

(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
2022年1月6日(06.01.2022)



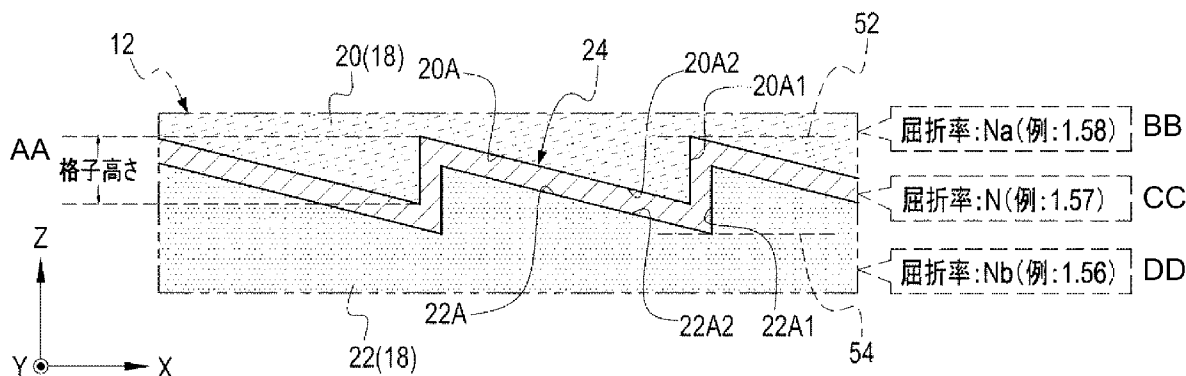
(10) 国際公開番号

WO 2022/004304 A1

- (51) 国際特許分類:
G02B 5/18 (2006.01) G02C 7/06 (2006.01)
A61F 2/16 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2021/021755
- (22) 国際出願日: 2021年6月8日(08.06.2021)
- (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 2020-113523 2020年6月30日(30.06.2020) 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番30号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 中林 耕基 (NAKABAYASHI, Koki); 〒3319624 埼玉県さいたま市北区植竹
- 町1丁目324番地 富士フイルム株式会社内 Saitama (JP).
- (74) 代理人: 特許業務法人太陽国際特許事務所 (TAIYO, NAKAJIMA & KATO); 〒1600022 東京都新宿区新宿4丁目3番17号 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, IT, 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,

(54) Title: BLAZED DIFFRACTION OPTICAL ELEMENT, AND METHOD FOR MANUFACTURING BLAZED DIFFRACTION OPTICAL ELEMENT

(54) 発明の名称: ブレーズド回折光学素子、及びブレーズド回折光学素子の製造方法



- AA Grating height
BB Refractive index: Na (e.g.: 1.58)
CC Refractive index: N (e.g.: 1.57)
DD Refractive index: Nb (e.g.: 1.56)

(57) Abstract: This blazed diffraction optical element comprises: a blazed diffraction grating pair which has a first blazed member and a second blazed member, and which functions as a diffraction grating due to the first blazed member and the second blazed member; and an intermediate layer positioned between the first blazed member and the second blazed member, wherein, when the refractive index of the first blazed member is defined as Na, the refractive index of the intermediate layer as N, and the refractive index of the second blazed member as Nb, a magnitude relationship of Na>N>Nb is established.



WO 2022/004304 A1

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, 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).

添付公開書類:

- 一 国際調査報告 (条約第21条(3))

(57) 要約: ブレード回折光学素子は、第1ブレード部材及び第2ブレード部材を有し、第1ブレード部材及び第2ブレード部材によって回折格子として機能するブレード回折格子対と、第1ブレード部材と第2ブレード部材との間に位置する中間層と、を備え、第1ブレード部材の屈折率を N_a とし、中間層の屈折率を N とし、第2ブレード部材の屈折率を N_b としたとき、 $N_a > N > N_b$ の大小関係が成立する。

明 細 書

発明の名称：

ブレード回折光学素子、及びブレード回折光学素子の製造方法

技術分野

[0001] 本開示の技術は、ブレード回折光学素子、及びブレード回折光学素子の製造方法に関する。

背景技術

[0002] 特開 2011-107586 号公報には、少なくとも 3 種類の材料からなる複数の回折格子を積層した回折光学素子が開示されている。特許文献 1 に記載の回折光学素子において、複数の回折格子は、互いに異なった材料 M1 A、M1 B より成り、格子部の格子側縁が、格子ピッチ方向に接触又は近接配置された 2 つの回折格子より成る第 1 の組合せ部と、少なくとも 1 つの材料が第 1 の組合せ部の 2 つの回折格子の材料と異なり、互いに異なった材料 M2 A、M2 B より成る 2 つの回折格子より成る第 2 の組合せ部とを有する。そして、第 1 の組合せ部を成す材料 M1 A、M1 B の、ある波長 w (nm) における屈折率 $N1Aw$ 、 $N1Bw$ 、アッペ数 $\nu1A$ 、 $\nu1B$ 、第 2 の組合せ部を成す材料 M2 A、M2 B の、 d 線における屈折率 $N2Ad$ 、 $N2Bd$ 、アッペ数 $\nu2A$ 、 $\nu2B$ の値が適切に設定される。

発明の概要

[0003] 本開示の技術に係る一つの実施形態は、第 1 ブレード部材と第 2 ブレード部材とを直接積層させた場合に比べ、入射された光に起因して生じるゴーストを抑制することができるブレード回折光学素子、及びブレード回折光学素子の製造方法を提供する。

課題を解決するための手段

[0004] 本開示の技術に係る第 1 の態様は、ブレード回折光学素子であって、第 1 ブレード部材及び第 2 ブレード部材を有し、第 1 ブレード部材及び第 2 ブレード部材によって回折格子として機能するブレード回折格子対

と、第1ブレード部材と第2ブレード部材との間に位置する中間層と、を備え、第1ブレード部材の屈折率を N_a とし、中間層の屈折率を N とし、第2ブレード部材の屈折率を N_b としたとき、 $N_a > N > N_b$ の大小関係が成立するブレード回折光学素子である。

[0005] 本開示の技術に係る第2の態様は、第1ブレード部材及び第2ブレード部材の格子高さを h とし、中間層の厚さを t とし、 θ_c を臨界角としたとき、 $h < t \cdot \tan \theta_c$ の不等式、及び $\theta_c = \arcsin(N_b/N_a)$ の等式が成立する第1の態様に係るブレード回折光学素子である。

[0006] 本開示の技術に係る第3の態様は、第1ブレード部材が、第1鋸歯状面を有し、第2ブレード部材は、第2鋸歯状面を有し、第1鋸歯状面及び第2鋸歯状面が、中間層を介して相補的に係合されている第1の態様又は第2の態様に係るブレード回折光学素子である。

[0007] 本開示の技術に係る第4の態様は、第1ブレード部材が、第1鋸歯状面を有し、第2ブレード部材が、第2鋸歯状面を有し、第1鋸歯状面が、第1急斜面と第1急斜面よりも勾配が緩い第1緩斜面とで形成されており、第2鋸歯状面が、第2急斜面と第2急斜面よりも勾配が緩い第2緩斜面とで形成されており、中間層が、第1鋸歯状面と第2鋸歯状面との間において、第1急斜面と第2急斜面との間に配置されている第1の態様又は第2の態様に係るブレード回折光学素子である。

