

(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  
2016年6月30日(30.06.2016)



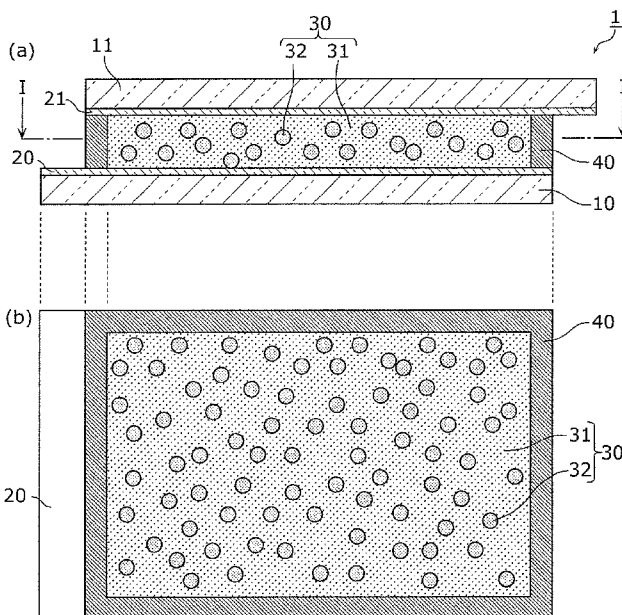
(10) 国際公開番号  
WO 2016/103629 A1

- (51) 国際特許分類:  
G02F 1/19 (2006.01) G02F 1/15 (2006.01)
  - (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/006240
  - (22) 国際出願日: 2015年12月15日(15.12.2015)
  - (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 2014-260771 2014年12月24日(24.12.2014) JP
  - (71) 出願人: パナソニックIPマネジメント株式会社 (PANASONIC INTELLECTUAL PROPERTY MANAGEMENT CO., LTD.) [JP/JP]; 〒5406207 大阪府大阪市中央区城見2丁目1番61号 Osaka (JP).
  - (72) 発明者: 山田 知典(YAMADA, Tomonori). 鈴鹿裕子(SUZUKA, Yuko).
  - (74) 代理人: 藤井 兼太郎, 外(FUJII, Kentaro et al.); 〒5406207 大阪府大阪市中央区城見2丁目1番61号パナソニックIPマネジメント株式会社内 Osaka (JP).
  - (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, 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, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
  - (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーロパ (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- 添付公開書類:  
— 国際調査報告 (条約第21条(3))

(54) Title: OPTICAL DEVICE

(54) 発明の名称: 光学デバイス

[図1]



(57) Abstract: This optical device (1) is provided with: a first electrode (20) and a second electrode (21), which transmit light and are arranged so as to face each other; and an optical adjustment layer (30) that is arranged between the first electrode (20) and the second electrode (21). The optical adjustment layer (30) comprises: a first phase (31) that contains an electrolyte containing a metal that has visible light reflection characteristics; and second phases (32) that are dispersed in the first phase (31) and contain a variable refractive index material, the refractive index of which in the visible light range is able to be changed.

(57) 要約: 光学デバイス(1)は、互いに対面して配置された透光性を有する第1の電極(20)及び第2の電極(21)と、第1の電極(20)と第2の電極(21)との間に設けられた光学調整層(30)とを備え、光学調整層(30)は、可視光反射特性を有する金属を含有する電解質を含む第1の相(31)と、可視光帯域の屈折率を変更可能な屈折率可変材料を含む、第1の相(31)中に分散された第2の相(32)とを有する。

WO 2016/103629 A1

## 明 細 書

**発明の名称**：光学デバイス

**技術分野**

[0001] 本発明は、光学デバイスに関する。

**背景技術**

[0002] 従来、電力の供給状態に応じて、光の透過及び反射などの光学的な状態を変更することができる光学デバイスの開発が進められている。例えば、特許文献1には、一对の電極間に挟持された電解質層を有する調光素子が開示されている。当該調光素子における電解質層は、銀イオンを含むエレクトロクロミック材料を含んでいる。一对の電極間に印加する電圧を調整することにより、当該調光素子は、光透過状態と鏡面状態とを実現することができる。

**先行技術文献**

**特許文献**

[0003] 特許文献1：国際公開第2012/118188号

**発明の概要**

**発明が解決しようとする課題**

[0004] しかしながら、上記の特許文献1に記載の調光素子では、鏡面状態は実現できるものの、光散乱状態を実現することができない。

[0005] そこで、本発明は、反射、透過及び散乱の3つの光学状態を維持することができる光学デバイスを提供することを目的とする。

**課題を解決するための手段**

[0006] 上記目的を達成するため、本発明の一態様に係る光学デバイスは、互いに対面して配置された透光性を有する第1の電極及び第2の電極と、前記第1の電極と前記第2の電極との間に設けられた光学調整層とを備え、前記光学調整層は、可視光反射特性を有する金属を含有する電解質を含む第1の相と、可視光帯域の屈折率を変更可能な屈折率可変材料を含む、前記第1の相中に分散された第2の相とを有する。

## 発明の効果

[0007] 本発明によれば、反射、透過及び散乱の3つの光学状態を維持することができる光学デバイスを提供することができる。

## 図面の簡単な説明

[0008] [図1]図1は、本発明の実施の形態に係る光学デバイスの概略断面図である。

[図2A]図2Aは、本発明の実施の形態に係る光学デバイスに直流電圧を印加したときの光学的な状態を示す図である。

[図2B]図2Bは、本発明の実施の形態に係る光学デバイスが光反射状態である様子を模式的に示す図である。

[図3A]図3Aは、本発明の実施の形態に係る光学デバイスに交流電圧を印加したときの光学的な状態を示す図である。

[図3B]図3Bは、本発明の実施の形態に係る光学デバイスが光透過状態である様子を模式的に示す図である。

[図4A]図4Aは、本発明の実施の形態に係る光学デバイスに電圧を印加しないときの光学的な状態を示す図である。

[図4B]図4Bは、本発明の実施の形態に係る光学デバイスが光散乱状態である様子を模式的に示す図である。

[図5]図5は、本発明の実施の形態に係る光学デバイスの光学状態の状態遷移図である。

[図6]図6は、本発明の実施の形態に係る光学デバイスを備える複層ガラスを示す断面図である。

## 発明を実施するための形態

[0009] 以下では、本発明の実施の形態に係る光学デバイスについて、図面を用いて詳細に説明する。なお、以下に説明する実施の形態は、いずれも本発明の好ましい一具体例を示すものである。したがって、以下の実施の形態で示される数値、形状、材料、構成要素、構成要素の配置及び接続形態などは、一例であり、本発明を限定する趣旨ではない。よって、以下の実施の形態における構成要素のうち、本発明の最上位概念を示す独立請求項に記載されてい

ない構成要素については、任意の構成要素として説明される。

[0010] また、各図は、模式図であり、必ずしも厳密に図示されたものではない。  
また、各図において、同じ構成部材については同じ符号を付している。

[0011] (実施の形態)

[光学デバイスの概要]

まず、本実施の形態に係る光学デバイスの概要について、図1を用いて説明する。図1は、本実施の形態に係る光学デバイス1の概略断面図である。具体的には、図1の(a)は、光学デバイス1の層構造を模式的に示している。また、図1の(b)は、(a)のI-I線における断面を示している。

[0012] 図1に示すように、光学デバイス1は、第1の基板10と、第2の基板11と、第1の電極20と、第2の電極21と、光学調整層30と、シール材40とを備える。また、図1の(b)に示すように、光学デバイス1は、パネル状に形成される。

[0013] 光学デバイス1は、第1の電極20及び第2の電極21間に印加される電力に応じて、光反射状態、光透過状態及び光散乱状態の3つの光学状態を切り替えることができる。

[0014] 具体的には、光学デバイス1は、光反射状態の場合、入射する光(例えば、可視光)を反射させる。なお、反射は、例えば鏡面反射であるが、散乱反射でもよい。光反射状態における光学デバイス1の光透過率は、例えば略0である。

[0015] また、光学デバイス1は、光透過状態の場合、入射する光(例えば、可視光)を透過させる。例えば、光学デバイス1は、透明状態を実現することができる。

[0016] また、光学デバイス1は、光散乱状態の場合に、入射する光(例えば、可視光)を散乱させる。具体的には、光学デバイス1は、光散乱状態の場合に、光学調整層30内の屈折率差によって、可視光の一部を透過し、かつ、可視光の一部を散乱させる。

[0017] 以下では、光学デバイス1が備える各構成要素について、図1を用いて詳

細に説明する。

[0018] [基板]

第1の基板10及び第2の基板11は、透光性を有し、可視光の少なくとも一部を透過させる。具体的には、第1の基板10及び第2の基板11は、透明（光透過率が十分に高い）な平板である。

[0019] 第1の基板10及び第2の基板11は、図1に示すように、互いに対面して配置されている。具体的には、第1の基板10及び第2の基板11は、互いの距離（光学調整層30の厚さ）が略一定になるように、すなわち、平行に配置されている。

[0020] 第1の基板10及び第2の基板11は、略同じ形状及び略同じ大きさを有する。具体的には、第1の基板10及び第2の基板11の平面視形状は、矩形である。あるいは、第1の基板10及び第2の基板11の平面視形状は、正方形などのその他多角形、又は、円形若しくは楕円形などいかなる形状でもよい。なお、平面視とは、第1の基板10及び第2の基板11の主面（面積が最大の面）を正面から見た場合（すなわち、光学デバイス1の厚み方向から見た場合）を意味する。

[0021] 本実施の形態では、図1に示すように、第1の基板10及び第2の基板11は、端部がずれて配置されている。端部は、シール材40に囲まれていない外側の部分であって、例えば、第1の電極20及び第2の電極21の各々への給電部に相当する。第1の基板10及び第2の基板11がずれて配置されていることで、例えば、給電部への配線の接続を容易に行うことができる。

