率はあくまでも一つの例であって、本発明は、これらの寸法や寸法比率に限定されるものではない。

【0034】

図5は、実施形態の積層型ワイヤグリッド1と比較例(後述)の積層型ワイヤグリッドとのテラヘルツ波の透過率を示すグラフである。

【0035】

実線の曲線C1、曲線C2は実施形態の積層型ワイヤグリッド1の特性曲線であり、曲線C1はTE波の特性曲線を示し、曲線C2はTM波の特性曲線を示す。破線の曲線C11、曲線C12は1個のワイヤグリッドの透過率を2乗した値の特性曲線である。この破線の特性曲線は、距離Lが間隔dに対して十分に大きい積層型ワイヤグリッド(以下「比較例」と称する。)の透過率の特性曲線である。曲線C11はTE波の特性曲線を示し、曲線C12はTM波の特性曲線を示す。

10

【0036】

本実施形態のTE波の透過率は、矢印で示すように、比較例のTE波の透過率に対して3~12THzで上昇して低損失化している。また、比較例のTM波の遮断周波数が約15THzであるのに対し、本実施形態のTM波の遮断周波数は約40THzであり、本実施形態のTM波の遮断周波数は、比較例のTM波の遮断周波数に比べて、飛躍的に高周波にシフトしている。すなわち、本実施形態の有効周波数範囲は比較例の有効周波数範囲に比べて広帯域化している。

【0037】

20

図6は、実施形態の積層型ワイヤグリッド1と比較例の積層型ワイヤグリッドとの消光比を示すグラフであり、実線の曲線C3が本実施形態の消光比の特性曲線を示し、破線の曲線C13が比較例の消光比の特性曲線を示す。本実施形態の特性曲線C3では、消光比が1になる点が、比較例の曲線C13に対して高周波側に大幅にシフトしている。すなわち、本実施形態の特性曲線C3では、消光比が1になる点が、比較例の特性曲線C13で消光比が1になる15THz(間隔dに相当する)付近から大幅に高周波側にシフトしている。これは、本実施形態が比較例に比べて広帯域で高消光比の偏光子であることを表している。

【0038】

このように、第1ワイヤグリッド2Aの第1ワイヤ4Aと第2ワイヤグリッド2Bの第2ワイヤ4Bとの距離Lを間隔d以下にすると、1個のワイヤグリッドの透過特性を2乗した場合とは、異なる透過特性を示すことが確認された。

30

【0039】

特に、距離L=直径a、シフト量 $p=0.5 \times$ 間隔dの積層型ワイヤグリッド1は、40%の透過率を維持しながら、偏光子として有効な周波数範囲と消光比とを向上させることができる。この条件では、距離Lが間隔dよりも十分に大きい比較例と比べ、TE波入射の場合は、約3THz以下でわずかに透過率が下がるものの、有効範囲では60%以上の高い透過率が得られている。

【0040】

一方、TM波入射の場合、積層型ワイヤグリッド1の透過率は比較例よりもさらに減少することがわかった。1THzの消光比は 10^{-10} 台になり、これまでの先行技術よりもすぐれた結果である。また、ワイヤ4の間隔($d=20 \mu\text{m}$)から予想される、偏光子としての性能を完全に失う周波数(15THz)においても、透過率が 10^{-4} 程度と非常に良くなっている。これにより、偏光子の消光比の向上、偏光子の広帯域化(有効な周波数範囲の拡大)及び偏光子の低損失化(TE波の透過率の向上)が実現した。

40

【0041】

なお、テラヘルツ波の透過率と消光比とは、シフト量p、距離L、間隔dに応じて変化する。以下にそれについて述べる。

【0042】

図7はシフト量 $p=0$ の積層型ワイヤグリッドのワイヤの配列パターンを模式的に示す

50

図である。この例では、第1ワイヤグリッド2Aの第1ワイヤ4Aと第2ワイヤグリッド2Bの第2ワイヤ4Bとがx方向に相対的にシフトしていない。

【0043】

図4（シフト量 $p = 0.5 \times$ 間隔 d ）と図7（シフト量 $p = 0$ ）の場合において、距離 L を $10 \mu\text{m}$ から $30 \mu\text{m}$ まで変化させてテラヘルツ波の透過率を調べるために、シミュレーションを行った。

【0044】

図8、図9は、シフト量 $p = 0.5 \times$ 間隔 d の場合に、距離 L （図中では l と表示）を $10 \mu\text{m}$ から $30 \mu\text{m}$ （ $0.5 \times$ 間隔 d から $1.5 \times$ 間隔 d ）まで変化させたときのテラヘルツ波の透過率の変化を示すグラフ（図9は片対数プロット）である。点線と二点鎖線は1枚のワイヤグリッドのテラヘルツ波の透過率を2乗したもので、距離 L が間隔 d に対して十分に大きい2重ワイヤグリッドのテラヘルツ波の透過率を示す。実線と点線はTE波の透過率を表し、破線と二点鎖線はTM波の透過率を表す。