[0008] 本開示の技術に係る第5の態様は、第1鋸歯状面が、第1急斜面と第1急斜面よりも勾配が緩い第1緩斜面とで形成されており、第2鋸歯状面が、第2急斜面と第2急斜面よりも勾配が緩い第2緩斜面とで形成されており、中間層が、第1鋸歯状面と第2鋸歯状面との間において、第1急斜面と第2急斜面との間に配置されている第3の態様に係るブレード回折光学素子である。

[0009] 本開示の技術に係る第6の態様は、第1ブレード部材が、第1鋸歯状面を有し、第2ブレード部材が、第2鋸歯状面を有し、第1鋸歯状面が、第1急斜面と第1急斜面よりも勾配が緩い第1緩斜面とで形成されており、第

2 鋸歯状面が、第2急斜面と第2急斜面よりも勾配が緩い第2緩斜面とで形成されており、第1鋸歯状面と第2鋸歯状面との間において、第1急斜面と第2急斜面との間における中間層の厚さを t とし、第1ブレード部材及び第2ブレード部材の格子高さを h とし、 θ_c を臨界角としたとき、 $h < t \cdot \tan \theta_c$ の不等式、及び $\theta_c = \arcsin(N_b / N_a)$ の等式が成立する第1の態様に係るブレード回折光学素子である。

[0010] 本開示の技術に係る第7の態様は、第1ブレード部材が、第1基準面を有し、第2ブレード部材が、第2基準面を有し、第1急斜面及び第1緩斜面が、第1基準面から立ち上がった面であり、第2急斜面及び第2緩斜面が、第2基準面から立ち上がった面であり、第1急斜面が、第1基準面に対して垂直であり、第2急斜面が、第2基準面に対して垂直である第4の態様から第6の態様の何れか1つの態様に係るブレード回折光学素子である。

[0011] 本開示の技術に係る第8の態様は、第1鋸歯状面及び第2鋸歯状面が、中間層の厚み分ずれて係合されている第3の態様から第7の態様の何れか1つの態様に係るブレード回折光学素子である。

[0012] 本開示の技術に係る第9の態様は、中間層が、第1ブレード部材側から第2ブレード部材側にかけて小さくなる屈折率を有する複数の層からなる第1の態様から第8の態様の何れか1つの態様に係るブレード回折光学素子である。

[0013] 本開示の技術に係る第10の態様は、中間層が、膜状に形成されている第1の態様から第9の態様の何れか1つの態様に係るブレード回折光学素子である。

[0014] 本開示の技術に係る第11の態様は、第1ブレード部材のブレード角及び第2ブレード部材のブレード角が同一である第1の態様から第10の態様の何れか1つの態様に係るブレード回折光学素子である。

[0015] 本開示の技術に係る第12の態様は、第1ブレード部材の格子高さ第2ブレード部材の格子高さが同一である第1の態様から第11の態様の何れか1つの態様に係るブレード回折光学素子である。

- [0016] 本開示の技術に係る第13の態様は、ブレード回折光学素子であって、ブレード部材と、ブレード部材上に設けられた層と、を備え、層の屈折率が、ブレード部材の屈折率と、ブレード部材の周囲の環境の屈折率との間である、ブレード回折光学素子である。
- [0017] 本開示の技術に係る第14の態様は、周囲の環境が、眼内にある前房水であり、層の屈折率は、ブレード部材の屈折率と、前房水の屈折率との間にある、第13の態様に係るブレード回折光学素子である。
- [0018] 本開示の技術に係る第15の態様は、前房水の屈折率をAとし、表層の屈折率をBとし、ブレード部材の屈折率をCとしたとき、 $A < B < C$ の大小関係が成立する第14の態様に係るブレード回折光学素子である。
- [0019] 本開示の技術に係る第16の態様は、ブレード部材の格子高さをhとし、層の厚さをtとし、 θ_c を臨界角としたとき、 $h < t \cdot \tan \theta_c$ の不等式、及び $\theta_c = \arcsin(A/C)$ の等式が成立する第15の態様に係るブレード回折光学素子である。
- [0020] 本開示の技術に係る第17の態様は、ブレード部材が、鋸歯状面を有し、層が、鋸歯状面上に、鋸歯状面に相当する形状に形成されている第15の態様又は第16の態様に係るブレード回折光学素子である。
- [0021] 本開示の技術に係る第18の態様は、鋸歯状面が、急斜面と急斜面よりも勾配が緩い緩斜面とで形成されている第17の態様に係るブレード回折光学素子である。
- [0022] 本開示の技術に係る第19の態様は、ブレード部材が、基準面を有し、急斜面及び緩斜面が、基準面から立ち上がった面であり、急斜面が、基準面に対して垂直である、第18の態様に係るブレード回折光学素子である。
- [0023] 本開示の技術に係る第20の態様は、鋸歯状面及び前房水が、層の厚み分ずれて接触している第17の態様から第19の態様の何れか1つの態様に係るブレード回折光学素子である。
- [0024] 本開示の技術に係る第21の態様は、表層が、前房水側からブレード部材側にかけて大きくなる屈折率を有する複数の層からなる第14の態様から

第20の態様の何れか1つの態様に係るブレード回折光学素子である。

[0025] 本開示の技術に係る第22の態様は、表層が、膜状に形成されている第13の態様から第21の態様の何れか1つの態様に係るブレード回折光学素子である。

[0026] 本開示の技術に係る第23の態様は、ブレード回折光学素子の製造方法であって、第1ブレード部材を形成する工程と、第1ブレード部材のブレード部に中間層を形成する工程と、中間層の第1ブレード部材側と反対側に第1ブレード部材と対を成す第2ブレード部材を形成する工程と、を備え、第1ブレード部材の屈折率を N_a とし、中間層の屈折率を N とし、第2ブレード部材の屈折率を N_b としたとき、 $N_a > N > N_b$ の大小関係が成立するブレード回折光学素子の製造方法である。

[0027] 本開示の技術に係る第24の態様は、中間層を形成する工程が、中間層をスピコートを用いて形成する工程である第23の態様に係るブレード回折光学素子の製造方法である。

[0028] 本開示の技術に係る第25の態様は、第1ブレード部材及び第2ブレード部材の格子高さを h とし、中間層の厚さを t とし、 θ_c を臨界角としたとき、 $h < t \cdot \tan \theta_c$ の不等式、及び $\theta_c = \arcsin(N_b / N_a)$ の等式が成立する厚さの中間層を形成する第23の態様又は第24の態様に係るブレード回折光学素子の製造方法である。

[0029] 本開示の技術に係る第26の態様は、第1ブレード部材が、第1鋸歯状面を有し、第2ブレード部材が、第2鋸歯状面を有し、第2ブレード部材を形成する工程において、第1鋸歯状面と第2鋸歯状面とを中間層の厚み分ずらして係合させる第23の態様から第25の態様の何れか1つの態様に係るブレード回折光学素子の製造方法である。

