

(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  
2024年4月4日(04.04.2024)



(10) 国際公開番号

WO 2024/071184 A1

(51) 国際特許分類:  
H01Q 15/14 (2006.01)

〒2500193 神奈川県南足柄市中沼 2 1 0 番地 富士フイルム株式会社内 Kanagawa (JP).

(21) 国際出願番号: PCT/JP2023/035121

(22) 国際出願日: 2023年9月27日(27.09.2023)

(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 2022-153479 2022年9月27日(27.09.2022) JP

(71) 出願人: 富士フイルム株式会社 (FUJIFILM CORPORATION) [JP/JP]; 〒1068620 東京都港区西麻布 2 丁目 2 6 番 3 0 号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 星野 渉(HOSHINO Wataru); 〒2500193 神奈川県南足柄市中沼 2 1 0 番地 富士フイルム株式会社内 Kanagawa (JP). 齊藤 之人(SAITOH Yukito); 〒2500193 神奈川県南足柄市中沼 2 1 0 番地 富士フイルム株式会社内 Kanagawa (JP). 安田 英紀(YASUDA Hideki); 〒2500193 神奈川県南足柄市中沼 2 1 0 番地 富士フイルム株式会社内 Kanagawa (JP). 大谷 健人(OTANI Taketo);

(74) 代理人: 伊 東 秀 明, 外 (ITO HIDEAKI et al.); 〒1010032 東京都千代田区岩本町 2 丁目 3 番 3 号 ザイマックス岩本町ビル 6 階 Tokyo (JP).

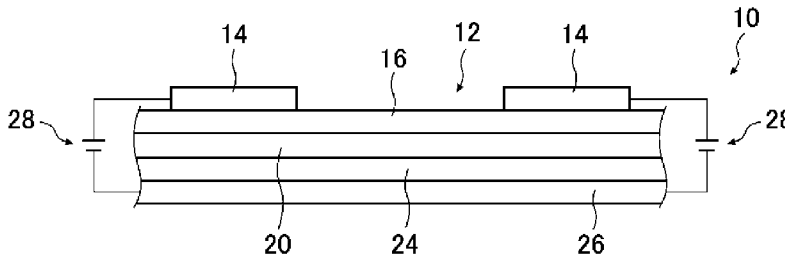
(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ,

(54) Title: ELECTROMAGNETIC WAVE CONTROL ELEMENT

(54) 発明の名称: 電磁波制御用素子

〔図1〕



(57) Abstract: The present invention addresses the problem of providing an electromagnetic wave control element capable of switching the propagating direction of electromagnetic waves of frequencies 0.1-0.3 THz in a short time. The problem is solved by an electromagnetic wave control element comprising, in this order, a liquid crystal layer in which the orientation state of a liquid crystal compound is varied by a voltage, and a meta-surface structure composed by arraying a plurality of fine structures, wherein the liquid crystal layer includes an azo compound.

(57) 要約: 周波数 0.1 ~ 0.3 THz の電磁波の進行方向を、短時間で切り替えることができる電磁波制御用素子の提供を課題とする。電圧によって液晶化合物の配向状態が変化する液晶層と、複数の微細構造体を配列してなるメタサーフェス構造体とを、この順に有し、液晶層がアゾ化合物を含むことにより、課題を解決する。

〔続葉有〕

WO 2024/071184 A1

DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS,  
IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT,  
RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF,  
CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE,  
SN, TD, TG).

添付公開書類：

- 一 国際調査報告（条約第21条(3)）

## 明 細 書

発明の名称：電磁波制御用素子

### 技術分野

[0001] 本発明は、メタサーフェス構造体を用いる電磁波制御用素子に関する。

### 背景技術

[0002] 高容量無線通信に必要な高周波数電波（ミリ波、テラヘルツ波）は直進性が高い。そのため、例えば、部屋内の全域に電波を届けるためには、壁などに取り付け、任意の方向に電波を曲げる反射板が求められる。

しかしながら、通常の反射板は正反射であり、入射角と出射角が等しいため、例えば、部屋の奥などは、電波が届きにくいという問題があった。

[0003] これに対して、液晶などの動的な素子を用いて電磁波を正反射とは異なる方向に曲げて反射する装置も提案されている。

例えば、非特許文献１には、図２９に概念的に示すように、メタサーフェス構造体１００と、電極層１０２とで、液晶層１０４を挟持してなる電磁波制御用素子（ビームステアリング素子）が記載されている。

[0004] 図２９に示す電磁波制御用素子において、メタサーフェス構造体１００は、公知のメタサーフェス構造体と同様、共振器となる微細構造体１００aを配列してなるものである。

この電磁波制御用素子において、メタサーフェス構造体１００を構成する微細構造体１００aは、１つ１つが、反射体のみならず電極として作用する。すなわち、微細構造体１００aと電極層１０２とは、電極対を構成する。

また、電極層１０２は、入射した電磁波の反射層としても作用する。

液晶層１０４は、一例として液晶化合物ＬＣを配向してなるものである。図２９に示す例において、液晶化合物ＬＣは、一例として、棒状液晶化合物である。

この電磁波制御用素子において、微細構造体１００aと電極層１０２との間に電圧が掛かっていない状態では、液晶化合物ＬＣは、長手方向すなわち

光学軸の方向を厚さ方向に一致して、配向されている。

[0005] この状態から、微細構造体 100a と電極層 102 との間に電圧を掛けると、掛けた電圧の大きさに応じて、液晶化合物 LC の配向状態が変化する。

図示例においては、一例として、微細構造体 100a と電極層 102 との間に掛けた電圧の大きさに応じて、液晶化合物 LC が厚さ方向に対して傾斜する。

図 29 では、一例として、図中左側の微細構造体 100a に高電圧を、同右側の微細構造体 100a に低電圧を、それぞれ印加している。その結果、図中左側の微細構造体 100a の領域に位置する液晶化合物 LC は大きく傾斜して、長手方向が液晶層 104 の主面に近い角度となる。他方、図中右側の微細構造体 100a の領域に位置する液晶化合物 LC の傾斜は小さく、長手方向が液晶層 104 の厚さ方向に近い角度となる。

[0006] 液晶層 104 の屈折率は、液晶化合物 LC の傾斜が大きいほど、すなわち、液晶化合物 LC の長手方向が液晶層 104 の表面に近い角度であるほど大きい。逆に、液晶化合物 LC の傾斜が小さいほど、すなわち、液晶化合物 LC の長手方向が液晶層 104 の厚さ方向に近い角度であるほど、液晶層 104 の屈折率は小さい。

従って、この状態では、液晶層 104 の屈折率は、液晶化合物 LC の傾斜が大きい図中左側の微細構造体 100a の領域が大きく、液晶化合物 LC の傾斜が小さい図中右側の微細構造体 100a の領域が小さくなる。

[0007] そのため、屈折率が大きい図中左側の微細構造体 100a の領域では、屈折率が小さい図中右側の微細構造体 100a の領域より、入射した電磁波の位相が大きく変化する。

これにより、図中左側の微細構造体 100a の領域では、図中右側の微細構造体 100a の領域に比して、見かけ上、電磁波の光路が長くなる。

[0008] 従って、液晶層 104 の法線方向から電磁波が入射した場合には、同時に入射した電磁波であっても、光路長が長い図中左側の微細構造体 100a の領域に入射した電磁波は、光路長が短い図中右側の微細構造体 100a の領

域に入射した電磁波よりも、遅く反射装置から出射される。

その結果、この反射装置に法線方向から入射して反射された電磁波は、法線方向に鏡面反射されるのではなく、波面を揃えるように、図中左側に傾いて反射される。

## 先行技術文献

## 非特許文献

- [0009] 非特許文献1: Jingbo Wu et al., Liquid crystal programmable metasurface for terahertz beam steering, Applied Physics Letters, 116, 131104 (2020)

## 発明の概要

## 発明が解決しようとする課題

- [0010] 図29に示される電磁波制御用素子においては、メタサーフェス構造体100を構成する微細構造体100aと電極層102との間に電圧を掛けることで、液晶化合物LCの配向状態を変化させる。また、配向状態の変化は、微細構造体100aに掛けた電圧に応じて異なる。

従って、各微細構造体100aに印加する電圧を制御することで、入射した電磁波を所望の方向に反射することができる。

すなわち、メタサーフェス構造体と液晶層を用いる電磁波制御用素子は、各微細構造体100aに印加する電圧を変更することにより、入射した電磁波の反射角度を切り替えることができる。

- [0011] しかしながら、従来のメタサーフェス構造体と液晶層を用いる電磁波制御用素子は、電磁波の反射方向の切り替えに時間がかかる。そのため、例えば、反射角度の切り替えによって、複数の場所に電磁波を届ける必要がある場合などでは、十分な速度で反射方向の切り替え行えないという問題がある。

- [0012] 本発明の目的は、このような従来技術の問題点を解決することにより、メタサーフェス構造体および液晶層を用いて電磁波の進行方向を制御する電磁波制御用素子であって、周波数0.1～0.3THzの電磁波の進行方向を

、短時間で切り替えることができる電磁波制御用素子を提供することにある。

### 課題を解決するための手段

[0013] この課題を解決するために、本発明は、以下の構成を有する。

[1] 第1電極と、

電圧によって液晶化合物の配向状態が変化する液晶層と、

複数の微細構造体を配列してなるメタサーフェス構造体とを有し、

周波数0.1～0.3THzの電磁波に作用するもので、かつ、液晶層がアゾ化合物を含む、電磁波制御用素子。

[2] アゾ化合物が、2以上のアゾ構造を有する、[1]に記載の電磁波制御用素子。

[3] 液晶層がアゾ構造を有する液晶化合物を含む、[1]または[2]に記載の電磁波制御用素子。

[4] さらに、第1電極と電極対を構成する第2電極を有する、[1]～[3]のいずれかに記載の電磁波制御用素子。

[5] 第1電極および第2電極の少なくとも一方が微細構造体である、[4]に記載の電磁波制御用素子。

[6] 微細構造体が、第1電極と電極対を構成する、[1]～[5]のいずれかに記載の電磁波制御用素子。

[7] 第1電極が、周波数0.1～0.3THzの電磁波を反射する、[1]～[6]のいずれかに記載の電磁波制御用素子。

[8] 第1電極が、パターン電極である、[1]～[7]のいずれかに記載の電磁波制御用素子。

[9] 微細構造体が、金属を含む、[1]～[8]のいずれかに記載の電磁波制御用素子。

[10] 微細構造体が、酸化物半導体を含む、[1]～[9]のいずれかに記載の電磁波制御用素子。

### 発明の効果

[0014] 本発明の電磁波制御用素子によれば、周波数  $0.1 \sim 0.3 \text{ THz}$  の電磁波の進行方向を、短時間で切り替えることができる。

### 図面の簡単な説明

[0015] [図1]図 1 は、本発明の電磁波制御用素子の一例を概念的に示す図である。

[図2]図 2 は、本発明の電磁波制御用素子における液晶配向パターンの一列を概念的に示す図である。

[図3]図 3 は、本発明の電磁波制御用素子の別の例を概念的に示す図である。

[図4]図 4 は、本発明の電磁波制御用素子の別の例を概念的に示す図である。

[図5]図 5 は、本発明の電磁波制御用素子の別の例を概念的に示す図である。

[図6]図 6 は、本発明の電磁波制御用素子の別の例を概念的に示す図である。

[図7]図 7 は、本発明の電磁波制御用素子の別の例を概念的に示す図である。

[図8]図 8 は、本発明の電磁波制御用素子の別の例を概念的に示す図である。

[図9]図 9 は、本発明の電磁波制御用素子の別の例を概念的に示す図である。

[図10]図 10 は、本発明の電磁波制御用素子の別の例を概念的に示す図である。

[図11]図 11 は、本発明の電磁波制御用素子の別の例を概念的に示す図である。

[図12]図 12 は、本発明の電磁波制御用素子の別の例を概念的に示す図である。

[図13]図 13 は、本発明の電磁波制御用素子の別の例を概念的に示す図である。

[図14]図 14 は、本発明の電磁波制御用素子の別の例を概念的に示す図である。

[図15]図 15 は、本発明の電磁波制御用素子の別の例を概念的に示す図である。

[図16]図 16 は、本発明の電磁波制御用素子の別の例を概念的に示す図である。

[図17]図 17 は、本発明の電磁波制御用素子の別の例を概念的に示す図であ

る。

[図18]図 1 8 は、本発明の電磁波制御用素子の別の例を概念的に示す図である。

[図19]図 1 9 は、本発明の電磁波制御用素子の別の例を概念的に示す図である。

[図20]図 2 0 は、本発明の電磁波制御用素子の別の例を概念的に示す図である。

[図21]図 2 1 は、本発明の電磁波制御用素子における液晶配向パターンの別の例を概念的に示す図である。

[図22]図 2 2 は、本発明の電磁波制御用素子における液晶配向パターンの別の例を概念的に示す図である。

[図23]図 2 3 は、本発明の電磁波制御用素子における液晶配向パターンの別の例を概念的に示す図である。

[図24]図 2 4 は、本発明の電磁波制御用素子における液晶配向パターンの別の例を概念的に示す図である。

[図25]図 2 5 は、本発明の電磁波制御用素子における液晶配向パターンの別の例を概念的に示す図である。

[図26]図 2 6 は、本発明の電磁波制御用素子の別の例を概念的に示す図である。

[図27]図 2 7 は、図 2 6 に示す電磁波制御用素子の概略斜視図である。

[図28]図 2 8 は、本発明の実施例を説明するための概念図である。

[図29]図 2 9 は、従来の電磁波制御用素子の一例を概念的に示す図である。

### **発明を実施するための形態**

[0016] 以下、本発明の電磁波制御用素子について、添付の図面に示される好適実施例を基に詳細に説明する。

[0017] 本明細書において「～」を用いて表される数値範囲は、「～」の前後に記載される数値を下限値および上限値として含む範囲を意味する。

本明細書において、「同一」は、技術分野で一般的に許容される誤差範囲

を含むものとする。

[0018] 以下に示す図は、いずれも、本発明の電磁波制御用素子を説明するための概念的な図である。従って、各部材の形状、大きさ、厚さ、および、位置関係等は、必ずしも、実際のものとは一致しない。

