

(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
2018年10月18日(18.10.2018)



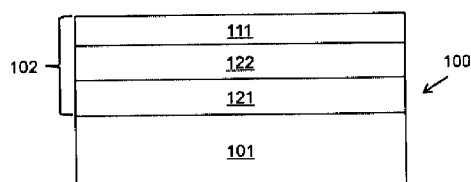
(10) 国際公開番号

WO 2018/190408 A1

- (51) 国際特許分類:
G02B 1/115 (2015.01) *C23C 14/10* (2006.01)
C23C 14/08 (2006.01) *C23C 14/30* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2018/015466
- (22) 国際出願日: 2018年4月13日(13.04.2018)
- (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 2017-080463 2017年4月14日(14.04.2017) JP
- (71) 出願人: H O Y A 株 式 会 社 (HOYA CORPORATION) [JP/JP]; 〒1608347 東京都新宿区西新宿六丁目 1 0 番 1 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 川岸 秀一郎(KAWAGISHI, Shuichiro); 〒1608347 東京都新宿区西新宿六丁目 1 0 番 1 号 H O Y A 株式会社内 Tokyo (JP). 山下 照夫(YAMASHITA, Teruo); 〒1608347 東京都新宿区西新宿六丁目 1 0 番 1 号 H O Y A 株式会社内 Tokyo (JP). 白石 幸一郎(SHIRAISHI, Koichiro); 〒1608347 東京都新宿区西新宿六丁目 1 0 番 1 号 H O Y A 株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 三 浦 邦 夫, 外 (MIURA, Kunio et al.); 〒1020076 東京都千代田区五番町 5 番地 1 J S 市ヶ谷ビル 5 F 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, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, 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), ユーラシア (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).

(54) Title: OPTICAL ELEMENT AND OPTICAL THIN FILM

(54) 発明の名称: 光学素子及び光学薄膜



(57) Abstract: Provided is an optical thin film having both hydrophilic properties and antireflective function. A multilayer film (102) as an optical thin film, wherein a film of a topmost layer is a hydrophilic film (111) that is a porous film. A film of a next-to-topmost layer is a base film (122) that is a dense film. The porosity of the hydrophilic film (111) is 2% to 20%, and the physical film thickness of the hydrophilic film (111) is 0.5 nm to 20 nm. The porosity of the base film (122) is less than 2%.

(57) 要約: 親水性と反射防止機能の両方を有する光学薄膜を提供する。光学薄膜としての多層膜 (102) において、最上層の膜が、多孔質の膜である親水性膜 (111) である。最上層の次の膜が、緻密質の膜である下地膜 (122) である。親水性膜 (111) の気孔率は、2%以上20%以下であり、親水性膜 (111) の物理膜厚は、0.5 nm以上20 nm以下である。下地膜 (122) の気孔率は、2%未満である。

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：光学素子及び光学薄膜

技術分野

[0001] 本発明は、概して、光学薄膜に関する。

背景技術

[0002] 光学素子の一例として、スチルカメラやビデオカメラのようなカメラに搭載される光学レンズ（例えばガラスレンズ）がある。レンズ表面に水滴（例えばミスト）が付着している状態で撮像すると、撮像画像の品質が劣化することが知られている。

[0003] この問題の解決策として、特許文献１に開示の親水性の膜をカメラ用のレンズに形成することが考えられる。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献１：特開２０１６－２２４１１３号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] カメラ用のレンズには、一般に、透過率を上げて撮像画像の品質を向上するために反射防止膜が形成されている。このため、特許文献１に開示の親水性膜をカメラ用のレンズに形成するということは、そのような親水性膜を光学レンズの反射防止膜上に形成することになる。

[0006] しかし、単純に反射防止膜上に親水性膜を形成すると、親水性が十分に得られなかったり、吸湿により反射防止膜の屈折率が変化するため反射防止機能が損なわれたりする（例えば反射率特性が低下する）おそれがある。反射防止機能が損なわれると、撮像画像の品質が劣化、具体的には、撮像画像にゴースト及び色むらの少なくとも一方が生じる。撮像画像の品質の劣化は、画像処理に悪影響を与える。これは、特に、車載カメラや監視カメラが行うセンシング処理や認識処理（典型的には人又は物体を認識する処理）のよう

な高度な画像処理にとっては大きな問題である。

[0007] この種の問題は、光学レンズ以外の光学素子上の光学薄膜についてもあり得る。

[0008] また、特許文献 1 に開示の光学薄膜は、多層膜であり、最上層の膜が、表面に凹凸を有する親水性の膜であり、最上層の次の膜が、光触媒反応を呈する膜である。本願発明者の考察によれば、このような多層膜では、期待される親水性は得られない。

[0009] 本発明の一実施形態の目的は、親水性と反射防止機能の両方を有する光学薄膜を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0010] 本発明の一実施形態に係る光学薄膜は、多層膜である。多層膜において、最上層の膜が、多孔質の膜である親水性膜である。最上層の次の膜が、緻密質の膜である下地膜である。

[0011] 親水性膜の気孔率は、2 %以上 20 %以下であり、親水性膜の物理膜厚は、0.5 nm以上 20 nm以下である。下地膜の気孔率は、2 %未満である。