図面の簡単な説明

[0030] [図1]接合光学素子の断面構造の一例を示す概略断面図である。

[図2]接合光学素子に用いられる平凸レンズの外観の一例を示す概略斜視図である。

[図3]接合光学素子に用いられる両凹レンズの外観の一例を示す概略斜視図である。

[図4]第1鋸歯状面及び第2鋸歯状面の外観の一例を示す概念図である。

[図5]積層型ブレーズド回折光学素子の製造方法の一例を示すフローチャートである。

[図6]第1ブレーズド部材形成工程において、キャビティ内に紫外線硬化樹脂を流し込む態様の一例を示す概略斜視図である。

[図7]第1ブレーズド部材形成工程において、紫外線硬化樹脂が入っているキャビティ内に平凸レンズの凸面を入れ込む態様の一例を示す概略斜視図である。

[図8]第1ブレーズド部材形成工程において、平凸レンズの平面側から紫外線が照射される態様の一例を示す概略斜視図である。

[図9]中間層形成工程において、スピコートが行われている態様の一例を示す概略斜視図である。

[図10]中間層形成工程において、第1ブレーズド部材の全面に塗布された紫外線硬化樹脂に紫外線が照射される態様の一例を示す概略斜視図である。

[図11]第2ブレーズド部材形成工程において、両凹レンズの一方の凹面に紫外線硬化樹脂を流し込む態様の一例を示す概略斜視図である。

[図12]第2ブレーズド部材形成工程において、紫外線硬化樹脂が入っている凹面に、第1ブレーズド部材上に中間層が形成された平凸レンズを中間層側から入れ込む態様の一例を示す概略斜視図である。

[図13]第2ブレーズド部材形成工程において、両凹レンズの他方の凹面側から紫外線が照射される態様の一例を示す概念図である。

[図14]従来の積層型ブレーズド回折光学素子の構成の一例を示す概念図である。

[図15]従来の積層型ブレーズド回折光学素子の構成の一例を示す概念図である。

[図16]積層型ブレーズド回折光学素子の構成の一例を示す概略部分断面図で

ある。

[図17]積層型ブレード回折光学素子に被写体光が入射された場合の積層型ブレード回折光学素子内の態様の一例を示す概略部分断面図である。

[図18]積層型ブレード回折光学素子の構成の第1変形例を示す概略部分断面図である。

[図19]積層型ブレード回折光学素子の構成の第2変形例を示す概略部分断面図である。

[図20]ブレード回折光学素子の構成の一例を示す概略断面図である。

発明を実施するための形態

[0031] 以下、添付図面に従って本開示の技術に係る積層型ブレード回折光学素子、及び積層型ブレード回折光学素子の製造方法の実施形態の一例について説明する。

[0032] なお、本明細書の説明において、「垂直」とは、完全な垂直の他に、本開示の技術が属する技術分野で一般的に許容される誤差であって、本開示の技術の趣旨に反しない程度の誤差を含めた意味合いでの垂直を指す。また、本明細書の説明において、「直交」とは、完全な直交の他に、本開示の技術が属する技術分野で一般的に許容される誤差であって、本開示の技術の趣旨に反しない程度の誤差を含めた意味合いでの直交を指す。また、本明細書の説明において、「平行」とは、完全な平行の他に、本開示の技術が属する技術分野で一般的に許容される誤差であって、本開示の技術の趣旨に反しない程度の誤差を含めた意味合いでの平行を指す。また、本明細書の説明において、「同一」とは、完全な同一の他に、本開示の技術が属する技術分野で一般的に許容される誤差であって、本開示の技術の趣旨に反しない程度の誤差を含めた意味合いでの同一を指す。

[0033] <接合光学素子の全体構成>

一例として図1に示すように、接合光学素子10は、一对のレンズ及び積層型ブレード回折光学素子12を備えている。接合光学素子10は、例えば、光学装置（例えば、デジタルカメラ、プロジェクタ、及び顕微鏡等）の

レンズ、及び視力矯正具（例えば、眼鏡及びコンタクトレンズ）のレンズとして利用される。

[0034] 接合光学素子 10 に含まれる一対のレンズはガラス製のレンズであり、紫外線 UV（図 8、図 10 及び図 13 参照）を透過する。図 1 に示す例では、一対のレンズとして、平凸レンズ 14（図 2 も参照）及び両凹レンズ 16（図 3 も参照）が示されている。ここでは、一対のレンズとして、平凸レンズ 14 と両凹レンズ 16 との組み合わせを例示しているが、これはあくまでも一例に過ぎず、一対のレンズは、他種類のレンズの組み合わせ（例えば、両凸レンズと平凹レンズとの組み合わせ）であってもよい。また、一対のレンズはガラス製である必要はなく、樹脂製であってもよい。

[0035] なお、以下では、説明の便宜上、平凸レンズ 14 及び両凹レンズ 16 の厚み方向を Z 方向とし、平凸レンズ 14 及び両凹レンズ 16 の幅方向を X 方向とし、平凸レンズ 14 及び両凹レンズ 16 の図中奥行方向、すなわち、Z 方向及び X 方向に直交する方向を Y 方向として説明する。

[0036] 積層型ブレード回折光学素子 12 は、本開示の技術に係る「ブレード回折光学素子」の一例であり、ブレード回折格子対 18 を備えている。ブレード回折格子対 18 は、第 1 ブレード部材 20 及び第 2 ブレード部材 22 を有しており、第 1 ブレード部材 20 及び第 2 ブレード部材 22 によって回折格子として機能する。

[0037] 一例として図 1 に示すように、第 1 ブレード部材 20 は、Z 方向に表面と裏面を有しており、裏面が平凸レンズ 14 の凸面 14 A（図 2 も参照）に接合されている。第 1 ブレード部材 20 の表面は第 1 鋸歯状面 20 A である。第 1 鋸歯状面 20 A は、断面視鋸歯状に形成されている。一例として図 4 に示すように、第 1 ブレード部材 20 を Z 方向下側から観察した場合、第 1 鋸歯状面 20 A には同心円状に楔状溝 26 が形成されている。

[0038] 一例として図 1 に示すように、第 2 ブレード部材 22 は、Z 方向に表面と裏面を有しており、裏面が両凹レンズ 16 の一方の凹面 16 A（図 3 も参照）に接合されている。第 2 ブレード部材 22 の表面は第 2 鋸歯状面 22

Aである。第2鋸歯状面22Aは、断面視鋸歯状に形成されている。一例として図4に示すように、第2ブレード部材22をZ方向上側から観察した場合、第2鋸歯状面22Aには同心円状に楔状溝28が形成されている。

[0039] 一例として図1に示すように、積層型ブレード回折光学素子12は、中間層24を備えている。中間層24は、第1ブレード部材20と第2ブレード部材22との間に位置している。

[0040] ここで、第1ブレード部材20の屈折率を N_a とし、中間層24の屈折率を N とし、第2ブレード部材22の屈折率を N_b としたとき、“ $N_a > N > N_b$ ”の大小関係が成立する。図1に示す例では、屈折率 N_a の一例として、“1.58”が示されており、屈折率 N の一例として、“1.57”が示されており、屈折率 N_b の一例として、“1.56”が示されている。

[0041] <積層型ブレード回折光学素子の製造方法>

図5には、積層型ブレード回折光学素子12の製造方法の一例が示されている。図5に示す製造方法は、ステップST100の第1ブレード部材形成工程と、ステップST102の中間層形成工程と、ステップST104の第2ブレード部材形成工程と、を含む。

