

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2004 年 12 月 23 日 (23.12.2004)

PCT

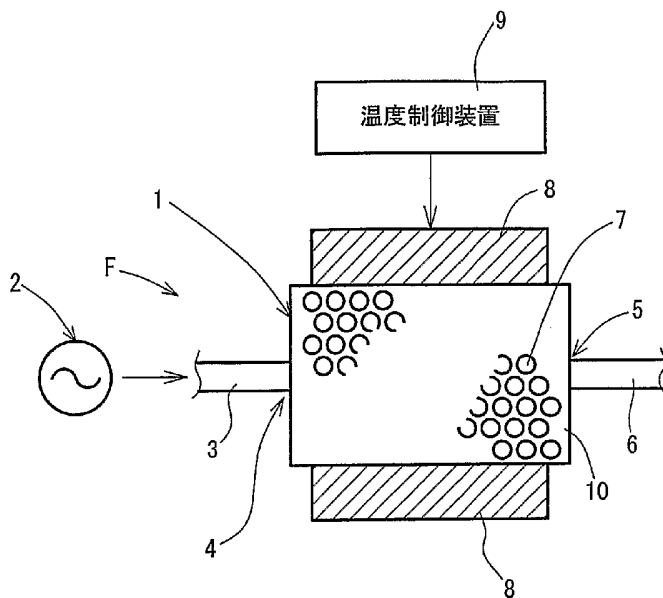
(10) 国際公開番号
WO 2004/111709 A1

- (51) 国際特許分類: **G02F 1/01** (72) 発明者; および
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 中川 卓二 (NAK-
(21) 国際出願番号: PCT/JP2004/007435 AGAWA, Takuji). 田中 克彦 (TANAKA, Katsuhiko).
(22) 国際出願日: 2004 年 5 月 25 日 (25.05.2004) (74) 代理人: 岡田 和秀 (OKADA, Kazuhide); 〒5300022 大
(25) 国際出願の言語: 日本語 阪府大阪市北区浪花町 1 3 番 3 8 号 千代田ビル北
(26) 国際公開の言語: 日本語 館 Osaka (JP).
(30) 優先権データ: (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が
特願2003-170527 2003 年 6 月 16 日 (16.06.2003) JP 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, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS,
(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株 LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA,
式会社村田製作所 (MURATA MANUFACTURING NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE,
CO.,LTD.) [JP/JP]; 〒6178555 京都府長岡京市天神 2 丁 SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US,
目 2 6 番 1 0 号 Kyoto (JP). UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

/ 続葉有 /

(54) Title: DIELECTRIC CONSTANT CONTROL PERIODICAL STRUCTURE, ELECTROMAGNETIC WAVE CON-
TROLLER USING THIS STRUCTURE, AND ELECTROMAGNETIC WAVE CONTROL METHOD USING THIS
STRUCTURE

(54) 発明の名称: 誘電率制御周期構造体、この構造体を用いた電磁波制御装置およびこの構造体を用いた電磁波制
御方法



9...TEMPERATURE CONTROLLER

(57) Abstract: A dielectric control periodical structure in which dielectric elements are arranged with pitches corresponding to the wavelength of the input electromagnetic wave. The index of refraction to an electromagnetic wave is changed with a change of the dielectric constant by a change of the temperature of the dielectric elements so as to arbitrarily control the propagation characteristic of the electromagnetic wave.

/ 続葉有 /

WO 2004/111709 A1



(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), ユーラシア (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, IT, LU, 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).

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。

添付公開書類:

— 国際調査報告書

(57) 要約: 入力される電磁波の波長に対応する周期で誘電体要素が配置された誘電率制御周期構造体において、誘電体要素の温度による誘電率の変化によって電磁波の屈折率を変化させる電磁波の伝搬特性を自由自在に制御することができる誘電率制御周期構造体。

明細書

誘電率制御周期構造体、この構造体を用いた電磁波制御装置およびこの構造体を用いた電磁波制御方法

5

技術分野

本発明は、電磁波を制御するフォトニック結晶の一種である誘電率制御周期構造体、この構造体を用いた電磁波制御装置およびこの構造体による電磁波制御方法に関する。

10 背景技術

フォトニック結晶は、屈折率や誘電率が異なる物質が周期的に配置された周期構造物であって、物質間の屈折率や誘電率の変化が大きくなると多重反射によって、フォトニックバンドギャップと呼ばれる光や電磁波の伝搬を禁止する周波数帯域を持ち、その周波数帯域の電磁放射を遮断する機能を有している。そのため、近年、フォトニック結晶を用いる技術の可能性が、光やミ

15 リ波帯域などの高周波信号の制御素子として検討されている。例えば、周期構造体は一定の周波数帯域のカットオフフィルタとして用いることが考えられる。また、周期構造体中に周期を乱す不均一部分を導入すると、その部分に光や電磁波が閉じ込められるので、周期構造体は導波管や共振器に応用できると考えられている。さらに、周期構造体は光の超低閾値レーザや電磁波の高指向性アンテナ等にも応用できると考えられている。

20 このようなフォトニック結晶には、1次元、2次元、3次元の構造体がある。特にフォトニック結晶の3次元構造を作るためには、例えば角材積層型や自己クローニングによる形状保存多層膜を用いる方法、光造形を用いる方法、粒子を並べる方法等がある。また、フォトニック結晶の作製には、有機材料、セラミックやシリコン等の絶縁体、誘電体、半導体材料を加工する技術が知られている。これらのフォトニック結晶から得られるフォトニックバンドギャップは、構成される2つの材

25 料の誘電率や屈折率のコントラストが大きいほど、大きく広がることが知られている。

近年、このフォトニック結晶の周期構造を外部のエネルギーにより変化させることにより、電磁波を制御することが検討され、提案されている。具体的には、電場、磁場、光、圧力など種々の外場を制御することにより、フォトニック結晶の誘電率や屈折率を変化させる提案がなされている。

しかしながら、誘電体により周期構造を構成したものを制御する具体的な方法としては、例えば、特開2001-91911号公報および特開2001-91912号公報に開示されているように、光で制御する方法、PZTやPLZTの電歪効果を用いて格子の大きさを変化させたり、PLZTを用いて電圧を加えることにより屈折率を変える方法、及び光照射によるPLZTの電歪効果を用いる方法

5 に限られている。

光で制御する方法や、電歪効果を用いて、フォトニック結晶の屈折率や誘電率を変化させる方法は、困難性が高い。例えば、PZTの電歪効果で周期構造の構成要素の間隔などを調節する場合、実用的に調節可能な変化量は5%までである。例えば光の場合、構成要素の間隔が約28nmの周期構造では、1.5nmのフォトニックバンド位置の移動しかできない。また、電気光学

10 定数の大きなPLZT($r_c = 612 \text{ pm/V}$)であっても、屈折率変化は数%オーダーであり、実質的にはフォトニックバンドギャップを制御することは大変難しい。

さらに、マイクロ波の場合は、数mmオーダーのフォトニックバンドギャップが必要となり、電歪効果を利用したとしても、十分なフォトニックバンドギャップが得られないという問題が生じる。

本発明は、上記実状に鑑みてなされたものであって、並列された誘電体要素に対して比較的

15 大きな誘電率変化を生じさせることによって、電磁波、特にマイクロ波の伝搬特性を簡易に変更や制御が可能な誘電率制御周期構造体、この構造体を用いた電磁波制御装置およびこの構造体による電磁波制御方法を提供することを目的とする。