発明の効果

[0012] 本発明の一実施形態によれば、親水性と反射防止機能の両方を有する光学薄膜を提供できる。

図面の簡単な説明

[0013] [図1]本発明の実施形態に係る光学レンズの構成の概念を示す。

[図2]親水性膜及び下地膜の機能を説明する模式図である。

[図3]本発明の実施形態に係る多層膜の構成を示す。

[図4]本発明の実施形態に係る光学薄膜形成システムを示す。

[図5]下地膜の気孔率の違いと親水性膜に付着した水滴の接触角の時系列変化の違いとの関係を示す。

[図6]図 5 に示す実験の、比較例に係る多層膜の構成を示す。

[図7]親水性膜の物理膜厚と、水滴が滴下されてから一定時間後の水滴の接触

角との関係を示す。

[図8]実施形態に係る光学レンズの第1及び第2の分光反射率特性を示す。

[図9]図8に示す実験の、比較例に係る多層膜の構成を示す。

[図10]多層膜の構成の第1の変形例を示す。

[図11]多層膜の構成の第2の変形例を示す。

[図12]多層膜の構成の第3の変形例を示す。

発明を実施するための形態

[0014] 以下、本発明の幾つかの実施形態に係る光学レンズを説明する。なお、以下に説明する実施形態は特許請求の範囲にかかる発明を限定するものではなく、また実施形態の中で説明されている諸要素及びその組み合わせの全てが発明の解決手段に必須であるとは限らない。

[0015] 図1は、本発明の実施形態に係る光学レンズの構成の概念を示す。

[0016] 光学レンズ100は、光学レンズ本体101と、光学レンズ本体101の表面上に形成された光学薄膜である多層膜102とを備える。多層膜102は、重なり合った（階層的な）複数の膜である。

[0017] 多層膜102は、親水性と反射防止機能の両方を有する。多層膜102において、第1の層（最上位層）の膜が、多孔質の膜である親水性膜111である。第2の層（最上位層の次の層）の膜が、緻密質の膜である下地膜122である。第1及び第2の層以外の層の膜が、反射防止機能を有する1又は複数の膜で構成される反射防止膜121である。

[0018] 下地膜122は、親水性膜111と反射防止膜121との間に位置する。光学的には、多層膜102を付した光学レンズ100の全体で所望の分光反射率を有するように各層の屈折率及び物理膜厚が決定される。

[0019] 図2は、親水性膜111及び下地膜122の機能を説明する模式図である。なお、以下の説明では、便宜上、光学レンズ100の向きに関わらず、光学レンズ本体101側の層を「下層」と言い、光学レンズ100の表面側（光学レンズ本体101側と反対側）の層を「上層」と言い、上下方向（膜の重なり方向）と鉛直の方向を「水平方向」と言う。

- [0020] 親水性膜 1 1 1 は、上述したように多孔質の膜であり、毛細管現象により雰囲気中の水滴を吸湿できる。親水性膜 1 1 1 の気孔率は、2 % 以上 2 0 % 以下である。親水性膜 1 1 1 の物理膜厚は、0. 5 n m（ナノメートル）以上 2 0 n m 以下である。
- [0021] 下地膜 1 2 2 は、気孔率が 2 % 未満の緻密な膜であり、親水性膜 1 1 1 から下層への水の進みを妨げる（遮断する）。これにより、親水性膜 1 1 1 により吸湿された水分が、親水性膜 1 1 1 から下地膜 1 2 2 内に進入することが困難のため、親水性膜 1 1 1 にて水分が保持され、結果として、親水性膜 1 1 1 が保水層となる。
- [0022] 以下、親水性膜 1 1 1 が保水層になるまでの流れを説明する。
- [0023] 図 2 の（A）に示すように、親水性膜 1 1 1 に十分な水分が無い状態において、（B）に示すように、水滴 2 8 1 が親水性膜 1 1 1 表面に付着すると、（C）に示すように、毛細管現象により水滴 2 8 1 が親水性膜 1 1 1 により吸湿され、（D）に示すように、水滴 2 8 1 は、比較的長い時間（例えば数十秒～数分）をかけて、親水性膜 1 1 1 に吸湿されながら伸展する。本実施形態において、親水性膜 1 1 1 における水滴の伸展とは、水平方向への水滴の拡がり、具体的には、親水性膜 1 1 1 に付着した水滴の接触角が、最大接触角（例えば静的接触角）から最小接触角になることを意味する。
- [0024] 単位時間あたりに親水性膜 1 1 1 表面に付着する水滴の量が少ないと（例えば低湿度環境では）、（A）～（D）の流れが繰り返されると考えられる。なぜなら、親水性膜 1 1 1 に保持される水の量よりも雰囲気中に蒸発する水の量の方が多い等の原因により、親水性膜 1 1 1 は保水層とならないと考えられるためである。
- [0025] しかし、（E）に示すように（例えば高湿度環境のように）、単位時間あたりに親水性膜 1 1 1 表面に付着する水滴 2 8 1 の量が多い（蒸発する水の量より保持される水の量の方が多い）と、（F）に示すように、親水性膜 1 1 1 が保水層 W となる。なぜなら、親水性膜 1 1 1 に吸湿された水の下層への進みは下地膜 1 2 2 により遮断され、結果として、親水性膜 1 1 1 に水分

が保持されるためである。

[0026] (G) に示すように、保水層Wとなっている親水性膜111に付着した水滴281は、短時間（例えば5秒以下）で伸展が完了することになる。なぜなら、多孔質膜内の孔が既に水で満たされており、その水に水滴281が一体化するように拡がるためである。

[0027] また、実施形態によれば、親水性膜111の物理膜厚は、小さく、具体的には、上述したように、0.5nm（ナノメートル）以上20nm以下である。これにより、吸湿しても反射率特性の変化は少ない。親水性膜111の物理膜厚は、下地膜122の物理膜厚より薄くてよい。

[0028] また、実施形態によれば、上述したように、親水性膜111の次の膜が、気孔率が2%未満といった緻密な下地膜122であり、下地膜122内への水の進入が遮断される。このため、屈折率変化が少ない。結果として、反射率特性の変化が少ない。

[0029] なお、光学的には、親水性膜111と下地膜122とを含んだ全体で所望の反射防止特性を得るように、多層膜102における各膜の材料及び物理膜厚が選択される。