10

【0045】

図10は、シフト量 $p = 0.5 \times$ 間隔 d の場合に、距離 L （図中では l と表示）を横軸にしてテラヘルツ波の各偏向方向における透過率と消光比のスペクトルとをカラーマップ（図面ではモノクロで表示）にした図である。左側の図はTM波の透過率を表し（破線は 10^{-4} の等高線）、中央の図はTE波の透過率を表し（破線は0.6の等高線）、右側の図は消光比（実線は距離 L 、破線は 10^{-4} の等高線）を表す。

【0046】

20

図11、図12は、シフト量 $p = 0$ の場合に、距離 L （図中では l と表示）を $10 \mu\text{m}$ から $30 \mu\text{m}$ まで変化させたときのテラヘルツ波の各偏向方向における透過率の変化を示すグラフ（図12は片対数プロット）である。点線と二点鎖線は1枚のワイヤグリッドの透過率を2乗したもので、距離 L が間隔 d に対して十分に大きい2重ワイヤグリッドの透過率を示す。実線と点線はTE波の透過率を表し、破線と二点鎖線はTM波の透過率を表す。

【0047】

図13は、シフト量 $p = 0$ の場合に、距離 L （図中では l と表示）を横軸にしてテラヘルツ波の各偏向方向における透過率と消光比のスペクトルをカラーマップ（図面ではモノクロで表示）にした図である。左側の図はTM波の透過率を表し（破線は 10^{-4} の等高線）、中央の図はTE波の透過率を表し（破線は0.6の等高線）、右側の図は消光比を表す（実線は距離 L 、破線は 10^{-4} の等高線）。

30

【0048】

図8、図9、図11、図12から、シフト量 $p = 0.5 \times$ 間隔 d の場合のTE波と、シフト量 $p = 0$ の場合のTE波とは、似た透過特性であることがわかる。

【0049】

TM波については、図11と図12から、シフト量 $p = 0$ の場合では、距離 L に応じて急峻なピークが移動しているものの、それを例外として、距離 L に依存せずほとんど一定の透過特性である。それは、図13の左側のカラーマップの等高線が、ピークの移動を例外として横軸にほぼ平行になっていることから確認できる。それに伴い、図13の右側のカラーマップから、消光比が距離 L に依存して大きく変化していないことが確認できる。

40

【0050】

一方、シフト量 $p = 0.5 \times$ 間隔 d の場合には、図8と図9から、距離 L がおよそ $17 \mu\text{m}$ を下回った辺りから、急激にTM波の透過率が下がっていることが確認できる。また、図10の右側のカラーマップから、消光比も距離 L に依存して変化していることが確認できる。

【0051】

本実施形態の積層型ワイヤグリッド1では、テラヘルツ波の透過率と消光比とはシフト量 p の変化にも依存する。距離 $L = 10 \mu\text{m}$ 、 $12 \mu\text{m}$ 、 $30 \mu\text{m}$ のそれぞれの場合について、シフト量 p を $0 \mu\text{m}$ から $10 \mu\text{m}$ まで変化させてテラヘルツ波の透過率を調べるために、シ

50

ミュレーションを行った。

【 0 0 5 2 】

図 1 4、図 1 5 は、距離 $L = 10 \mu\text{m}$ のときに、シフト量 p を $0 \mu\text{m}$ から $10 \mu\text{m}$ まで変化させたときのテラヘルツ波の各偏向方向における透過率の変化を示すグラフ（図 1 5 は片対数プロット）である。点線と二点鎖線は 1 枚のワイヤグリッドのテラヘルツ波の透過率を 2 乗したもので、距離 L が間隔 d に対して十分に大きい 2 重ワイヤグリッドのテラヘルツ波の透過率を示す。実線と点線は T E 波の透過率を表し、破線と二点鎖線は T M 波の透過率を表す。

【 0 0 5 3 】

図 1 6 は、シフト量 p を横軸にしてテラヘルツ波の各偏向方向における透過率と消光比のスペクトルをカラーマップ（図面ではモノクロで表示）にした図である。上段は $L = 10 \mu\text{m}$ 、中段は $L = 12 \mu\text{m}$ 、下段は $L = 30 \mu\text{m}$ の場合であり、各段の左側の図は T M 波の透過率を表し（破線は 10^{-4} の等高線）、中央の図は T E 波の透過率を表し（破線は 0.6 の等高線）、右側の図は消光比を表す（実線は L 、破線は 10^{-4} の等高線）。

10

【 0 0 5 4 】

図 1 4、図 1 5 から、シフト量 p を $0 \mu\text{m}$ からわずかにずらすと、新しいディップが発生し、テラヘルツ波の透過率が非常に大きく変化することが確認できる。そして、図 1 6 から、距離 L が小さいほどシフト量 p への依存が大きく、距離 $L = 30 \mu\text{m}$ では等高線が横軸にほとんど平行な直線であることから、シフト量 p への依存がほとんどないことが確認できる。