[0019] 図 1 に、本発明の電磁波制御用素子の一例を概念的に示す。

本発明の電磁波制御用素子 10 は、反射型のメタサーフェス構造体および液晶層を利用して、電磁波の進行方向を目的とする方向する反射型の電磁波制御用素子である。

本発明の電磁波制御用素子は、周波数 0.1 ~ 0.3 THz の電磁波を、所望の方向に反射するものである。すなわち、本発明の電磁波制御用素子は、波長 1 ~ 3 mm の電磁波を、所望の方向に反射するものである。

[0020] 図 1 に示すように、本発明の電磁波制御用素子 10 は、図中下方から、第 1 電極層 26 と、液晶層 20 と、メタサーフェス構造体 12 とを、この順で有する。

メタサーフェス構造体 12 は、支持体 16 に共振器となる微細構造体 14 を二次元的に配列してなるものである。また、液晶層 20 は、支持体 24 に設けられている。

さらに、第 1 電極層 26 は、支持体 24 の液晶層 20 とは逆側の面を全面的に覆って設けられる。

[0021] なお、電磁波制御用素子 10 において、第 1 電極層 26 と支持体 24、および、液晶層 20 と支持体 16（メタサーフェス構造体 12）とは、必要に応じて、貼着剤（粘着剤、接着剤）を用いて貼着されている。

貼着方法には、制限はなく、電磁波制御用素子 10 が対象とする電磁波が透過可能なOCA（Optical Clear Adhesive）を用いる方法など、電磁波制御用素子 10 が対象とする電磁波が透過可能な公知の方法が、各種、利用可能である。

[0022] 図 1 に示す電磁波制御用素子 10 は、一例として、微細構造体 14 が導電性の材料で形成されており、第 1 電極層 26 と電極対を構成する電極を兼ね

ている。また、個々の微細構造体 1 4 に、微細構造体 1 4 と第 1 電極層 2 6 との間に電圧を印加するための電源 2 8 が接続されている。

[0023] 本発明の電磁波制御用素子 1 0 において、液晶層 2 0 は、電圧の印加によって液晶化合物の配向状態が変化するものである。

従って、各微細構造体 1 4 に電力を供給することで、微細構造体 1 4 と第 1 電極層 2 6 との間の液晶層 2 0 に電圧が印加され、液晶化合物 LC の配向状態が変わる。また、個々の微細構造体 1 4 に供給する電力を調節することで、液晶層 2 0 の微細構造体 1 4 に対応する領域に印加する電圧を調節して、微細構造体 1 4 と第 1 電極層 2 6 との間における液晶化合物 LC の配向状態を調節できる。

[0024] 一例として、液晶層 2 0 は、電圧を印加されていない状態では、図 2 の上段に概念的に示すように、液晶化合物 LC は、液晶層 2 0 の厚さ方向に配向されている。以下の説明では、この配向状態を『垂直配向』ともいう。

微細構造体 1 4 に電力が供給され、液晶層 2 0 に電圧が印加されると、図 2 の下段に概念的に示すように、微細構造体 1 4 に対応する領域の液晶化合物 LC は、印加された電圧の強さに応じて、配向状態が変化して、液晶層 2 0 の厚さ方向に対して傾斜する。図 2 に示す例において、液晶化合物 LC は、最大、液晶層 2 0 の主面と平行な方向に配向される。以下の説明では、この配向状態を『水平配向』ともいう。

なお、図 2 においては、図面を簡潔にするために、液晶層 2 0 と、電極となる微細構造体および第 1 電極層 2 6 のみを示す。

[0025] なお、厚さ方向は、すなわち、第 1 電極層 2 6、支持体 2 4、液晶層 2 0 および支持体 1 6 の積層方向である。

また、主面とは、シート状物（フィルム、板状物、層）の最大面であり、通常、シート状物の厚さ方向の両面である。

さらに、法線方向とは、主面などの面に直交する方向である。

[0026] 上述のように、図 1 に示す電磁波制御用素子 1 0 は、反射型のメタサーフェス構造体を利用するものであり、第 1 電極層 2 6 は、電磁波の反射層を兼

ねる。

[0027] このような構成を有する本発明の電磁波制御用素子 10 に電磁波が入射すると、電磁波は、メタサーフェス構造体 12 を透過する際に微細構造体 14（ユニットセル）による共振で位相を変調され、さらに、液晶層 20 を透過することで位相を変調される。

電磁波は、次いで、反射層を兼ねる第 1 電極層 26 によって反射される。

第 1 電極層 26 によって反射された電磁波は、再度、液晶層 20 を透過することで位相を変調され、さらに、メタサーフェス構造体 12 によって位相を変調されて、反射電磁波として電磁波制御用素子 10 から出射される。

[0028] ここで、前述のように、液晶層 20 における液晶化合物 LC の配向状態すなわち屈折率は、各微細構造体 14 に印加される電圧に応じて異なる。

液晶層 20 の屈折率は、液晶化合物 LC が垂直配向している状態が最も小さく、厚さ方向に対する液晶化合物 LC の傾きが大きくなるにしたがって大きくなり、水平配向の状態が最も大きい。

[0029] 液晶層 20 に電圧が印加されない状態では、液晶層 20 における液晶化合物 LC は垂直配向している。液晶層 20 に電圧が印加されると、微細構造体 14 に対応する領域の液晶化合物 LC は、厚さ方向に対して傾斜して配向される。

電磁波制御用素子 10 では、液晶層 20 に印加される電圧が大きいほど、液晶化合物 LC は水平配向に近くなり、その領域における液晶層 20 の屈折率が大きくなる。すなわち、液晶層 20 では、微細構造体 14 に印加される電圧に応じて、微細構造体 14 に対応する領域の屈折率すなわち透過する電磁波に与える位相差を変えることができる。

そのため、本発明の電磁波制御用素子 10 では、各微細構造体 14 に供給する電力を調節して、対応する領域に印加する電圧を調節することにより、液晶層 20 の面方向に屈折率が異なる領域を生成できる。

その結果、図 29 を例示して説明した非特許文献 1 の電磁波制御用素子（ビームステアリング素子）と同様に、入射した電磁波を、鏡面反射とは異な

る方向に反射することができる。例えば、電磁波が液晶層 20 の法線方向から入射した場合には、電磁波を法線方向ではなく、法線方向に対して傾いた方向に反射する。

また、各微細構造体 14 に供給する電力を変更して液晶層 20 に印加する電圧を変更することにより、面方向の各位置における屈折率を変更して、入射した電磁波の反射方向の切り替えることができる。

さらに、液晶層 20 に印加する電圧を調節することで、反射する電磁波を集光あるいは拡散してもよく、さらに、反射する電磁波の焦点および拡散の程度を切り替えることも可能である。

[0030] メタサーフェス構造体 12 は、公知のメタサーフェス構造体と同様、支持体 16 に、微細構造体である微細構造体 14 を二次元的に配列してなるものである。

図示例のメタサーフェス構造体 12 においては、微細構造体 14 は、互いに直交する x 方向および y 方向に、等間隔で二次元的に配列されている。また、このメタサーフェス構造体 12 においては、微細構造体 14 は、全て同じものである。

[0031] 支持体 16 には制限はなく、微細構造体 14 を支持可能で、かつ、電磁波制御用素子 10 が対象とする周波数 0.1 ~ 0.3 THz の電磁波が透過可能であれば、公知の各種のシート状物が利用可能である。

支持体 16 としては、一例として、酸化シリコンを有するシリコン基板などの酸化物絶縁層を有する金属基板、酸化シリコンなどの酸化物からなる支持体、ゲルマニウムおよびカルコゲナイドガラスなどの半導体からなる支持体、ポリメチルメタクリレートなどのポリアクリル系樹脂フィルム、セルローストリアセテート等のセルロース系樹脂フィルム、シクロオレフィンポリマー系フィルム、ポリエチレンテレフタレート（PET）フィルム、ポリカーボネートフィルムおよびポリ塩化ビニルフィルムなどの樹脂フィルム、ならびに、ガラス板等が例示される。シクロオレフィンポリマー系フィルムとしては、例えば、JSR 社製の商品名「アートン」、および、日本ゼオン社

製の商品名「ゼオノア」等が例示される。

[0032] 支持体 16 の厚さにも制限はなく、微細構造体 14 を支持でき、周波数 0.1 ~ 0.3 THz の電磁波に対して十分な透過性が得られ、さらに、電磁波制御用素子 10 の用途等に応じて十分な強度が得られ厚さを、支持体 16 の形成材料に応じて、適宜、設定すればよい。

[0033] なお、本発明の電磁波制御用素子 10 において、メタサーフェス構造体 12 は、支持体 16 を有するのに制限はされない。

すなわち、本発明の電磁波制御用素子は、可能であれば、液晶層 20 の表面に、直接、微細構造体 14 を配列して、メタサーフェス構造体 12 を形成してもよい。

[0034] 支持体 16 の一方の表面には、微細構造体 14 が配列されている。これにより、メタサーフェス構造体 12 が形成される。

メタサーフェス構造体 12 は、微細構造体である微細構造体 14 を、離間して、平面上に二次元的に配列してなるものであり、基本的に 1 個の微細構造体 14 と、微細構造体 14 の周囲の空間とで形成されるユニットセルの配列によって構成される。

[0035] 本発明の電磁波制御用素子 10 において、メタサーフェス構造体は、基本的に、公知のメタサーフェス構造体（メタマテリアル）である。従って、本発明の電磁波制御用素子 10 においては、公知の各種のメタサーフェス構造体を利用可能である。

すなわち、本発明において、微細構造体 14 の形状および形成材料、微細構造体 14 の配列、ならびに、微細構造体 14 の間隔（ピッチ）等にも、制限はない。

また、メタサーフェス構造体 12 は、本発明の電磁波制御用素子 10 が目的とする電磁波の反射特性に応じて、公知の方法で設計すればよい。一例として、用いる微細構造体 14 が反射する電磁波の振幅および位相を市販のシミュレーションソフトを用いて算出し、目的とする位相変調量すなわち位相の遅れ量（屈折率）の分布となるように、微細構造体 14 の配列を設定すれ

ばよい。

[0036] 本発明の電磁波制御用素子 10 は、周波数が 0.1 ~ 0.3 THz の電磁波を対象とするものである。

従って、メタサーフェス構造体 12 は、この周波数の電磁波に所望の位相差を与えるように、微細構造体 14 が選択され、さらに、微細構造体の配列等を設定する。

[0037] メタサーフェス構造体 12 は、基本的に 1 個の微細構造体 14 と、微細構造体 14 の周囲の空間とで形成されるユニットセルの配列によって構成される。メタサーフェス構造体 12 は、ユニットセルの配列によって、微細構造体 14 による共鳴を利用して入射する電磁波の位相を変調する。

なお、本発明の電磁波制御用素子 10 において、1 つのユニットセルが有する微細構造体 14 の数は、基本的に 1 つであるが、本発明は、これに制限はされない。すなわち、本発明の電磁波制御用素子では、目的とする光学特性、微細構造体 14 の大きさ、形成材料および形状、ならびに、ユニットセルの大きさ等に応じて、必要に応じて、1 つのユニットセルが、複数の微細構造体 14 を有してもよい。この際には、1 つのユニットセルが、異なる微細構造体 14 を有してもよい。但し、1 つのユニットセルが、複数の微細構造体 14 を有する場合には、基本的に、ユニットセルの各微細構造体が存在する空間における位相変調量は、等しい。

[0038] 本発明の電磁波制御用素子 10 において、メタサーフェス構造体 12 を構成する微細構造体 14 の形成材料には、制限はなく、公知のメタサーフェス構造体において微細構造体として用いられているものが、各種、利用可能である。

微細構造体 14 の形成材料としては、金属および誘電体が例示される。金属の場合、光学損失が少ない等の点で、銅、金、および、銀が好ましく例示される。また、微細構造体 14 の形成材料としては、金属粒子とバインダとからなる複合体、および、酸化物半導体も利用可能ある。他方、誘電体の場合、屈折率が大きく大きな位相変調が可能である等の点で、シリコン、酸化

チタン、および、ゲルマニウムが好ましく例示される。

なお、図 1 に示すように、微細構造体 1 4 が第 1 電極層 2 6 と電極対を成す電極を兼ねる場合には、微細構造体 1 4 は導電体で形成する。

[0039] 同様に、メタサーフェス構造体 1 2 を構成する微細構造体 1 4 の形状にも、制限はなく、公知のメタサーフェス構造体において微細構造体として用いられている形状が、各種、利用可能である。