[0030] 図3は、実施形態に係る多層膜102の構成を示す。以下の説明では、層番号X（X番目の層）の膜を「膜X」と表記する。層番号Xの値が小さい膜ほど下層の膜である。Xの最小値は1であり、膜1が最下層の膜である。

[0031] 多層膜102は、8つの膜から構成される。反射防止膜121が、膜1～膜6であり、下地膜122が、膜7であり、親水性膜111が、膜8である。

[0032] 実施形態では、EB（電子ビーム）蒸着により形成されたSiO₂膜が、親水性膜111（膜8）である。IAD（イオンアシスト蒸着）により形成されたSiO₂膜が、下地膜122（膜7）である。

[0033] 図4は、実施形態に係る光学薄膜形成システムを示す。

[0034] 光学薄膜形成システム301は、IADにより膜を形成するIAD装置311と、EB蒸着により膜を形成するEB蒸着装置312とを備え、光学薄

膜形成方法を実行する。

[0035] IADは、イオン銃から基板に照射されるイオン化されたガス分子により蒸着材料分子を基板に押し付ける成膜方法である。そのため、IADにより、水分子の入り込む隙間のない程に緻密性の高い膜の形成が可能であると考えられる。そこで、本実施形態では、下地膜122として、IADにより形成された膜（例えばSiO₂膜）が採用される。

[0036] EB蒸着は、電子を蒸着材料の一部分に集中してぶつけて加熱し蒸発させて行う成膜方法である。そのため、EB蒸着により、多孔質膜としての親水性膜111の形成が可能であると考えられる。そこで、本実施形態では、親水性膜111として、EB蒸着により形成された膜（例えばSiO₂膜）が採用される。

[0037] なお、図4に示すシステムに従う成膜方法は、好ましい成膜方法の一例である。成膜方法は、図4に示す例に限られない。例えば、下地膜122は、IAD以外の方法で成膜されてもよいし、親水性膜111は、EB蒸着以外の方法で成膜されてもよい。

[0038] また、親水性膜111及び下地膜122のいずれも、SiO₂以外の材料で構成された膜でもよいが、本実施形態のように、SiO₂という、光学薄膜としては一般的な材料が使用されるので、多層膜102が形成された光学素子の量産に有利である。本実施形態では、最上層の膜の物理膜厚及び気孔率の工夫と、最上層の次の層の膜の気孔率の工夫との組合せにより、最上層の膜を保水層とすること（親水性）、及び、反射率特性の変化を抑えること（反射防止機能）の両方を実現することができる。

[0039] 図5は、下地膜（SiO₂膜）の気孔率の違いと親水性膜111に付着した水滴の接触角の時系列変化の違いとの関係を示す。本実施形態の下地膜122の気孔率は、1.5%であり、比較例の下地膜の気孔率は2.8%膜である。なお、この実験で使用した本実施形態の多層膜の構成は、図3と同じである。また、比較例に係る多層膜の構成は、図6に示されている。

[0040] ここで、気孔率の算出方法について説明する。まず、親水性膜に使用され

る材質の既知の屈折率を n とし、本実験にて成膜された親水性膜の真空中の屈折率を $n(V)$ とする。真空中の屈折率は、真空保持された成膜チャンバ内にて光学膜厚計を使用して、成膜中の反射率を測定し、屈折率に換算して求めた。親水性膜の充填率は、以下のように表すことができる。

$$[0041] \quad \text{充填率 (\%)} = [\text{真空中の屈折率 (\%)} / \text{既知の屈折率 (\%)}] \times 100 (\%)$$

したがって、気孔率は、

$$\text{気孔率 (\%)} = 100 (\%) - \text{充填率 (\%)}$$

として求めることができる。

[0042] また、物理膜厚は、断面TEM写真を用いて測定した。また、光学膜厚 nd は、表に示す屈折率 $n \times$ 物理膜厚 d で求めることができる。各層の屈折率は、膜の反射率から換算して求めた（大気中の膜の屈折率に該当）。具体的には、大気中に取り出した基板を、オリンパス（株）製の顕微鏡型分光測定機（USPM-RU3）にて反射率を測定し、屈折率に換算して求めた。なお、屈折率は、波長 550 nm におけるものである。光学膜厚係数 k は、基準波長 $\lambda_0 = 550 \text{ nm}$ における係数であり、光学膜厚 $nd = k \times \lambda_0 / 4$ である。

[0043] 図5によれば、気孔率2.8%の SiO_2 膜を下地膜とするよりも気孔率1.5%の SiO_2 膜を下地膜とする方が、水滴伸展速度が速い（すなわち、接触角がより短時間で小さくなる）ことがわかる。

[0044] 水滴伸展速度は、下地膜122の気孔率に加えて、親水性膜111の物理膜厚にも依存する。

[0045] 図7は、親水性膜111の物理膜厚と水滴が滴下されてから一定時間後の水滴の接触角との関係を示す。図7の実験は、図3に示す膜構成を基に、親水性膜111の物理膜厚を変化させて行った。物理膜厚の測定は、上記したように、断面TEM写真を用いて行った。

[0046] 実験では、サンプル表面に純水を $0.8 \mu\text{l}$ 液下し、5秒後の接触角 θ を求めた。

[0047] 図7によれば、親水性膜111の物理膜厚が小さいほど、水滴伸展速度が速い（5秒後の接触角度が小さい）。具体的には、親水性膜111の物理膜厚が小さいほど、親水性膜111が保水層になるための水分量が少なく、故に、親水性膜111が保水層になり易い。親水性膜111が保水層の状態では、親水性膜111が水面のように光学的に均一となり、光の散乱や屈折が少なく透過率が高い。その他、親水性膜111の物理膜厚が小さいと、光学レンズ100の分光反射率特性において、吸水したときの設計中心反射率（所定波長での反射率）の変化が小さく、且つ、所定反射率での長波長側の波長シフト量が小さい（この点は後に説明する）。