20

【 0 0 5 5 】

また、ワイヤ 4 の直径 a / 間隔 d とテラヘルツ波の透過率との関係について調べるために、シミュレーションを行った。直径 $a = 10 \mu\text{m}$ 、間隔 $d = 20 \mu\text{m}$ の積層型ワイヤグリッドについて、直径 a を固定して間隔 d を変化させた場合、T E 波の透過率は間隔 d が大きくなるほど向上するが、T M 波の透過率も増加してしまい、偏光子としての有効範囲の周波数が狭くなることが確認された。また、間隔 d が小さくなる場合には逆の結果（すなわち、間隔 d が小さくなるほど T E 波の透過率が低下減少するが、T M 波の透過率がそれ以上に減少するため、偏光子として有効な周波数の範囲が広がる）となった。

【 0 0 5 6 】

なお、間隔 d が大きくなるほど T M 波の透過率が大きくなり、間隔 d が小さくなるほど T M 波の透過率が小さくなるが、S P P（Surface Plasmon Polariton、表面プラズモンポラリトン）の励起による 15THz 付近での透過率の増加と、導波管効果によるカットオフ周波数以下の電磁波の遮断との、どちらの寄与が大きいかを考慮して間隔 d を決定する必要がある。

30

【 0 0 5 7 】

以上の結果、シフト量 $p = 0.5 d$ 、距離 $L =$ 直径 a 、直径 a / 間隔 d のときに、非常に優れた偏光特性を有することが確認された。

【 0 0 5 8 】

次に、実施形態の積層型ワイヤグリッド 1 の製造方法について述べる。図 1 7、図 1 8 は、実施形態の積層型ワイヤグリッド 1 の製造方法の説明図である。

40

【 0 0 5 9 】

まず、図 1 7（a）に示すように、矩形棒状の第 1 フレーム 3 A と矩形棒状の第 2 フレーム 3 B とを準備する。さらに、これらを積層して適宜の手段で固定し、図 1 7（b）に示すようなフレーム積層体 3' を準備する（準備工程）。

【 0 0 6 0 】

次に、図 1 7（c）に示すように、このフレーム積層体 3' の両主面と両側面とを巻き込むようにフレーム積層体 3' に長尺のワイヤ 4 を複数回巻回する。このとき、ワイヤ 4 は、互いに隣接する部位の間隔 d （図 4 参照）が適応波長以下となるように巻回される（巻回工程）。

【 0 0 6 1 】

50

次に、図 17 (d) に示すように、フレーム積層体 3' を形成する第 1 フレーム 3 A の両側面にそれぞれ第 1 固定具 5 A を対向させ、第 2 フレーム 3 B (図 18 (b) 参照) の両側面にそれぞれ第 2 固定具 5 B (図 18 (b) 参照) を対向させる。そして、図 18 (a) に示すように、第 1 固定具 5 A を第 1 フレーム 3 A の両側面にそれぞれ装着し、ワイヤ 4 を第 1 フレーム 3 A の両側面に固定する。同様に、第 2 固定具 5 B (図 18 (b) 参照) を第 2 フレーム 3 B (図 18 (b) 参照) の両側面にそれぞれ装着し、第 2 ワイヤ 4 B を第 2 フレーム 3 B の両側面に固定する (固定工程)。

【0062】

次に、第 1 フレーム 3 A と第 2 フレーム 3 B の境界面に沿ってワイヤ 4 を切断してフレーム積層体 3' を分断し、図 18 (b) に示すように、第 1 ワイヤグリッド 2 A と第 2 ワイヤグリッド 2 B とを得る (分断工程)。

10

【0063】

そして、第 1 ワイヤグリッド 2 A と第 2 ワイヤグリッド 2 B とを、第 1 ワイヤグリッド 2 A の有する第 1 ワイヤ 4 A の縦断面と、第 2 ワイヤグリッド 2 B の有する第 2 ワイヤ 4 B の縦断面とを対向させて、第 1 ワイヤグリッド 2 A と第 2 ワイヤグリッド 2 B とを積層し、適宜の手段で固定して、図 18 (c) に示すように、積層型ワイヤグリッド 1 を得る (積層工程)。

【0064】

この製造方法によれば、第 1 フレーム 3 A と第 2 フレーム 3 B とに対してワイヤ 4 を同時に巻き付けることができるので、製造効率が良いで、製造コストの低減を図ることができる。

20

【0065】

以上、本発明の具体的な実施形態を説明したが、本発明は上記実施形態に限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲で上記実施形態に種々の改変を施すことができる。