[0042] ステップST100では、第1ブレード部材20が形成される。ステップST102では、第1ブレード部材20の第1鋸歯状面20Aに中間層24が形成される。なお、第1鋸歯状面20Aは、本開示の技術に係る「ブレード部」の一例である。ステップST104では、中間層24の第1ブレード部材20側と反対側に第1ブレード部材20と対をなす第2ブレード部材22が形成される。以下、第1ブレード部材形成工程、中間層形成工程、及び第2ブレード部材形成工程について、より詳しく説明する。

[0043] <第1ブレード部材形成工程>

第1ブレード部材20を作る場合、一例として図6に示すように、キャビティ34を用いる。キャビティ34は、第1鋸歯状面20Aの成型用の金型である。キャビティ34の中央部には、窪み36が形成されている。窪み

36は、ボウル状に形成されている。窪み36の表面は、同心円状面36Aである。同心円状面36Aは、窪み36の底の中央を中心として同心円状に楔状溝（例えば、図4に示す楔状溝に対応する溝）が形成された面である。同心円状面36Aの大きさ及び形状は、第2鋸歯状面22Aに対応している。すなわち、同心円状面36Aは、第2鋸歯状面22Aと同一の大きさ及び形状で形成されている。

[0044] 窪み36には、気泡が入り込まないように第1ブレード部材20用の液状の紫外線硬化樹脂38が流し込まれる。なお、同心円状面36Aの大きさ及び形状は、後の工程で窪み36内の紫外線硬化樹脂38に対して紫外線UV（図8参照）が照射された場合の紫外線硬化樹脂38の収縮率を考慮して設計されている。

[0045] 窪み36に紫外線硬化樹脂38が流し込まれると、次に、一例として図7に示すように、凸面14Aを窪み36に被せるように平凸レンズ14を窪み36に入れ込む。すなわち、凸面14Aを同心円状面36Aに正対させた状態で凸面14Aから窪み36内の紫外線硬化樹脂38に平凸レンズ14を沈める。窪み36から溢れた紫外線硬化樹脂38は拭き取られる。

[0046] 次に、一例として図8に示すように、窪み36に平凸レンズ14が入れられた状態で、紫外線照射装置40が、平凸レンズ14の平面14B（凸面14Aと反対側の面）側から紫外線UVを照射する。紫外線UVは、平凸レンズ14を透過して窪み36内の紫外線硬化樹脂38に照射される。これにより、紫外線硬化樹脂38が硬化して、凸面14Aに第1ブレード部材20が形成される（図1、図4及び図9参照）。

[0047] <中間層形成工程>

中間層24を作る場合、まず、平凸レンズ14がキャビティ34から取り出される。そして、一例として図9に示すように、平凸レンズ14は、第1鋸歯状面20Aを上方に向けた状態でスピコータ42の円盤台42Aの上面42A1に設置される。平凸レンズ14の平面14B（図8参照）の中心は、上面42A1の中心に位置合わせされ、平凸レンズ14が上面42A1

に取り付けられる。

[0048] 上面42A1に対する平凸レンズ14の取り付け方法としては、例えば、吸着による取り付け方法及び／又は押さえ付け部材による取り付け方法等が挙げられる。

[0049] 次に、円盤台42Aの上面42A1に平凸レンズ14が取り付けられた状態で、中間層24用の液状の紫外線硬化樹脂44が第1鋸歯状面20Aの中心に向けて落とされる。紫外線硬化樹脂44は、アクリル系又はエポキシ系の紫外線硬化樹脂であることが好ましい。また、紫外線硬化樹脂に代えて熱硬化樹脂を適用してもよい。また、メタクリレート系高分子の置換基Rを変化させることにより中間層24の屈折率を調整することも可能である。また、複数種類の材料の混合比を調整することで中間層24の屈折率を調整するようにしてもよい。

[0050] 次に、紫外線硬化樹脂44が第1鋸歯状面20Aの中心に向けて落とされた状態、円盤台42Aを高速回転させる。円盤台42Aの回転により紫外線硬化樹脂44に遠心力が加わり、紫外線硬化樹脂44が第1鋸歯状面20Aの全体に拡散塗布される。

[0051] 次に、一例として図10に示すように、紫外線照射装置40が、第1鋸歯状面20Aの全体に拡散塗布された紫外線硬化樹脂44の全体に対して紫外線UVを照射する。これにより、第1鋸歯状面20A上で紫外線硬化樹脂44が硬化され、第1鋸歯状面20Aに中間層24が膜状に形成される。なお、ここでは、中間層24が単層であるため、1回の成膜工程で足りるが、中間層24を複層化させる場合には、同様の成膜工程が層数分だけ繰り返し行われる。

[0052] <第2ブレード部材形成工程>

第2ブレード部材22を作る場合、一例として図11に示すように、両凹レンズ16の凹面16Aには、気泡が入り込まないように第2ブレード部材22用の液状の紫外線硬化樹脂48が流し込まれる。

[0053] 次に、一例として図12に示すように、中間層24を凹面16Aに被せる

ように平凸レンズ14を両凹レンズ16の凹面16A側に入れ込む。すなわち、中間層24を凹面16Aに正対させた状態で中間層24から両凹レンズ16の凹面16A側の紫外線硬化樹脂48に平凸レンズ14を沈める。凹面16Aから溢れた紫外線硬化樹脂48は拭き取られる。

[0054] 次に、一例として図13に示すように、両凹レンズ16の凹面16A側に平凸レンズ14が入れられた状態で、紫外線照射装置50が、両凹レンズ16の他方の凹面16B（凹面16Aとは反対側の面）側から紫外線UVを照射する。紫外線UVは、両凹レンズ16を透過して紫外線硬化樹脂48に照射される。これにより、紫外線硬化樹脂48が硬化して、凹面16A上に第2ブレード部材22が形成される。

[0055] <従来の積層型ブレード回折光学素子>

図14及び図15には、従来の回折光学素子の一例として、中間層を含まない積層型ブレード回折光学素子、すなわち、一对のブレード部材が直接係合している積層型ブレード回折光学素子100が示されている。

[0056] 一例として図14に示すように、積層型ブレード回折光学素子100において、一对のブレード部材は、第1ブレード部材20に相当する第1ブレード部材102と、第2ブレード部材22に相当する第2ブレード部材104によって形成されている。

[0057] 第1ブレード部材102は、第1鋸歯状面20Aに相当する第1鋸歯状面106を有する。第1ブレード部材102は、第1基準面102Aを有する。第1基準面102Aは、仮想的に設定された面であり、例えば、凸面14A（図1参照）に相当する面に対して平行な面である。

[0058] 第1鋸歯状面106は、第1急斜面106A及び第2緩斜面106Bによって形成されている。第1緩斜面106Bは、第1急斜面106Aよりも第1基準面102Aに対して勾配が緩い面である。第1急斜面106Aは、第1基準面102Aに対して垂直な面であり、第1基準面102Aからの第1急斜面106Aの高さが、第1ブレード部材102の格子高さである。なお、第1急斜面106Aは、第1基準面102Aに対して垂直でなくてもよ

い。なぜならば、使用される光学系において、主たる入射光線の方向に対し、最も回折効率が高くなるように第1急斜面106Aの角度が適切に決定されるからである。

[0059] 第2ブレード部材104は、第2鋸歯状面22Aに相当する第2鋸歯状面108を有する。第2ブレード部材102は、第2基準面104Aを有する。第2基準面104Aは、仮想的に設定された面であり、例えば、凹面16A（図1参照）に相当する面に対して平行な面である。