[0048] 図7によれば、親水性膜111の物理膜厚は、0.5nm以上20nm以下が望ましく、膜強度を考慮すると、より望ましくは、10nm以上15nm以下、最も望ましくは、15nmである。

[0049] なお、図7によれば、滴下から一定時間後の接触角が 10° 未満であることから、実施形態に係る親水性膜111は、超親水性であると言える。また、実施形態では、親水性膜111としてSiO₂膜が採用されているが、他種の膜材により形成された膜が親水性膜111として採用されても、図5及び図7を参照して説明した傾向が表れると考えられる。

[0050] また、実施形態では、親水性膜111の物理膜厚を小さくすることで、親水性膜111が保水層になる前後で屈折率変動を小さくし、且つ、親水性膜111の下に緻密質の下地膜122を設けることで、下地膜122及びその下に設けた反射防止膜121に水分が入ることを防ぎ、反射防止性能の低下を抑えられる。

[0051] 図8は、光学レンズ100の第1の分光反射率特性（親水性膜111の物理膜厚が10nm）と、光学レンズ100の第2の分光反射率特性（親水性膜111の物理膜厚が50nm）とを示す。なお、この実験で使用した本実施形態の多層膜の構成は、図3と同じである。また、比較例に係る多層膜の構成は、図9に示されている。

[0052] 図8の実験で測定した分光反射率は、オリンパス（株）製の顕微鏡型分光

測定機（USPM-RU3）により測定した。

- [0053] グラフ（A）が、第1の分光反射率特性、すなわち、親水性膜111の物理膜厚が10nmである光学レンズ100の分光反射率特性を示し、グラフ（B）が、第2の分光反射率特性、すなわち、親水性膜111の物理膜厚が50nmである光学レンズ100の分光反射率特性を示す。グラフ（A）とグラフ（B）の対比によれば、親水性膜111の物理膜厚が小さい方が、設計中心反射率（波長 $\lambda = 550\text{nm}$ での反射率）の変化 ΔR_c が小さく、且つ、反射率1%での長波長側の波長シフト量 $\Delta\lambda$ が小さいことがわかる。「波長シフト量」とは、加熱前（例えば常温時）の分光特性と、加熱後の分光特性との変化量である。
- [0054] 以上、本発明の一実施形態を説明したが、これは、本発明の説明のための例示であって、本発明の範囲をこの実施形態にのみ限定する趣旨ではない。すなわち、本発明は、他の種々の形態でも実施する事が可能である。
- [0055] 例えば、親水性膜111及び下地膜122の少なくとも一方は、 SiO_2 、 ZrO_2 、 Al_2O_3 、 TiO_2 、 Ti_3O_5 、 Ta_2O_5 及び Nb_2O_5 のうちの単体若しくはこれらを含む混合材とすることができる。
- [0056] また、例えば、本発明は、光学レンズ以外の光学素子、例えば、ミラー（反射型光学素子）、フィルター、アレー状光学素子（レンズアレー、プリズムアレー）、ファインダー素子、回折型光学素子、フレネルレンズなどにも適用可能である。また、光学レンズのような光学素子の表面（光学薄膜が形成される面）は、球面でも非球面でもよい。
- [0057] また、例えば、下地膜が、反射防止膜を兼ねてもよい。つまり、多層膜は、親水膜と、反射防止膜と兼ねた下地膜との2層でもよい。その多層膜は、車載カメラや監視カメラよりも性能の低いカメラ向けのレンズや、ドアミラーのように、高い反射防止性能が要求されない環境での光学素子に適用することができる。
- [0058] また、多層膜の構成は、図3に例示の構成に限らず、例えば、図10、図11及び図12に例示の構成でもよい。

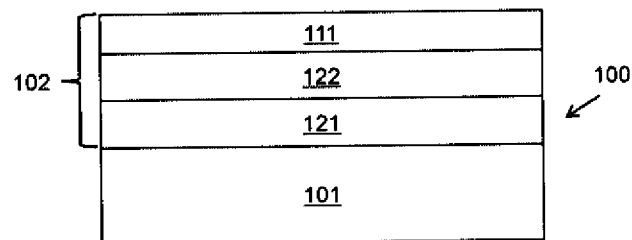
[0059] 本出願は、2017年4月14日出願の特願2017-080463に基づく。この内容は全てここに含めておく。