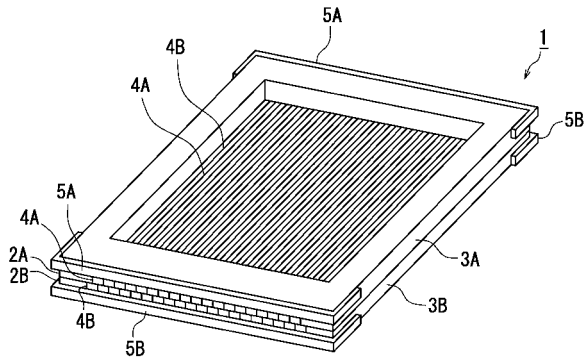
【符号の説明】

【0066】

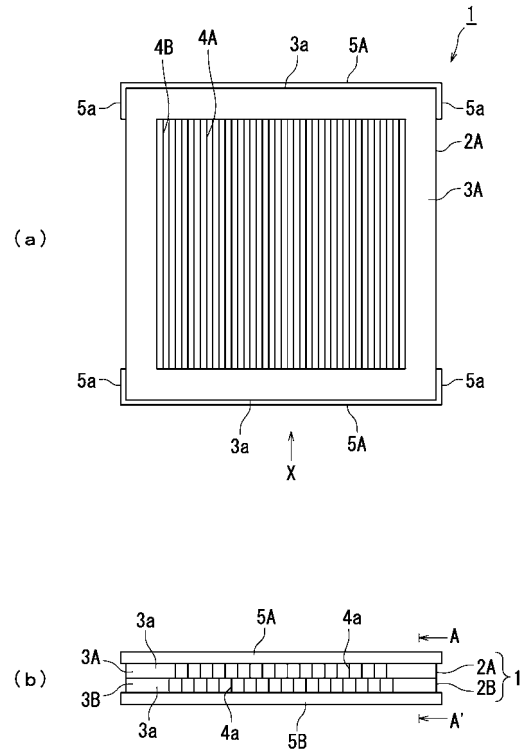
- 1 積層型ワイヤグリッド
- 2 A 第 1 ワイヤグリッド
- 2 B 第 2 ワイヤグリッド
- 3 A 第 1 フレーム
- 3 B 第 2 フレーム
- 3' フレーム積層体
- 4 長尺のワイヤ
- 4 A 第 1 ワイヤ
- 4 B 第 2 ワイヤ
- 5 A 第 1 固定具 (固定手段)
- 5 B 第 2 固定具 (固定手段)