[0060] 第2鋸歯状面22Aは、第2急斜面108A及び第2緩斜面108Bによって形成されている。第2緩斜面108Bは、第2急斜面108Aよりも第2基準面104Aに対して勾配が緩い面である。第2急斜面108Aは、第2基準面104Aに対して垂直な面であり、第2基準面104Aからの第2急斜面108Aの高さが、第2ブレード部材104の格子高さである。

[0061] 第1ブレード部材102の第1鋸歯状面106は、第2ブレード部材104の第2鋸歯状面108に直接係合している。この場合、第1急斜面106Aは、第2急斜面108Aに直接接触しており、第1緩斜面106Bは、第2緩斜面108Bに直接接触している。なお、図14及び図15に示すでは、説明の便宜上、第1急斜面106Aと第2急斜面108Aとを区別して説明する必要がない場合、符号を付さずに「急斜面」と称し、第1緩斜面106Bと第2緩斜面108Bとを区別して説明する必要がない場合、符号を付さずに「緩斜面」と称する。

[0062] 第1ブレード部材102の屈折率は、第2ブレード部材104の屈折率よりも高く、図14に示す例では、第1ブレード部材102の屈折率として“1.58”が示されており、第2ブレード部材104の屈折率として“1.56”が示されている。

[0063] この場合、被写体光が第1ブレード部材102（屈折率が“1.58”の層）から緩斜面を介して第2ブレード部材104（屈折率が“1.56”の層）に入射され、再び、急斜面を介して第1ブレード部材102に入射されてから、緩斜面を介して第2ブレード部材104に入射される。こ

ここで、被写体光が急斜面に入射される角度 $\theta 1$ 次第で、急斜面で被写体光が屈折する。図14に示す例では、被写体光が急斜面に入射される角度 $\theta 1$ は5度であり、急斜面で被写体光が屈折する角度 $\theta 2$ は7度である。この結果、イメージセンサによって撮像されることで得られる撮像画像には、被写体光の屈折によるゴーストが写り込んでしまう。

[0064] 図14に示す例では、第1ブレード部材102から緩斜面を透過した被写体光が急斜面に入射されているが、図15に示す例では、第1ブレード部材102に入射された被写体光が緩斜面を介さずに急斜面に直接照射されている。この場合、角度 $\theta 1$ 次第で、急斜面で被写体光が全反射する。例えば、角度 $\theta 1$ が0度以上11度以下の範囲の場合、被写体光は急斜面で全反射される。この結果、イメージセンサによって撮像されることで得られる撮像画像には、被写体光の全反射によるゴーストが写り込んでしまう。

[0065] <積層型ブレード回折光学素子の詳細>

このような事情に鑑み、一例として図18に示すように、積層型ブレード回折光学素子12は、ブレード回折格子対18及び中間層24を備えている。屈折率 N の中間層24は、屈折率 N_a の第1ブレード部材20と屈折率 N_b の第2ブレード部材22との間に位置している。また、屈折率 N_a の第1ブレード部材20、屈折率 N_b の第2ブレード部材22、及び屈折率 N の中間層24の間において、“ $N_a > N > N_b$ ”の大小関係が成立している。

[0066] また、第1鋸歯状面20Aは、第1急斜面20A1と第1急斜面20A1よりも勾配が緩い第1緩斜面20A2とで形成されている。第2鋸歯状面22Aは、第2急斜面22A1と第2急斜面22A1よりも勾配が緩い第2緩斜面22A2とで形成されている。そして、中間層24は、第1鋸歯状面20Aと第2鋸歯状面22Aとの間において、第1急斜面20A1と第2急斜面22A1との間に配置されている。

[0067] また、第1鋸歯状面20A及び第2鋸歯状面22Aは、中間層24を介して相補的に係合されている。すなわち、第1急斜面20A1と第2急斜面2

2 A 1 とが X 方向に沿って交互に配置されるように第 1 鋸歯状面 2 0 A と第 2 鋸歯状面 2 2 A とが中間層 2 4 を介して係合している。

[0068] また、第 1 ブレード部材 2 0 は、第 1 基準面 5 2 を有し、第 2 ブレード部材 2 2 は、第 2 基準面 5 4 を有する。第 1 基準面 5 2 及び第 2 基準面 5 4 は仮想的に設定された面である。第 1 基準面 5 2 は、凸面 1 4 A (図 1 参照) に対して平行な面であり、第 2 基準面 5 4 は、凹面 1 6 A (図 1 参照) に対して平行な面である。

[0069] 第 1 急斜面 2 0 A 1 及び第 1 緩斜面 2 0 A 2 は、第 1 基準面 5 2 から立ち上がった面であり、第 2 急斜面 2 2 A 1 及び第 2 緩斜面 2 2 A 2 は、第 2 基準面 5 4 から立ち上がった面である。第 1 急斜面 2 0 A 1 は、第 1 基準面 5 2 に対して垂直であり、第 2 急斜面 2 2 A 1 は、第 2 基準面 5 4 に対して垂直である。

[0070] また、第 1 鋸歯状面 2 0 A 及び第 2 鋸歯状面 2 2 A は、中間層 2 4 の厚み分ずれて係合されている。すなわち、第 1 鋸歯状面 2 0 A 及び第 2 鋸歯状面 2 2 A は、中間層 2 4 を介して係合している。

[0071] また、第 1 ブレード部材 2 0 のブレード角及び第 2 ブレード部材 2 2 のブレード角は同一である。また、第 1 ブレード部材 2 0 の格子高さ第 2 ブレード部材の格子高さは同一である。

[0072] 一例として図 1 7 に示すように、積層型ブレード回折光学素子 1 2 では、被写体光を第 1 ブレード部材 2 0 から中間層 2 4 を介して第 2 ブレード部材 2 2 を透過させるために、第 1 ブレード部材 2 0 と第 2 ブレード部材 2 2 の格子高さを h とし、中間層 2 4 の厚さを t とし、臨界角を θ_c としたとき、 $h < t \cdot \tan \theta$ の不等式、及び $\theta_c = \arcsin(N_b / N_a)$ の等式が成立するように、格子高さ h 及び中間層 2 4 の厚さ t が定められている。

[0073] なお、中間層 2 4 の厚さ t は、第 1 緩斜面 2 0 A 2 と第 2 緩斜面 2 2 A 2 との間の厚さ、及び第 1 急斜面 2 0 A 1 と第 2 急斜面 2 2 A 1 との間の厚さを表している。

[0074] また、ここで、臨界角とは、積層型ブレード回折光学素子12の第1ブレード部材20側から被写体光を照射した場合に被写体光を第2ブレード部材22から透過させることができない入射角の最小値を指す。ここで、被写体光を透過させることができないとは、例えば、屈折率が異なる層（媒体）間で、被写体光が全反射してしまって被写体光が層間を透過しないことを意味する。入射角とは、隣接する層の接合面（例えば、第1ブレード部材20と中間層24との接合面、及び中間層24と第2ブレード部材20との接合面）に対して入射される被写体光の光路の角度を指す。図17に示す例において、隣接する層の接合面に対して入射される被写体光の光路の角度は、接合面の法線に対する角度である。