請求の範囲

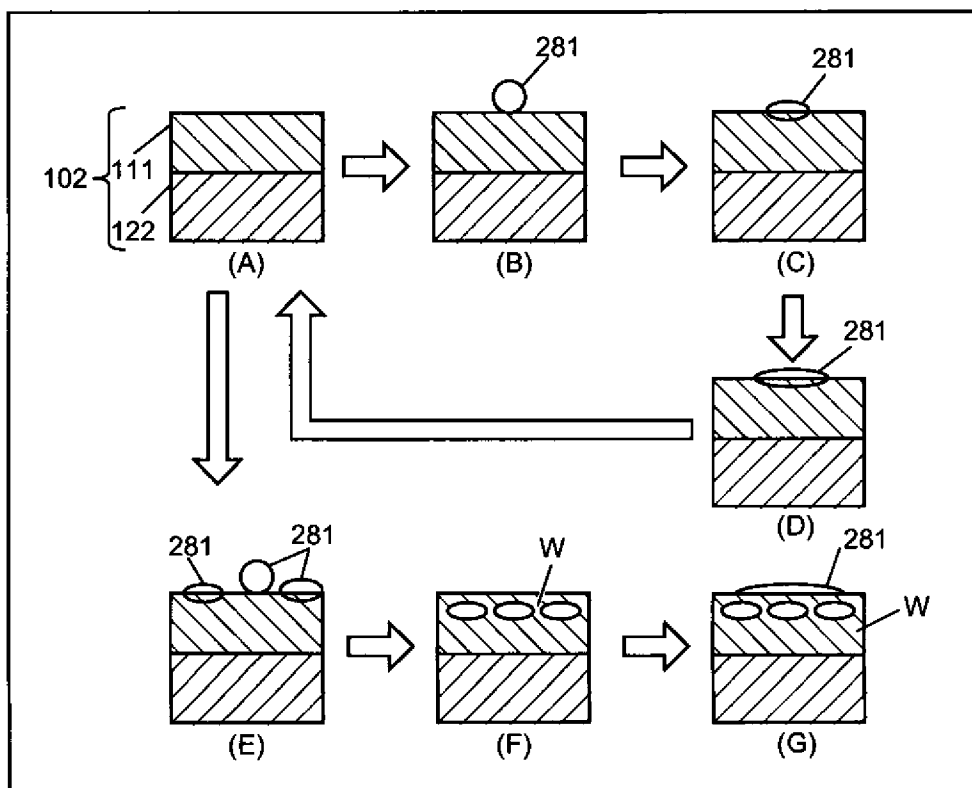
- [請求項1] 光学素子本体と、
前記光学素子本体の表面上に形成された多層膜である光学薄膜とを
備え、
前記光学薄膜において、
最上層の膜が、多孔質の膜である親水性膜であり、
前記最上層の次の膜が、緻密質の膜である下地膜であり、
前記親水性膜の気孔率は、2%以上20%以下であり、
前記親水性膜の物理膜厚は、0.5nm以上20nm以下であり、
前記下地膜の気孔率は、2%未満である、
光学素子。
- [請求項2] 前記親水性膜及び前記下地膜の少なくとも一方は、 SiO_2 、 ZrO_2 、 Al_2O_3 、 TiO_2 、 Ti_3O_5 、 Ta_2O_5 及び Nb_2O_5 のうちの単体若しくはこれらを含む混合材である、
請求項1記載の光学素子。
- [請求項3] 前記親水性膜が、 SiO_2 膜である、
請求項2記載の光学素子。
- [請求項4] 前記下地膜が、 SiO_2 膜である、
請求項2又は3記載の光学素子。
- [請求項5] 前記親水性膜が、EB（電子ビーム）蒸着により形成された膜であり、
前記下地膜が、IAD（イオンアシスト蒸着）により形成された膜である、請求項1乃至3のうちのいずれか1項に記載の光学素子。
- [請求項6] 多層膜である光学薄膜であって、
最上層の膜が、多孔質の膜である親水性膜であり、
前記最上層の次の膜が、緻密質の膜である下地膜であり、
前記親水性膜の気孔率は、2%以上20%以下であり、
前記親水性膜の物理膜厚は、0.5nm以上20nm以下であり、

前記下地膜の気孔率は、2 %未満である、
光学薄膜。

[図1]



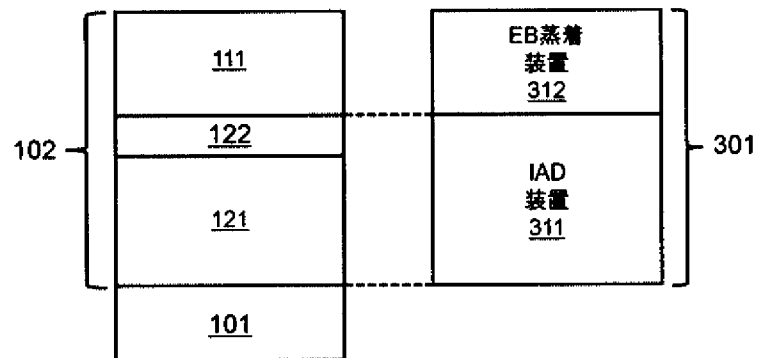
[図2]