発明の開示

20 本発明は、入力される電磁波の波長に対応する周期で誘電体要素が配置されている誘電率制御周期構造体において、前記誘電体要素として、温度により誘電率が変化するものを用いた誘電率制御周期構造体である。

ここで、電磁波は、光等も含む。また、誘電体要素は、周期性を有するように配置されたもの自体が誘電性の高い部材であるものに限定されず、誘電性の低いものであっても、その誘電体要素

25 素周りの部材が誘電性の高いものとなっていて、かつ誘電体要素とその周りの部材との間での誘電率に大きな差がある構造であるとともに周期性のある配置となっているものも含む。したがって、誘電体要素とその周りの部材との屈折率差を大きくするためには、その誘電体要素周りの部材との間の誘電率の差が大きなものとなっていることが好ましい。また、本発明では、周期性をも

って誘電体要素が並設された構造は主要構造として備えられるのであって、一部にその周期性に従わない構造が設けられていてもよい。また、入力される電磁波の波長に対応する周期とは、その電磁波の伝搬特性を制御するのに適するように設定された周期であって、その制御対象の電磁波の波長に対応して誘電体要素の周期が適宜設定される。具体的には、例えば、誘電体

5 要素の周期が0.1mm以上30mm以下に設定されていてもよい。この場合、通信に使用される電磁波に対してフォトニックバンドギャップ効果を得ることができる。したがって、誘電率制御周期構造体の応用例として、通信に使用される電磁波を制御するデバイスに採用できる。特に、誘電体要素の周期が1mm以上3mm以下に設定された場合、ミリ波領域からマイクロ波領域の電磁波を制御するデバイスへの応用が可能となる。

- 10 本発明に係る誘電率制御周期構造体によれば、誘電体要素に温度変化を与えるように温度制御を行うことによって、誘電体要素における誘電率を比較的大きく変化させることができたり、例えば各誘電体要素間の間隔が変化するなど、温度変化によって誘電率制御周期構造体が膨張収縮など形状を変化させることができるので、電磁波の屈折率の変化は、従来の制御方法の場合よりも大きくすることができる。したがって、本発明に係る誘電率制御周期構造体は、電磁波
- 15 の屈折率を大きく変化させるように制御を行なうことができるので、電磁波の伝搬特性、例えば、誘電体要素の屈折率と各誘電体要素間部分の屈折率との差によって生じるフォトニックバンドギャップを容易に変更することができる。

- 本発明に係る誘電率制御周期構造体の前記誘電体要素は、強誘電体を含む素材で構成されていることが好ましい。また、前記誘電体要素は、該強誘電体のキュリー温度近傍において温
- 20 度を制御することによって誘電率を変化させるように構成されていることが好ましい。この場合、強誘電体は、キュリー温度近傍における温度変化に対して、誘電率の値の変化が非常に大きい
- ため、入力される電磁波に対する誘電体要素での屈折率の変化を大きなものにすることができる。例えば、電磁波の通過を許容したり禁じたりするスイッチング制御を高精度にかつ容易に行うことができる。強誘電体の種類などの条件によって、そのキュリー温度の設定は異なるが、キュリー
- 25 温度を中心として温度差が100℃前後の範囲内で温度制御されることが好ましい。

このような誘電体要素を構成している場合において、前記誘電体要素は、強誘電体の粉体を分散媒体中に分散した状態で固形化したものであることが好ましい。この場合、誘電体要素のそれぞれを強誘電体のみで構成したものと比較して、温度変化に応じた形状変化が柔軟に行われ

るので、誘電率の変化によって屈折率が変化するとともに、誘電体要素の形状変化や誘電体要素間の寸法変化によっても屈折率が変化し、相乗的に屈折率を変化させることができる。

本発明に係る誘電率制御周期構造体は、前記各誘電体要素間に樹脂材が充填固化され、前記誘電体要素と前記樹脂材とが一体化されていることが好ましい。この場合、誘電体要素間に充填固化された樹脂材は各誘電体要素の位置を保持したり、外力などに対する補強を行うという役割を果たすので、耐久性の高い誘電率制御周期構造体を得られる。また、誘電率制御周期構造体は、誘電体要素と充填された樹脂材とのそれぞれの誘電率による屈折率の差などによってフォトニックバンドギャップが得られる。これにより、誘電率制御周期構造体は、一方では所望の電磁波の通過を許すことができるとともに、一方では所望の電磁波の通過を禁じることができる。

- 10 本発明に係る誘電率制御周期構造体において、前記誘電体要素は、強誘電体を含む素材でブロック体に構成され、かつこのブロック体中に空孔が形成されていることが好ましい。この場合、強誘電体を含む素材で構成されたブロック体に空孔が形成されているので、電磁波が強誘電体から空孔へ伝搬されるときに屈折率を変化させるときには、空孔周りの温度を変化させればよい。すなわち、ブロック体となった誘電率制御周期構造体全体の温度を変化させることによって、ブロック体全体としての誘電率が比較的大きく変化し、そのブロック体とブロック体に形成された空孔との間における電磁波の屈折率が大きく変化するものとなる。

本発明に係る誘電率制御周期構造体は、キュリー温度が 0°C 以上 300°C 以下の強誘電体材料を用いていることが好ましい。この場合、温度制御が行い易い温度範囲であるとともに、強誘電体においてはその温度制御による誘電率の変化も大きなものとなるので、電磁波の屈折率の制御を簡易にかつ高精度に行うことができる。ここで、キュリー温度が 0°C よりも低い強誘電体材料を用いると、高精度な冷却器を用いる必要があるので高コストとなるという問題があり、キュリー温度が 300°C より高い強誘電体材料を用いると、高温の制御が困難であるという問題がある。なお、キュリー温度が 0°C 以上 200°C 以下の強誘電体材料を用いることがより好ましく、さらにキュリー温度が 50°C 以上 160°C 以下の強誘電体材料を用いることが一層好ましい。

- 25 本発明に係る誘電率制御周期構造体は、前記温度による前記誘電体要素の誘電率変化と形態変化とを組み合わせ、前記電磁波の伝搬特性の制御が可能にされていることが好ましい。誘電体要素の形態変化としては、誘電体要素自体の形状変化や、誘電体要素同士の間隔の変化、誘電体要素の位置変化などがある。この場合、温度制御による誘電体要素の誘電率変化の

みならず、誘電体要素間の寸法変化をも考慮して電磁波の伝搬特性を制御することにより、より一層精度良く伝搬特性の制御を行うことができる。

本発明に係る誘電率制御周期構造体を用いた電磁波制御装置は、本発明に係る誘電率制御周期構造体と、前記誘電率制御周期構造体の前記誘電体要素に温度変化を与えることのできる

- 5 温度制御部と、前記誘電率制御周期構造体へ電磁波を入力する入力部と、前記誘電率制御周期構造体で制御された電磁波を出力する出力部と、を含むことを特徴とする。

本発明に係る誘電率制御周期構造体を用いた電磁波制御装置によれば、誘電率制御構造体を利用して、例えば、電磁波の伝搬のスイッチング制御を行うことにより電磁波の伝搬特性を適宜制御することができる。

- 10 本発明に係る誘電率制御周期構造体を用いた電磁波制御方法は、本発明の誘電率制御周期構造体に対しその誘電体要素を温度制御することにより、当該誘電率制御周期構造体に入力される電磁波の伝搬特性を制御することを特徴とする。