30

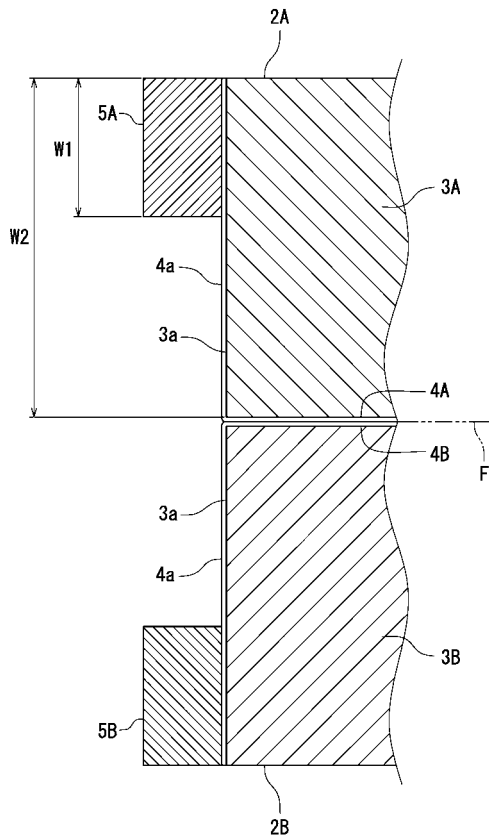
【 図 1 】



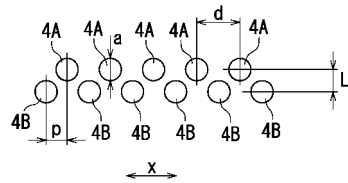
【 図 2 】



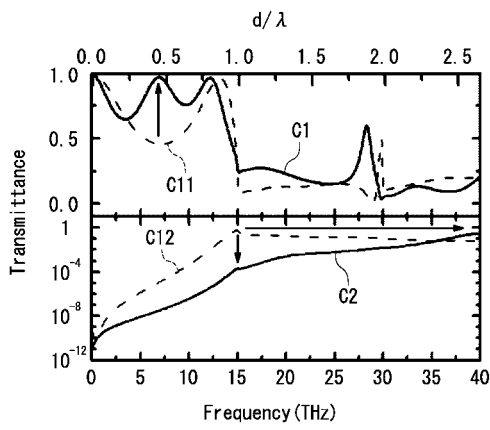
【 図 3 】



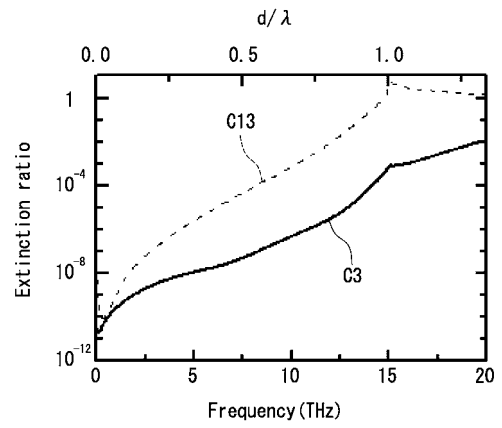
【 図 4 】



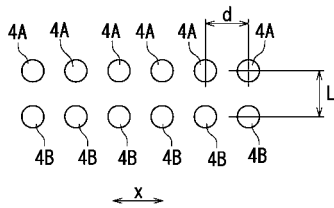
【 図 5 】



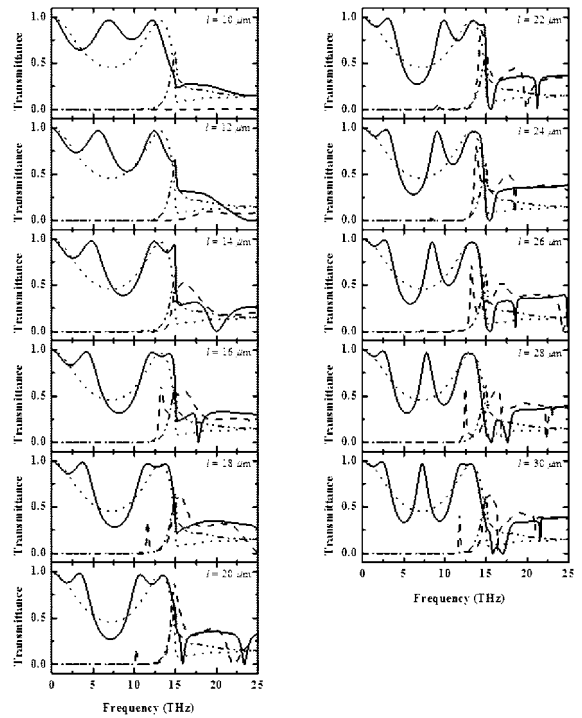
【 図 6 】



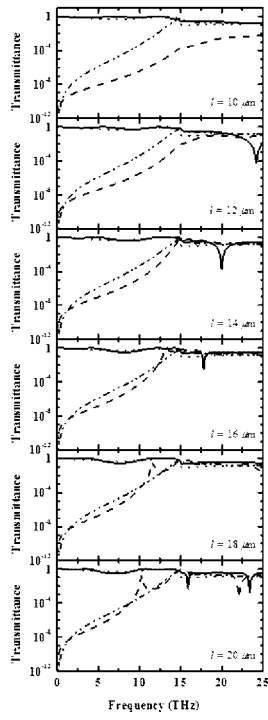
【 図 7 】



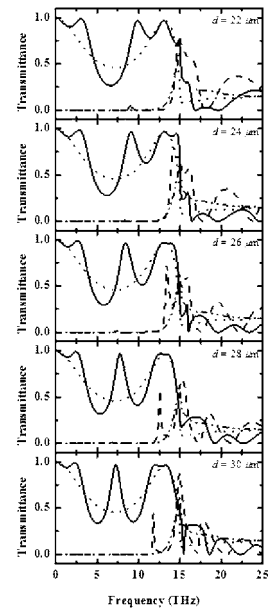
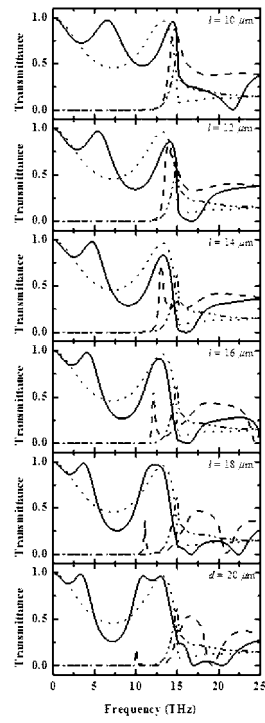
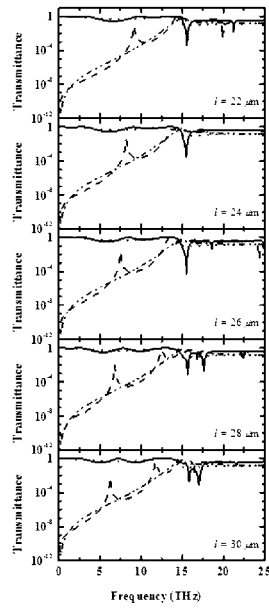
【 図 8 】