[0022] 第1の基板10及び第2の基板11は、例えば、同じ材料から形成される。第1の基板10及び第2の基板11としては、例えば、ソーダガラス、無アルカリガラス、高屈折率ガラスなどのガラス基板、又は、ポリエチレンテレフタレート（PET）、ポリエチレンナフタレート（PEN）などの樹脂基板を利用することができる。ガラス基板は、透明性及び防湿性に優れているという利点がある。樹脂基板は、破壊時の飛散が少ないという利点がある。

。また、第1の基板10及び第2の基板11としては、可撓性を有するフレキシブル基板を用いてもよい。フレキシブル基板は、例えば、樹脂基板又は薄膜ガラスなどから形成される。

[0023] [電極]

第1の電極20及び第2の電極21は、透光性を有し、可視光の少なくとも一部を透過させる。具体的には、第1の電極20及び第2の電極21は、透明な平板状の導電膜である。第1の電極20及び第2の電極21間に所定の電圧が印加された場合に、光学調整層30の光学特性が変化する。

[0024] 第1の電極20及び第2の電極21は、図1に示すように、互いに対面して配置されている。具体的には、第1の電極20は、第1の基板10上に形成され、第2の電極21は、第2の基板11上に形成されている。例えば、第1の電極20及び第2の電極21はそれぞれ、スパッタリング法、蒸着法などによって第1の基板10上及び第2の基板11上に導電膜を形成し、形成した導電膜をパターニングすることで形成される。このとき、第1の電極20及び第2の電極21はそれぞれ、透光性を有するアンダーコート層を介して、第1の基板10上及び第2の基板11上に形成されてもよい。

[0025] 第1の電極20は、第1の基板10の端部に、具体的には、シール材40の外側に設けられた給電部と電氣的に接続されている。例えば、給電部は、第1の電極20の一部であり、シール材40の外側に延設された部分である。第2の電極21についても同様である。

[0026] 第1の電極20及び第2の電極21は、例えば、同じ材料から形成される。第1の電極20及び第2の電極21としては、例えば、酸化インジウムスズ（ITO）、酸化インジウム亜鉛（IZO）、アルミニウムドープ酸化亜鉛（AZO）、フッ素ドープ酸化スズ（FTO）などの透明金属酸化物を用いることができる。

[0027] なお、第1の電極20及び第2の電極21の各々のシート抵抗は、所定の値より小さい。例えば、第1の電極20及び第2の電極21の各々のシート抵抗は、 $100\Omega/\square$ 以下であり、好ましくは、 $10\Omega/\square$ 以下である。こ

れにより、デバイス駆動時の面内均一性を高めることができる。なお、第1の電極20及び第2の電極21の少なくとも一方に、シート抵抗がより低い補助電極が設けられてもよい。

[0028] また、第1の電極20及び第2の電極21の少なくとも一方は、表面に凹凸構造を有してもよい。これにより、光を散乱、又は、配光させることができる。

[0029] また、第1の電極20及び第2の電極21はそれぞれ、第1の基板10及び第2の基板11との可視光帯域における屈折率の差が所定の値より小さい材料から形成される。例えば、第1の電極20と第1の基板10との屈折率の差は、0.2以下であり、好ましくは、0.1以下である。これにより、第1の電極20と第1の基板10との界面での光の反射及び屈折を抑制し、光を効果的に透過させることができる。第2の電極21と第2の基板11についても、同様である。また、第1の電極20及び第2の電極21は、互いに異なる材料から形成されてもよく、この場合、第1の電極20及び第2の電極21の屈折率の差も、所定の値より小さい材料を用いることが好ましい。

[0030] [光学調整層]

光学調整層30は、第1の電極20と第2の電極21との間に設けられている。図1に示すように、光学調整層30は、第1の相31と、第2の相32とを有する。本実施の形態では、光学調整層30は、ゲルである。

[0031] 光学調整層30は、第1の電極20及び第2の電極21間に印加される電圧に応じて、光反射状態、光透過状態及び光散乱状態が切り替えられる。具体的には、光学調整層30は、以下の(1)～(3)のように、第1の相31及び第2の相32が変化することで、3つの光学状態を実現する。

[0032] (1) 光反射：第1の相31の金属が析出して金属膜を形成した場合

(2) 光透過（透明）：第1の相31の金属が金属膜を形成せず、かつ、第1の相31の屈折率と第2の相32の屈折率とが略同じ場合

(3) 光散乱：第1の相31の金属が金属膜を形成せず、かつ、第1の相

31の屈折率と第2の相32の屈折率とが異なる場合

[0033] 以下、第1の相31及び第2の相32の詳細について説明する。

[0034] 第1の相31は、可視光反射特性を有する金属を含有する電解質を含んでいる。本実施の形態では、第1の相31は、さらに、高分子材料及び高沸点溶剤を含んでいる。具体的には、第1の相31では、高分子材料及び高沸点溶剤の混合溶媒に電解質が溶解している。

[0035] 第1の相31に含まれる高分子材料としては、例えば、ポリビニルアルコール（PVA）、ポリビニルブチラール（PVB）、ポリメタクリル酸メチル（PMMA）、メルカプトエステル、セルロース、ポリ酢酸ビニル、ポリスチレン（PS）、ポリ（4-ビニルピリジン）（P4VP）、ポリ（ジメチルアミノエチルメタクリレート）（PDMAEMA）、エポキシ、又は、変性シリコーン、ポリジメチルシロキサン（PDMS）などのシリコーン樹脂などを用いることができる。

[0036] 第1の相31はさらに、架橋剤を含んでもよい。つまり、架橋剤を用いて高分子材料を架橋してもよい。架橋剤としては、例えば、N, N, N', N'-テトラ（トリフルオロメタンスルホニル）-ヘキサン-1, 6-ジアミン（C6TFSA）、N, N, N', N'-テトラ（トリフルオロメタンスルホニル）-ドデカン-1, 2-ジアミン（C12TFSA）などを用いることができる。

[0037] なお、発明者らの検討により、高分子材料のみでは電解質を溶解させるのが困難であることが分かった。このため、本実施の形態では、第1の相31は、高分子材料だけでなく高沸点溶剤を含んでいる。高沸点溶剤としては、比誘電率が所定値より高い材料を用いる。例えば、高沸点溶剤の比誘電率は、20以上、好ましくは、50以上である。これにより、電解質を容易に溶解させることができる。

[0038] なお、後述するように、光学デバイス1を窓に利用することが考えられる。このため、窓が太陽光に曝されて高温になる恐れがある。そこで、本実施の形態では、高沸点溶剤を利用することで、溶剤の揮発を抑制し、信頼性を



高めることができる。高沸点溶剤の沸点は、例えば、85℃以上、好ましくは、100℃以上である。また、寒冷地での使用を想定した場合には、高沸点溶剤の融点は、-20℃以下であることが好ましい。

[0039] 例えば、高沸点溶剤としては、ジメチルスルホキシド (DMSO)、N-メチル-2-ピロリドン (NMP)、N,N-ジメチルホルムアミド (DMF)、炭酸プロピレン (PC)、炭酸エチレン (EC)、アセトニトリル、γ-ブチロラクトン (GBL)、水、グリセリンなど、又は、これらの混合材料を利用することができる。

[0040] なお、高分子材料と高沸点溶剤とを混合する際、混合物の粘度（具体的には、第1の相31の粘度）は、極端に低い値又は高い値にならないようにする。例えば、第1の相31の粘度が低すぎる場合、第2の相32が固定されずに自由運動してしまう。その場合、第2の相32の液晶性が失われ、屈折率の可変性が損なわれてしまう。一方で、第1の相31の粘度が高すぎる場合、光反射に関わる金属イオンの伝導度が低下するので、光反射の応答特性が悪化する。

[0041] したがって、第1の相31の粘度（具体的には、高分子材料と高沸点溶剤との混合物の粘度）は、所定の範囲内である。例えば、第1の相31の粘度は、5000cps以上1000000cps以下、好ましくは、10000cps以上500000cps以下である。これにより、第2の相32を固定することができ、かつ、電解質の金属イオンを伝導させることができる。なお、高分子材料がポリマーネットワークを形成する場合、形成されるポリマーネットワークは、第2の相32が伝導できない程度に細かいサイズ（例えば、数μm）であってもよい。

[0042] 電解質は、電離して所定の金属イオンを発生する化合物である。例えば、電解質としては、銀イオンを発生する硝酸銀、酢酸銀若しくは硫酸銀など、又は、銅イオンを発生する塩化銅などを利用することができる。

[0043] 電解質の濃度は、例えば、10mM以上5000mM以下である。これにより、電解質の溶解時（透過時）の透過率と、金属の析出時（反射時）の反

射率とを両立させることができる。なお、電解質の濃度は、特に限定されない。

[0044] また、第1の相31は、さらに、支持電解質を含んでもよい。これにより、反応速度を制御することができる。支持電解質は、例えば、テトラブチルアンモニウムパーコレート、テトラブチルアンモニウムブロマイド、リチウムブロマイドなどである。

[0045] 第1の相31の厚さ（すなわち、光学調整層30の厚さ）は、例えば、5  $\mu\text{m}$ 以上1 mm以下、好ましくは、10  $\mu\text{m}$ 以上500  $\mu\text{m}$ 以下である。これにより、透過率の低下の抑制、及び、材料コストの削減を実現することができる。また、十分な反射率を実現することができる。

[0046] 第2の相32は、第1の相31中に分散されている。つまり、第2の相32は、分散相に相当し、第1の相31は、分散媒に相当する。第2の相32は、可視光帯域の屈折率を変更可能な屈折率可変材料を含んでいる。

[0047] 具体的には、屈折率可変材料は、液晶である。液晶としては、例えば、ネマティック液晶、コレステリック液晶、強誘電性液晶を用いることができるが、特に限定されない。液晶では、電界の変化によって分子配向が変わることで、屈折率を変更される。