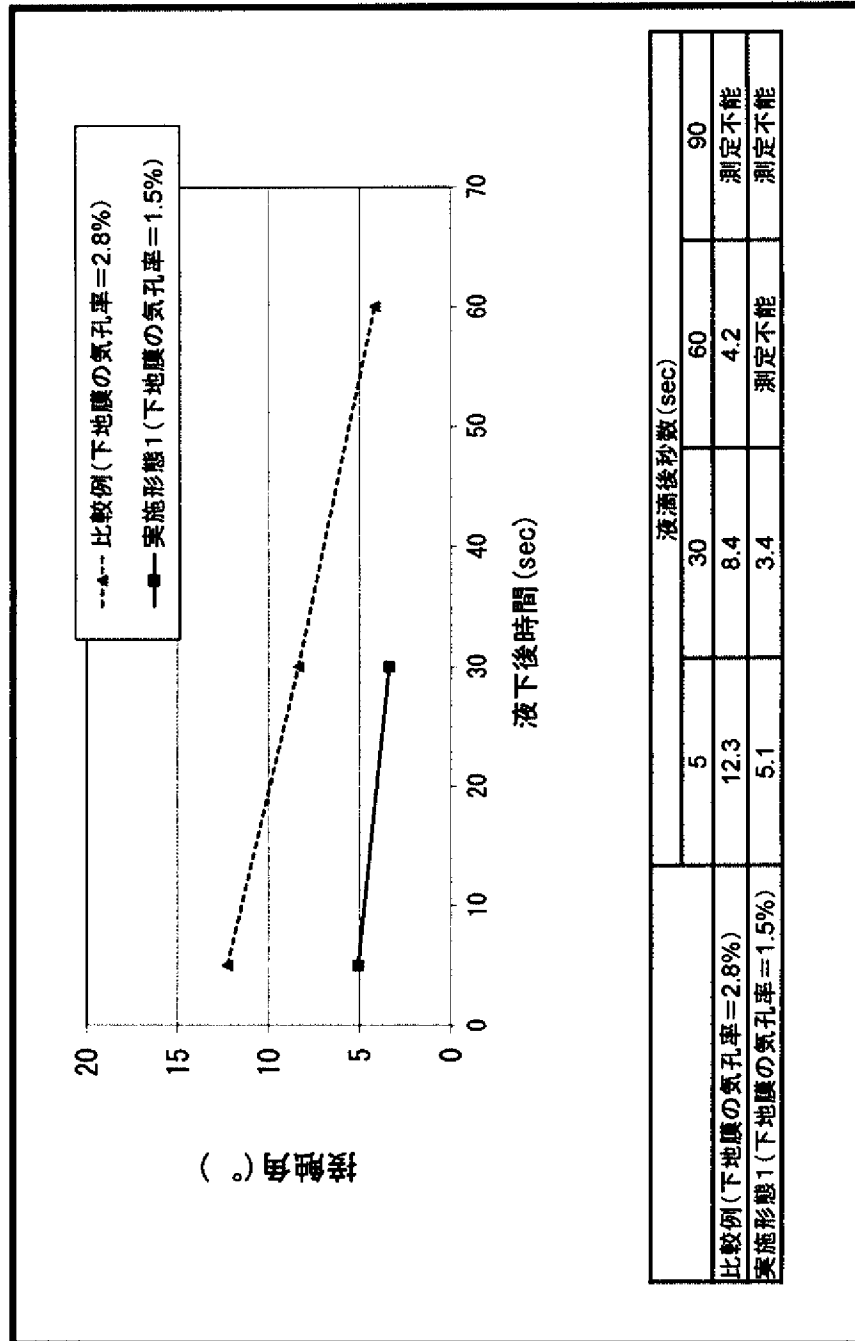
層番号	膜材	屈折率 $n(-)$	物理膜厚 $d(\text{nm})$	光学膜厚 $nd(\text{nm})$	光学膜厚 係数 k	成膜方法	成膜条件	気孔率(%)
8	SiO_2	1.370	15.00	20.55	0.149	EB蒸着	1	5.0%
7	SiO_2	1.465	80.51	117.95	0.858	IAD	3	1.5%
6	Ta_2O_5	2.214	45.11	99.87	0.726	IAD	3	—
5	SiO_2	1.471	15.00	22.07	0.16	IAD	3	—
4	Ta_2O_5	2.214	55.01	121.79	0.886	IAD	3	—
3	SiO_2	1.471	31.70	46.63	0.339	IAD	3	—
2	Ta_2O_5	2.214	27.15	60.11	0.437	IAD	3	—
1	SiO_2	1.471	22.20	32.66	0.237	IAD	3	—

波長 $\lambda 0=550\text{nm}$
媒質=空気(屈折率:1.000)
基板(光学レンズ本体):ガラスM-TAFD305

[図4]



[図5]

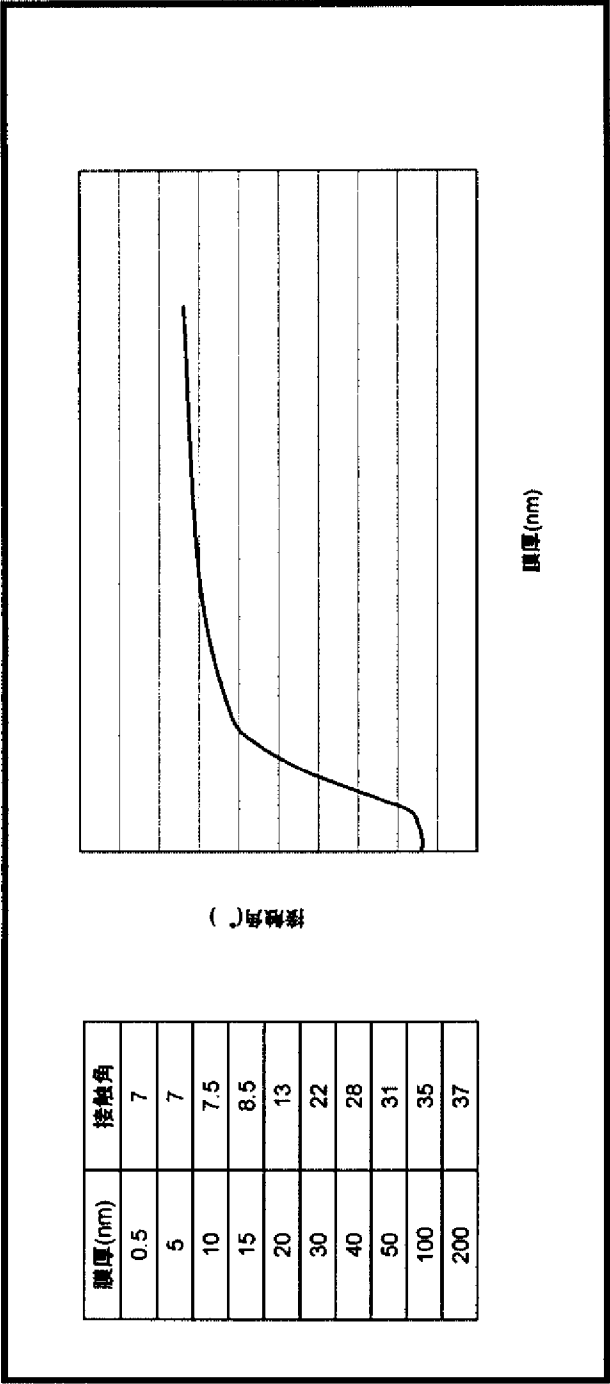


[図6]