一例として、直方体を交差させたような十字状の立体、直方体状、円柱形状、特開 2 0 1 8 - 0 4 6 3 9 5 号公報に示されるような直方体を端部で接続したような V 字状の立体、H 鋼のような略 H 字状の立体、および、C チャンネルのような略 C 字状の立体、等が例示される。

また、特開 2 0 1 8 - 0 4 6 3 9 5 号公報に示されるように、V 字状の立体、および、十字状の立体は、2 つの直方体が成す角度を調節した、様々な形状が利用可能である。

これ以外にも、『Appl. Sci. 2018, 8(9), 1689; <https://doi.org/10.3390/app8091689>』の Figure.5 に示されるような底面形状を有する立体等も、利用可能である。

[0040] メタサーフェス構造体 1 2 において、このような微細構造体 1 4 は、1 つのみを用いてもよく、あるいは、複数種を併用してもよい。また、同じ微細構造体 1 4 は、図 2 に示すように同じ向きで配列してもよく、異なる向きで配列してもよく、同じ向きのものと異なる向きのものとが混在してもよい。

しかしながら、本発明の電磁波制御用素子においては、微細構造体 1 4 は、1 種のみを用い、かつ、全ての微細構造体 1 4 を同じ向きで配列するのが好ましい。

[0041] 図示例においては、好ましい態様として、メタサーフェス構造体 1 2 は、全て同じ構造を有する同じ微細構造体 1 4 が、等間隔で、互いに直交する x 方向および y 方向に二次元的に配列されている。

しかしながら、本発明は、これに制限はされず、上述のように複数種の微細構造体を併用してもよく、また、微細構造体 1 4 の配列間隔、および、配

列も、支持体 16 の面方向で異なってもよい。

ただし、液晶層 20 に電圧を印加した際における電磁波の反射方向の制御性等を考慮すると、メタサーフェス構造体 12 は、全て同じ微細構造体 14 を用いるのが好ましい。さらに、メタサーフェス構造体 12 は、同じ微細構造体 14 が、等間隔で二次元的に配列されているのがより好ましく、直交する x 方向および y 方向に等間隔で二次元的に配列されているのがさらに好ましい。

[0042] 液晶層 20 は、液晶化合物 LC を所定の状態で配向してなる層であり、前述のように、電圧を印加することによって、液晶化合物 LC の配向状態が変化する。

[0043] 前述のように、図示例の液晶層 20 は、電圧が印加されていない状態では、液晶化合物 LC が垂直配向されている。液晶層 20 に電圧が印加されると、液晶化合物 LC は電圧に応じて厚さ方向に対して傾斜して配向され、最大で水平配向となる。

なお、本発明において、液晶化合物 LC の配向の変化は、垂直配向から水平配向に変化あるいは逆に制限はされず、厚さ方向に対して傾いた状態から水平配向または垂直配向に変化するものでもよく、水平配向または垂直配向から厚さ方向に対して傾いた状態まで変化するものでもよく、厚さ方向に対して傾いた状態から厚さ方向に対して傾いた状態まで角度が変化するものでもよい。

[0044] 本発明において、液晶層 20 は、例えば後述する配向膜の表面に、公知の方法で形成すればよい。

[0045] ここで、本発明の電磁波制御用素子 10 において、液晶層 20 は、アゾ化合物を含むものである。

本発明の電磁波制御用素子 10 は、液晶層 20 がアゾ化合物を含むことによって、応答性を良好にして、入射した周波数 0.1 ~ 0.3 THz の電磁波の反射方向を、短時間で切り替えることができる。

以上の点に関しては、後に詳述する。

[0046] 電磁波制御用素子 10 において、液晶層 20 は、支持体 24 に形成される。

支持体 24 は、基本的に、上述した支持体 16 と同様のものである。

[0047] ここで、液晶層 20 を形成される支持体 24 は、さらに、上述した支持体 16 を本体として、この本体の液晶層 20 を形成される表面に、液晶化合物 LC を所定の状態に配向するための配向膜を有してもよい。

配向膜は、公知の各種のものが利用可能である。一例として、ポリマーなどの有機化合物からなるラビング処理膜、無機化合物の斜方蒸着膜、マイクログループを有する膜、ならびに、ω-トリコサン酸、ジオクタデシルメチルアンモニウムクロライドおよびステアリル酸メチルなどの有機化合物のラングミュア・ブロジェット法による LB (Langmuir-Blodgett : ラングミュア・ブロジェット) 膜を累積させた膜、等が例示される。

また、配向膜としては、光配向性の素材に偏光または非偏光を照射して配向膜とした、いわゆる光配向膜も利用可能である。

これらの配向膜は、本体の形成材料に応じた公知の方法で形成すればよい。

[0048] 液晶層 20 を形成する支持体 24 の液晶層 20 とは逆側の面は、全面が第 1 電極層 26 に覆われる。

第 1 電極層 26 は、液晶層 20 における液晶化合物 LC の配向を変化させる電極であると共に、上述のように、メタサーフェス構造体 12 側から入射した周波数 0.1 ~ 0.3 THz の電磁波を反射する反射層としても作用する。

[0049] 第 1 電極層 26 には、制限はなく、十分な導電性を有し、かつ、周波数 0.1 ~ 0.3 THz の電磁波を反射可能であれば、公知の各種の材料からなるシート状物が利用可能である。

第 1 電極層 26 としては、一例として、銅、アルミニウム、金および銀などの金属層、ITO (鉛ドープ酸化インジウム) などの無機導電材料、PEDOT (ポリ 3, 4-エチレンジオキチオフェン) を代表とするポリチオフ

エンなどの有機導電材料、ならびに、グラフェン等が例示される。無機導電材料、有機導電材料およびグラフェン等は、可視光に対しては透明であるが、上記周波数の電磁波に対しては、反射層として作用する。

[0050] 第1電極層26の厚さにも制限はなく、第1電極層26の形成材料に応じて、対象となる電磁波を必要な反射率で反射できる厚さを、適宜、設定すればよい。

[0051] 上述のように、本発明の電磁波制御用素子10は、メタサーフェス構造体12と液晶層20とを有する反射型の電磁波制御用素子である。

電磁波制御用素子10においては、各微細構造体14に電力を供給して、液晶層20の対応する領域における液晶化合物LCの配向状態を変更することにより、面方向に屈折率の異なる領域を形成することで、入射した周波数0.1～0.3THzの電磁波を、所望の方向に反射する。

また、各微細構造体14に供給する電力、すなわち、液晶層20に印加する電圧を変更することで、入射した電磁波の反射方向を切り替えることができる。

[0052] ここで、上述のように、非特許文献1に示されるような従来のメタサーフェス構造体と液晶層とを用いる電磁波制御用素子（ビームステアリング素子）は、電磁波の反射方向の切り替えに時間がかかる。

これに対し、本発明の電磁波制御用素子10は、液晶層20がアゾ化合物を含むことにより、好ましくは液晶層20がアゾ構造を有する液晶化合物を含むことにより、より好ましくは液晶層20をアゾ構造を有する液晶化合物で形成することにより、高い応答性を確保して、入射した電磁波の反射方向の切り替えを短時間で行うことができる。

[0053] すなわち、本発明においては、液晶層20がアゾ化合物を含むことにより、液晶層の $\Delta n$ （副屈折）を大きくすることができる。そのため、本発明においては、必要な屈折率すなわち必要な位相差を電磁波に与えるために必要な液晶層の厚さを、薄くできる。液晶層を薄くすることで、印加した電圧を変更した際に、液晶化合物LCの配向が、迅速に変化する。

その結果、本発明の電磁波制御用素子 10 によれば、液晶層 20 に印加した電圧の変化に対する応答速度を速くして、入射した電磁波の反射方向の切り替えを短時間で行うことが可能になる。

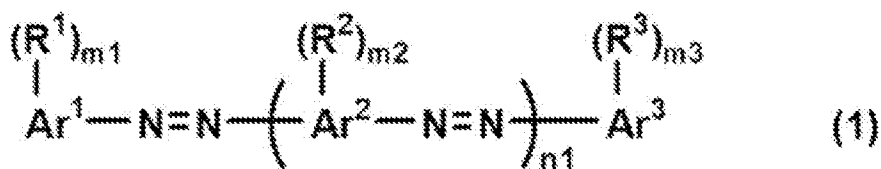
[0054] アゾ化合物としては、アゾ構造 ( $-N=N-$ ) を含む化合物であれば、特に制限されない。

アゾ化合物が有するアゾ構造の数は特に制限されず、1 以上であればよく、2 以上が好ましい。アゾ構造の数の上限は特に制限されないが、5 以下の場合が多く、3 以下の場合が多い。

アゾ化合物は、液晶性を示す化合物であってもよいし、液晶性を示さない化合物であってもよく、液晶性を示す化合物であることが好ましい。つまり、アゾ化合物は、アゾ構造を有する液晶化合物であることが好ましい。

[0055] アゾ化合物としては、式 (1) で表される化合物が好ましい。

[0056] [化1]



[0057] 式 (1) 中、 $Ar^1$  は、 $(m1 + 1)$  価の芳香環を表す。

上記  $(m1 + 1)$  価の芳香環は、単環であっても、2 環以上の縮環であってもよい。または、芳香環は、複数の単環が単結合で結合した環（例えば、ビフェニル環、ターフェニル環）であってもよい。

上記  $(m1 + 1)$  価の芳香環としては、芳香族炭化水素環または芳香族複素環が挙げられる。

芳香族炭化水素環としては、ベンゼン環、ナフタレン環、アズレン環、フルオレン環、ビフェニル環、および、アントラセン環が挙げられる。なかでも、ベンゼン環が好ましい。

芳香族複素環としては、ピリジン環、チオフェン環、フラン環、キノリン環、イソキノリン環、チアゾール環、チエノチオフェン環、および、チエノチアゾール環が挙げられる。

例えば、 $m_1$  が 1 である場合、 $A_{r^1}$  は 2 価の芳香環を表す。

[0058] 式 (1) 中、 $A_{r^2}$  は、 $(m_2 + 2)$  価の芳香環を表す。

上記  $(m_2 + 1)$  価の芳香環は、単環であっても、2 環以上の縮環であってもよい。または、芳香環は、複数の単環が単結合で結合した環（例えば、ビフェニル環、ターフェニル環）であってもよい。

上記  $(m_2 + 1)$  価の芳香環としては、芳香族炭化水素環または芳香族複素環が挙げられる。

芳香族炭化水素環としては、ベンゼン環、ナフタレン環、アズレン環、フルオレン環、ビフェニル環、および、アントラセン環が挙げられる。なかでも、ベンゼン環が好ましい。

芳香族複素環としては、ピリジン環、チオフェン環、フラン環、キノリン環、イソキノリン環、チアゾール環、チエノチオフェン環、および、チエノチアゾール環が挙げられる。

例えば、 $m_2$  が 1 である場合、 $A_{r^2}$  は 3 価の芳香環を表す。

[0059] 式 (1) 中、 $A_{r^3}$  は、 $(m_3 + 1)$  価の芳香環を表す。

上記  $(m_3 + 1)$  価の芳香環は、単環であっても、2 環以上の縮環であってもよい。または、芳香環は、複数の単環が単結合で結合した環（例えば、ビフェニル環、ターフェニル環）であってもよい。

上記  $(m_3 + 1)$  価の芳香環としては、芳香族炭化水素環または芳香族複素環が挙げられる。

芳香族炭化水素環としては、ベンゼン環、ナフタレン環、アズレン環、フルオレン環、ビフェニル環、および、アントラセン環が挙げられる。なかでも、ベンゼン環が好ましい。

芳香族複素環としては、ピリジン環、チオフェン環、フラン環、キノリン環、イソキノリン環、チアゾール環、チエノチオフェン環、および、チエノチアゾール環が挙げられる。

例えば、 $m_3$  が 1 である場合、 $A_{r^3}$  は 2 価の芳香環を表す。

[0060] 式 (1) 中、 $R^1$ 、 $R^2$  および  $R^3$  は、それぞれ独立に、置換基を表す。

$m_1 \geq 2$ である場合には複数の $R^1$ は互いに同一でも異なってもよく、 $m_2 \geq 2$ である場合には複数の $R^2$ は互いに同一でも異なってもよく、 $m_3 \geq 2$ である場合には複数の $R^3$ は互いに同一でも異なってもよい。

上記置換基は1価の置換基であり、例えば、アルキル基、アルケニル基、アラルキル基、アリール基、ヘテロ環基、ハロゲン原子、シアノ基、ニトロ基、メルカプト基、ヒドロキシ基、アルコキシ基、アリールオキシ基、アルキルチオ基、アリールチオ基、アシルオキシ基、アミノ基、アルキルアミノ基、ジアルキルアミノ基、カルボンアミド基、スルホンアミド基、スルファモイルアミノ基、オキシカルボニルアミノ基、オキシスルホニルアミノ基、ウレイド基、チオウレイド基、アシル基、オキシカルボニル基、カルバモイル基、スルホニル基、スルフィニル基、スルファモイル基、カルボキシ基（塩を含む）、スルホ基（塩を含む）、および、これらの基を組み合わせた基が挙げられる。これらの基は、さらにこれらの基で置換されていてもよい。

[0061] 式(1)中、 $m_1$ 、 $m_2$ および $m_3$ は、それぞれ独立に、0～5の整数を表す。 $m_1$ は1～3が好ましく、 $m_2$ は0～1が好ましく、 $m_3$ は1～3が好ましい。