[0048] 本実施の形態では、第2の相32に含まれる液晶が、第1の相31に含まれる高分子材料中に分散されている。すなわち、光学調整層30は、高分子分散型液晶（PDLC：Polymer Dispersed Liquid Crystal）に相当する。なお、光学調整層30は、ポリマーネットワーク型液晶（PNLC：Polymer Network Liquid Crystal）でもよい。

[0049] このとき、第2の相32の比誘電率は、第1の相31の比誘電率と異なってもよい。これにより、第2の相32が第1の相31に溶解し混合するのを抑制することができる。例えば、第1の相31の比誘電率は、30以上、好ましくは、40以上である場合に、第2の相32の比誘電率は、20以下、好ましくは、15以下であればよい。これにより、第1の相31と第2

の相 3 2 とを相分離することができる。

[0050] また、相分離の効果をより高めるために、第 2 の相 3 2 は、膜状物質又はミセルで覆われてもよい。あるいは、第 1 の相 3 1 にシランカップリング剤を混合することで、第 2 の相 3 2 は、シランカップリング剤を介して第 1 の電極 2 0 又は第 2 の電極 2 1 と化学結合させてもよい。具体的には、液晶分子と化学結合したシランカップリング剤の Si-O 結合を、電極材料である ITO などに化学結合させる。これにより、第 2 の相 3 2 の液晶分子が第 1 の相 3 1 中へ分散することを抑制することができる。

[0051] また、第 2 の相 3 2 の比重は、第 1 の相 3 1 の比重と略同じでもよい。これにより、第 1 の相 3 1 及び第 2 の相 3 2 のいずれかが沈降するのを抑制することができる。また、第 2 の相 3 2 の屈折率の可変域に、第 1 の相 3 1 の屈折率が含まれていてもよい。これにより、第 1 の相 3 1 の屈折率と第 2 の相 3 2 の屈折率とを同じにすることができ、外観上、光学調整層 3 0 を透明にすることができる。

[0052] また、第 1 の相 3 1 と第 2 の相 3 2 との体積分率は、特に限定されない。例えば、反射率を優先させる場合には、第 1 の相 3 1 の体積分率を増加させる。光の散乱性（配向性）を優先させる場合には、第 2 の相 3 2 の体積分率を増加させる。なお、第 1 の相 3 1 及び第 2 の相 3 2 の一方の体積分率が 10%より低くなると、反射性及び散乱性を十分に得られなくなる恐れがある。このため、実質的には、第 1 の相 3 1 及び第 2 の相 3 2 の各々の体積分率は、10%以上90%以下である。

[0053] [シール材]

シール材 4 0 は、光学調整層 3 0 を第 1 の電極 2 0 と第 2 の電極 2 1 との間に保持するために、第 1 の基板 1 0 と第 2 の基板 1 1 とを接着する部材である。シール材 4 0 は、光学調整層 3 0 の周に沿って、所定形状に形成される。

[0054] シール材 4 0 としては、例えば、エポキシ系樹脂、アクリル系樹脂、又は、シリコン樹脂などの光硬化性、熱硬化性又は二液硬化性の接着性樹脂を

用いることができる。あるいは、シール材40としては、ポリエチレン、ポリプロピレンなどの酸変性物からなる熱可塑性の接着性樹脂などを用いてもよい。

[0055] なお、シール材40は、光学調整層30の厚さ（第1の電極20と第2の電極21との距離）を確保するための粒状のスペーサを含んでもよい。粒状のスペーサとしては、例えば、ガラスビーズ、樹脂ビーズ、シリカ粒子などを用いることができる。

[0056] [動作]

続いて、本実施の形態に係る光学デバイス1の動作について、図2A～図4Bを用いて説明する。具体的には、光学デバイス1が取りうる3つの光学状態の各々について説明する。

[0057] <光反射状態>

光反射状態（光反射モード）は、光学デバイス1の光学状態の1つであり、光学デバイス1に入射する可視光を反射させる状態（モード）である。具体的には、光学調整層30が光反射性を有する。なお、このとき、光学調整層30は、光透過性及び光散乱性を有してもよい。すなわち、光反射状態とは、可視光の透過及び散乱に比べて、反射が支配的な状態を意味する。

[0058] 図2Aは、本実施の形態に係る光学デバイス1に直流電圧を印加したときの光学的な状態を示す図である。図2Bは、本実施の形態に係る光学デバイス1が光反射状態である様子を模式的に示す図である。

[0059] なお、図2A、図3A及び図4Aに示すように、第1の電極20と第2の電極21との間に直流電源51及び交流電源52が接続されている。例えば、直流電源51及び交流電源52にはそれぞれ、スイッチ（図示しない）が接続されている。当該スイッチのオン及びオフを切り替えることで、第1の電極20と第2の電極21との間に直流電圧又は交流電圧を印加することができる。

[0060] なお、光学デバイス1は、直流電源51、交流電源52及びスイッチを含む電源回路を備えていてもよい。当該電源回路は、光学デバイス1に着脱可

能でもよい。

- [0061] 図2Aに示すように、直流電源51によって、第1の電極20と第2の電極21との間に直流電圧を印加する。これにより、光学デバイス1は、可視光60を反射させて、光反射状態を実現する。直流電圧は、例えば、2V～3Vである。なお、同図では一例として、第1の電極20が負極で、第2の電極21が正極であるが、これに限らない。第1の電極20が正極で、第2の電極21が負極でもよい。
- [0062] 具体的には、直流電圧が印加された場合に、第1の相31では、電解質に含まれる金属の少なくとも一部が第1の電極20に析出することで、金属膜33を形成する。より具体的には、金属イオンは陽イオンであるので、負極である第1の電極20に引っ張られて第1の相31中を移動する。そして、金属イオンは、第1の電極20で電子を受け取って金属原子となり、第1の電極20に付着することで、金属膜33が形成される。金属膜33は、光反射性を有するので、可視光60を反射することができる。
- [0063] これにより、図2Aに示すように、第1の電極20側から光学デバイス1に入射する可視光60は、金属膜33によって反射される。
- [0064] なお、第2の電極21側から光学デバイス1に入射する可視光は、金属膜33に反射される前に、第1の相31及び第2の相32を通過する。このため、当該可視光は、第1の相31と第2の相32との屈折率の差による透過性又は散乱性の違いの影響を受ける。
- [0065] 例えば、第2の相32では、第1の電極20と第2の電極21との間に印加される電圧の大きさに応じて屈折率が変化する。第2の相32の屈折率が第1の相31の屈折率と略等しくなる場合、可視光は、第1の相31と第2の相32との界面で屈折することなく、直進する。したがって、この場合は、第2の電極21側から入射する可視光は、そのまま第1の相31及び第2の相32を透過し、金属膜33によって反射されて、再び第1の相31及び第2の相32を透過して出射する。
- [0066] また、第2の相32の屈折率が第1の相31の屈折率と異なる場合、可視

光は、第1の相31と第2の相32との界面で屈折する。第2の相32は、第1の相31中に分散されているので、第2の電極21側から入射する可視光は、様々な方向に屈折し、結果として、散乱反射される。

[0067] なお、金属膜33は、例えば、可視光を鏡面反射するが、散乱反射してもよい。例えば、金属膜33の形状によって、鏡面反射及び散乱反射のいずれかが実現される。例えば、第1の電極20の表面が平坦である場合、金属膜33も平坦な膜として形成されるので、金属膜33は、可視光を鏡面反射することができる。一方で、第1の電極20の表面が凹凸を有する場合、金属膜33も凹凸を有する膜として形成されるので、金属膜33は、可視光を散乱反射することができる。

[0068] 以上のように、光学デバイス1が光反射状態であれば、例えば、図2Bに示すように、人物90は、光学デバイス1に写った自身の鏡像91を見ることができる。このとき、光学デバイス1を挟んで人物90とは異なる側に位置する物体を見ることはできない。例えば、光学デバイス1が窓として利用される場合には、部屋の中に居る人物90は、自分の姿を見ることができるものの、窓の外の景色を見ることができない。

[0069] <光透過（透明）状態>

光透過状態（光透過モード）は、光学デバイス1の光学状態の1つであり、光学デバイス1に入射する可視光を透過させる状態（モード）である。具体的には、光学調整層30が光透過性を有する。なお、このとき、光学調整層30は、光反射性及び光散乱性を有してもよい。すなわち、光透過状態とは、可視光の反射及び散乱に比べて、透過が支配的な状態（具体的には、透明状態）を意味する。

[0070] 図3Aは、本実施の形態に係る光学デバイス1に交流電力を印加したときの光学的な状態を示す図である。図3Bは、本実施の形態に係る光学デバイス1が光透過状態である様子を模式的に示す図である。

[0071] 図3Aに示すように、交流電源52によって、第1の電極20と第2の電極21との間に交流電圧を印加する。これにより、光学デバイス1は、可視

光60を透過させて、光透過（透明）状態を実現する。交流電圧は、例えば、100Vである。

[0072] 具体的には、第1の相31中では、電解質に含有される金属は、第1の電極20及び第2の電極21のいずれにも析出せずに金属膜33を形成することなく、第1の相31中で金属イオンとして存在する。

[0073] また、第2の相32では、交流電圧の印加により液晶分子が平均して所定の方向に並ぶ。これにより、第2の相32の屈折率は、第1の相31の屈折率と略等しくなる。第2の相32と第1の相31との間の屈折率の差が略0になるので、第2の相32と第1の相31との界面では可視光は屈折しないで、直進する。したがって、この場合は、光学調整層30に入射する可視光60は、そのまま透過する。

[0074] 以上のように、第1の電極20と第2の電極21との間に交流電圧が印加された場合、電解質に含まれる金属が金属膜33を形成せず、かつ、第2の相32の屈折率が第1の相31の屈折率に略等しくなる。これにより、可視光60は、光学デバイス1を透過し、光学デバイス1は、透明状態になる。なお、このときの光学調整層30、第1の電極20、第2の電極21、第1の基板10及び第2の基板11の各々の屈折率が略同じであれば、より透明性を高めることができる。