[0075] <積層型ブレード回折光学素子の作用及び効果>

次に、積層型ブレード回折光学素子12の作用について説明する。

[0076] “第1の媒体の屈折率<第2の媒体の屈折率”という大小関係が成立している第1の媒体及び第2の媒体間において、被写体光が第2の媒体側から第1の媒体側に向けて照射された場合、臨界角 $\theta_c = \text{asin} \{ (\text{第1の媒体の屈折率}) / (\text{第2の媒体の屈折率}) \}$ 以上の角度で被写体光は全反射する。

[0077] 図17に示す例において、第1ブレード部材20及び中間層24間の臨界角 θ_c は、第1ブレード部材20及び第2ブレード部材22間の臨界角 θ_c よりも大きい。そのため、第1ブレード部材20から中間層24に対して入射される被写体光の光路の角度が、第1ブレード部材20及び第2ブレード部材22間での臨界角 θ_c 以上であっても、第1ブレード部材20から中間層24に対して入射される被写体光は中間層24で全反射せずに屈折する。屈折した被写体光は、第2ブレード部材22に到達する前に、中間層24のうちの図17中の下面56（中間層24と第2ブレード部材22との接合面（境界面））に到達し、下面56に隣接する第2ブレード部材22に入射する。

[0078] なぜならば、 $h < t \cdot \tan \theta$ の不等式、及び $\theta_c = \text{asin} (Nb / N$

a) の等式が成立するように、格子高さ h 及び中間層 24 の厚さ t が定められているので、被写体光が、全反射する前に中間層 24 の図中下面 56 に到達するからである。

[0079] ここで、図 17 に示す例では第 1 ブレード部材 20 と中間層 24 との臨界面角 θ_{c1} は 83.6 度となる。このため、中間層 24 が存在しない場合の臨界面角 θ_c である 79 度を超える入射角を有する被写体光であっても、入射角が 83.6 度よりも小さい場合は第 1 ブレード部材 20 と中間層 24 との間で全反射しない。すなわち、第 1 ブレード部材 20 と中間層 24 との接合面に対して入射される被写体光は、 $79^\circ < \theta < 83.6^\circ$ の範囲では、第 1 ブレード部材 20 と中間層 24 との接合面で全反射することなく中間層 24 に入射する。そして、中間層 24 に入射された被写体光は、中間層 24 の図中下面 56 から第 2 ブレード部材 22 に入射する。

[0080] 以上説明したように、積層型ブレード回折光学素子 12 は、第 1 ブレード部材 20 及び第 2 ブレード部材 22 によって回折格子として機能するブレード回折格子対 18 と、第 1 ブレード部材 20 と第 2 ブレード部材 22 との間に位置する中間層 24 と、を備えている。そして、屈折率 N_a の第 1 ブレード部材 20、屈折率 N_b の第 2 ブレード部材 22、及び屈折率 N の中間層 24 の間において、“ $N_a > N > N_b$ ” の大小関係が成立している。従って、本構成によれば、第 1 ブレード部材 20 と第 2 ブレード部材 22 とを直接積層させた場合に比べ、入射された光の全反射に起因して生じるゴーストを抑制することができる。また、本構成によれば、中間層 24 が存在することに起因して、光が完全に屈折するまでに要する距離が長くなるため、完全に屈折する前に下面 56 (図 17 参照) に到達するため、入射された光の屈折に起因して生じるゴーストも抑制することができる。

[0081] また、積層型ブレード回折光学素子 12 では、第 1 ブレード部材 20 と第 2 ブレード部材 22 の格子高さを h とし、中間層 24 の厚さを t とし、臨界面角を θ_c としたとき、 $h < t \cdot \tan \theta_c$ の不等式、及び $\theta_c = \arcsin(N_b / N_a)$ の等式が成立する。従って、本構成によれば、 $h < t \cdot t$

$a n \theta c$ の不等式、及び $\theta c = a \sin(Nb/Na)$ の等式が成立しない条件を用いて格子高さ及び中間層24の厚さを定める場合に比べ、ゴーストが発生し難い格子高さ及び中間層24の厚さとして、最適な格子高さ及び最適な中間層24の厚さを容易に定めることができる。

[0082] また、積層型ブレード回折光学素子12では、第1鋸歯状面20A及び第2鋸歯状面22Aが、中間層24を介して相補的に係合されている。従って、本構成によれば、第1鋸歯状面20Aと第2鋸歯状面22Aとが中間層24を介して相補的に係合していない場合に比べ、入射された光に起因して生じるゴーストを抑制することができる。

[0083] また、積層型ブレード回折光学素子12では、中間層24が、第1鋸歯状面20Aと第2鋸歯状面22Aとの間において、第1急斜面20A1と第2急斜面22A1との間に配置されている。従って、本構成によれば、第1急斜面20A1と第2急斜面22A1との間に中間層24が配置されていない場合に比べ、第1急斜面20A1及び第2急斜面22A1に入射された光に起因して生じるゴーストを抑制することができる。

[0084] また、積層型ブレード回折光学素子12では、第1鋸歯状面20Aと第2鋸歯状面22Aとの間において、第1急斜面20A1と第2急斜面22A1との間に中間層24の厚さを t とし、第1ブレード部材20と第2ブレード部材22の格子高さを h とし、臨界角を θc としたとき、 $h < t \cdot \tan \theta c$ の不等式、及び $\theta c = a \sin(Nb/Na)$ の等式が成立する。従って、本構成によれば、 $h < t \cdot \tan \theta c$ の不等式、及び $\theta c = a \sin(Nb/Na)$ の等式が成立しない条件を用いて、格子高さ、及び第1急斜面20A1と第2急斜面22A1との間の中間層24の厚さを定める場合に比べ、ゴーストが発生し難い格子高さ、及びゴーストが発生し難い第1急斜面20A1と第2急斜面22A1との間の中間層24の厚さとして、最適な格子高さ及び最適な中間層24の厚さを容易に定めることができる。

[0085] また、積層型ブレード回折光学素子12では、第1急斜面20A1が第1基準面52に対して垂直であり、第2急斜面22A1が第2基準面54に

対して垂直である。従って、本構成によれば、第1急斜面20A1が第1基準面52に対して垂直ではなく、かつ、第2急斜面22A1が第2基準面52に対して垂直でない場合に比べ、第1急斜面20A1及び第2急斜面22A1に入射された光に起因して生じるゴーストを抑制することができる。

[0086] また、積層型ブレード回折光学素子12では、第1鋸歯状面20Aと第2鋸歯状面22Aは、中間層24の厚み分ずれて係合されている。従って、本構成によれば、第1鋸歯状面20Aと第2鋸歯状面22Aとが中間層24の厚み分ずれて係合されていない場合に比べ、入射された光に起因して生じるゴーストを抑制することができる。

[0087] また、積層型ブレード回折光学素子12では、中間層24が膜状に形成されている。従って、本構成によれば、積層型ブレード回折光学素子12の薄型化に寄与することができる。

[0088] また、積層型ブレード回折光学素子12では、第1ブレード部材20のブレード角及び第2ブレード部材22のブレード角が同一である。従って、本構成によれば、第1ブレード部材20のブレード角と第2ブレード部材22のブレード角とが不揃いの場合に比べ、入射された光に起因して生じるゴーストを抑制することができる。