式(1)中、 $n_1$ は1～4の整数を表し、1～3が好ましく、2～3がより好ましい。

[0062] 本発明の電磁波制御用素子10において、液晶層20の $\Delta n$ には、制限はないが、大きい方が好ましい。

ここで、図示例のように反射型の電磁波制御用素子10においては、液晶層20の $\Delta n$ は、0.35以上が好ましい。

液晶層20の $\Delta n$ を0.35以上とすることにより、液晶層20を薄くして、より迅速に電磁波の反射方向の切り替えを行うことができる等の点で好ましい。

[0063] また、液晶層20の厚さにも制限はなく、液晶層20の形成材料に応じて、電磁波に必要な位相差を与えられる厚さを、適宜、設定すればよい。

ここで、上述のように、本発明の電磁波制御用素子10は、液晶層20が

アゾ化合物を含むので、液晶層 20 を薄くできる。この点を考慮すると、液晶層 20 の厚さは、 $20\ \mu\text{m}$  以下が好ましく、 $150\ \mu\text{m}$  以下がより好ましく、 $100\ \mu\text{m}$  以下がさらに好ましい。

液晶層 20 の厚さを  $200\ \mu\text{m}$  以下とすることにより、より迅速に電磁波の反射方向の切り替えを行うことができる等の点で好ましい。

[0064] 本発明の電磁波制御用素子において、反射型の電磁波制御用素子は図 1 に示される構成に制限はされず、各種の構成が例示可能である。

例えば、図 1 に示す電磁波制御用素子 10 は、メタサーフェス構造体 12 を構成する微細構造体 14 が電極としても作用していた。しかしながら、本発明は、これに制限はされず、微細構造体 14 に対応して、第 1 電極層 26 と電極対を構成する第 2 電極 30 を設けてもよい。第 2 電極 30 は、第 1 電極層 26 と同様の材料で形成すればよい。

なお、以下に示す例では図示は省略するが、各電極あるいは電極を兼ねる微細構造体 14 には、図 1 に示す例と同様に電源 28 が接続される。

[0065] この構成としては、例えば、図 3 に概念的に示すように、微細構造体 14 の上に、第 2 電極 30 を設けた構成が例示される。

あるいは、図 4 に概念的に示すように、第 2 電極 30 を微細構造体 14 と支持体 16 との間に設けてもよい。

さらに、図 5 に概念的に示すように、図 1 に示す構成において第 1 電極層 26 をパターンニングしてパターン電極とし、微細構造体 14 に対応する領域のみに設ける構成も利用可能である。この構成では、第 1 電極層 26 の無い領域に入射した電磁波は、透過する。

[0066] また、本発明の電磁波制御用素子において、反射型の電磁波制御用素子は、液晶層 20 に隣接して微細構造体 14 を設け、層状の電極の間にメタサーフェス構造体 12 を設けてもよい。

例えば、図 6 に概念的に示すように、微細構造体 14 を支持体 16 の液晶層 20 側に設け、さらに、支持体 16 の液晶層 20 とは逆側に、層状（面状）の第 2 電極 30 を設けてもよい。この構成においては、第 2 電極 30 は複

数の開口部を有するようにパターンニングしてパターン電極とし、第2電極30を電磁波が透過できるようにする。

この構成においては、図7に概念的に示すように、支持体24にも微細構造体14を配列して、液晶層20の両面にメタサーフェス構造体12を設けてもよい。

[0067] 以上、説明した本発明の電磁波制御用素子は、入射した周波数0.1～0.3THzの電磁波を反射して所望の方向に進行させる、反射型の電磁波制御用素子であるが、本発明は、これに制限はされない。

すなわち、本発明の電磁波制御用素子は、入射した周波数0.1～0.3THzの電磁波を屈折して透過することにより所望の方向に進行させる、透過型の電磁波制御用素子であってもよい。

以下の説明では、特に注釈が無い場合には、電磁波とは、周波数0.1～0.3THzの電磁波を示す。

[0068] 図8に透過型の電磁波制御用素子の一例を概念的に示す。

なお、以下に示す本発明の透過型の電磁波制御用素子は、反射層となる第1電極層26を有さない以外は、基本的に、上述した反射型の電磁波制御用素子と同様であり、また、各部材の作用も同様である。

従って、同じ部材には同じ付与号を付し、説明は、異なる部位を主に行う。

[0069] 図8に示す透過型の電磁波制御用素子36は、第1電極層26を有さない以外は、図1に示す反射型の電磁波制御用素子10と同様の構成を有する。

すなわち、電磁波制御用素子36は、メタサーフェス構造体12と、液晶層20とを有する。メタサーフェス構造体12は、支持体16に共振器となる微細構造体14を二次元的に配列してなるものであり、液晶層20は、支持体24に形成される。

ここで、図8に示す電磁波制御用素子36は、微細構造体14が第1電極および第2電極を兼ねる。すなわち、電磁波制御用素子36においては、隣接する微細構造体14を接続して、電源28が設けられる。

[0070] この電磁波制御用素子 36 においては、電源 28 から微細構造体 14 に電力を供給することにより、隣接する微細構造体 14 の間の液晶層 20 に面方向の電圧が印加される。

その結果、印加された電圧に応じて、この領域の液晶層 20 における液晶化合物 LC の配向状態が変化して、屈折率が変化する。また、各微細構造体 14 に供給する電力すなわち対応する領域に印加する電圧を変えることにより、面方向に屈折率が異なる領域を形成できる。

[0071] 電磁波制御用素子 10 と同様、電磁波制御用素子 36 に電磁波が入射すると、電磁波は、メタサーフェス構造体 12 を透過する際に微細構造体 14 (ユニットセル) による共振で位相を変調され、さらに、液晶層 20 を透過することで位相を変調される。

電磁波制御用素子 36 は、反射層となる第 1 電極層 26 を有さないので、電磁波は液晶層 20 を透過して、透過電磁波として電磁波制御用素子 36 から出射される。

ここで、上述のように、液晶層 20 は面方向に異なる屈折率を有するので、液晶層 20 を透過する電磁波に与えられる位相差は、面方向の各領域によって異なる。そのため、電磁波は、入射領域に応じて与えられた位相差に応じて見掛け上の光路長が異なり、光路長が長い領域を透過した電磁波は、光路長が短い領域に透過した電磁波よりも、遅く液晶層 20 から出射する。

その結果、電磁波制御用素子 36 に入射して透過した電磁波は、直線的に透過するのではなく、波面を揃えるように屈折されて透過する。例えば、法線方向から入射した電磁波は、法線方向に透過するのではなく、法線に対して傾いた方向に透過される。

[0072] また、各微細構造体 14 に供給する電力すなわち液晶層 20 に印加する電圧を変更することにより、透過する電磁波の屈折率、すなわち、電磁波の出射方向を切り替えることができる。

さらに、液晶層 20 に印加する電圧を調節することで、透過する電磁波を集光あるいは拡散してもよく、さらに、透過する電磁波の焦点および拡散の

程度を切り替えることも可能である。

ここで、電磁波制御用素子 36 においても、液晶層 20 がアゾ化合物を含むので、屈折率すなわち透過光の屈折方向（進行方向）の切り替えを迅速に行うことができる。

[0073] 本発明の透過型の電磁波制御用素子 36 において、液晶層 20 の  $\Delta n$  には、制限はないが、大きい方が好ましい。

ここで、図示例のような透過型に電磁波制御用素子 36 において、液晶層 20 の  $\Delta n$  は、0.2 以上が好ましく、0.3 以上がより好ましく、0.4 以上がさらに好ましい。

電磁波制御用素子 36 においては、液晶層 20 の  $\Delta n$  を 0.2 以上とすることにより、液晶層 20 を薄くして、より迅速に電磁波の反射方向の切り替えを行うことができる等の点で好ましい。

[0074] また、液晶層 20 の厚さにも制限はなく、液晶層 20 の形成材料に応じて、電磁波に必要な位相差を与えられる厚さを、適宜、設定すればよい。

ここで、上述のように、透過型の電磁波制御用素子 36 においても、液晶層 20 がアゾ化合物を含むので、液晶層 20 を薄くできる。また、本発明において、対象とする電磁波は、周波数が 0.1 ~ 0.3 THz の電磁波、すなわち、波長が 1 ~ 3 mm の電磁波である。

この点を考慮すると、透過型の電磁波制御用素子 36 において液晶層 20 の厚さは、500  $\mu\text{m}$  以下が好ましく、300  $\mu\text{m}$  以下がより好ましく、200  $\mu\text{m}$  以下がさらに好ましい。

液晶層 20 の厚さを 500  $\mu\text{m}$  以下とすることにより、より迅速に電磁波の反射方向の切り替えを行うことができる等の点で好ましい。

[0075] 本発明の電磁波制御用素子において、透過型の電磁波制御用素子は、図 8 に示す電磁波制御用素子 36 に制限はされず、各種の構成が例示可能である。なお、以下に示す例では図示は省略するが、各電極あるいは電極を兼ねる微細構造体 14 には、図 8 に示す例と同様に電源 28 が接続される。

例えば、図 8 に示す電磁波制御用素子 36 は、メタサーフェス構造体 12

を構成する微細構造体 14 が電極としても作用していた。しかしながら、本発明は、これに制限はされず、微細構造体 14 に対応して、第 1 電極 32 および第 2 電極 30 を設けてもよい。

この構成としては、一例として、図 9 に概念的に示すように、隣接する 2 つの微細構造体 14 において、一方の微細構造体 14 の上に第 1 電極 32 を設け、他方の微細構造体 14 の上に第 2 電極 30 を設けた構成が例示される。

あるいは、図 10 に概念的に示すように、隣接する 2 つの微細構造体 14 において、一方の微細構造体 14 と支持体 16 との間に第 1 電極 32 を設け、他方の微細構造体 14 と支持体 16 との間に第 2 電極 30 を設けてもよい。

[0076] 透過型の電磁波制御用素子は、複数のメタサーフェス構造体を有してもよい。

例えば、図 11 に示すように、図 8 に示す電磁波制御用素子 36 において、支持体 24 の液晶層 20 とは逆側の面に微細構造体 14 を配列して、メタサーフェス構造体 12 としてもよい。本例においては、一例として、液晶層 20 を挟んで対面する微細構造体 14 を電極対、すなわち、第 1 電極および第 2 電極として作用させる。

図 11 に示す構成においても、微細構造体 14 に対応して、第 1 電極 32 および第 2 電極 30 を設けてもよい。

この構成としては、一例として、図 12 に概念的に示すように、液晶層 20 を挟んで対面している電極対を構成する 2 つの微細構造体 14 において、一方の微細構造体 14 の表面に第 1 電極 32 を設け、他方の微細構造体 14 の表面に第 2 電極 30 を設けた構成が例示される。

あるいは、図 13 に概念的に示すように、液晶層 20 を挟んで対面している電極対を構成する 2 つの微細構造体 14 において、一方の微細構造体 14 と支持体 16 との間に第 1 電極 32 を設け、他方の微細構造体 14 と支持体 16 との間に第 2 電極 30 を設けてもよい。

[0077] 複数のメタサーフェス構造体を有する透過型の電磁波制御用素子は、図 14 に概念的に示すように、メタサーフェス構造体 12 を構成する微細構造体 14 が、面方向にズレて配置したものでもよい。この構成においても、図 11 に示す例と同様、一例として、液晶層 20 を挟んで対面する微細構造体 14 を電極対、すなわち、第 1 電極および第 2 電極として作用させる。

また、図 14 に示す構成においても、微細構造体 14 に対応して、第 1 電極 32 および第 2 電極 30 を設けてもよい。

この構成としては、一例として、図 15 に概念的に示すように、液晶層 20 を挟んで対面している電極対を構成する 2 つの微細構造体 14 において、一方の微細構造体 14 の表面に第 1 電極 32 を設け、他方の微細構造体 14 の表面に第 2 電極 30 を設けた構成が例示される。

あるいは、図 16 に概念的に示すように、液晶層 20 を挟んで対面している電極対を構成する 2 つの微細構造体 14 において、一方の微細構造体 14 と支持体 16 との間に第 1 電極 32 を設け、他方の微細構造体 14 と支持体 16 との間に第 2 電極 30 を設けてもよい。

[0078] さらに、図 17 に概念的に示すように、透過型の電磁波制御用素子においても、上述した反射型の電磁波制御用素子と同様、支持体 24 の液晶層 20 とは逆側の面を全面的に覆って第 1 電極層 26A を設け、微細構造体 14 と第 1 電極層 26A とで電極対を構成してもよい。ただし、この場合には、第 1 電極層 26A は、複数の開口部を有するようにパターンニングしたパターン電極として、電磁波が透過できるようにする。

さらに、図 17 に示すような第 1 電極層 26A を有する構成でも、微細構造体 14 を電極層としてさせるのではなく、図 18 に概念的に示すように、微細構造体 14 の上に第 2 電極 30 を設けて、第 1 電極層 26A と第 2 電極 30 とで電極対を構成してもよい。

[0079] さらに、透過型の電磁波制御用素子は、支持体の表面に微細構造体 14 を配列するのではなく、図 19 に概念的に示すように、電磁波制御用素子を厚さ方向に貫通して微細構造体 14 を設けてもよい。なお、この構成において

も、上述した各例と同様、微細構造体 14 が電極を兼ねてもよく、あるいは、各微細構造体 14 に対応して第 1 電極および／または第 2 電極を配置してもよい。

あるいは、図 19 に示す構成において、図 20 に示すように、支持体 24 の液晶層 20 とは逆側に誘電体層 34 を設け、誘電体層 34 の支持体 24 とは逆側に、電磁波が透過する複数の開口部を有するようにパターンニングした第 1 電極層 26 A を設けてもよい。