[0075] 光学デバイス1が透明状態であれば、例えば、図3Bに示すように、人物90は、光学デバイス1を介して物体92を見ることができる。なお、人物90と物体92とは、光学デバイス1を挟むように位置している。例えば、光学デバイス1が窓として利用される場合には、部屋の中に居る人物90が外の景色（物体92）を見ることができる。

[0076] <光散乱状態>

光散乱状態（光散乱モード）は、光学デバイス1の光学状態の1つであり、光学デバイス1に入射する可視光を散乱させる状態（モード）である。具体的には、光学調整層30が光散乱性を有する。なお、このとき、光学調整層30は、光反射性及び光透過性を有してもよい。すなわち、光散乱状態と

は、可視光の反射及び透過に比べて、散乱が支配的な状態を意味する。

[0077] 図4 Aは、本実施の形態に係る光学デバイス1に電圧を印加しないときの光学的な状態を示す図である。図4 Bは、本実施の形態に係る光学デバイス1が光散乱状態である様子を模式的に示す図である。

[0078] 図4 Aに示すように、第1の電極20と第2の電極21との間には、電圧は印加されていない。これにより、光学デバイス1は、可視光60を散乱させて、光散乱状態を実現する。

[0079] 具体的には、第1の相31中では、電解質に含有される金属は、第1の電極20及び第2の電極21のいずれにも析出せずに金属膜33を形成することなく、第1の相31中で金属イオンとして存在する。

[0080] また、第2の相32では、電圧が印加されていないので、液晶分子がランダムに配列されている。これにより、第2の相32の屈折率は、第1の相31の屈折率とは異なる。したがって、光学調整層30に入射する可視光60は、第1の相31と第2の相32との界面で屈折する。第2の相32は、第1の相31中に分散されているので、光学調整層30に入射する可視光60は、様々な方向に屈折し、結果として、散乱される。

[0081] 以上のように、第1の電極20と第2の電極21との間に電圧が印加されていない場合、電解質に含まれる金属が金属膜33を形成せず、かつ、第2の相32の屈折率が第1の相31の屈折率と異なる。これにより、可視光60は、光学デバイス1を透過する際に散乱されて、光学デバイス1は、光散乱状態になる。

[0082] 光学デバイス1が光散乱状態であれば、例えば、図4 Bに示すように、人物90は、光学デバイス1を介して物体92を鮮明に見ることができなくなる。例えば、光学デバイス1が窓として利用される場合には、光学デバイス1は、いわゆる曇りガラスのように部屋の中に居る人物90が外の景色(物体92)を見ることができなくなる。

[0083] <光学状態(モード)の切り替え>

続いて、上述した光学状態(モード)の切り替えについて、図5を用いて



説明する。図5は、本実施の形態に係る光学デバイス1の光学状態の状態遷移図である。

[0084] 図5に示すように、光学デバイス1が光反射状態を実現している場合に、第1の電極20及び第2の電極21間に金属膜33を溶解した後、交流電圧を印加することで、光透過状態に変更することができる。なお、金属膜33の溶解は、例えば、直流電圧の印加を停止する、あるいは、直流逆バイアス電圧を印加することで行うことができる。逆に、光学デバイス1が光透過状態を実現している場合に、第1の電極20及び第2の電極21間に直流電圧を印加することで、光反射状態に戻すことができる。

[0085] また、光学デバイス1が光透過状態を実現している場合に、第1の電極20及び第2の電極21間に交流電圧を印加しないことで、光散乱状態に変更することができる。逆に、光学デバイス1が光散乱状態を実現している場合に、第1の電極20及び第2の電極21間に交流電圧を印加することで、光透過状態に戻すことができる。

[0086] また、光学デバイス1が光散乱状態を実現している場合に、第1の電極20及び第2の電極21間に直流電圧を印加することで、光反射状態に変更することができる。逆に、光学デバイス1が光反射状態を実現している場合に、金属膜33を第1の相31中に溶解させた後、第1の電極20及び第2の電極21間に直流電圧及び交流電圧のいずれも印加しないことで、光散乱状態に戻すことができる。なお、金属膜33の溶解は、例えば、直流電圧の印加を停止する、あるいは、直流逆バイアス電圧を印加することで行うことができる。

[0087] [実施例]

続いて、本実施の形態に係る光学デバイス1の実施例について説明する。発明者らは、実施例に係るサンプルを作製し、作製したサンプルが上述した3つの光学状態を実現できることを確認した。

[0088] まず、高沸点溶剤に電解質を加えて攪拌することで、電解質を高沸点溶剤に溶解させた。高沸点溶剤としては、DMSO（特級、和光純薬工業株式会

社)を10mL用いた。また、電解質としては、硝酸銀(特級、和光純薬工業株式会社)を85mg、テトラブチルアンモニウムブロマイドを400mg、塩化銅(II)(特級、和光純薬工業株式会社)を12mg用いた。

[0089] 次に、電解質を溶解させた高沸点溶剤に、屈折率可変材料を加えた後、高分子材料と架橋剤とを加えて攪拌した。屈折率可変材料としては、メルク株式会社製のmlc-2169を2mL用いた。高分子材料としては、P4VP(特級、和光純薬工業株式会社)を1.5g用いた。架橋剤としては、C12TFA(特級、和光純薬工業株式会社)を0.5g用いた。攪拌は、80°Cで30分間行った。

[0090] 以上により、光学調整層30の原料となる溶液を作製した。

[0091] また、一方で、第1の基板10及び第2の基板11として2枚のガラス基板(3cm×3cm)を準備した。そして、2枚のガラス基板の各々の主面に、マグネトロンスパッタリングによって90nmのITOを第1の電極20及び第2の電極21として形成した。

[0092] 次に、ITOが形成された面を対面させて、第1の基板10と第2の基板11との間に、スペーサを用いて500µmのギャップを形成した。具体的には、ミクロパール(積水化学工業株式会社)を含有する紫外線硬化型のエポキシ樹脂(シール材40)を、第1の基板10と第2の基板11との周に沿って塗布し、第1の基板10と第2の基板11とを貼り合わせた。

[0093] その後、第1の基板10と第2の基板11との間のギャップに、光学調整層30の原料となる溶液を注入した。例えば、周に沿って塗布したエポキシ樹脂の一部に注入口を設けておき、当該注入口から溶液を注入することで行う。例えば、当該注入口を溶液に浸し、浸透圧を利用して溶液を内部に吸い上げることでギャップに溶液を充填させることができる。あるいは、2枚のガラス基板を貼り合わせる前に、エポキシ樹脂によって囲まれた領域に溶液を滴下してもよい。

[0094] これにより、第1の基板10と第2の基板11との間に光学調整層30を形成することができる。光学調整層30を形成した後、エポキシ樹脂に紫外

線を照射して硬化させることで、光学調整層 30 を封止した。

[0095] 以上のようにして、光学デバイス 1 のサンプルを作製した。作製したサンプルは、上述したように電圧を印加することで、光反射状態、光透過状態及び光散乱状態の 3 つの光学状態を実現することが確認することができた。

[0096] [複層ガラス]

上述した光学デバイス 1 は、例えば、建造物又は車両の窓に利用することができる。具体的には、一对のガラス板を備える複層ガラスの内部に光学デバイス 1 を配置することで、当該複層ガラスを窓として利用することができる。

[0097] 図 6 は、本実施の形態に係る光学デバイス 1 を備える複層ガラス 100 を示す断面図である。

[0098] 本実施の形態に係る複層ガラス 100 は、図 6 に示すように、光学デバイス 1 と、一对のガラス板 110 及びガラス板 111 と、離間材 120 と、電極配線 130 及び電極配線 131 とを備える。また、一对のガラス板 110 及びガラス板 111 と離間材 120 とによって、内部空間 112 が形成されている。また、内部空間 112 には、例えば、乾燥空気又は不活性ガスが充填されている。

[0099] なお、不活性ガスは、他の物質に対する化学反応などの反応性の低いガスである。例えば、不活性ガスは、アルゴン (Ar)、ヘリウム (He)、ネオン (Ne) 若しくはクリプトン (Kr) などの希ガス、又は、窒素 (N<sub>2</sub>) などである。なお、内部空間 112 は、大気圧より減圧されていてもよく、又は、大気圧に保たれていてもよい。

[0100] 光学デバイス 1 は、内部空間 112 に配置されている。なお、内部空間 112 には、さらに、例えば、有機 EL (Electro Luminescence) 素子などの発光デバイスなどが配置されてもよい。これにより、複層ガラス 100 を、例えば照明、鏡、情報表示などの用途に利用可能なスマートウィンドウとして利用することができる。