本発明に係る誘電率制御周期構造体を用いた電磁波制御方法によれば、誘電体要素に温度変化を与えるように温度制御を行うことによって、誘電体要素における誘電率を比較的大きく変化させたり膨張収縮など形状を変化させることができるので、各誘電体要素間の間隔など形態が変化する。これにより、電磁波の屈折率の変化の範囲は、従来の制御方法の場合よりも大きいものにすることができる。したがって、本発明に係る誘電率制御周期構造体を用いた電磁波制御方法では、電磁波の屈折率を大きく変化させるように制御を行なうことができるので、電磁波の伝搬特性を容易に変更することができる。

20

図面の簡単な説明

図1は、本発明の実施の形態に係る誘電率制御周期構造体を用いた電磁波制御装置の一例であるフィルタを示す概略説明図である。

- 25 図2は、本発明の実施の形態に係る誘電率制御周期構造体を用いたその他の電磁波制御装置の一例であるフィルタを示す概略説明図である。

図3は、所定組成比率のチタン酸バリウムの温度と誘電率との関係を示すグラフである。

図4は、実施例1の誘電率制御周期構造体を示す斜視図である。

図5は、所定組成比率のチタン酸ストロンチウムバリウムの温度と比誘電率との関係を示すグラ

フである。

図6は、実施例2の誘電率制御周期構造体を示す斜視図である。

図7は、所定組成比率のジルコン酸バリウム鉛の温度と誘電率との関係を示すグラフである。

図8は、実施例3の誘電率制御周期構造体を示す斜視図である。

- 5 図9は、所定組成比率の $(1-x)\text{Pb}(\text{Mg}_{1/3}\text{Nd}_{2/3})\text{O}_3-x\text{PbTiO}_3$ の温度と誘電率との関係を示すグラフである。

図10は、実施例4の誘電率制御周期構造体を示す斜視図である。

図11は、実施例5の誘電率制御周期構造体の誘電体要素の支持体となる樹脂型を示す斜視図である。

- 10 図12は、実施例5の誘電率制御周期構造体を示す斜視図である。

発明を実施するための最良の形態

図1を参照して、誘電率制御周期構造体1を利用した電磁波制御装置の一例としてのフィルタFが示されている。このフィルタFは、電磁波としてマイクロ波信号を入力するものである。そして、

- 15 このフィルタFの構成は、信号源2からマイクロストリップ線路3を通してマイクロ波信号が伝搬されて入力される構成となっている。なお、マイクロ波の入力用の信号ラインとしては、マイクロストリップ線路の他に、例えば、導波管、同軸ケーブル、マイクロストリップラインなどを用いてもよい。その信号ラインは誘電率制御周期構造体1の信号入力部4に接続されている。また、誘電率制御周期構造体1の信号出力部5には、出力信号を出力するためのマイクロストリップ線路6からなる出力側信号ラインが接続されている。
- 20

- 誘電率制御周期構造体1は、チタン酸バリウムを主成分として含む強誘電体の粉体を樹脂材に分散した状態で固めた円柱状の誘電体要素7を多数内部に備えるものである。図2を参照して、平行に配置された各円柱状の誘電体要素7は、その平行となる軸方向から見て、互いに正三角形の頂点位置に円柱の中心軸が位置する状態に、その正三角形の各辺に沿った3方向で、それぞれ一定の等間隔に並列された状態に配置されている。なお、この並列配置は、その軸方向からみた2次元配置となっているが、たとえばこの2次元配置した円柱の軸方向に対して直交する方向で、さらに同様の円柱状の誘電体要素が配置された3次元配置構成にしてもよい。また、各誘電体要素7は、同一高さに設定されているとともに、樹脂10によって直方体のブロック状に
- 25

固められた構成となっている。この樹脂の素材としては、例えば、テフロン(商標)樹脂が挙げられる。各誘電体要素7の高さ方向(以下、上下方向という)の両端面は、誘電率制御周期構造体1の上下それぞれの面において外部に露出状態となってもよいし、露出しないよう樹脂材で被覆された状態となってもよい。この実施の形態の場合、例えば、誘電体要素7の円柱構造
5 における断面円形の直径を0.4mmに設定し、隣合う誘電体要素7、7間の格子間隔(ピッチ)寸法を1mmに設定している。誘電率制御周期構造体1の高さは10mm、横幅(短手方向長さ)は8.7mm、長手方向長さは20mmに設定している。

本発明に係るこの実施の形態の場合、誘電率制御周期構造体1に対して、常温の状態と、ヒータ8で加熱してその温度を約120℃程度にする状態との間で、切り換えが可能となっている。
10 すなわち、後述する図3に示すように、常温近くでの比誘電率は約1000であり、そのときの屈折率は32である。また、120℃近くでの比誘電率は約6000であり、そのときの屈折率は77である。図1における樹脂10の比誘電率は2.0であり、屈折率は1.4である。この場合、チタン酸バリウムのキュリー温度は約120℃である。

本発明に係るこの実施の形態の場合、直方体状の誘電率制御周期構造体1において、誘電率周期構造体1の全体的な温度制御を行うために、前記信号入力部4と信号出力部5とを設けた面とは別の他の4面部分に、ヒータ8が設けられている。このヒータ8は、温度制御装置9によって、加熱用の電力供給の制御が行われる。温度制御装置9は、予め設定されたプログラムにしたがい、マイクロコンピュータを用いて、ヒータ8の温度制御を行うことができるように構成されている。温度制御装置9およびヒータ8は、誘電率制御周期構造体1の誘電体要素7に対する温度制御
20 を行う温度制御部を構成している。

したがって、上記格子間隔で最密配置の三角格子に、チタン酸バリウムの誘電体要素7を並設した本発明に係る実施の形態では、誘電体要素7と樹脂10との比誘電率の関係から、互いの屈折率差によって得られる、40℃付近でのフォトニックバンドギャップの位置は、約16GHz(波長約18mm)であるが、温度が120℃付近になると、フォトニックバンドギャップの位置は、約10
25 GHz(波長約29mm)となり、1.5倍以上の周波数にわたってフォトニックバンドギャップの位置を変化させることができる。したがって、このフィルタFでは、所望波長の電磁波を選択して通過させることができる。

上記実施の形態の誘電率制御周期構造体1には、加熱用のヒータを設けたものを示したが、

冷却を図ることのできる手段を備えたもの、例えばペルチェ効果素子を設けてもよい。従来の自然放熱では、誘電率制御周期構造体1は常温側に速く温度を低下させることができなかったが、このような冷却手段を設けると、強制的に温度を低下させることができるので、迅速にその所望温度へ低下させることができる。

- 5 また、上記ではマイクロ波について説明したが、ミリ波、赤外線から紫外線までの光や、VHF、UHFなどの電磁波についても、本発明の誘電率制御周期構造体を用いることができる。

本発明の誘電率制御周期構造体1の製造方法の一例を、図4で表される誘電率制御周期構造体1を用いて説明する。なお、図4の誘電率制御周期構造体1は、次に述べる複合樹脂混合物の成型体に、多数の円筒状空洞を形成したものである。

- 10 まず、キュリー点付近で誘電率が大きく変わる強誘電体材料粉末を用意する。この強誘電体材料粉末をエポキシ樹脂に分散させて、複合樹脂混合物を得る。

図4に示される形状の誘電率制御周期構造体が形成できるような型をあらかじめ用意し、その型に上記複合樹脂混合物を注入し、熱を加えて硬化させる。そして、硬化した構造体を型から抜き出して、図4で示される誘電率制御周期構造体を得られる。