[0080] ここで、上述した例では、電磁波制御用素子は、電磁波を反射するものであり、電磁波の反射方向を制御するものである。しかしながら、本発明の電磁波制御用素子はこれに限定はされない。

[0081] 図 26 は、本発明の電磁波制御用素子の他の一例を概念的に示す図である。また、図 27 は、図 26 に示す電磁波制御用素子の概略斜視図である。

[0082] 図 26 および図 27 に示す電磁波制御用素子 50 は、図中下方から、導波路 52 と、液晶層 20 と、メタサーフェス構造体 12（微細構造体 14）と、をこの順で有する。液晶層 20 は、導波路 52 の外側面の一部に設けられている。図 26 および図 27 に示す電磁波制御用素子 50 においては、導波路 52 は、金属等の導体からなる導波管であり、導波路 52 が本発明における第 1 電極（第 1 電極層）を兼ねている。

[0083] なお、図 26 および図 27 に示す電磁波制御用素子 50 において、図 1 に示す電磁波制御用素子 10 と同じ部位には同じ符号を付し、以下の説明は異なる部位を主に行う。

また、図 26 および図 27 に示す電磁波制御用素子 50 は、支持体 16 および支持体 24 を有していないが、本例においても、必要に応じて、支持体 16 および／または支持体 24 を有していてもよい。

[0084] 図 26 および図 27 に示す電磁波制御用素子 50 において、導波路 52 は、断面が矩形状の筒状の部材であり、中空部内で電磁波 RW を導波する金属製の導波管である。

電磁波 RW は、導波路 52 の形状、寸法、電磁波 RW の波長（周波数）等

に応じた電磁場を形成しながら導波路 5 2 の中を伝播する。

[0085] また、導波路 5 2 は、液晶層 2 0 および微細構造体 1 4 が積層されている側の壁部、すなわち、微細構造体 1 4 と対面して第 1 電極として作用する面に、中空部と外部とを連通する複数の開口 5 4 を有する。

開口 5 4 はそれぞれ、ユニットセル（すなわち、微細構造体 1 4）に対応する位置に設けられている。

[0086] 導波路 5 2 が複数の開口 5 4 を有することで、導波路 5 2 の中空部内を導波される電磁波 RW が開口 5 4 からしみだして、外部に放出される。その際、電磁波 RW は、液晶層 2 0 を通過する。

電磁波制御用素子 5 0 においても、図 1 に示す電磁波制御用素子 1 0 と同様に、ユニットセル毎に、位相変調、すなわち、位相の遅れ量の制御を行うことにより、電磁波 RW の進行方向を制御することができる。すなわち、電磁波制御用素子 5 0 は、電磁波 RW の出射方向を制御することができる。また、各ユニットセルにおける位相の遅れ量をアクティブに変化させることで、電磁波 RW の出射方向をアクティブに変化させることが可能となる。

[0087] なお、図 2 6 および図 2 7 に示す例においては、導波路 5 2 の断面形状は長方形形状としたが、これに限定はされず、正方形形状、円形状、および、多角形状等の種々の形状とすることができる。

[0088] また、導波路 5 2 の寸法にも特に限定はない。

また、導波路 5 2 の長さは、1～10000mm が好ましく、3～3000mm がより好ましい。

[0089] また、図 2 6 および図 2 7 に示す例のように、導波路 5 2 が第 1 電極を兼ねる場合には、導波路 5 2 は、上述した第 1 電極の形成材料と同様の材料（導体）で形成することができる。

[0090] また、図 2 6 および図 2 7 に示す例では、導波路 5 2 が第 1 電極を兼ねる構成としたが、本発明はこれに限定はされず、導波路と第 1 電極とは別体であってもよい。

導波路 5 2 と第 1 電極とが別体である場合には、導波路 5 2 は、第 1 電極

の液晶層 20 とは反対側の面に配置される。導波路と第 1 電極とが別体である場合にも、第 1 電極は、各セルユニットに対応する位置に、電磁波 RW が通過する開口を有する。また、導波路には、第 1 電極の開口に対応する位置に、電磁波 RW を出射する出射部が設けられる。

[0091] 導波路と第 1 電極とが別体である場合の導波路としては、上述した導体で形成された導波管以外に、ストリップライン線路、マイクロストリップライン線路、および、コプレナー線路等の従来公知の、電磁波を導波可能な導波路を適宜利用することができる。

[0092] また、第 1 電極に形成される開口の大きさは、 $0.01 \sim 100000 \text{ mm}^2$  が好ましく、 $0.02 \sim 80000 \text{ mm}^2$  がより好ましく、 $0.05 \sim 50000 \text{ mm}^2$  がさらに好ましい。

[0093] また、図示例においては、第 1 電極に形成される開口は、各ユニットセルに 1 つ設けられる構成としたがこれに限定はされず、各ユニットセルに 2 以上の開口を設けてもよい。

[0094] 以上の例では、液晶層 20 における液晶化合物 LC の配向パターンは、電圧が印加されていない状態では、液晶化合物 LC が垂直配向されており、電圧が印加されると、印加された電圧に応じて厚さ方向に対する角度が大きくなり、最終的に水平配向となる液晶配向パターンである。

しかしながら、本発明は、これに制限はされず、各種の液晶配向パターンが利用可能である。以下に、一例を示す。

なお、以下に示す例では、図 2 と同様、作用を簡潔にするために、液晶層 20 と、微細構造体 14 および第 1 電極層 26 とのみを示す。

また、以下に示す例では、一例として、電極として、微細構造体 14 および第 1 電極層 26 を例示しているが、本発明は、これに制限はされず、図 1、図 3～図 20 に示す、全ての構成で、以下に示す液晶配向パターンが利用可能である。この点に関しては、図 2 も同様である。

[0095] 本発明の電磁波制御用素子において、液晶層 20 の液晶配向パターンとしては、図 21 に概念的に示すように、電圧が印加されていない状態では液晶

化合物LCが水平配向されており、電圧が印加されると、印加された電圧に応じて液晶層20の主面に対する角度が大きくなり、最終的に垂直配向となる液晶配向パターンも利用可能である。

また、液晶層20の液晶配向パターンとしては、図22に概念的に示すように、電圧が印加されていない状態では液晶化合物LCが水平配向で、かつ、厚さ方向に螺旋状に捩れ配向されており、電圧が印加されると、印加された電圧に応じて液晶層20の主面に対する角度が大きくなり、最終的に垂直配向となる液晶配向パターンも利用可能である。

さらに、液晶層20の液晶配向パターンとしては、図23に概念的に示すように、液晶化合物LCの配向が、厚さ方向に水平配向から垂直配向に変化するハイブリット配向も利用可能である。この液晶配向パターンの場合には、一例として、図23に示すように、電圧が印加されていない状態から、電圧が印加された場合には、印加された電圧に応じて、液晶化合物LCの配向が垂直配向に近くなる構成が例示される。

[0096] また、本発明の電磁波制御用素子では、図8～図10に示すように、液晶層20の面方向に電圧を印加してもよい。

この構成においては、図24に概念的に示すように、電圧が印加されていない状態では、液晶化合物LCが長手方向を紙面に垂直な方向に一致して水平配向されており、電圧が印加されると、印加された電圧に応じて面方向に回転して、最終的に長手方向を図中横方向に一致して水平配向される液晶配向パターンも利用可能である。

あるいは、逆に、図25に概念的に示すように、電圧が印加されていない状態では、液晶化合物LCが長手方向を図中横方向に一致して水平配向されており、電圧が印加されると、印加された電圧に応じて面方向に回転して、最終的に長手方向を紙面と垂直方向に一致して垂直配向される液晶配向パターンも利用可能である。

[0097] 本発明の電磁波制御用素子が対象とする電磁波の偏光状態（偏波状態）には、制限はなく、無偏光でも、直線偏光でも、円偏光でも、楕円偏光でもよ

い。

なお、電磁波が直線偏光である場合で、かつ、微細構造体 14 が直交する  $x$  方向および  $y$  方向に二次元的に配列されている場合には、電磁波の偏光方向と、 $x$  方向また  $y$  方向とが一致するように、電磁波を入射させるのが好ましい。

[0098] 以上、本発明の電磁波制御用素子について詳細に説明したが、本発明は上述の例に限定はされず、本発明の要旨を逸脱しない範囲において、各種の改良や変更を行ってもよいのは、もちろんである。

## 実施例

[0099] 以下に実施例に基づいて本発明をさらに詳細に説明する。

以下の実施例に示す材料、使用量、割合、処理内容および処理手順などは、本発明の趣旨を逸脱しない限り適宜変更することができる。したがって、本発明の範囲は以下に示す実施例により限定的に解釈されるべきものではない。

[0100] [実施例]

光学シミュレーションソフトを用いて、図 28 に示すような電磁波制御用素子のモデル（電磁波制御用素子のモデル 10A）を作製した。シミュレーションには、COMSOL 社の有限要素法シミュレーションソフト『COMSOL Multiphysics』を用いた。

[0101] モデル化する電磁波制御用素子は、第 1 電極層 26、液晶層 20、および、微細構造体 14（メタサーフェス構造体 12）の順に積層された構造とした。また、1 つのユニットセルの大きさは  $1.1\text{ mm} \times 1.1\text{ mm}$  とし、周期境界条件を適用することでユニットセルが面内方向に無限に配列される構成とした。

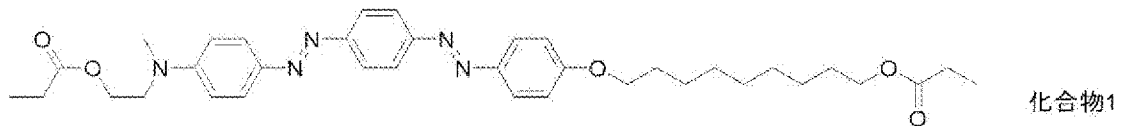
[0102] 第 1 電極層 26 および微細構造体 14 は、材料が銅、厚さを  $2\text{ }\mu\text{m}$  とした。また、1 つの微細構造体 14 の大きさは  $0.8\text{ mm} \times 0.8\text{ mm}$  の正形状とし、面内方向において、ユニットセルの略中央位置に配置されるものとした。

[0103] 液晶層 20 は、下記の化合物 1（液晶化合物 1）、および、化合物 2（液晶化合物 2）を 50%：50%の比率で混合した液晶組成物を用いて形成した。

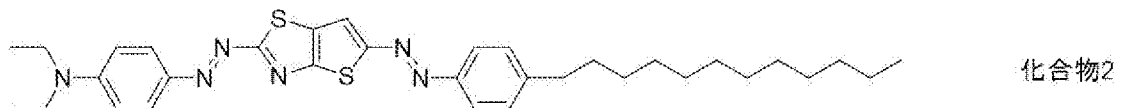
[0104] ここで、以下の方法で実施例の液晶組成物の  $\Delta n$  を測定した。

まず、酸化スズ（ $\text{SnO}_2$ ）膜をスパッタ法で電極として形成したガラスセル（10mm×10mm、厚さ1.0mm）に液晶組成物を封入し、次いで、透過型テラヘルツ分光の光学系を作製し、温度100℃、湿度10%RH環境下で、光電場の時間波形を測定した。電圧を印加する前後の光電場の時間波形の変化から、ガラスセルに封入した液晶組成物の  $\Delta n$  を測定した。液晶組成物の  $\Delta n$  は、0.35 だった。

[0105] [化2]



[化3]



[0106] [比較例]

液晶層を形成する液晶組成物に用いる液晶化合物を、4'-ペンチル-4-ビフェニルカルボニトリル（5CB）に変更した以外は、実施例1と同様の電磁波制御用素子としてモデル化した。

また、実施例と同様の方法で透過型テラヘルツ分光の光学系を作製し、温度25℃、湿度10%RH環境下で、光電場の時間波形を測定した。電圧を印加する前後の光電場の時間波形の変化から、ガラスセルに封入した液晶組成物の  $\Delta n$  を測定した。 $\Delta n$  は、0.2 だった。

[0107] [評価]

シミュレーションソフト『COMSOL Multiphysics』を用いて、上記実施例および比較例の電磁波制御用素子のモデルに、100GHzの電磁波を入射させて反射した際の、100GHzの電磁波の反射位相を計算した。

電圧が印加されておらず液晶化合物 LC が水平配向した場合と、電圧を印加して液晶化合物 LC が垂直配向した場合についてそれぞれ計算し、電圧印加に伴う反射位相の差を計算した。液晶層の膜厚が  $10 \sim 300 \mu\text{m}$  の場合についてそれぞれ計算し、電圧印加に伴う反射位相の差が  $180^\circ$  となる最小の膜厚を算出した。

[0108] また、液晶層に電圧を印加して液晶化合物の配向状態を変化させる際の切り替え時間は、厚みの 2 乗に比例することが知られている。

比較例の電磁波制御用素子における切り替え時間を 1 として、実施例および比較例の切り替え時間を算出した。

結果を下記の表 1 に示す。

[0109] [表1]

| 表 1 | 電圧印加に伴う反射位相の差が<br>$180^\circ$ となる膜厚 | 切り替え時間 |
|-----|-------------------------------------|--------|
| 実施例 | $30 \mu\text{m}$                    | 0.25   |
| 比較例 | $60 \mu\text{m}$                    | 1.0    |