[0101] 以下では、複層ガラス 100 が備える構成要素の各々について、詳細に説

明する。

- [0102] ガラス板 110 及びガラス板 111 は、透光性を有し、可視光の少なくとも一部を透過させる。ガラス板 110 及びガラス板 111 は、例えば、ソーダガラス、無アルカリガラスなどから形成される透明な平板である。ガラス板 110 及びガラス板 111 は、図 6 に示すように、互いに対面して配置されている。具体的には、ガラス板 110 及びガラス板 111 は、互いの距離（内部空間 112 の厚さ）が略一定になるように、すなわち、平行に配置されている。ガラス板 110 とガラス板 111 との間の距離は、例えば 12 mm である。
- [0103] また、ガラス板 110 及びガラス板 111 は、略同じ形状及び略同じ大きさを有し、平面視において互いに重なるように配置されている。なお、平面視とは、ガラス板 110 及びガラス板 111 の主面（面積が最大の面）を正面から見た場合を意味する。
- [0104] 離間材 120 は、一对のガラス板 110 及びガラス板 111 の周に沿って配置され、ガラス板 110 とガラス板 111 とを離間させる。具体的には、離間材 120 は、ガラス板 110 とガラス板 111 との間に配置されている。例えば、離間材 120 は、ガラス板 110 の周に沿った略矩形の枠体である。
- [0105] 離間材 120 は、例えば、スペーサと、接着剤とを備える。
- [0106] スペーサは、ガラス板 110 とガラス板 111 との間を一定距離に保つ部材である。スペーサは、例えば、アルミニウム製の中空部材と、当該中空部材の内部に充填された粒状物質とを備える。中空部材は、例えば、略角筒状の枠体である。粒状物質としては、例えば、シリカゲル、ゼオライトなどの乾燥剤を用いることができる。これにより、内部空間 112 に水分が浸入するのを抑制することができる。
- [0107] 接着剤は、ガラス板 110 及びガラス板 111 の各々にスペーサを接着する。接着剤は、間に隙間が形成されないようにスペーサとガラス板 110 及びガラス板 111 とを接着する。例えば、接着剤は、スペーサを挟むように

ガラス板 110 及びガラス板 111 を配置した後、スペーサとガラス板 110 及びガラス板 111 の各々との間に接着材料を注入し、硬化することで形成される。

[0108] 接着剤としては、例えば、エポキシ系樹脂、アクリル系樹脂、又は、シリコン樹脂などの光硬化性、熱硬化性又は二液硬化性の接着性樹脂を用いることができる。あるいは、接着剤としては、ポリエチレン、ポリプロピレンなどの酸変性物からなる熱可塑性の接着性樹脂などを用いてもよい。

[0109] なお、離間材 120 は、粒状のスペーサを含有する接着剤でもよい。

[0110] 電極配線 130 及び電極配線 131 は、光学デバイス 1 に電力を供給するための配線である。具体的には、電極配線 130 は、第 1 の電極 20 に電力を供給するための配線である。電極配線 131 は、第 2 の電極 21 に電力を供給するための配線である。例えば、電極配線 130 及び電極配線 131 は、直流電源 51 及び交流電源 52 に接続されて、直流電源 51 からの直流電圧及び交流電源 52 からの交流電圧を第 1 の電極 20 及び第 2 の電極 21 間に供給する。

[0111] 電極配線 130 及び電極配線 131 は、例えば、図 6 に示すように、離間材 120 を貫通するように設けられている。なお、同図では、電極配線 130 及び電極配線 131 は、離間材 120 の中央部分を貫通しているが、これに限らない。例えば、電極配線 130 及び電極配線 131 は、例えば、ガラス板 110 に沿って設けられ、離間材 120 とガラス板 110 との間を貫通してもよい。電極配線 130 及び電極配線 131 は、例えば、銀などの金属パターン、又は、リード線などである。

[0112] 以上のように、本実施の形態に係る光学デバイス 1 を窓に利用することで、様々な利点が得られる。

[0113] 例えば、光学デバイス 1 が光透過（透明）状態である場合、屋内の人物（住人など）は、屋外の様子、天気などの確認、及び、景観の鑑賞を行うことができる。このように、光学デバイス 1 は、いわゆる「窓」としての機能を実現することができる。

[0114] また、光学デバイス 1 が光散乱状態である場合、散乱の程度を調整することで調光を行うことができる。また、屋外から屋内を視認することができなくなるので、プライバシーを保護することができる。

[0115] また、光学デバイス 1 が光反射状態である場合、遮光性及び遮熱性を高めることができる。また、光学デバイス 1 を鏡として利用することができる。

[0116] [効果など]

以上のように、本実施の形態に係る光学デバイス 1 は、光反射状態、光透過状態及び光散乱状態を切り替えることができる。

[0117] ところで、光反射状態と光透過状態との 2 つの状態を切り替えることができるデバイスは、例えば、特許文献 1 に記載された調光素子などがある。一方で、光透過状態と光散乱状態との 2 つの状態を切り替えることができるデバイスも、従来から知られている。例えば、高分子分散型液晶デバイスは、液晶の屈折率を変化させることで、光透過状態と光散乱状態とを切り替えることができる。

[0118] したがって、これらの 2 つのデバイスを組み合わせることで、光反射状態、光透過状態及び光散乱状態を切り替えることがデバイスを製造することが考えられる。しかしながら、単純に複数のデバイスを組み合わせただけの場合には、以下の課題が存在する。

[0119] 例えば、複数のデバイスの各々において光の透過率のロスが発生するので、全体としての光の透過率が低下する。したがって、窓の透明性が低下する。

[0120] また、複数のデバイスを別々に作製するために、製造コストが高くなる。例えば、基板、電極などがデバイス毎に必要となり、部品点数が多くなる。さらに、複数のデバイスを組み合わせるために、重量が増加する。

[0121] これに対して、本実施の形態に係る光学デバイス 1 は、互いに対面して配置された透光性を有する第 1 の電極 20 及び第 2 の電極 21 と、第 1 の電極 20 と第 2 の電極 21 との間に設けられた光学調整層 30 とを備え、光学調整層 30 は、可視光反射特性を有する金属を含有する電解質を含む第 1 の相

31と、可視光帯域の屈折率を変更可能な屈折率可変材料を含む、第1の相31中に分散された第2の相32とを有する。

[0122] これにより、光学調整層30が光反射状態、光透過状態及び光散乱状態の各々を実現することができる。例えば、光学調整層30は、(i)電解質に含まれる金属が第1の電極20及び第2の電極21の一方に析出して金属膜33を形成した場合に、光反射状態になり、(ii)電解質に含まれる金属が金属膜33を形成しない場合で、かつ、第1の相31の屈折率と第2の相32の屈折率が略同じとき、光透過状態になり、(iii)電解質に含まれる金属が金属膜33を形成しない場合で、かつ、第1の相31の屈折率と第2の相32の屈折率が異なるとき、光散乱状態になる。

[0123] このように、1つのデバイスによって3つの光学状態を実現することができるので、透過率の低下を抑制し、かつ、製造コスト及び重量の増加を抑制することができる。つまり、一对の電極（第1の電極20及び第2の電極21）と光学調整層30とを備えればよいので、複数のデバイスを組み合わせる場合に比べて、電極などの部品点数を削減することができる。

[0124] ここで、1つのデバイスで3つの光学状態を実現しようとした際に、単純な構成としては、屈折率を変更可能な液晶材料に、可視光反射特性を有する金属を含有する電解質を溶解させることが考えられる。しかしながら、液晶材料に電解質を溶解することは、誘電率の差から困難である。また、仮に溶解することができたとしても、電氣的に分極した液晶と、電離した金属イオン（例えば、銀イオン）とが電氣的に相互作用を引き起こし、金属イオンが電極上に析出することが妨げられる。したがって、光反射状態を実現することができなくなる。

[0125] これに対して、本実施の形態に係る光学デバイス1では、例えば、第1の相31は、さらに、高分子材料及び高沸点溶剤を含む。例えば、屈折率可変材料は、液晶である。

[0126] これにより、高分子材料及び高沸点溶剤に電解質を溶解させることができ、かつ、液晶材料を分散させることができる。したがって、3つの光学状態

を実現することができる。また、高沸点溶剤を用いるので、使用中の温度上昇に起因する溶剤の揮発によって、光学デバイス 1 の信頼性が低下するのを抑制することができる。

[0127] また、例えば、光学調整層 30 は、ゲルである。

[0128] これにより、第 1 の基板 10、第 2 の基板 11 又はシール材 40 などの破損時に光学調整層 30 の流出を抑制することができる。

[0129] また、例えば、電解質に含まれる金属は、第 1 の電極 20 及び第 2 の電極 21 間に直流電圧が印加された場合に、第 1 の電極 20 及び第 2 の電極 21 の一方に析出する。

[0130] これにより、直流電圧の印加及び無印加を切り替えることにより、光反射状態と、光透過状態又は光散乱状態とを切り替えることができる。

[0131] また、例えば、屈折率可変材料の屈折率は、(i) 第 1 の電極 20 及び第 2 の電極 21 間に交流電圧が印加された場合、第 1 の相 31 の屈折率と略等しくなり、(ii) 第 1 の電極 20 及び第 2 の電極 21 間に電圧が印加されていない場合、第 1 の相 31 の屈折率とは異なる。

[0132] これにより、交流電圧の印加及び無印加を切り替えることにより、光透過状態と光散乱状態とを切り替えることができる。

[0133] (変形例)

上記の実施の形態では、第 1 の相 31 が高沸点溶剤を含む例について説明したが、これに限らない。第 1 の相 31 は、高沸点溶剤の代わりにイオン液体を含んでもよい。

[0134] イオン液体としては、例えば、アンモニウム塩、イミダゾリウム塩、ピロリジニウム塩などを利用することができる。また、高沸点溶剤の場合と同様に、イオン液体の沸点は、85℃以上、好ましくは、100℃以上である。また、イオン液体の融点は、例えば、-20℃以下である。また、イオン液体の比誘電率は、30以上、好ましくは、40以上である。また、イオン液体は、電圧の印加中に酸化又は還元されにくい、すなわち、電位窓が広い材料を利用してもよい。このときの電位窓は、例えば、±1V以上、好ましく



は、±2 V以上である。

[0135] 具体的には、イオン液体としては、1-ブチル-3-メチルイミダゾリウムヘキサフルオロホスファート (BMIMPF6)、1-ブチル-3-メチルイミダゾリウムビス (トリフルオロメチルスルホニル) アミド (BMIMTFSI)、1-エチル-3-メチルイミダゾリウムビス (トリフルオロメチルスルホニル) イミド (EMIBTI)、1-ブチル-1-メチルピロリジニウムビス (トリフルオロメチルスルホニル) イミド (BMP-BTI)、1-ヘキシル-3-メチルイミダゾリウムヘキサフルオロホスファート (HMIMHFP)、1-メチル-3-オクチルイミダゾリウムテトラフルオロボレート (MOMTFB) などを利用することができる。あるいは、これらのイオン液体を複数混合してもよく、また、高沸点溶剤をさらに加えてもよい。