- 15 なお、図4に示される形状の誘電率制御周期構造体1は、直方体の強誘電体焼結ブロック中において、面に直交する方向から見て最密配置の三角格子の位置に、レーザー等によって空孔を空ける方法などを用いても作製することができる。

- また、誘電率制御周期構造体は、特開2000-341031号公報に開示されているように、強誘電体材料と感光性樹脂とを混合した混合材料を含む複合材料を用いて、光造形法等によって形成してもよい。このように、本発明に係る誘電率制御周期構造体は、強誘電体材料と樹脂とを混合した複合材料を用いることによって、所望の誘電率となるように調整することが可能であり、例えば図8に示されているように、焼結体から作製することが困難な構造でも容易に作製することができる。
- 20

- 本発明に係る誘電率制御周期構造体を構成する誘電体要素の強誘電体材料としては、BaTiO₃、PbTiO₃、(Ba、Pb)SnO₃、NaVO₃、(Ba、Sr)TiO₃、KNbO₃、LiTaO₃、(Ba、Pb)ZrO₃、Pb(Mg、W)ZrO₃、Pb(Mg、Nb)ZrO₃、Pb(Zr、Ti)O₃のうち選択された一つを主成分とする混合系材料が用いられる。ただし、本発明は、ここに提示した材料に限定されるものではなく、温度制御により電磁波の伝搬特性を適宜制御することのできる強誘電体材料であれば、各種材料
- 25

を採用することができる。特に、キュリー温度による比誘電率の変化率が大きいものが好ましい。

また、本発明の誘電体要素は、強誘電体でない誘電体を素材として含むものでもよい。

また、温度制御部において加熱を行うための手段としては、図2に示される赤外線輻射装置10のように、誘電率制御周期構造体1を加熱することのできる赤外線等の熱放射線を用いて、誘

5 電率制御周期構造体1へ照射してもよい。

本発明に係る誘電率制御周期構造体に関する実施例が以下に説明される。

(実施例1)

チタン酸バリウムは、キュリー温度付近で誘電率が大きく変わる強誘電体材料である。図3は、チタン酸バリウムの温度(横軸)と誘電率(縦軸)の関係を示すグラフ(G. A. Somlenskii and
10 K. I. Rozgachev, Zh. Tekh. Fiz, 24, 1751 (1954)より)であり、 $\text{BaTi}_{1.02}\text{O}_3$ では、40℃付近の比誘電率は約1000であり、キュリー温度である120℃付近の比誘電率は約6000であることが分かる。

このチタン酸バリウムを成型、焼成し、その後、レーザー等を用いて、直径が1.6mmφで格子間隔が2.0mmとなるように、空孔11を配列するように形成し、誘電率制御周期構造体1とし
15 て、図4と同様の形態のチタン酸バリウムセラミックブロック12を作製した。この誘電率制御周期構造体1は、直方体状であって、高さ16mm、短手方向長さ17mm、長手方向長さ34mmに設定されている。ここで、空孔11は最密配置の三角格子の誘電体要素を構成するものである。

そして、得られた誘電率制御周期構造体1をネットワークアナライザに配置して、電磁波を照射した際のフォトニックバンドギャップの位置を測定した。より具体的には誘電率制御周期構造
20 体1の外観温度が40℃の時と、キュリー温度である120℃の時とのフォトニックバンドギャップの位置を、それぞれ測定した。空孔11の空気(屈折率1)とセラミックブロック12のチタン酸バリウム(比誘電率、約1000のとき屈折率32)との屈折率差によって得られる、40℃付近でのフォトニックバンドギャップの位置は、約7GHz(波長40mm)であった。一方、キュリー温度である120℃付近では、チタン酸バリウムの比誘電率が約6000で、屈折率が77となるので、フォトニックバン
25 ドギャップの位置は、約3GHz(波長100mm)となった。したがって、倍以上の周波数に渡りフォトニックバンドギャップの位置を変化させることができる。

ところで、温度変化に応じて固体は膨張または収縮する。そのため、このような誘電率制御周期構造体は、熱的变化に伴う膨張または収縮の影響も考慮されなければならない。チタン酸

バリウム熱膨張係数は、常温から120℃の温度領域で約0.05%/℃である。そのため、熱膨張によって空孔間の間隔が延びるため、温度が常温から120℃になった場合には、誘電率制御周期構造体のフォトニックバンドギャップは、熱膨張が無いとする場合と比較して若干低周波側にずれ、約2.8GHzになる。このように、熱膨張の影響を受けたとしても、十分に大きなフォトニ

5 ックバンドギャップを得ることが可能である。

(実施例2)

チタン酸ストロンチウムバリウムは、キュリー温度付近で誘電率が大きく変わる強誘電体材料である。図5は、チタン酸ストロンチウムバリウムの温度(横軸)と比誘電率(縦軸)との関係を示すグラフ(セラミック手帳、素木洋一編、技報堂出版より)であって、このグラフに示されるように、Ba_{0.8}Sr_{0.2}TiO₃では20℃付近の比誘電率は約2000であり、60℃付近の比誘電率は約6000である。なお、このBa_{0.8}Sr_{0.2}TiO₃ではキュリー温度は約60℃である。

図6を参照して、このようなチタン酸ストロンチウムバリウムセラミックによって、直径1mmφで同一高さの円柱状の誘電体要素13を成型・焼成して作製し、多数の誘電体要素13を、Al₂O₃(アルミナ)から成る基板14上に、面に直交する方向から見て最密配置の三角格子状に並列するように立設して、誘電率制御周期構造体1を作製した。この時、円柱列の誘電体要素13は、最密配置の三角格子に配置され、格子間隔は2mmである。また、この誘電率制御周期構造体1は直方体状であって、高さ16mm、短手方向長さ17mm、長手方向長さ34mmに設定されている。

そして、得られた誘電率制御周期構造体1をネットワークアナライザに配置し、電磁波を照射してフォトニックバンドギャップの位置を測定した。より具体的には、誘電率制御周期構造体1の外観温度が20℃の時と、キュリー温度である60℃の時とをそれぞれ測定した。

この誘電率制御周期構造体1の場合、Ba_{0.8}Sr_{0.2}TiO₃のセラミック材で構成された円柱状の誘電体要素13の周りは、空気が存在するだけであり、充填材などで充填されているものではない。したがって、誘電体要素13の、Ba_{0.8}Sr_{0.2}TiO₃のセラミック(比誘電率約2000のとき屈折率約45)と、空気(屈折率1)との屈折率差によって、フォトニックバンドギャップが生じる。20℃付近でのフォトニックバンドギャップの位置は約7GHz(波長約42mm)であるが、温度が60℃付近になるとフォトニックバンドギャップの位置は、4GHz(波長約75mm)となることがわかった。したがって、約2倍の周波数にわたりフォトニックバンドギャップの位置を変化させることができる。

(実施例3)

ジルコン酸バリウム鉛はキュリー温度付近での誘電率が大きく変わる強誘電体材料である。図7は、ジルコン酸バリウム鉛の温度(横軸)と誘電率(縦軸)との関係を示すグラフである。このグラフに示されるように、 $\text{Ba}_{0.2}\text{Pb}_{0.8}\text{ZrO}_3$ では20℃付近の誘電率は約500であり、160℃付近の誘電率は約10000である。なお、この $\text{Ba}_{0.2}\text{Pb}_{0.8}\text{ZrO}_3$ では、キュリー温度は約160℃である。