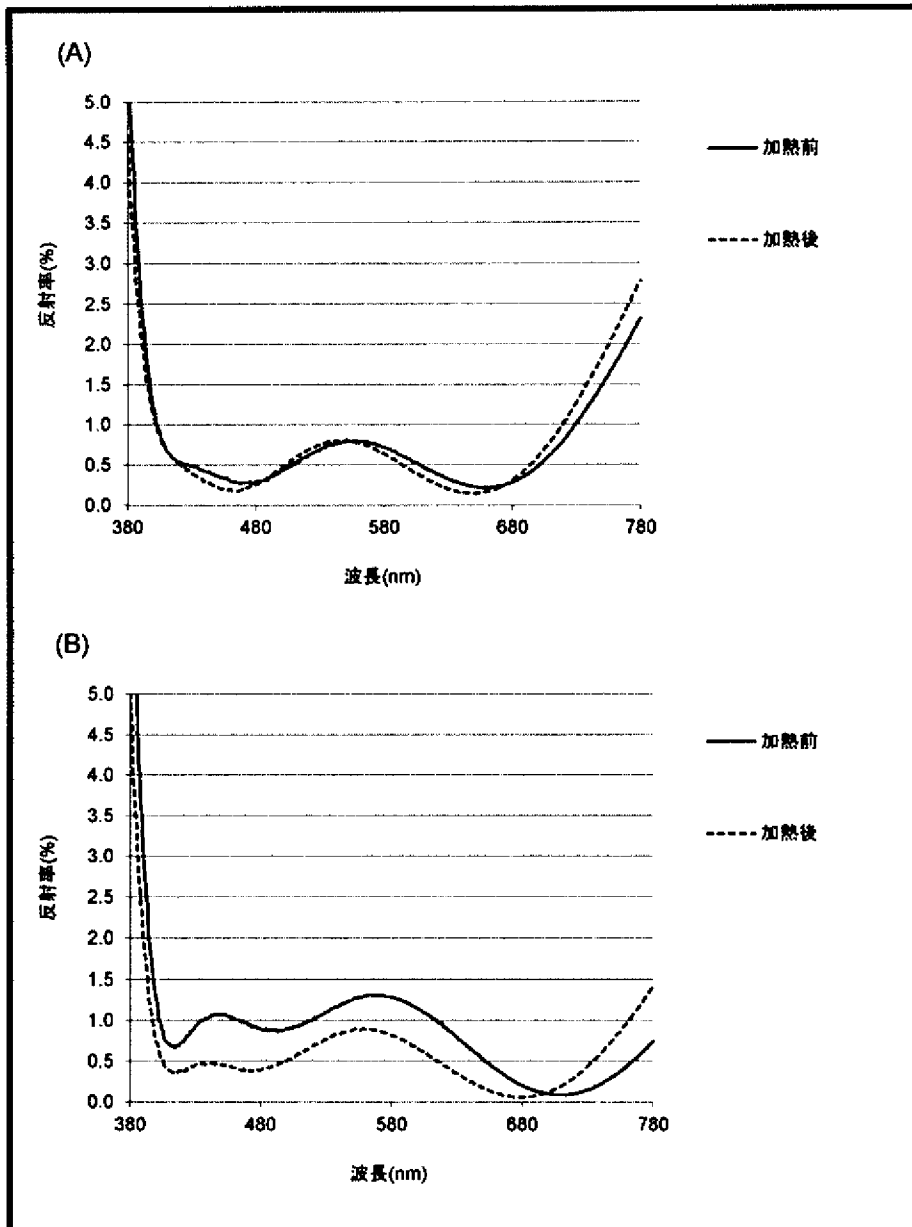
層番号	膜材	屈折率 $n(-)$	物理膜厚 $d(\text{nm})$	光学膜厚 $nd(\text{nm})$	光学膜厚 係数 k	成膜方法	成膜条件	気孔率(%)
8	SiO ₂	1.370	15.00	20.55	0.149	EB蒸着	1	5.0%
7	SiO ₂	1.430	80.51	115.09	0.837	IAD	3	2.8%
6	Ta ₂ O ₅	2.214	45.11	99.87	0.726	IAD	3	—
5	SiO ₂	1.471	15.00	22.07	0.16	IAD	3	—
4	Ta ₂ O ₅	2.214	55.01	121.79	0.886	IAD	3	—
3	SiO ₂	1.471	31.70	46.63	0.339	IAD	3	—
2	Ta ₂ O ₅	2.214	27.15	60.11	0.437	IAD	3	—
1	SiO ₂	1.471	22.20	32.66	0.237	IAD	3	—

波長 $\lambda_0=550\text{nm}$
 媒質 = 空気 (屈折率: 1.000)
 基板 (光学レンズ本体): ガラスM-TAFD305

[図7]



[図8]



[図9]

層番号	膜材	屈折率 $n(-)$	物理膜厚 $d(\text{nm})$	光学膜厚 $nd(\text{nm})$	光学膜厚 係数 k	成膜方法	成膜条件	気孔率(%)
8	SiO ₂	1.370	50.00	68.50	0.498	EB蒸着	1	5.0%
7	SiO ₂	1.465	45.00	65.93	0.479	IAD	3	1.5%
6	Ta ₂ O ₅	2.214	45.11	99.87	0.726	IAD	3	—
5	SiO ₂	1.471	15.00	22.07	0.16	IAD	3	—
4	Ta ₂ O ₅	2.214	55.01	121.79	0.886	IAD	3	—
3	SiO ₂	1.471	31.70	46.63	0.339	IAD	3	—
2	Ta ₂ O ₅	2.214	27.15	60.11	0.437	IAD	3	—
1	SiO ₂	1.471	22.20	32.66	0.237	IAD	3	—

波長 $\lambda 0=550\text{nm}$
媒質=空気(屈折率:1.000)
基板(光学レンズ本体): ガラスM-TAFD305

[図10]