[0136] [実施例]

続いて、本変形例に係る光学デバイス1の実施例について説明する。発明者らは、本変形例の実施例に係るサンプルを作製し、作製したサンプルが上述した3つの光学状態を実現できることを確認した。

[0137] まず、イオン液体に電解質を加えて攪拌することで、電解質をイオン液体に溶解させた。イオン液体としては、BMIMTFSI (SIGMA-ALDRICH社) を10 mL用いた。また、電解質としては、硝酸銀 (特級、和光純薬工業株式会社) を85 mg用いた。

[0138] 次に、電解質を溶解させたイオン液体に、屈折率可変材料を加えた後、高分子材料と架橋剤とを加えて攪拌した。屈折率可変材料としては、メルク株式会社製のmlc-2169を2 mL用いた。高分子材料としては、PDMAEMA (特級、和光純薬工業株式会社) を0.4 g用いた。架橋剤としては、C12TFSA (特級、和光純薬工業株式会社) を0.5 g用いた。攪拌は、80°Cで30分間行った。

[0139] 以上により、本変形例に係る光学調整層30の原料となる溶液を作製した。なお、当該溶液を第1の基板10及び第2の基板11の間に注入する工程

などの他の工程は、上記実施の形態の実施例と同様である。

[0140] 以上のように、本変形例に係る光学デバイス1では、例えば、第1の相31は、さらに、高分子材料及びイオン液体を含む。

[0141] これにより、高分子材料及びイオン液体に電解質を溶解させることができ、かつ、液晶材料を分散させることができる。したがって、3つの光学状態を実現することができる。また、イオン液体は、蒸気圧がほとんどなく、広い温度範囲であるという特徴を有する。このため、使用中の温度上昇に起因するイオン液体の揮発によって、光学デバイス1の信頼性が低下するのを抑制することができる。

[0142] (その他)

以上、本発明に係る光学デバイスについて、上記実施の形態及びその変形例に基づいて説明したが、本発明は、上記の実施の形態に限定されるものではない。

[0143] 例えば、上記の実施の形態では、直流電圧を印加した場合に光反射状態になり、交流電圧を印加した場合に光透過状態になり、電圧が無印加の場合に光散乱状態になる例について示したが、これに限らない。例えば、光学デバイス1では、交流電圧の印加、直流電圧の印加、及び、電圧の無印加のいずれかが、光反射状態、光透過状態及び光散乱状態のいずれかに一対一に対応していてもよい。

[0144] 例えば、交流電圧を印加した場合に第1の相31の屈折率と第2の相32の屈折率とが異なり、電圧を印加しない場合に、第1の相31の屈折率と第2の相32の屈折率とが略等しくなってもよい。これにより、例えば、交流電圧を印加した場合に、光学デバイス1は光散乱状態を実現し、電圧を印加しない場合に、光学デバイス1は光透過状態を実現してもよい。例えば、第2の相32に含まれる液晶の材料に応じて、印加する電圧と光学デバイス1の光学状態とは適宜調整することができる。

[0145] また、例えば、上記の実施の形態では、第2の相32が第1の相31に分散されている例について示したが、これに限らない。例えば、第2の相32

は、第1の相31に積層されていてもよい。この場合、第2の相32に含まれる屈折率可変材料の屈折率を変更することで、入射する可視光を所定の方  
向に屈折させることができる。

[0146] また、例えば、上記の実施の形態では、屈折率可変材料として液晶を利用したが、これに限らない。屈折率可変材料としては、電圧の印加に応じて可視光に対する屈折率を変化できる材料であればいかなる材料を用いてもよい。

[0147] その他、各実施の形態に対して当業者が思いつく各種変形を施して得られる形態や、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で各実施の形態における構成要素及び機能を任意に組み合わせることで実現される形態も本発明に含まれる。

### 符号の説明

- [0148] 1 光学デバイス  
20 第1の電極  
21 第2の電極  
30 光学調整層  
31 第1の相  
32 第2の相  
33 金属膜

## 請求の範囲

- [請求項1] 互いに対面して配置された透光性を有する第1の電極及び第2の電極と、  
前記第1の電極と前記第2の電極との間に設けられた光学調整層とを備え、  
前記光学調整層は、  
可視光反射特性を有する金属を含有する電解質を含む第1の相と、  
可視光帯域の屈折率を変更可能な屈折率可変材料を含む、前記第1の相中に分散された第2の相とを有する  
光学デバイス。
- [請求項2] 前記第1の相は、さらに、高分子材料及び高沸点溶剤を含む  
請求項1に記載の光学デバイス。
- [請求項3] 前記第1の相は、さらに、高分子材料及びイオン液体を含む  
請求項1に記載の光学デバイス。
- [請求項4] 前記光学調整層は、ゲルである  
請求項1～3のいずれか1項に記載の光学デバイス。
- [請求項5] 前記屈折率可変材料は、液晶である  
請求項1～4のいずれか1項に記載の光学デバイス。
- [請求項6] 前記光学調整層は、  
(i) 前記電解質に含まれる金属が前記第1の電極及び前記第2の電極の一方に析出して金属膜を形成した場合に、光反射状態になり、  
(ii) 前記電解質に含まれる金属が前記金属膜を形成しない場合で、かつ、前記第1の相の屈折率と前記第2の相の屈折率とが略同じとき、光透過状態になり、  
(iii) 前記電解質に含まれる金属が前記金属膜を形成しない場合で、かつ、前記第1の相の屈折率と前記第2の相の屈折率とが異なるとき、光散乱状態になる  
請求項1～5のいずれか1項に記載の光学デバイス。

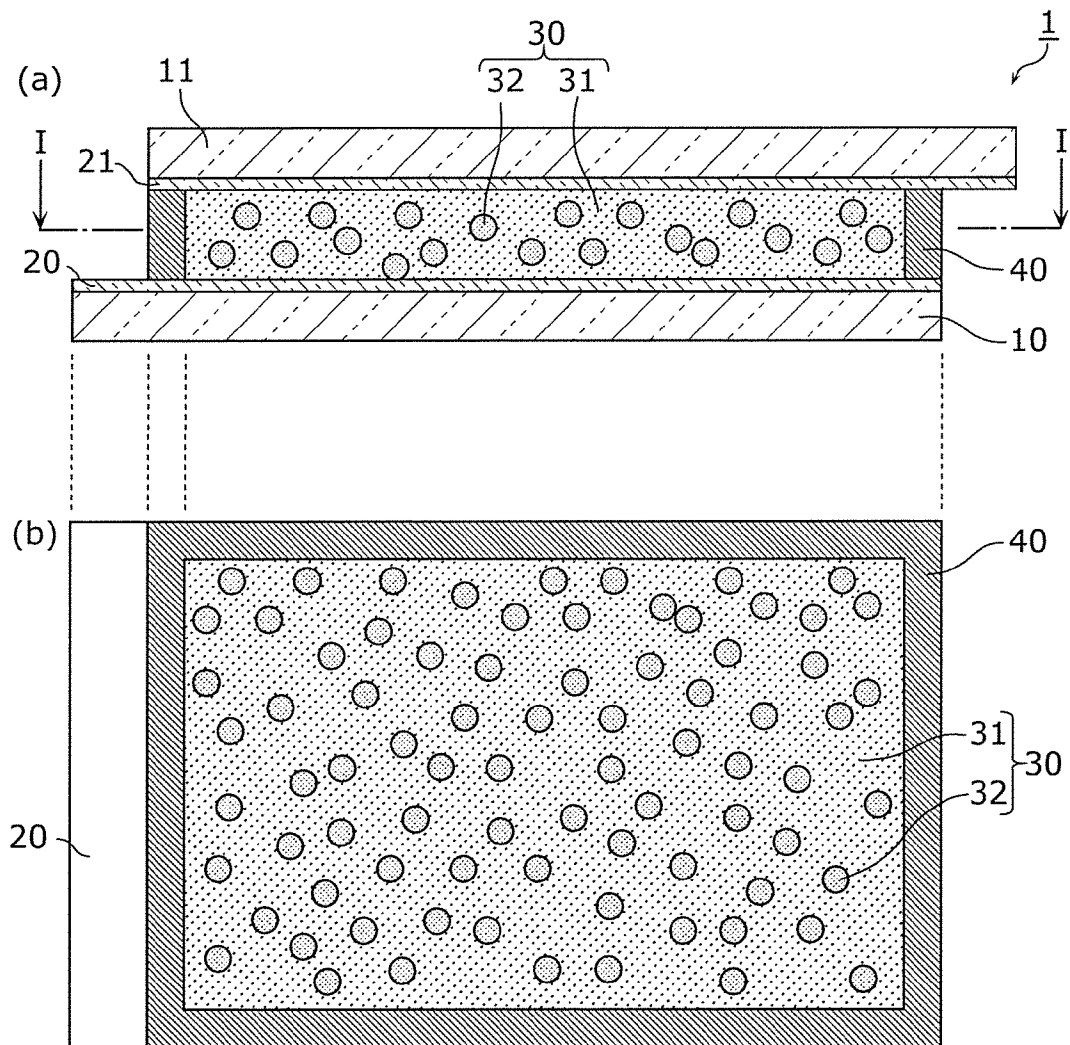
[請求項7] 前記電解質に含まれる金属は、前記第1の電極及び前記第2の電極間に直流電圧が印加された場合に、前記第1の電極及び前記第2の電極の一方に析出する