図8を参照して、このようなジルコン酸バリウム鉛(平均粒径2 μm)をエポキシ樹脂中に分散させたエポキシ系樹脂コンポジットを用いて、直径1.0mm ϕ で同一高さの円柱状の誘電体要素15を作製し、多数の誘電体要素15を、 Al_2O_3 (アルミナ)から成る基板16上に、面に直交する方向から見て最密配置の三角格子状に並列するように立設して、誘電率制御周期構造体1を作製した。この時、円柱列の誘電体要素13は、最密配置の三角格子に配置され、格子間隔は2.0mmである。また、この誘電率制御周期構造体1は、直方体状であって、高さ4.0mm、短手方向長さ7.0mm、長手方向長さ17.0mmに設定されている。

この実施例3の場合、誘電体要素15は、エポキシ系樹脂コンポジットからなり、これはセラミック粉体(平均粒径2 μm)をエポキシ樹脂中に分散させて得られる。また、一般に多量のセラミックを樹脂中に分散させることは困難であり、容易にセラミックを分散できる量としては約30vol%である。このとき、誘電率制御周期構造体1は、分散率の影響で、比誘電率が減る。セラミックを30vol%分散した樹脂では、20℃付近の比誘電率が約15(屈折率3.9)であり、160℃付近の比誘電率は約35(屈折率5.9)になる。

そして、このようなエポキシ系樹脂コンポジットの誘電体要素15を、図8に示すように、三角格子状に並設した誘電率制御周期構造体1のフォトニック結晶を、ネットワークアナライザに配置して、電磁波を照射し、フォトニックバンドギャップの位置が測定された。この時、誘電率制御周期構造体1の外観温度が20℃の時と、キュリー温度である160℃付近の時について、フォトニックバンドギャップの位置をそれぞれ測定した。その結果、外観温度が20℃付近では、フォトニックバンドギャップの位置は約75GHzとなり、外観温度が160℃付近になると、フォトニックバンドギャップの位置は約73GHzとなる。したがって、2GHzの周波数にわたりフォトニックバンドギャップの位置を変化させることができる。

(実施例4)

図9は、 $0.83\text{Pb}(\text{Mg}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3-0.17\text{PbTiO}_3$ の温度(横軸)と誘電率(縦軸)との関係

を示すグラフ(セラミック手帳、素木洋一編、技報堂出版より)である。図9を参照して、 $(1-x)\text{Pb}(\text{Mg}_{1/3}\text{Nd}_{2/3})\text{O}_3-x\text{PbTiO}_3$ の一例としての $0.83\text{Pb}(\text{Mg}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3-0.17\text{PbTiO}_3$ の複合強誘電体材料では、 20°C 付近の誘電率は約4000であり、 80°C 付近の誘電率は約30000である。この場合、キュリー温度は、ほぼ 80°C である。この複合強誘電体材料となるセラミック粉末

5 (平均粒径 $2\mu\text{m}$)をエポキシ樹脂中に分散させて、エポキシ系樹脂コンポジットを作製した。ここで、誘電体要素17は上記エポキシ系樹脂コンポジットである。一般的に、コンポジットに容易にセラミックを分散できる量は約30vol%である。30vol%分散された樹脂では、 20°C 付近の比誘電率が約27(屈折率5.2)であり、 80°C 付近の比誘電率は約50(屈折率7.1)になる。図10を参照して、直径 $1.4\text{mm}\phi$ で格子間隔が 2.0mm となるように最密配置の三角格子柱列に空孔

10 が形成されているエポキシ樹脂製の型材18(屈折率1.4)に上記強誘電体分散樹脂を、真空含浸してフォトニック結晶を作製し、誘電率制御周期構造体1を得る。この誘電率制御周期構造体1は、直方体状であって、高さ 4.0mm 、短手方向長さ 7.0mm 、長手方向長さ 17.0mm に設定されている。この出来上がった誘電率制御周期構造体1を、ネットワークアナライザに配置して、電磁波を照射し、フォトニックバンドギャップの位置を測定した。より具体的には誘電率制御周期

15 構造体1の外観温度が 20°C の時と、キュリー温度である 80°C の時とをそれぞれ測定した。その結果、 20°C 付近でのフォトニックバンドギャップの位置は、約 40GHz (波長約 7mm)であるが、 80°C 付近でのフォトニックバンドギャップの位置は、約 30GHz (波長約 10mm)になる。したがって、 10GHz のフォトニックバンドギャップ位置の移動が可能となる。

(実施例5)

20 図7を参照して、 $\text{Ba}_{0.2}\text{Pb}_{0.8}\text{ZrO}_3$ では 20°C 付近の誘電率は約500であり、 160°C 付近の誘電率は約10000である。この場合、キュリー温度は、ほぼ 160°C である。また、 $\text{Ba}_{0.3}\text{Pb}_{0.7}\text{ZrO}_3$ では、 80°C 付近の誘電率は約9500であり、 160°C 付近の誘電率は約2000である。この場合、キュリー温度は、ほぼ 80°C である。

$\text{Ba}_{0.3}\text{Pb}_{0.7}\text{ZrO}_3$ のセラミック粉体(平均粒径 $2\mu\text{m}$)を30vol%分散させたエポキシ樹脂を用

25 いて、図11に示すように、直径が $0.75\text{mm}\phi$ で格子間隔が 2.0mm となるように最密配置の三角格子柱列の空孔20が形成されている強誘電体分散樹脂型19を作製する。次に、実施例4と同じように、 $\text{Ba}_{0.2}\text{Pb}_{0.8}\text{ZrO}_3$ が30vol%分散されたエポキシ樹脂を、先の型の空孔20部分に含浸し、固化する。これにより図12に示すように、誘電率制御周期構造体1であるフォトニック結晶

を作製する。この誘電率制御周期構造体1は直方体状であって、高さ4.0mm、短手方向長さ7.0mm、長手方向長さ17.0mmに設定されている。なお、誘電体要素21はエポキシ樹脂で構成されている。

得られた誘電率制御周期構造体1を、ネットワークアナライザに配置して、電磁波を照射し、フ

5 フォトニックバンドギャップを測定した。

この誘電率制御周期構造体1では、格子状に配置された誘電体要素21と樹脂型19とにおける分散強誘電体の誘電率は、150℃付近で一致するため、この温度近傍では、フォトニックバンドギャップは発生しない。一方、80℃付近では、30GHz付近にフォトニックバンドギャップが発生し、150℃付近でも、30GHz付近にフォトニックバンドギャップが発生する。

10 このようにして、フォトニックバンドギャップは、温度を制御することによって容易に発生させることができ、フォトニックバンドギャップのスイッチができる。つまり、30GHzの電磁波では、温度を制御することによって伝搬の断続を容易に行うことができる。

以上、樹脂はエポキシ樹脂を例として挙げたが、本発明は、この樹脂に限定されるものではない。記載した強誘電体と樹脂とを混合し、硬化剤、熱、電子線、UV等により硬化できるものであ

15 ればよい。また、熱硬化性樹脂に限定されるものでもない。

また、これらの樹脂複合体を用いたフォトニック結晶を作製する場合には、ダイヤモンド構造等の複雑な構造が容易に作製できる光造形法が有効である。

また、本発明では、2次元フォトニック結晶を取り上げて説明しているが、1次元、3次元のフォトニック結晶でも同様の効果が期待できる。

20 なお、本発明では、フォトニック結晶全体を温度制御する場合について記載しているが、部分的に、フォトニック結晶に温度分布を持たせてフォトニックバンドギャップを制御することも可能である。