[0089] また、積層型ブレード回折光学素子12では、第1ブレード部材20の格子高さと同第2ブレード部材の格子高さが同一である。従って、本構成によれば、第1ブレード部材20の格子高さと同第2ブレード部材の格子高さと同が不揃いの場合に比べ、入射された光に起因して生じるゴーストを抑制することができる。

[0090] また、積層型ブレード回折光学素子12の製造方法に含まれる中間層形成工程には、中間層24をスピコートを用いて形成する工程が含まれる。従って、本構成によれば、中間層24を蒸着する場合に比べ、中間層24を厚さが均一な膜状に容易に形成することができる。

[0091] なお、上記実施形態では、第1緩斜面20A2の全面と同第2緩斜面22A2の全面との間に中間層24を介在させる形態例を挙げて説明したが、本開

示の技術はこれに限定されない。例えば、図18に示すように、第1鋸歯状面20Aのうちの少なくとも第1急斜面20A1と第2鋸歯状面22Aのうちの少なくとも第2急斜面22A1との間に中間層24を介在させるようにしてもよい。これにより、第1急斜面20A1と第2急斜面22A1との間に中間層24が配置されていない場合に比べ、第1急斜面20A1及び第2急斜面22A1に入射された光に起因して生じるゴーストを抑制することができる。

[0092] また、上記実施形態では、中間層24が単層である形態例について説明したが、本開示の技術はこれに限定されず、中間層24が複層化構造であってもよい。図19に示す例では、中間層24は、第1層30及び第2層32によって形成されている。第1層30及び第2層32は積層している。第1層30は第1鋸歯状面20Aに接合されており、第2層32は第2鋸歯状面22Aに接合されている。すなわち、凸面14A（図1参照）から凹面16A（図1参照）にかけて、第1ブレード部材20、第1層30、第2層32、及び第2ブレード部材22が順に積層されている。

[0093] ここで、第1層30の屈折率を N_1 とし、第2層32の屈折率を N_2 としたとき、第1ブレード部材20の屈折率 N_a 、第1層30の屈折率 N_1 、第2層32の屈折率 N_2 、及び第2ブレード部材の屈折率 N_b 間において、“ $N_a > N_1 > N_2 > N_b$ ”の大小関係が成立している。このように、中間層24において、細かく屈折率を変化させると、各界面での全反射角度が大きくなるので、全反射しない角度範囲が広がり好適である。従って、本構成によれば、中間層24が1層からなる場合に比べ、中間層24に入射される光の屈折を段階的に細かく制御することができる。なお、第1層30及び第2層32は、あくまでも一例に過ぎず、第1ブレード部材20側から第2ブレード部材22側にかけて小さくなる屈折率を有する複数の層であれば、3層以上であってもよい。また、中間層24は、複数の層に区切られる必要はなく、屈折率が連続的に変化してもよい。

[0094] また、上記実施形態では、両凹レンズ16に中間層24を浸して紫外線U

Vを照射することで中間層24に対して第2ブレード部材22及び両凹レンズ16が一体的に接合される形態例を挙げて説明したが、本開示の技術はこれに限定されない。例えば、第2ブレード部材22の成型用のキャビティを用いて、先ず、中間層24に対して第2ブレード部材22を接合させ、その次に、第2ブレード部材22に両凹レンズ16の凹面16Aが接合させてもよい。

[0095] また、上記実施形態では、凹面16B側から紫外線UVが照射される形態例（図13参照）を挙げて説明したが、本開示の技術はこれに限定されない。例えば、平凸レンズ14の平面14B側から紫外線UVが照射されるようにしてもよい。この場合、第1ブレード部材20及び中間層24を透過可能な波長の紫外線UVが照射されるようにすればよい。

[0096] また、上記実施形態では、紫外線硬化樹脂38、44、46及び48を例示したが、本開示の技術はこれに限定されない。例えば、紫外線とは異なる波長光に反応して硬化する光硬化樹脂であってもよいし、熱硬化樹脂であってもよい。

[0097] また、上記実施形態では、接合光学素子10に対して一对のレンズを適用したが、本開示の技術はこれに限定されず、光を透過する光学素子であれば、レンズ以外の光学素子であってもよい。

[0098] また、上記実施形態では、スピコートによる成膜方法を例示したが、本開示の技術はこれに限定されず、スプレーコート又はインクジェット等による成膜方法であってもよい。また、SiO₂、TiO₂、又はMgF₂等の無機材料を用いて中間層24を作ってもよい。無機材料をコートする場合は蒸着等を利用することが好ましい。

[0099] また、上記実施形態では、被写体光が入射される側の第1ブレード部材20から第2ブレード部材22にかけて形成されている複数の層（媒体）の屈折率が第1ブレード部材20側から第2ブレード部材22側にかけて小さくなる形態例を挙げて説明したが、本開示の技術はこれに限定されず、被写体光の入射方向に関わらず、第2ブレード部材22側から第1ブレード部材20側にかけて小さくなる形態例を挙げて説明してもよい。

ーズド部材20側にかけて複数の層の屈折率が小さくなるようにしても上記実施形態と同様の効果が得られる。

[0100] また、上記実施形態では、接合光学素子10について説明したが、本開示の技術はこれに限定されず、本開示の技術を、回折型多焦点眼内レンズに適用することも可能である。一例として図20に示すように、本開示の技術に係る「ブレード回折光学素子」の一例である回折型多焦点眼内レンズ58は、眼球60内（以下、「眼内」とも称する）に組み込まれて用いられる。例えば、白内障によって濁った水晶体に代えて、眼内に埋め込まれる。図20に示す例では、水晶体に代えて回折型多焦点眼内レンズ58が配置されている。このように、回折型多焦点眼内レンズ58は、水晶体に代えて用いられるので、回折型多焦点眼内レンズ58の表面（前房水に接触する側の面）には、ブレードの回折格子が刻まれており、回折型多焦点眼内レンズ58の表面は、前房62内に満たされている房水（以下、「前房水」とも称する）64に直接接触する。

[0101] 回折型多焦点眼内レンズ58は、ブレード部材66及び表層68を備えている。ブレード部材66は、上記実施形態で説明した第2ブレード部材22に相当する部材であり、表層68は、上記実施形態で説明した中間層24に相当する部材である。なお、表層68は、本開示の技術に係る「層」の一例である。

[0102] ブレード部材66には、上記実施形態で説明した第2鋸歯状面22Aに相当する鋸歯状面66Aが形成されている。鋸歯状面66Aは、急斜面66A1及び緩斜面66A2によって形成されている。急斜面66A1は、上記実施形態で説明した第2急斜面22A1に相当する斜面であり、緩斜面66A2は、上記実施形態で説明した第2緩斜面22A2に相当する斜面である。

[0103] 図20に示す例では、鋸歯状面66Aに表層68の裏面68Aが接合されており、表層68の表面68Bが前房水64に接触している。表層68は、鋸歯状面66Aに相当する形状に形成されている。すなわち、表面68B

は、鋸歯状面 66A から前房水 64 側に上記実施形態で説明した厚さ t だけオフセットされた位置に存在しており、鋸歯状面 66A と同様の形状（鋸歯状）に形成されている。従って、前房水 64 のうち、表面 68B に接触する部分は、上記実施形態で説明した第 1 鋸歯状面 20A と同様の形状になる。