請求項6に記載の光学デバイス。

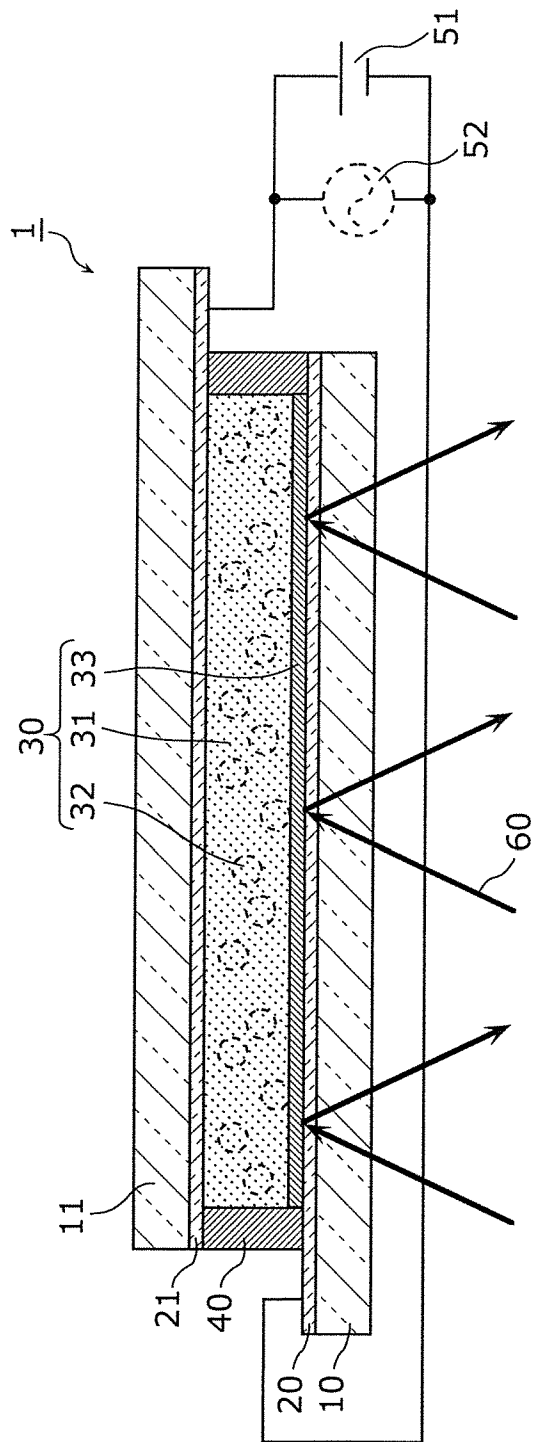
[請求項8] 前記屈折率可変材料の屈折率は、(i) 前記第1の電極及び前記第2の電極間に交流電圧が印加された場合、前記第1の相の屈折率と略等しくなり、(ii) 前記第1の電極及び前記第2の電極間に電圧が印加されていない場合、前記第1の相の屈折率とは異なる

請求項6又は7に記載の光学デバイス。

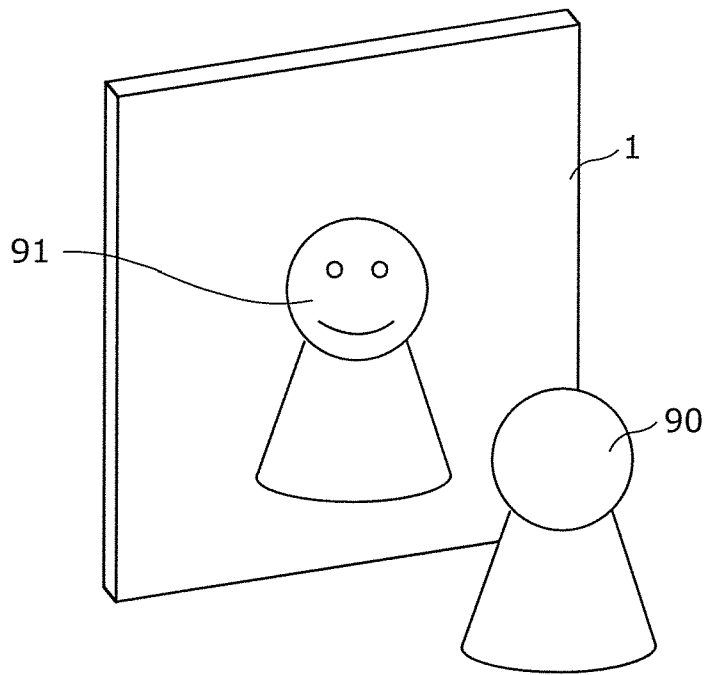
[図1]



[図2A]

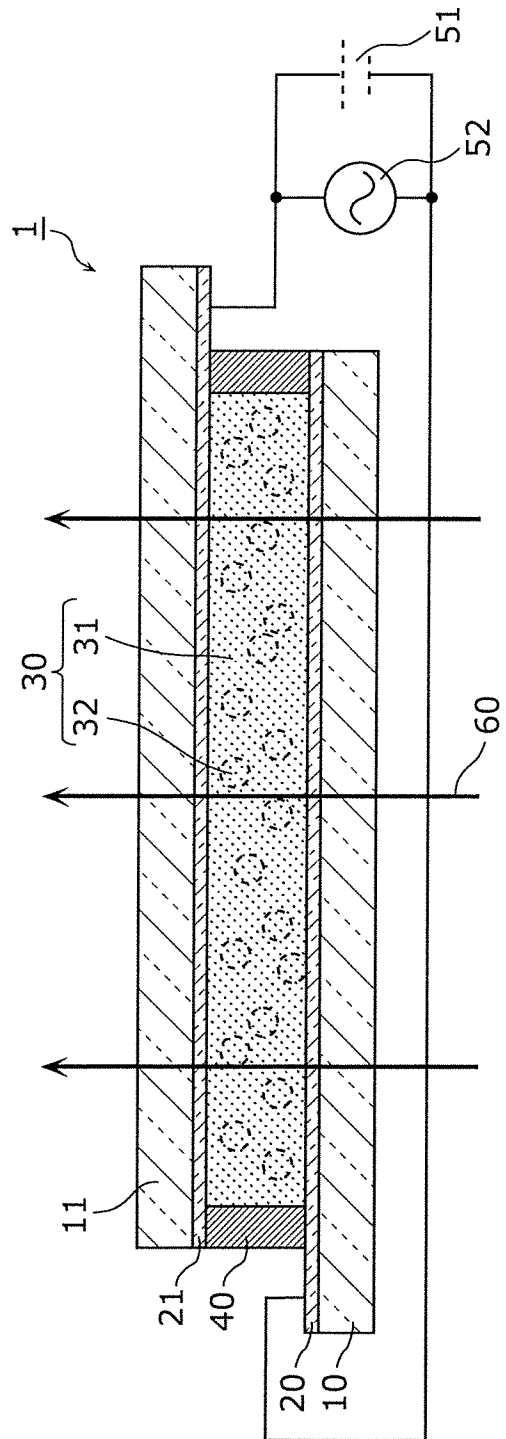


[図2B]

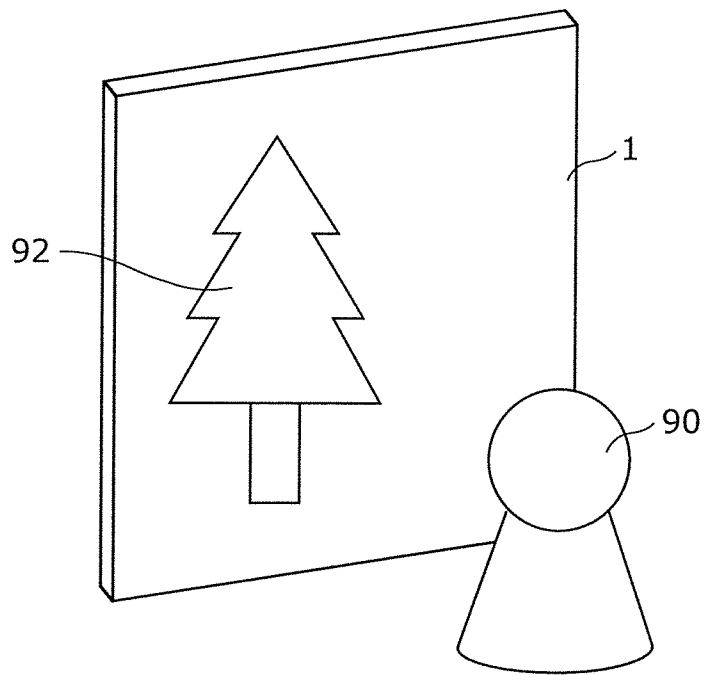




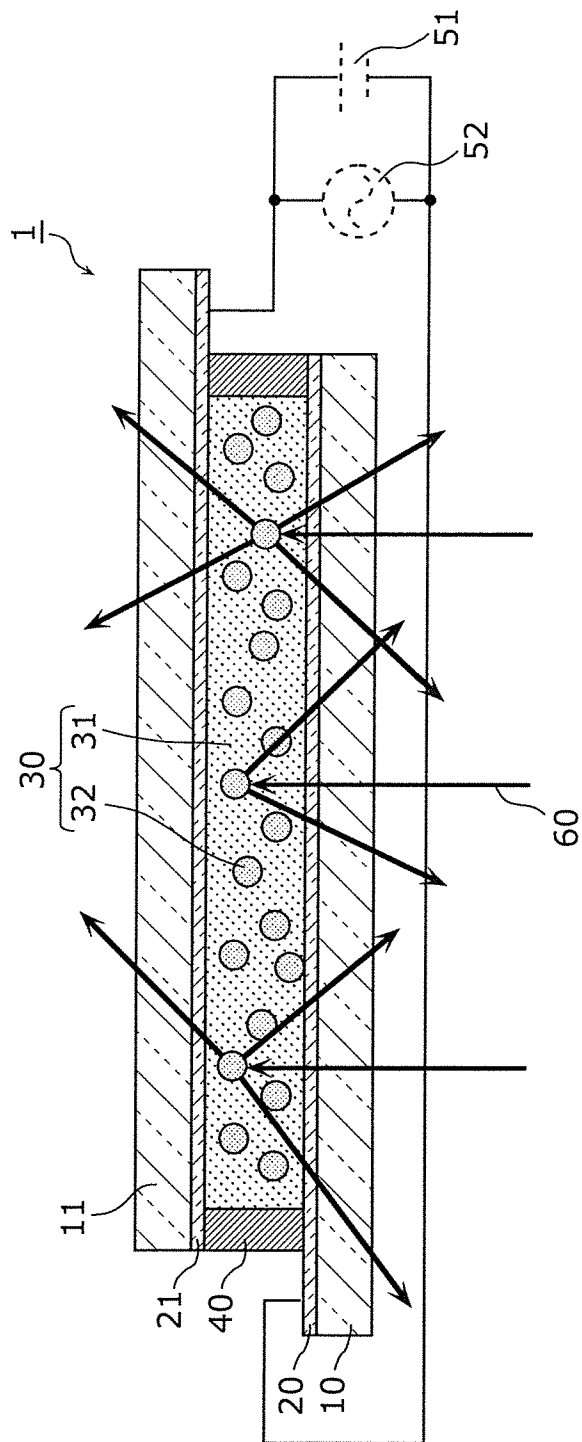
[図3A]