産業上の利用可能性

25 本発明によれば、電磁波を制御するフォトニック結晶の一種である誘電率制御周期構造体、この構造体を用いた電磁波制御装置およびこの構造体による電磁波制御方法に適用することができる。

請求の範囲

1. 入力される電磁波の波長に対応する周期で誘電体要素が配置されている誘電率制御周期構造体において、
前記誘電体要素として、温度により誘電率が変化するものを用いた、ことを特徴とする誘電率
5 制御周期構造体。
2. 請求項1に記載の誘電率制御周期構造体において、
前記誘電体要素は、強誘電体を含む素材で構成されている、ことを特徴とする誘電率制御周
期構造体。
3. 請求項2に記載の誘電率制御周期構造体において、
10 前記誘電体要素は、強誘電体のキュリー温度近傍における温度制御により誘電率を変化させ
るように構成されている、ことを特徴とする誘電率制御周期構造体。
4. 請求項1に記載の誘電率制御周期構造体において、
前記誘電体要素は、強誘電体を含む素材でブロック体に構成されかつこのブロック体中に空
孔が形成されている、ことを特徴とする誘電率制御周期構造体。
- 15 5. 請求項2から4のいずれかに記載の誘電率制御周期構造体において、
キュリー温度が0℃以上300℃以下の強誘電体材料を用いている、ことを特徴とする誘電率制
御周期構造体。
6. 請求項2から5のいずれかに記載の誘電率制御周期構造体において、
前記誘電体要素は、強誘電体の粉体を分散媒体中に分散した状態で固形化されたものであ
20 る、ことを特徴とする誘電率制御周期構造体。
7. 請求項2, 3, 5, 6のいずれかに記載の誘電率制御周期構造体において、
前記各誘電体要素間に樹脂材が充填固化され、前記誘電体要素と前記樹脂材とが一体化さ
れている、ことを特徴とする誘電率制御周期構造体。
8. 請求項1から7のいずれかに記載の誘電率制御周期構造体において、
25 前記温度による前記誘電体要素の誘電率変化と形態変化とを組み合わせ、前記電磁波の
伝搬特性を制御可能に構成されている、ことを特徴とする誘電率制御周期構造体。
9. 請求項1から8のいずれかに記載の誘電率制御周期構造体と、
前記誘電率制御周期構造体の前記誘電体要素に温度変化を与えることのできる温度制御部

と、

前記誘電率制御周期構造体へ電磁波を入力する入力部と、

前記誘電率制御周期構造体で制御された電磁波を出力する出力部と、

を含む、ことを特徴とする誘電率制御周期構造体を用いた電磁波制御装置。

- 5 10. 請求項1から8のいずれかに記載の誘電率制御周期構造体に対しその誘電体要素を温度制御することにより、当該誘電率制御周期構造体に入力される電磁波の伝搬特性を制御する、ことを特徴とする誘電率制御周期構造体による電磁波制御方法。

図 1

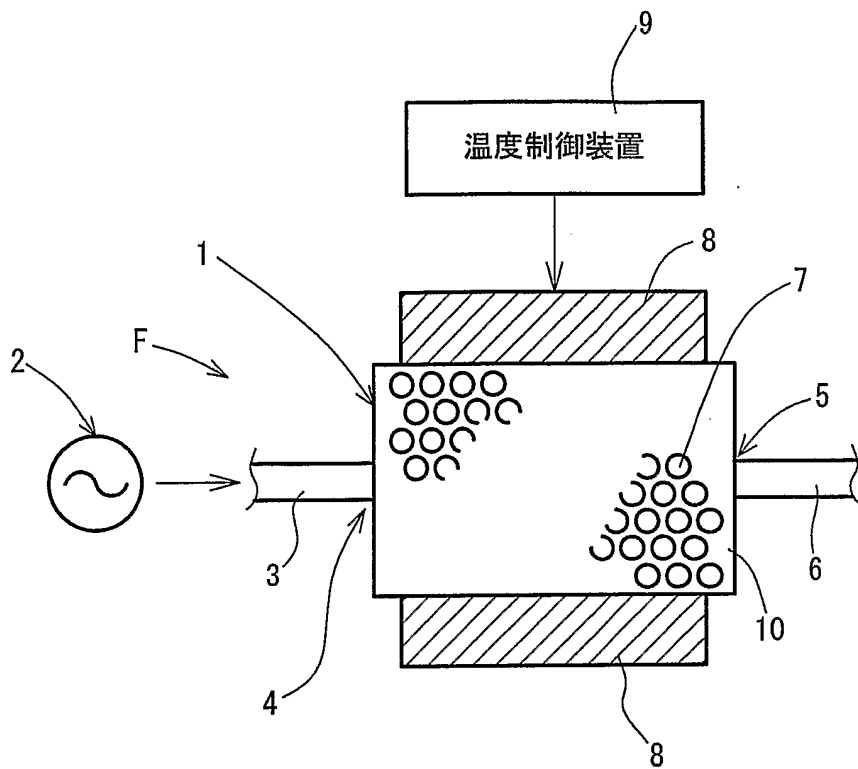


図 2

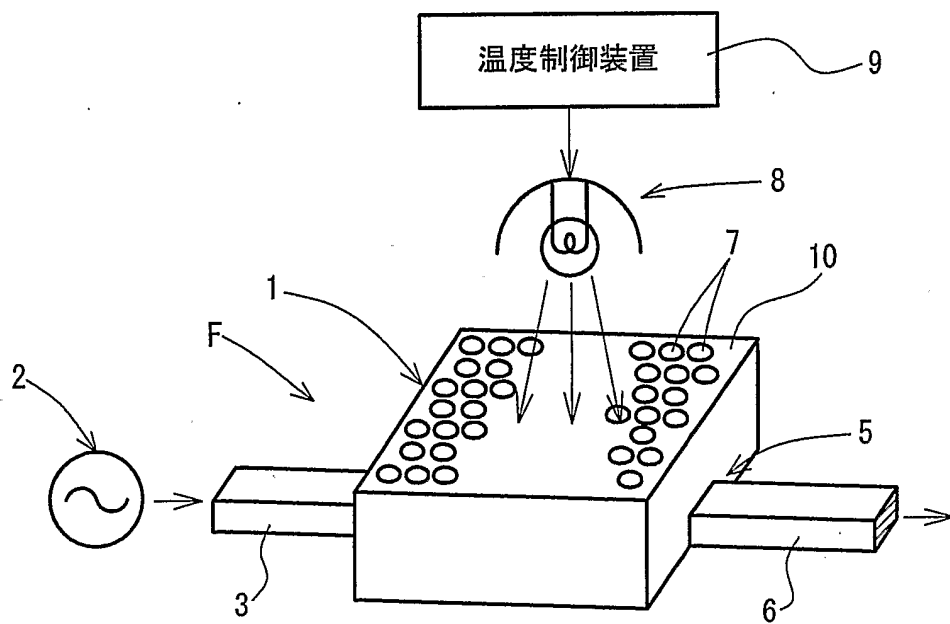
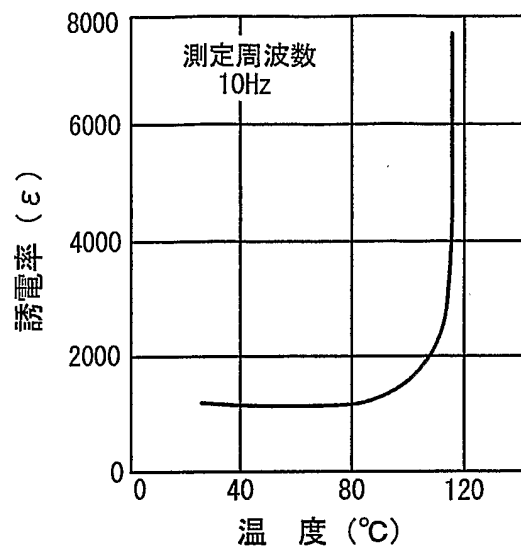