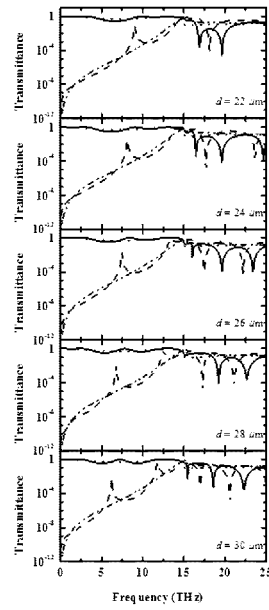
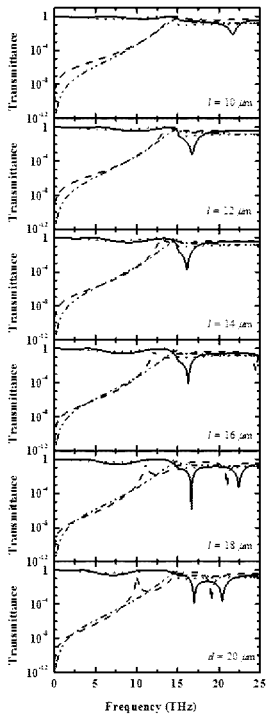
【 図 9 】



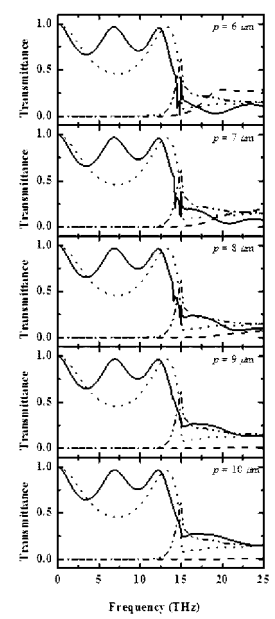
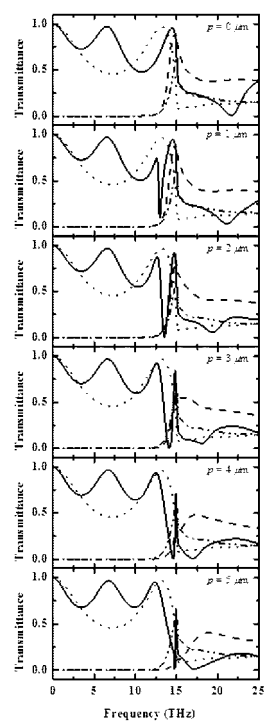
【 図 1 1 】