[0110] 表 1 から、本発明の実施例は、比較例に比べて、切り替え時間の短縮と、電磁波の損失の抑制を両立できることがわかる。

## 産業上の利用可能性

[0111] ビームステアリング装置などに、好適に利用可能である。

## 符号の説明

[0112] 10, 36 電磁波制御用素子  
12 メタサーフェス構造体  
14, 100a 微細構造体  
16, 24 支持体  
20, 104 液晶層  
26, 26A 第1電極層  
28 電源  
30 第2電極

3 2 第 1 電極

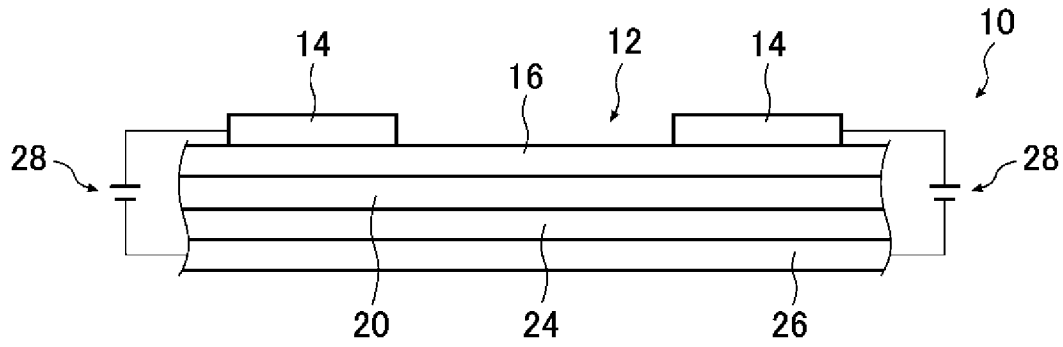
3 4 誘電体層

L C 液晶化合物

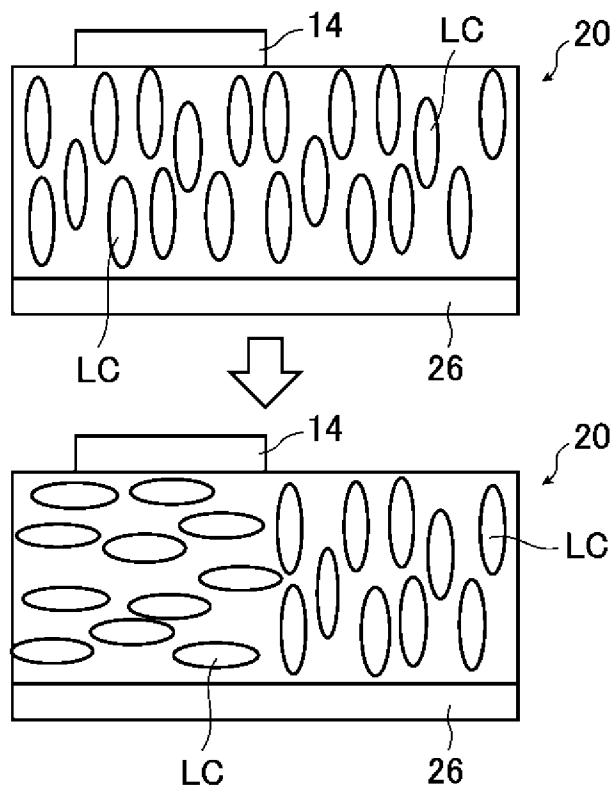
## 請求の範囲

- [請求項1] 第1電極と、  
電圧によって液晶化合物の配向状態が変化する液晶層と、  
複数の微細構造体を配列してなるメタサーフェス構造体とを有し、  
周波数0.1～0.3THzの電磁波に作用するもので、かつ、前記液晶層がアゾ化合物を含む、電磁波制御用素子。
- [請求項2] 前記アゾ化合物が、2以上のアゾ構造を有する、請求項1に記載の電磁波制御用素子。
- [請求項3] 前記液晶層がアゾ構造を有する液晶化合物を含む、請求項1または2に記載の電磁波制御用素子。
- [請求項4] さらに、前記第1電極と電極対を構成する第2電極を有する、請求項1または2に記載の電磁波制御用素子。
- [請求項5] 前記第1電極および前記第2電極の少なくとも一方が前記微細構造体である、請求項4に記載の電磁波制御用素子。
- [請求項6] 前記微細構造体が、前記第1電極と電極対を構成する、請求項1または2に記載の電磁波制御用素子。
- [請求項7] 前記第1電極が、周波数0.1～0.3THzの電磁波を反射する、請求項1または2に記載の電磁波制御用素子。
- [請求項8] 前記第1電極が、パターン電極である、請求項1または2に記載の電磁波制御用素子。
- [請求項9] 前記微細構造体が、金属を含む、請求項1または2に記載の電磁波制御用素子。
- [請求項10] 前記微細構造体が、酸化物半導体を含む、請求項1または2に記載の電磁波制御用素子。

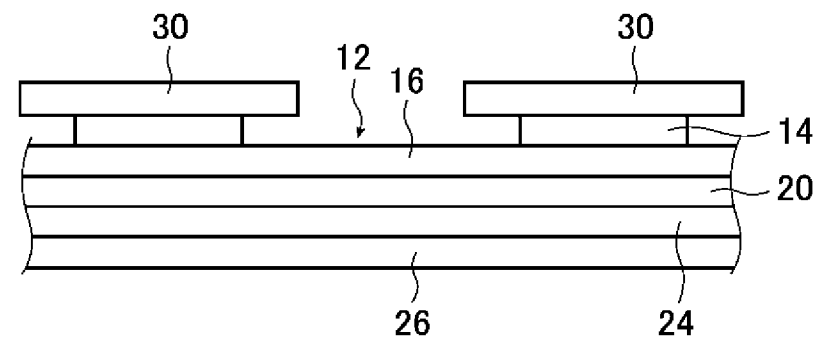
[図1]



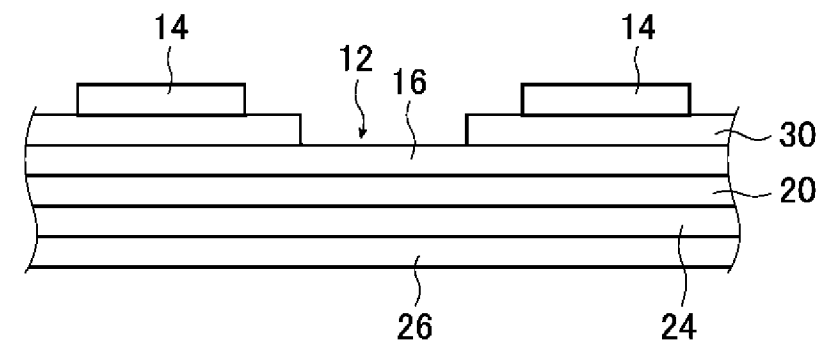
[図2]



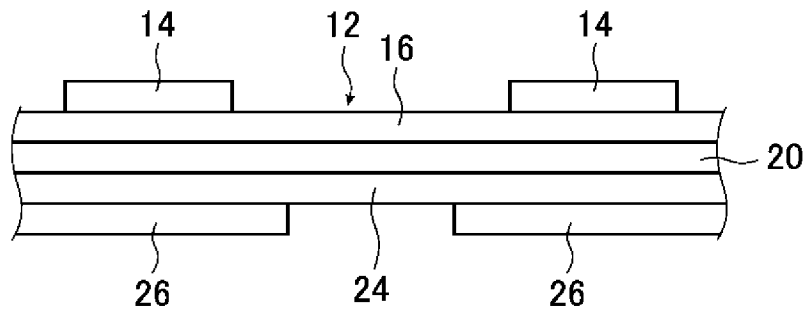
[図3]



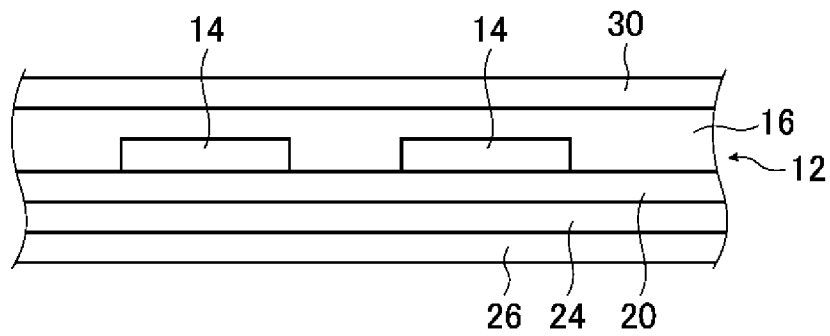
[図4]



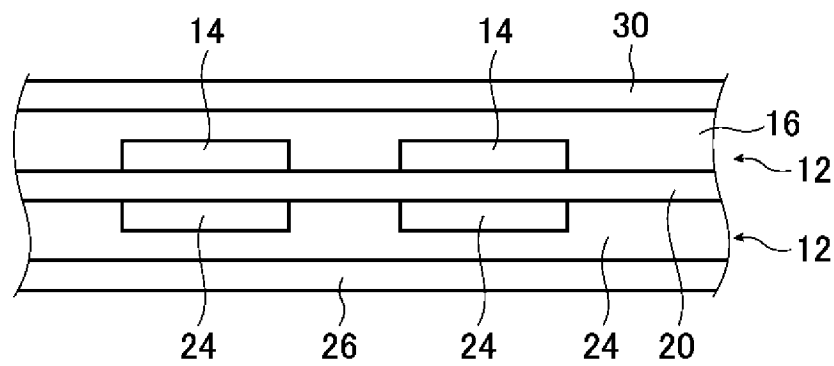
[図5]



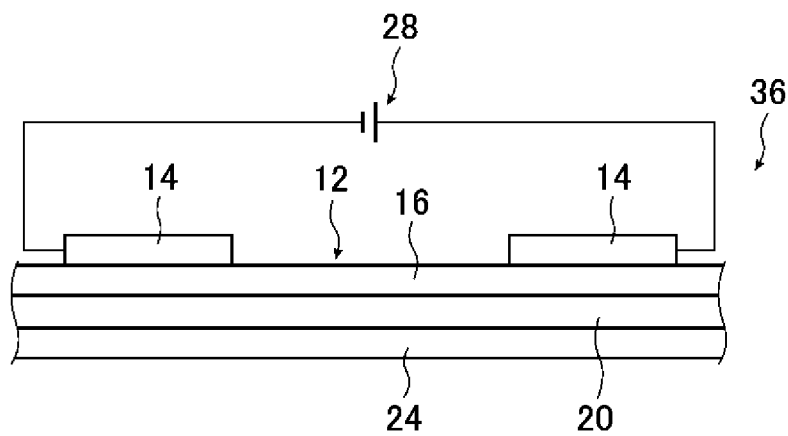
[図6]



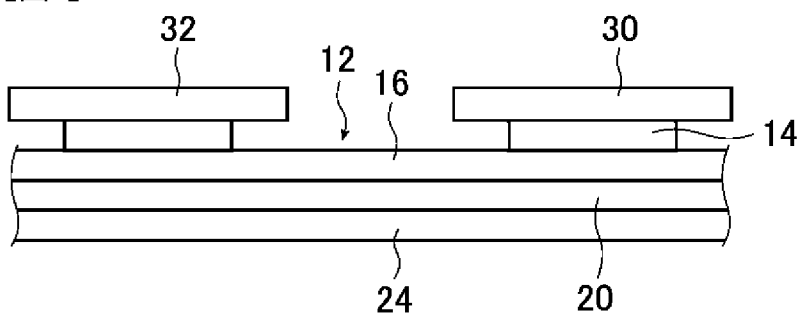
[図7]



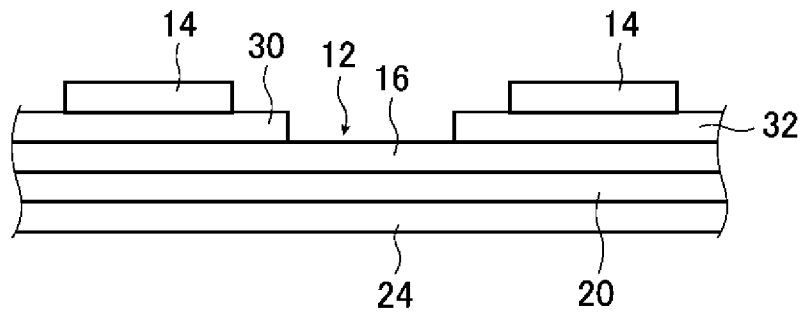
[図8]



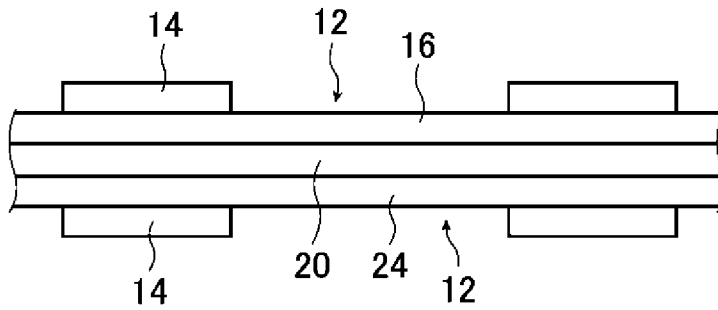
[図9]