図 3



組成：

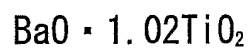


図 4

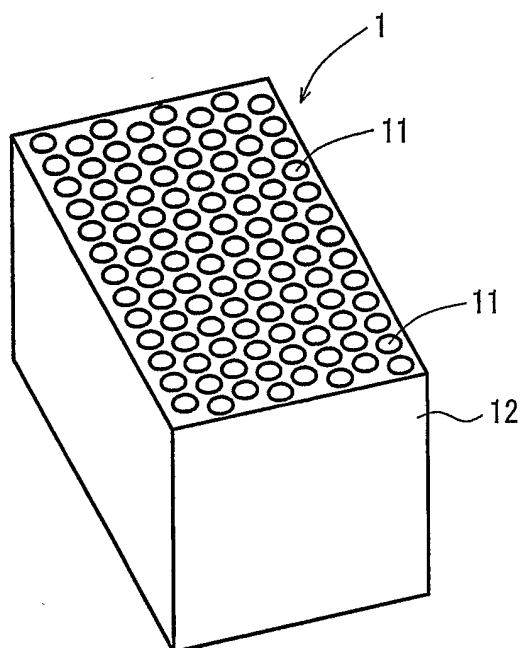


図 5

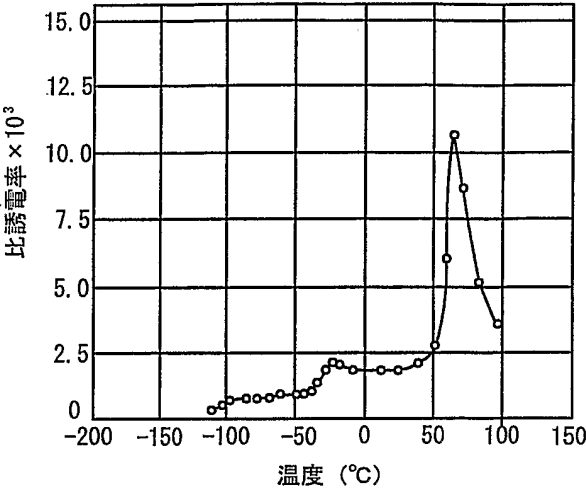


図 6

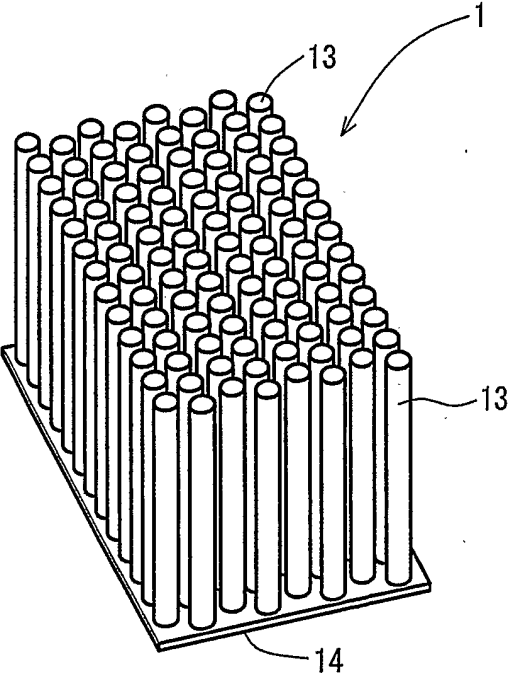


図 7

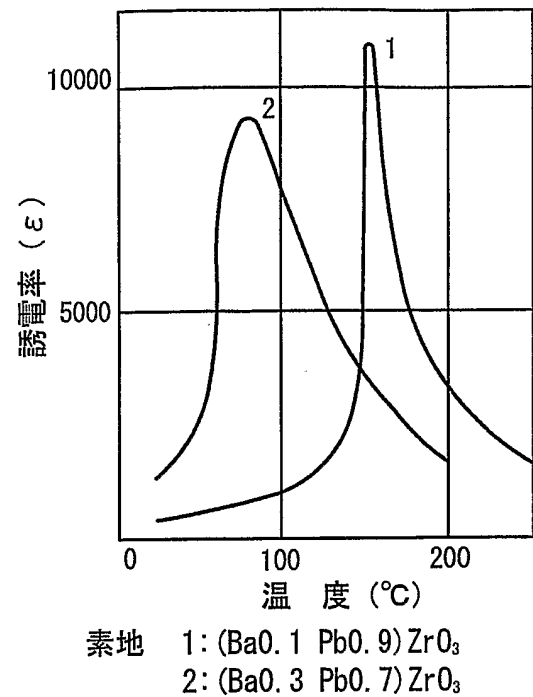


図 8

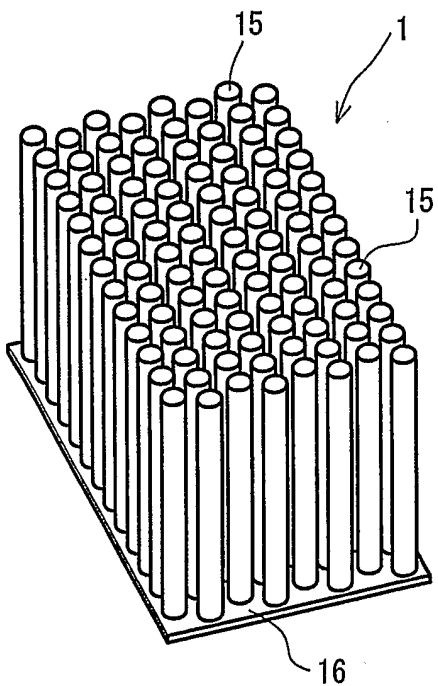


図 9

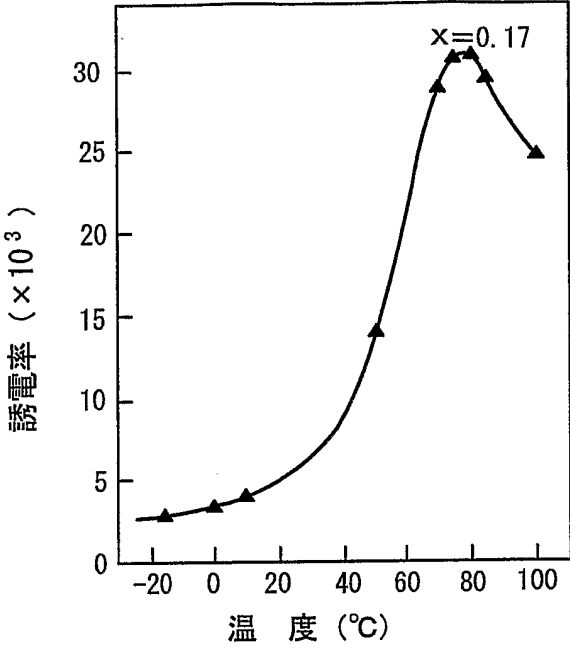


図 10

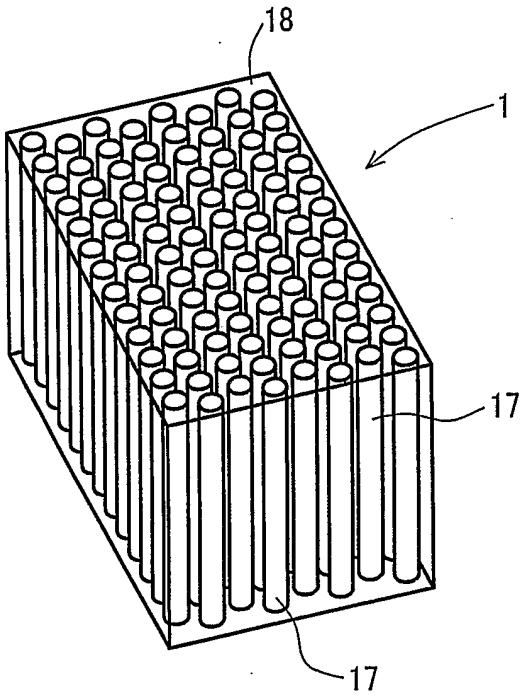


図 1 1

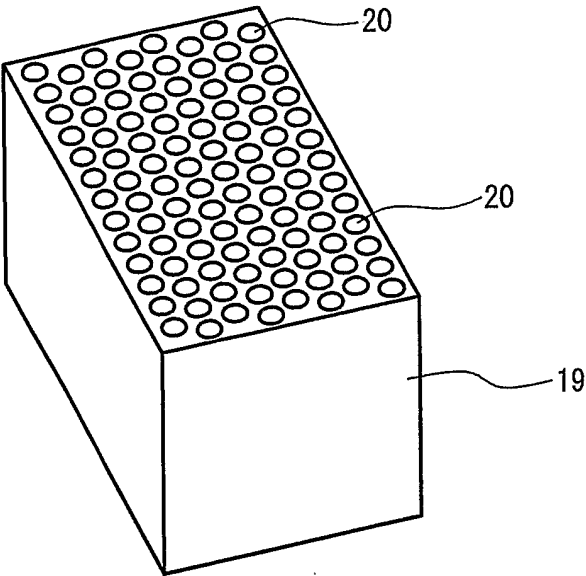
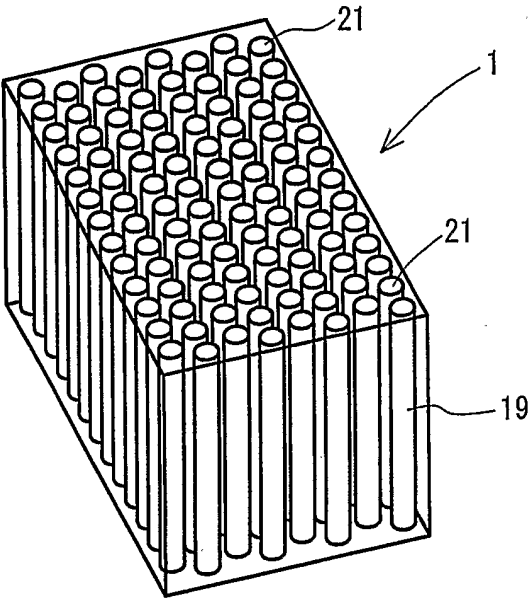


図 1 2



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/007435

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ G02F1/01

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)

Int.Cl⁷ G02F1/01

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2004

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2004 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2004

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

JICST

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	Zhou, Ji et al., Thermally tuning of the photonic band gap of SiO ₂ colloid-crystal infilled with ferroelectric BaTiO ₃ , Applied Physics Letters, Vol.78, No.5, 29 January, 2001 (29.01.01), pages 661 to 663	1, 2, 3, 5, 9, 10 4, 6-8
X Y	JP 2002-082239 A (NEC Corp.), 22 March, 2002 (22.03.02), (Family: none)	1, 2, 4, 9, 10 3, 5-8.
A	JP 2000-341031 A (Kabushiki Kaisha Ion Kogaku Kenkyusho), 08 December, 2000 (08.12.00), (Family: none)	1-10

☒ 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

29 June, 2004 (29.06.04)

Date of mailing of the international search report

13 July, 2004 (13.07.04)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/007435

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 2002-350908 A (Matsushita Electric Works, Ltd.), 04 December, 2002 (04.12.02), & EP 1243966 A & US 2002/0135863 A1 & CA 2377286 A & CN 1376941 A	8
A	Akihide KIRIHARA et al., "Photonic Kessho o Oyo Shita Denjiha Seigyoyo Device", Denji Kankyo Kogaku Joho EMC, Vol.15, No.8, 05 December, 2002 (05.12.02), pages 100 to 113	1-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/007435

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

The technical feature common to the claims is "a dielectric constant control periodical structure in which dielectric elements are arranged with pitches corresponding to the wavelength of an input electromagnetic wave, wherein the dielectric constant of the dielectric elements varies with temperature". However, the international search has revealed that this technical feature makes no contribution over the prior art. Consequently, there exists no special technical feature within the meaning of PCT Rule 13.2, second sentence.