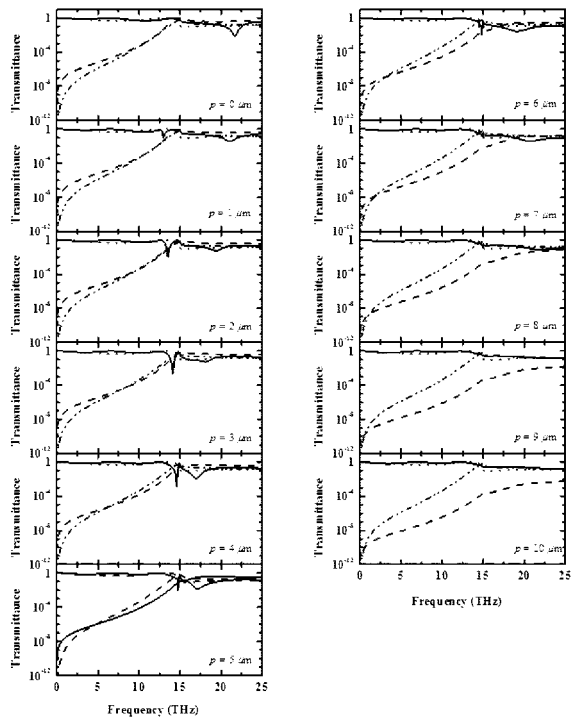
【 図 1 2 】



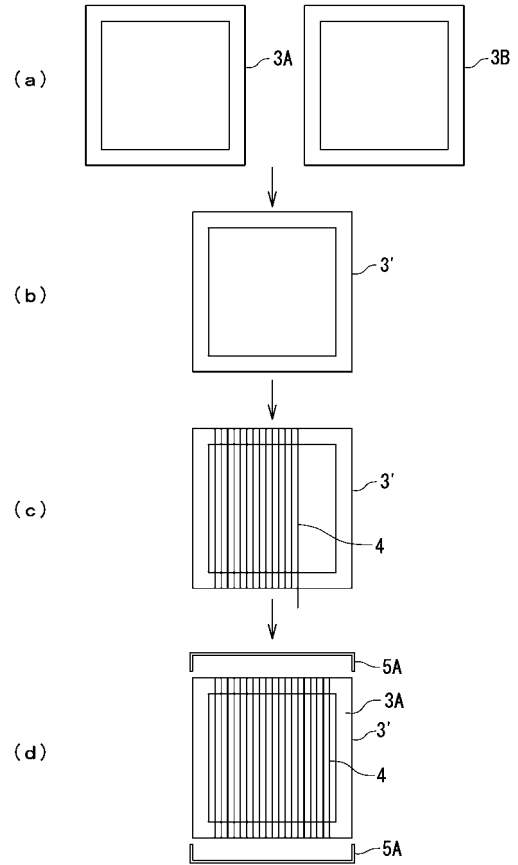
【 図 1 4 】



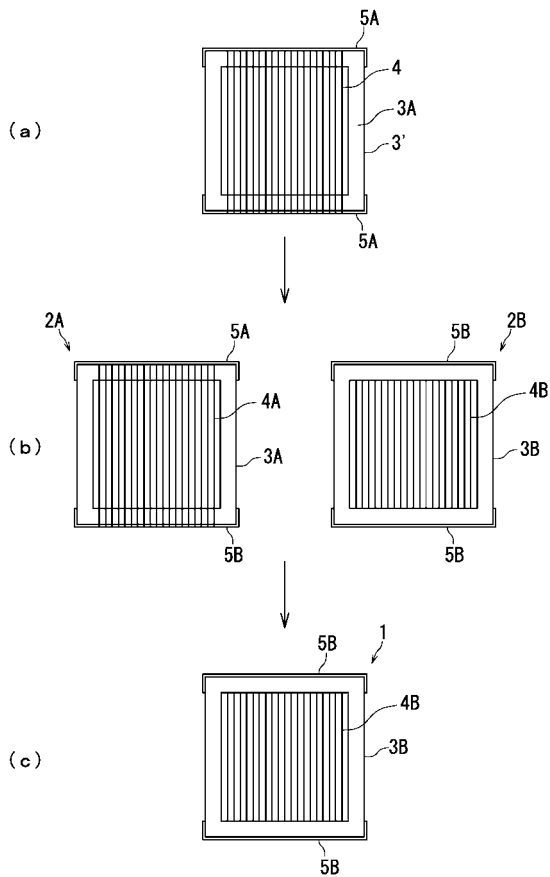
【 図 1 5 】



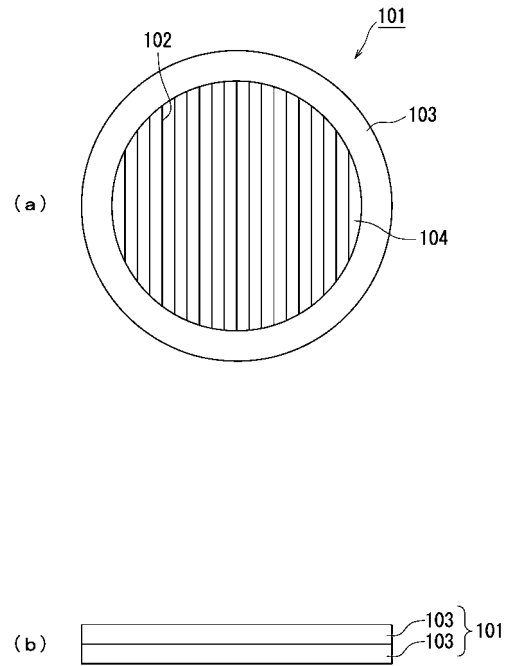
【 図 1 7 】



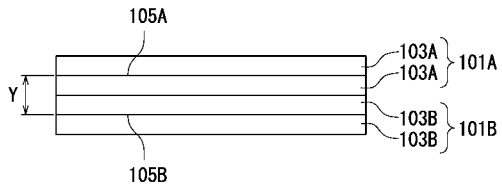