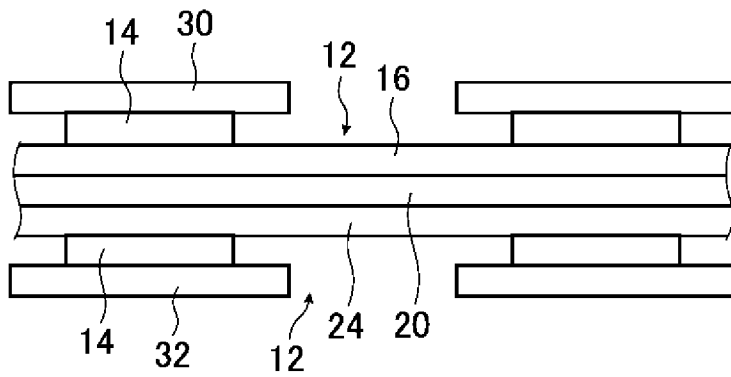
[図10]



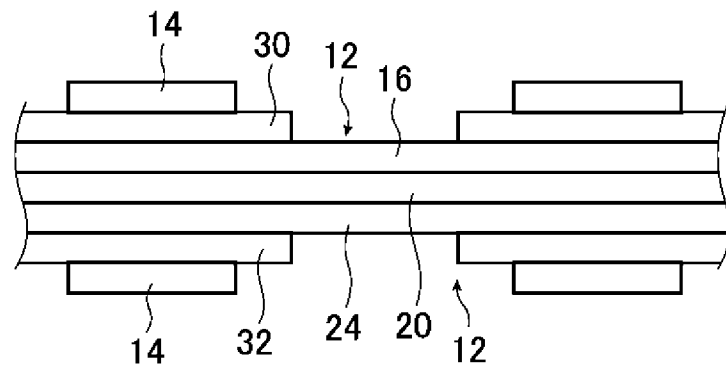
[図11]



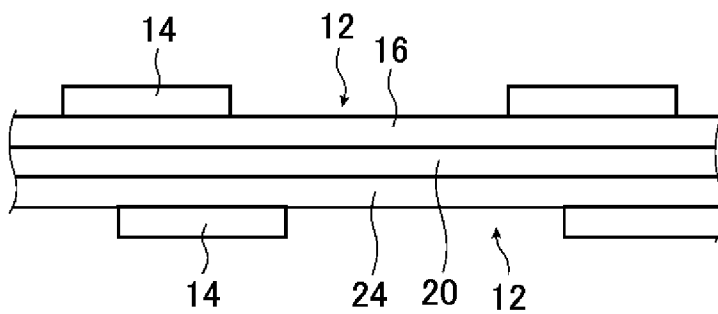
[図12]



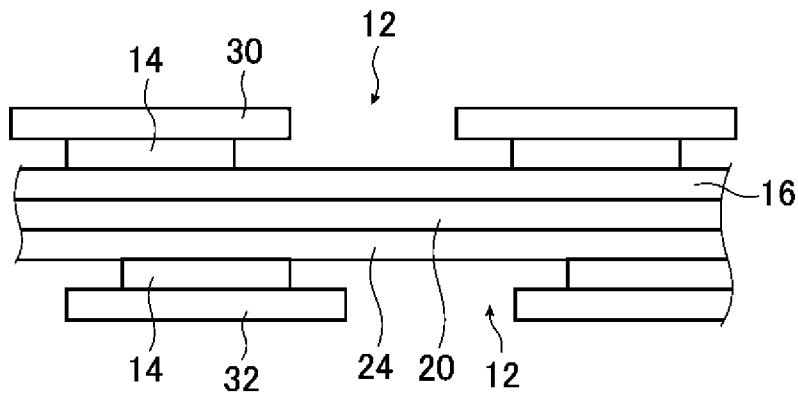
[図13]



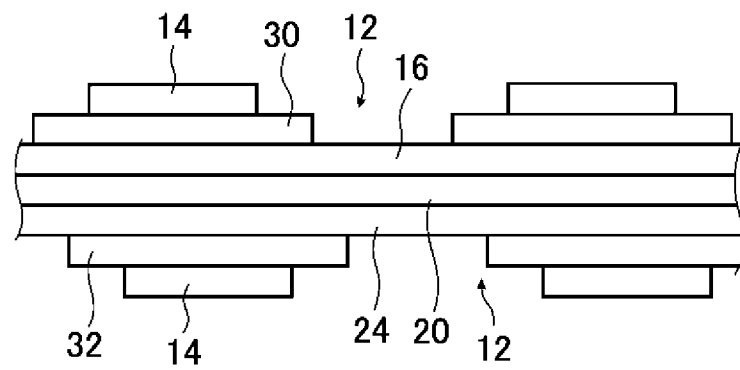
[図14]



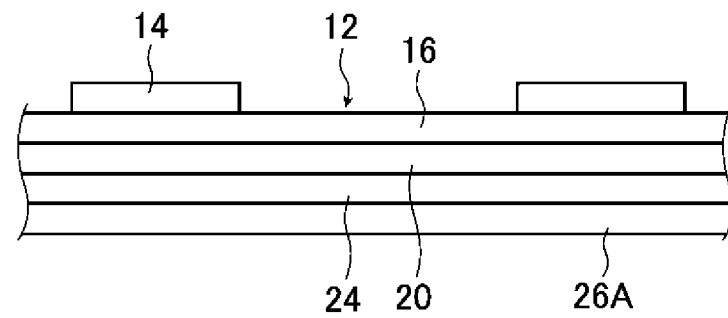
[図15]



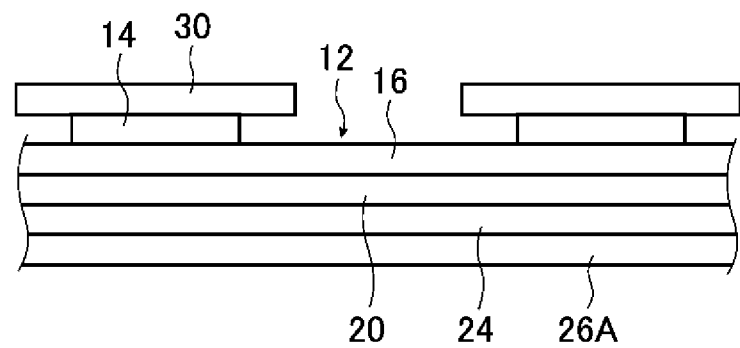
[図16]



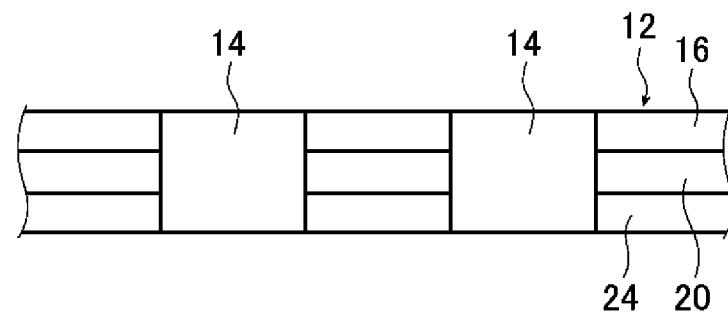
[図17]



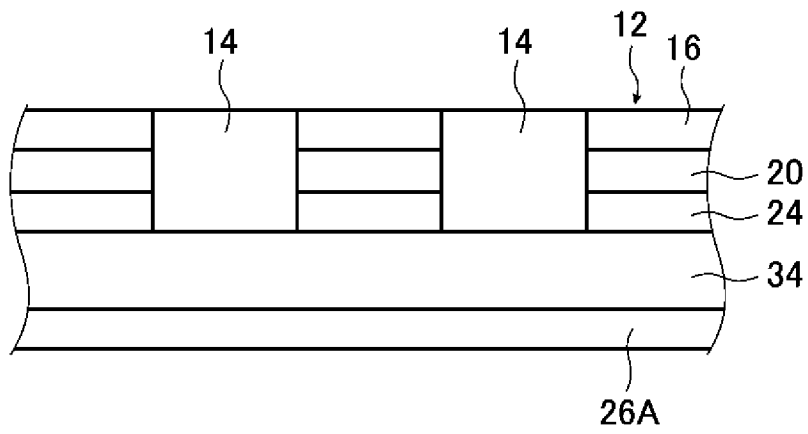
[図18]



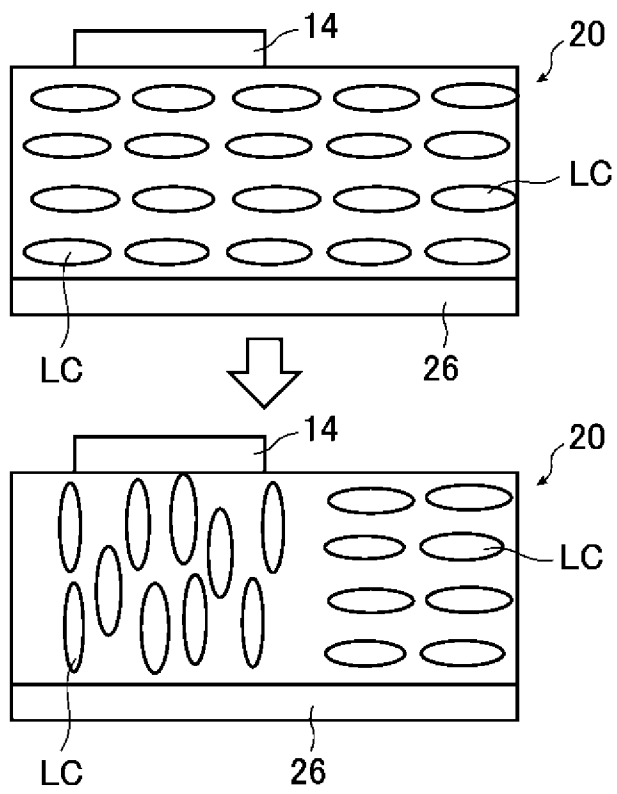
[図19]



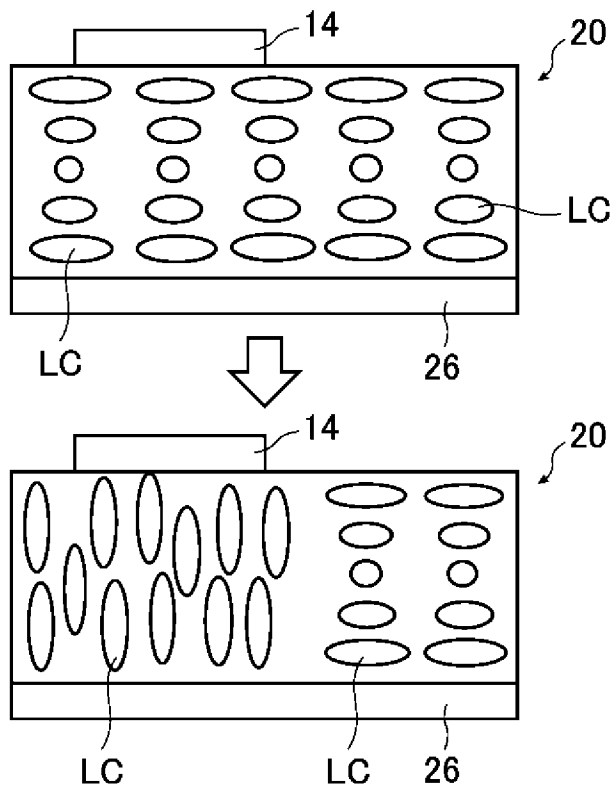
[図20]



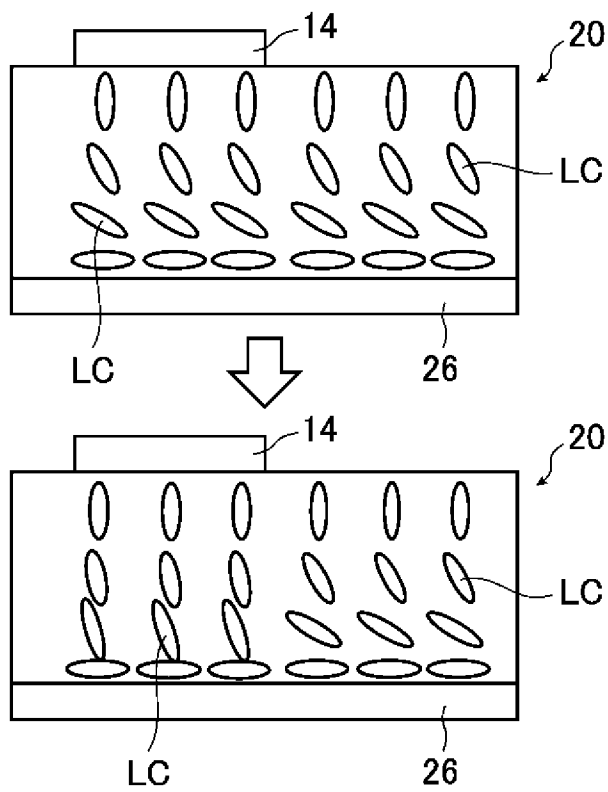
[図21]