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☒ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.
☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

第II欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見 (第1ページの2の続き)

法第8条第3項 (PCT17条(2)(a)) の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. ☐ 請求の範囲 _____ は、この国際調査機関が調査することを要しない対象に係るものである。つまり、
2. ☐ 請求の範囲 _____ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. ☐ 請求の範囲 _____ は、従属請求の範囲であってPCT規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

第III欄 発明の単一性が欠如しているときの意見 (第1ページの3の続き)

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるところの国際調査機関は認めた。

各請求の範囲に記載の発明において共通な技術的事項である「入力される電磁波の波長に対応する周期で誘電体要素が配置されている誘電率制御周期構造体において、前記誘電体要素として、温度により誘電率が変化するものを用いたこと」については、調査の結果、先行技術の域を出ないことが明らかになり、PCT規則13.2の第2文の意味において、格別な技術的特徴である共通な事項は認められない。

1. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求の範囲について作成した。
2. ☒ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求の範囲について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求の範囲のみについて作成した。
4. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求の範囲について作成した。

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあった。
- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがなかった。

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ G02F1/01

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. Cl⁷ G02F1/01

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	1971-2004年
日本国登録実用新案公報	1994-2004年
日本国実用新案登録公報	1996-2004年

国際調査で使用了電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

JICST

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	Zhou, Ji et al. Thermally tuning of the photonic band gap of SiO ₂ colloid-crystal infilled with ferroelectric BaTiO ₃ , Applied Physics Letters , Vol. 78, No. 5, 29 January 2001, p. 661-663	1, 2, 3, 5, 9, 10
Y		4, 6-8
X	JP 2002-082239 A (日本電気株式会社) 200 2. 03. 22 (ファミリーなし)	1, 2, 4, 9, 10
Y		3, 5-8
A	JP 2000-341031 A (株式会社イオン工学研究所) 2000. 12. 08 (ファミリーなし)	1-10

☒ 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

29. 06. 2004

国際調査報告の発送日

13. 7. 2004

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)

佐藤 宙子

2X

9316

電話番号 03-3581-1101 内線 3293

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 請求の範囲の番号
Y	JP 2002-350908 A (松下電工株式会社) 2002.12.04 & EP 1243966 A & US 2002/0135863 A1 & CA 2377286 A & CN 1376941 A	8
A	桐原聡秀, 他 フォトニック結晶を応用した電磁波制御用デバイス, 電磁環境工学情報EMC, Vol. 15, No. 8, 05.12.2002, p.100-113	1-10