【 図 1 8 】



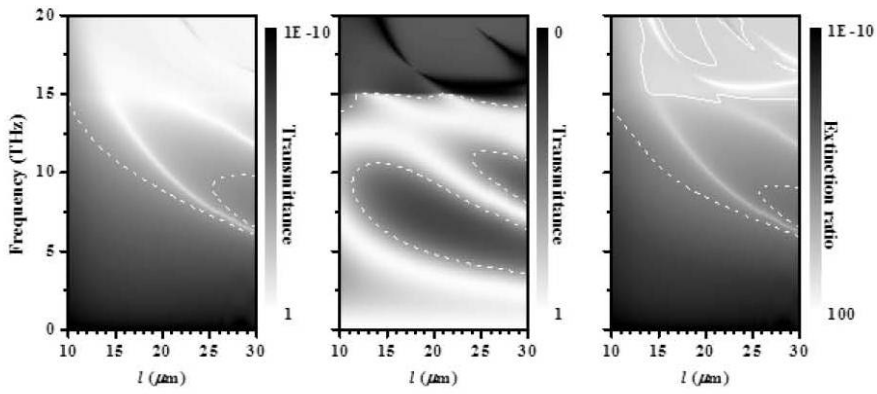
【 図 1 9 】



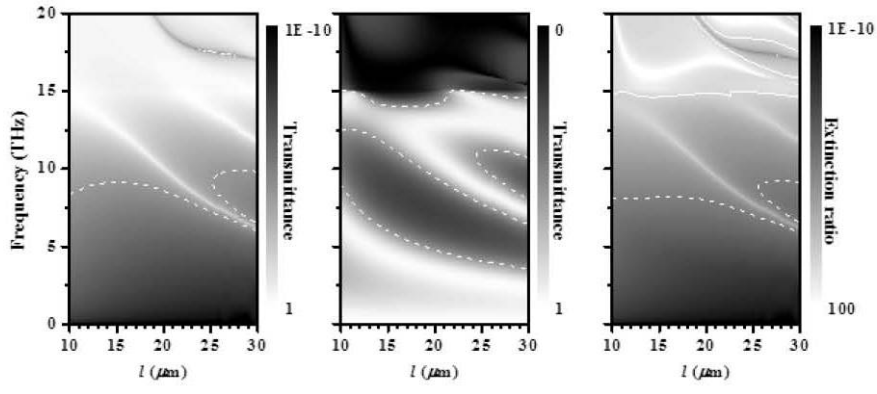
【 図 20 】



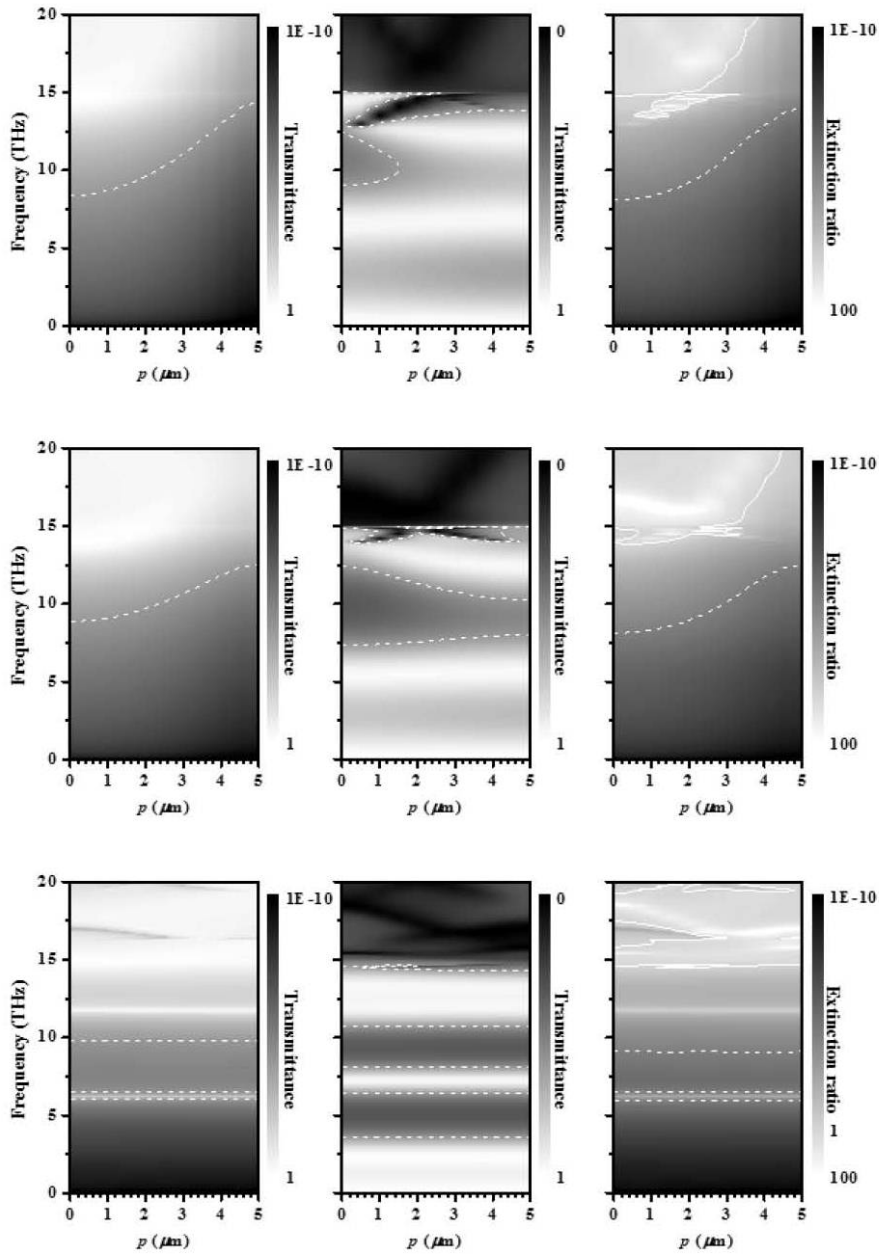
【 図 10 】



【 図 1 3 】



【 図 16 】



フロントページの続き

Fターム(参考) 2H149 AA24 AB01 AB06 BA04 BA23 EA10