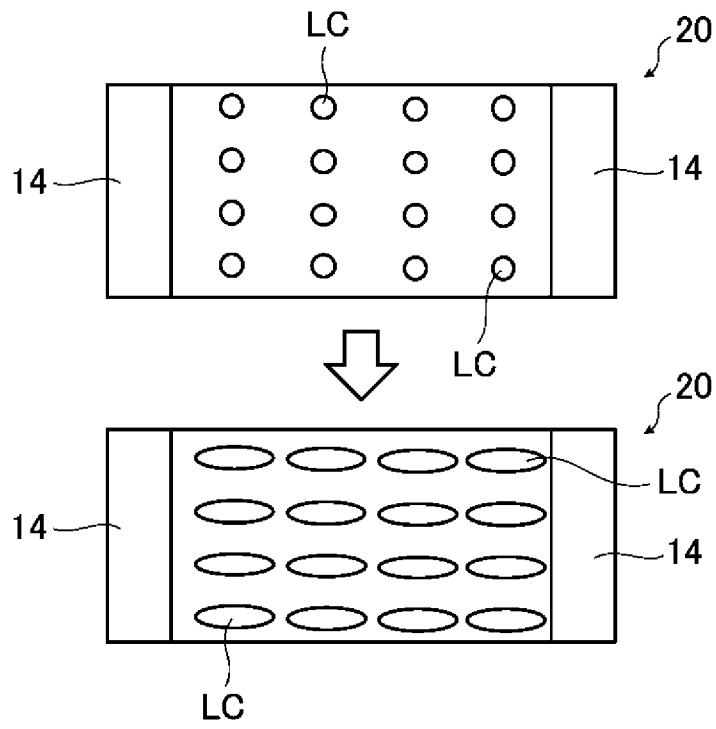
[図22]



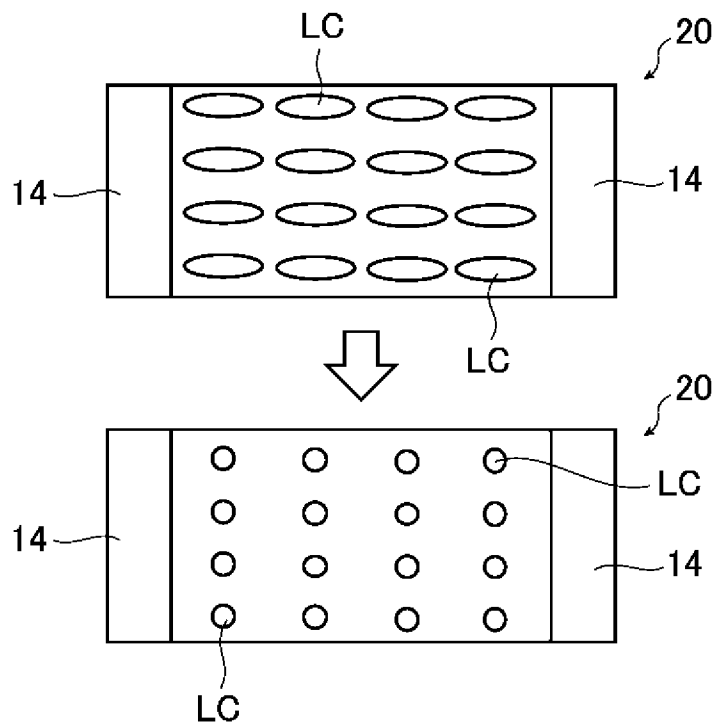
[図23]



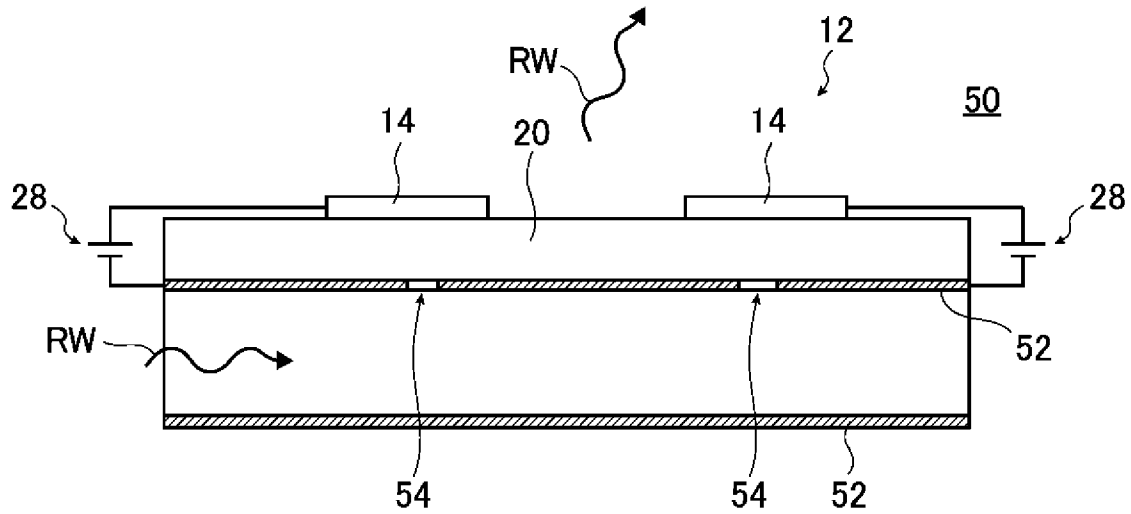
[図24]



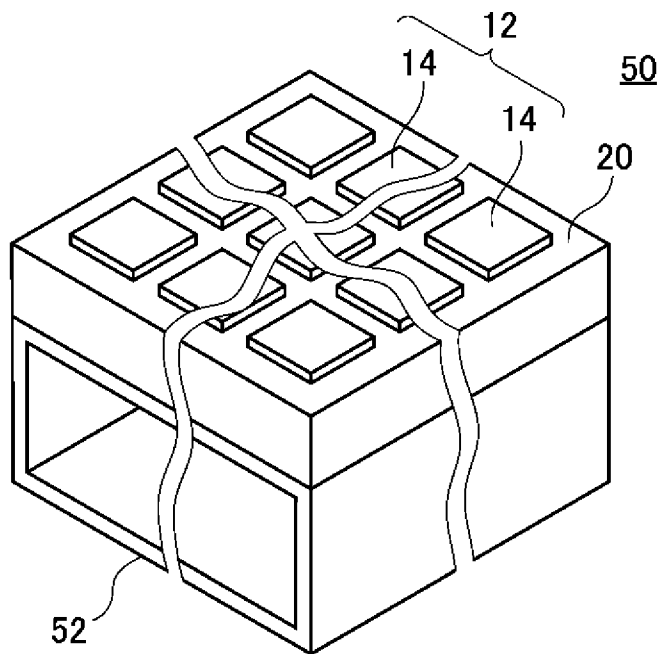
[図25]



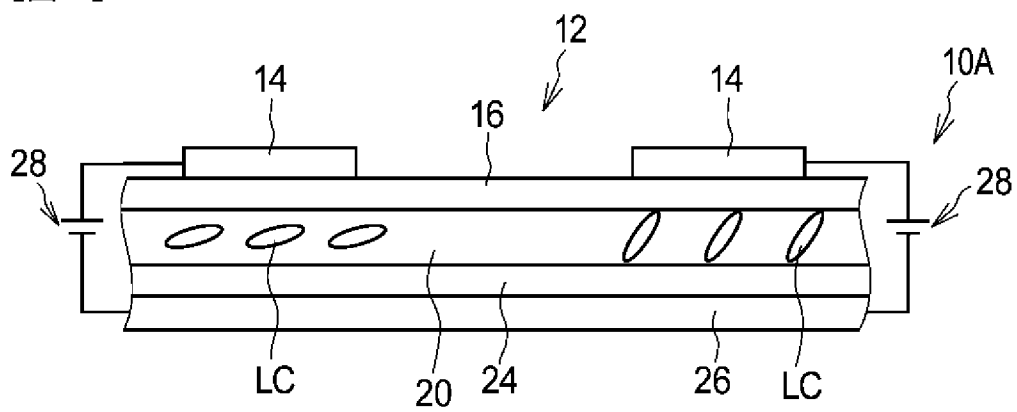
[図26]



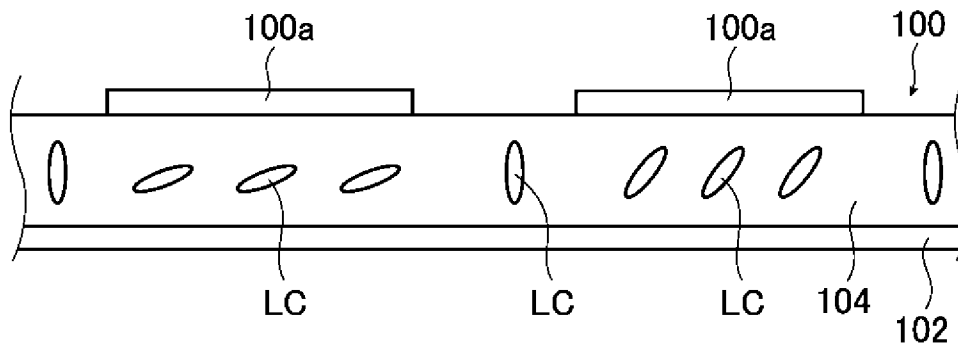
[図27]



[図28]



[図29]



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/035121

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER****H01Q 15/14**(2006.01)i

FI: H01Q15/14 Z

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)

H01Q15/14

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

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996  
 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2023  
 Registered utility model specifications of Japan 1996-2023  
 Published registered utility model applications of Japan 1994-2023

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

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                 | Relevant to claim No. |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Y         | JP 2019-530387 A (HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD.) 17 October 2019 (2019-10-17)<br>fig. 1-6          | 1-10                  |
| Y         | JP 2006-13405 A (CANON KABUSHIKI KAISHA) 12 January 2006 (2006-01-12)<br>paragraphs [0002], [0035] | 1-10                  |
| Y         | WO 2021/060485 A1 (FUJIFILM CORP.) 01 April 2021 (2021-04-01)<br>paragraphs [0021]-[0031]          | 2                     |
| Y         | JP 2002-223116 A (ASAHI GLASS CO., LTD.) 09 August 2002 (2002-08-09)<br>paragraph [0019]           | 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

08 November 2023

Date of mailing of the international search report

21 November 2023

Name and mailing address of the ISA/JP

Japan Patent Office (ISA/JP)  
 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915  
 Japan

Authorized officer

Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No.  
**PCT/JP2023/035121**

| Patent document<br>cited in search report |             |    | Publication date<br>(day/month/year) | Patent family member(s)                                              | Publication date<br>(day/month/year) |
|-------------------------------------------|-------------|----|--------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| JP                                        | 2019-530387 | A  | 17 October 2019                      | US 2018/0083364 A1<br>fig.1-6<br>WO 2018/054204 A1<br>CN 109792106 A |                                      |
| JP                                        | 2006-13405  | A  | 12 January 2006                      | (Family: none)                                                       |                                      |
| WO                                        | 2021/060485 | A1 | 01 April 2021                        | US 2022/0214476 A1<br>paragraphs [0056]-[0070]                       |                                      |
| JP                                        | 2002-223116 | A  | 09 August 2002                       | (Family: none)                                                       |                                      |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                          |                |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|----------------|
| A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））<br>H01Q 15/14(2006.01)i<br>FI: H01Q15/14 Z                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                          |                |
| 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））<br>H01Q15/14                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                          |                |
| 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<br>日本国実用新案公報 1922 - 1996年<br>日本国公開実用新案公報 1971 - 2023年<br>日本国実用新案登録公報 1996 - 2023年<br>日本国登録実用新案公報 1994 - 2023年                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                          |                |
| 国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                          |                |
| C. 関連すると認められる文献                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                          |                |
| 引用文献の<br>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<br>請求項の番号 |
| Y                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | JP 2019-530387 A（華為技術有限公司）17.10.2019（2019 - 10 - 17）<br>[図1]-[図6]        | 1-10           |
| Y                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | JP 2006-13405 A（キヤノン株式会社）12.01.2006（2006 - 01 - 12）<br>[0002], [0035]    | 1-10           |
| Y                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | WO 2021/060485 A1（富士フイルム株式会社）01.04.2021（2021 - 04 - 01）<br>[0021]-[0031] | 2              |
| Y                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | JP 2002-223116 A（旭硝子株式会社）09.08.2002（2002 - 08 - 09）<br>[0019]            | 10             |
| <input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> 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<br>“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技术水準を示すもの<br>“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<br>“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）<br>“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献<br>“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<br>“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抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの<br>“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<br>“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<br>“&” 同一パテントファミリー文献 |                                                                          |                |
| 国際調査を完了した日<br>08.11.2023                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 国際調査報告の発送日<br>21.11.2023                                                 |                |
| 名称及びあて先<br>日本国特許庁(ISA/JP)<br>〒100-8915<br>日本国<br>東京都千代田区霞が関三丁目4番3号                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 権限のある職員（特許庁審査官）<br><br>赤穂 美香 5K 3663<br><br>電話番号 03-3581-1101 内線 3556    |                |

国際調査報告  
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2023/035121

| 引用文献 |             |    | 公表日        | パテントファミリー文献                                                              | 公表日 |
|------|-------------|----|------------|--------------------------------------------------------------------------|-----|
| JP   | 2019-530387 | A  | 17.10.2019 | US 2018/0083364 A1<br>FIG.1-FIG.6<br>WO 2018/054204 A1<br>CN 109792106 A |     |
| JP   | 2006-13405  | A  | 12.01.2006 | (ファミリーなし)                                                                |     |
| WO   | 2021/060485 | A1 | 01.04.2021 | US 2022/0214476 A1<br>[0056]-[0070]                                      |     |
| JP   | 2002-223116 | A  | 09.08.2002 | (ファミリーなし)                                                                |     |