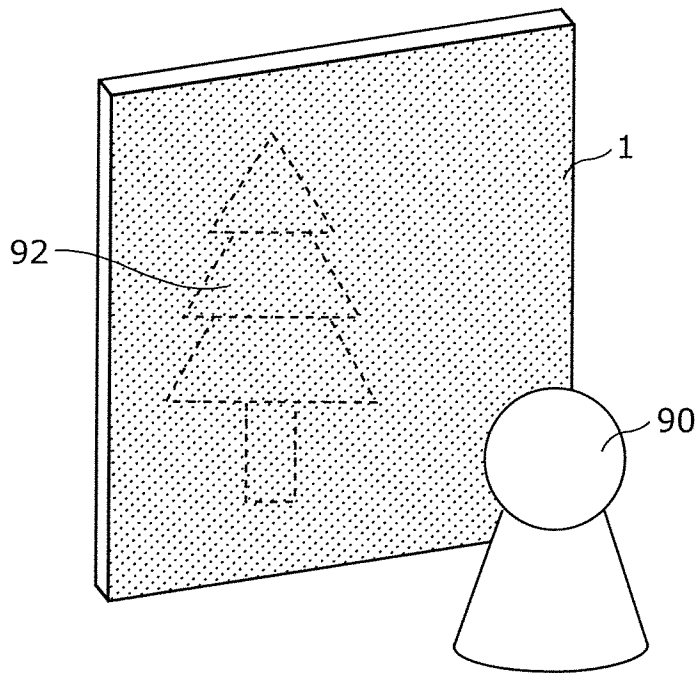
[図3B]



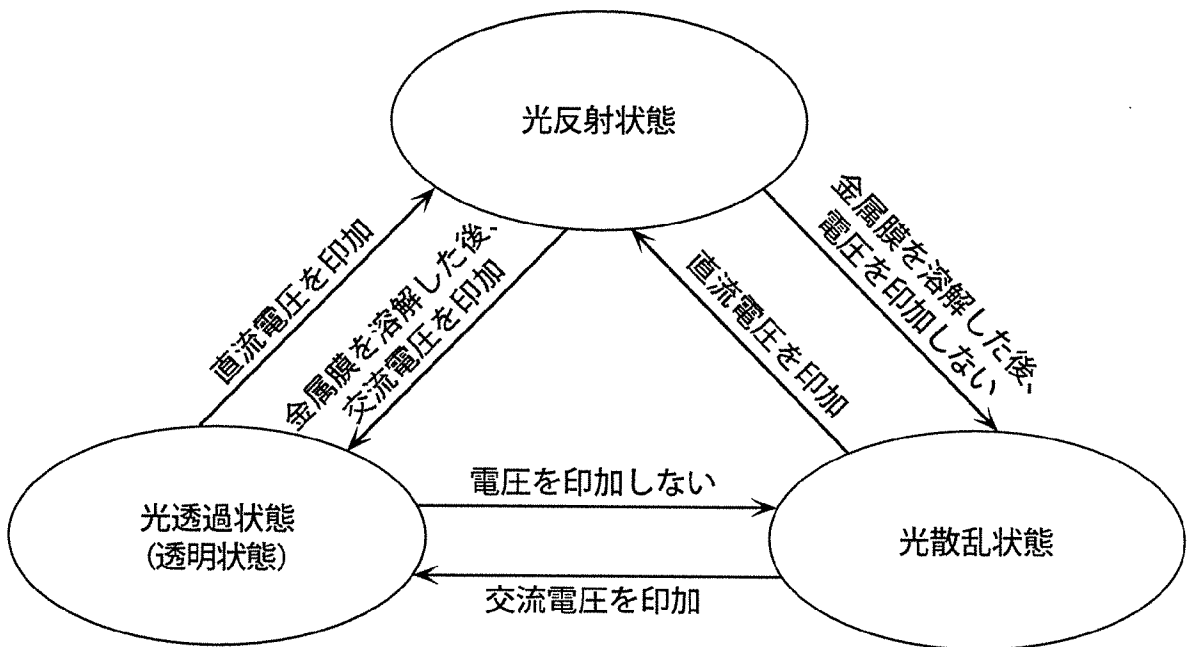
[図4A]



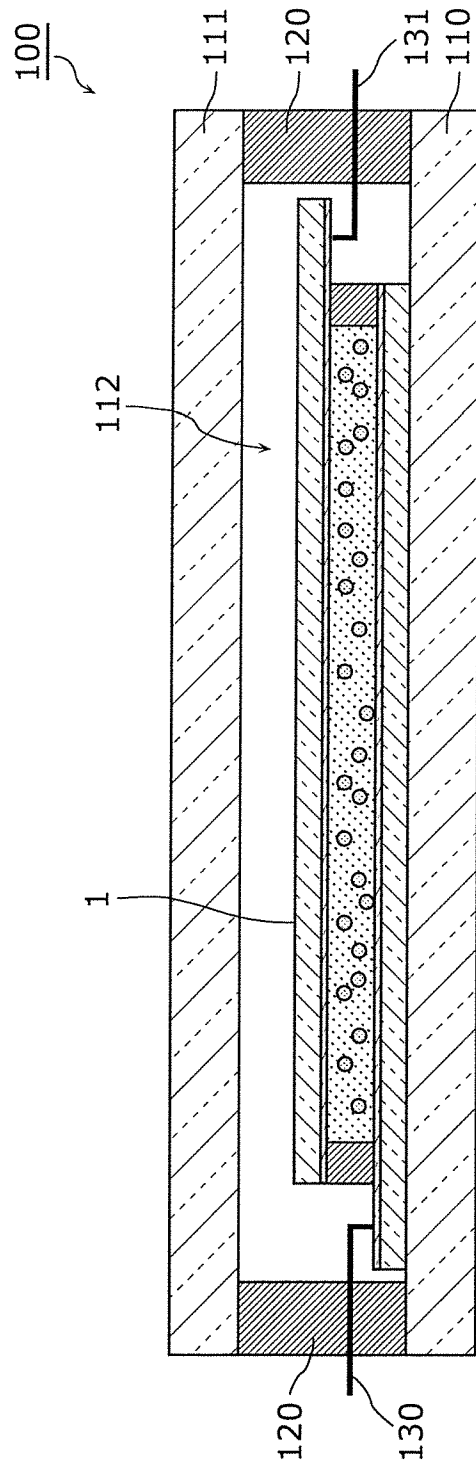
[図4B]



[図5]



[図6]



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.  
PCT/JP2015/006240

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
G02F1/19(2006.01)i, G02F1/15(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
G02F1/19, G02F1/15

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

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.
A	JP 2012-14026 A (Sony Corp.), 19 January 2012 (19.01.2012), paragraphs [0012] to [0054]; fig. 1 to 10 (Family: none)	1-8
A	JP 2004-191838 A (Sony Corp.), 08 July 2004 (08.07.2004), paragraphs [0051] to [0131]; fig. 1 to 11 (Family: none)	1-8
A	JP 2005-140814 A (Sony Corp.), 02 June 2005 (02.06.2005), paragraphs [0022] to [0110]; fig. 1 to 23 (Family: none)	1-8

Further documents are listed in the continuation of Box C.       See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search 05 February 2016 (05.02.16)	Date of mailing of the international search report 16 February 2016 (16.02.16)
--	---

Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer  Telephone No.
--	---

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2015/006240

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
P, A	WO 2015/93298 A1 (Murakami Corp.), 25 June 2015 (25.06.2015), paragraphs [0022] to [0055]; fig. 1 to 8 (Family: none)	1-8

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. G02F1/19(2006.01)i, G02F1/15(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. G02F1/19, G02F1/15

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	1971-2016年
日本国実用新案登録公報	1996-2016年
日本国登録実用新案公報	1994-2016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 カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2012-14026 A (ソニー株式会社) 2012.01.19, 【0012】～【0054】【図1】～【図10】（ファミリーなし）	1-8
A	JP 2004-191838 A (ソニー株式会社) 2004.07.08, 【0051】～【0131】【図1】～【図11】（ファミリーなし）	1-8
A	JP 2005-140814 A (ソニー株式会社) 2005.06.02, 【0022】～【0110】【図1】～【図23】（ファミリーなし）	1-8

☑ 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

05.02.2016

国際調査報告の発送日

16.02.2016

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）  
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）

廣田 かおり

2L

3812

電話番号 03-3581-1101 内線 3255



C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
P, A	WO 2015/93298 A1 (株式会社村上開明堂) 2015.06.25, 【0022】 ～【0055】【図1】～【図8】 (ファミリーなし)	1-8