層番号	膜材	屈折率 n(-)	物理膜厚 d (nm)	光学膜厚 nd (nm)	光学膜厚 係数 k	成膜方法	気孔率 (%)
8	SiO ₂	1.370	10.00	13.7	0.100	EB蒸着	5.0
7	SiO ₂	1.465	80.51	117.95	0.858	IAD	1.5
6	Ta ₂ O ₅	2.214	45.11	99.87	0.726	IAD	-
5	SiO ₂	1.471	15.00	22.07	0.160	IAD	-
4	Ta ₂ O ₅	2.214	55.01	121.79	0.886	IAD	-
3	SiO ₂	1.471	31.70	46.63	0.339	IAD	-
2	Ta ₂ O ₅	2.214	27.15	60.11	0.437	IAD	-
1	SiO ₂	1.471	22.20	32.66	0.237	IAD	-

波長λ=550nm
媒質=空気(屈折率:1.000)
基板(光学レンズ本体):ガラスM-TAFD305

[図11]

層番号	膜材	屈折率 n(-)	物理膜厚 d (nm)	光学膜厚 nd (nm)	光学膜厚 係数 k	成膜方法	気孔率 (%)
8	Al ₂ O ₃	1.650	1.00	1.65	0.012	EB蒸着	10.0
7	SiO ₂	1.465	95.00	139.175	1.012	IAD	1.5
6	Ta ₂ O ₅	2.214	45.11	99.87	0.726	IAD	-
5	SiO ₂	1.471	15.00	22.07	0.160	IAD	-
4	Ta ₂ O ₅	2.214	55.01	121.79	0.886	IAD	-
3	SiO ₂	1.471	31.70	46.63	0.339	IAD	-
2	Ta ₂ O ₅	2.214	27.15	60.11	0.437	IAD	-
1	SiO ₂	1.471	22.20	32.66	0.237	IAD	-

波長λ=550nm
 媒質=空気(屈折率:1.000)
 基板(光学レンズ本体):ガラスM-TAFD305

[図12]

層番号	膜材	屈折率 n(-)	物理膜厚 d (nm)	光学膜厚 nd (nm)	光学膜厚 係数 k	成膜方法	気孔率 (%)
8	ZrO ₂	2.000	0.50	1.000	0.007	EB蒸着	20.0
7	SiO ₂	1.471	95.00	139.783	1.017	IAD	0.0
6	Ta ₂ O ₅	2.214	45.11	99.87	0.726	IAD	-
5	SiO ₂	1.471	15.00	22.07	0.160	IAD	-
4	Ta ₂ O ₅	2.214	55.01	121.79	0.886	IAD	-
3	SiO ₂	1.471	31.70	46.63	0.339	IAD	-
2	Ta ₂ O ₅	2.214	27.15	60.11	0.437	IAD	-
1	SiO ₂	1.471	22.20	32.66	0.237	IAD	-

波長λo=550nm
媒質=空気(屈折率:1.000)
基板(光学レンズ本体):ガラスM-TAFD305

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/015466

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. G02B1/115 (2015.01)i, C23C14/08 (2006.01)i, C23C14/10 (2006.01)i,
C23C14/30 (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)

Int.Cl. G02B1/115, C23C14/08, C23C14/10, C23C14/30

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 1971-2018

Registered utility model specifications of Japan 1996-2018

Published registered utility model applications of Japan 1994-2018

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 2016-1200 A (ASAHI GLASS CO., LTD.) 07 January 2016, paragraphs [0004], [0024]-[0025], [0039], [0069], [0078] & WO 2014/061606 A1 & TW 201423142 A	1-6
Y	WO 2004/108283 A1 (NIPPON SHEET GLASS CO., LTD.) 16 December 2004, paragraphs [0001], [0009], [0022]-[0024], [0030]-[0032] & US 2007/0082205 A1, paragraphs [0002], [0025]-[0027], [0033]-[0035] & JP 4460537 B2 & EP 1637225 A1 & CN 1832804 A	1-6
A	JP 2012-237941 A (ASAHI GLASS CO., LTD.) 06 December 2012, claims 2, 6, paragraphs [0017]-[0021], [0031]-[0034], [0072] (Family: none)	1-6
A	US 2014/0178657 A1 (INTERMOLECULAR INC.) 26 June 2014, fig. 1-4 (Family: none)	1-6

☐ 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

"I" 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

01 May 2018 (01.05.2018)

Date of mailing of the international search report

15 May 2018 (15.05.2018)

Name and mailing address of the ISA/

Japan Patent Office

3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,

Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. G02B1/115(2015.01)i, C23C14/08(2006.01)i, C23C14/10(2006.01)i, C23C14/30(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. G02B1/115, C23C14/08, C23C14/10, C23C14/30

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	1971-2018年
日本国実用新案登録公報	1996-2018年
日本国登録実用新案公報	1994-2018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
Y	JP 2016-1200 A（旭硝子株式会社）2016.01.07, [0004], [0024]-[0025], [0039], [0069], [0078] & WO 2014/061606 A1 & TW 201423142 A	1-6
Y	WO 2004/108283 A1（日本板硝子株式会社）2004.12.16, [0001], [0009], [0022]-[0024], [0030]-[0032] & US 2007/0082205 A1, [0002], [0025]-[0027], [0033]-[0035] & JP 4460537 B2 & EP 1637225 A1 & CN 1832804 A	1-6

☒ 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	「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
「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	「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
「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）	「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
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」 同一パテントファミリー文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日

01.05.2018

国際調査報告の発送日

15.05.2018

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）

井上 徹

20

3607

電話番号 03-3581-1101 内線 3271

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
A	JP 2012-237941 A (旭硝子株式会社) 2012. 12. 06, [請求項 2], [請求項 6], [0017]-[0021], [0031]-[0034], [0072] (ファミリーなし)	1-6
A	US 2014/0178657 A1 (INTERMOLECULAR INC.) 2014. 06. 26, Figs. 1-4 (ファミリーなし)	1-6