[0104] 前房水 64 の屈折率を A （例えば、1.34 程度）とし、表層 68 の屈折率を B とし、ブレード部材 66 の屈折率を C とすると、前房水 64 の屈折率 A 、表層 68 の屈折率 B 、及びブレード部材 66 の屈折率 C 間で “ $A < B < C$ ” の大小関係が成立するように屈折率 B 及び屈折率 C が定められている。つまり、前房水 64 が上記第 1 実施形態で説明した第 2 ブレード部材 22 に対応し、ブレード部材 66 が上記実施形態で説明した第 1 ブレード部材 20 に対応し、表層 68 が上記実施形態で説明した中間層 24 に対応している。従って、上記実施形態と同様の効果が得られる。なお、この表層 68 も中間層 24 と同様に複層化構造であってもよい。また、表層 68 は、複数の層に区切られる必要はなく、屈折率が連続的に変化してもよい。例えば、表層 68 は、前房水 64 からブレード部材 66 までの屈折率が連続的に変化するように、前房水側ほど屈折率が前房水 64 の屈折率 A に近く、ブレード部材 66 側ほど屈折率が表層 68 の屈折率 C に近く、連続的に変化する屈折率分布を有していてもよい。

[0105] なお、ここでは、回折型多焦点眼内レンズ 58 が眼内に埋め込まれて使用される形態例を挙げて説明したが、本開示の技術はこれに限定されない。例えば、眼球模型 70 に対して回折型多焦点眼内レンズ 58 が適用されてもよい。この場合、眼球模型 70 の疑似前房 72 に前房水 64 と同一の屈折率を有する液体 74 を封入するようにすればよい。

[0106] 眼球模型 70 は、例えば、糖尿病網膜症又は網膜剥離等の診察又は治療に用いられる装置（例えば、眼科用観察装置又は眼科用レーザー治療器）を製造する場合の実験段階で用いられる眼球模型であってもよいし、医学生又は医師等が眼科の各種手術又は各種診察を行うための技能訓練に用いられる眼球模型であってもよい。

- [0107] なお、本開示の技術は、上述の実施形態と種々の変形例を適宜組み合わせることも可能である。また、上記実施形態に限らず、要旨を逸脱しない限り種々の構成を採用し得ることはもちろんである。
- [0108] 以上に示した記載内容及び図示内容は、本開示の技術に係る部分についての詳細な説明であり、本開示の技術の一例に過ぎない。例えば、上記の構成、機能、作用、及び効果に関する説明は、本開示の技術に係る部分の構成、機能、作用、及び効果の一例に関する説明である。よって、本開示の技術の主旨を逸脱しない範囲内において、以上に示した記載内容及び図示内容に対して、不要な部分を削除したり、新たな要素を追加したり、置き換えたりしてもよいことはいうまでもない。また、錯綜を回避し、本開示の技術に係る部分の理解を容易にするために、以上に示した記載内容及び図示内容では、本開示の技術の実施を可能にする上で特に説明を要しない技術常識等に関する説明は省略されている。
- [0109] 本明細書において、「A及び／又はB」は、「A及びBのうちの少なくとも1つ」と同義である。つまり、「A及び／又はB」は、Aだけであってもよいし、Bだけであってもよいし、A及びBの組み合わせであってもよい、という意味である。また、本明細書において、3つ以上の事柄を「及び／又は」で結び付けて表現する場合も、「A及び／又はB」と同様の考え方が適用される。
- [0110] 本明細書に記載された全ての文献、特許出願及び技術規格は、個々の文献、特許出願及び技術規格が参照により取り込まれることが具体的かつ個々に記された場合と同程度に、本明細書中に参照により取り込まれる。

請求の範囲

- [請求項1] ブレーズド回折光学素子であって、
 第1 ブレーズド部材及び第2 ブレーズド部材を有し、前記第1 ブレーズド部材及び前記第2 ブレーズド部材によって回折格子として機能するブレーズド回折格子対と、
 前記第1 ブレーズド部材と前記第2 ブレーズド部材との間に位置する中間層と、を備え、
 前記第1 ブレーズド部材の屈折率を N_a とし、前記中間層の屈折率を N とし、前記第2 ブレーズド部材の屈折率を N_b としたとき、 $N_a > N > N_b$ の大小関係が成立する
 ブレーズド回折光学素子。
- [請求項2] 前記第1 ブレーズド部材及び前記第2 ブレーズド部材の格子高さを h とし、前記中間層の厚さを t とし、 θ_c を臨界角としたとき、 $h < t \cdot \tan \theta_c$ の不等式、及び $\theta_c = \arcsin(N_b / N_a)$ の等式が成立する請求項1に記載のブレーズド回折光学素子。
- [請求項3] 前記第1 ブレーズド部材は、第1 鋸歯状面を有し、
 前記第2 ブレーズド部材は、第2 鋸歯状面を有し、
 前記第1 鋸歯状面及び前記第2 鋸歯状面は、前記中間層を介して相補的に係合されている請求項1又は請求項2に記載のブレーズド回折光学素子。
- [請求項4] 前記第1 ブレーズド部材は、第1 鋸歯状面を有し、
 前記第2 ブレーズド部材は、第2 鋸歯状面を有し、
 前記第1 鋸歯状面は、第1 急斜面と前記第1 急斜面よりも勾配が緩い第1 緩斜面とで形成されており、
 前記第2 鋸歯状面は、第2 急斜面と前記第2 急斜面よりも勾配が緩い第2 緩斜面とで形成されており、
 前記中間層は、前記第1 鋸歯状面と前記第2 鋸歯状面との間において、前記第1 急斜面と前記第2 急斜面との間に配置されている請求項

1 又は請求項 2 に記載のブレード回折光学素子。

[請求項5]

前記第 1 鋸歯状面は、第 1 急斜面と前記第 1 急斜面よりも勾配が緩い第 1 緩斜面とで形成されており、

前記第 2 鋸歯状面は、第 2 急斜面と前記第 2 急斜面よりも勾配が緩い第 2 緩斜面とで形成されており、

前記中間層は、前記第 1 鋸歯状面と前記第 2 鋸歯状面との間において、前記第 1 急斜面と前記第 2 急斜面との間に配置されている請求項 3 に記載のブレード回折光学素子。

[請求項6]

前記第 1 ブレード部材は、第 1 鋸歯状面を有し、

前記第 2 ブレード部材は、第 2 鋸歯状面を有し、

前記第 1 鋸歯状面は、第 1 急斜面と前記第 1 急斜面よりも勾配が緩い第 1 緩斜面とで形成されており、

前記第 2 鋸歯状面は、第 2 急斜面と前記第 2 急斜面よりも勾配が緩い第 2 緩斜面とで形成されており、

前記第 1 鋸歯状面と前記第 2 鋸歯状面との間において、前記第 1 急斜面と前記第 2 急斜面との間における前記中間層の厚さを t とし、前記第 1 ブレード部材及び前記第 2 ブレード部材の格子高さを h とし、 θ_c を臨界角としたとき、 $h < t \cdot \tan \theta_c$ の不等式、及び $\theta_c = \arcsin(N_b / N_a)$ の等式が成立する請求項 1 に記載のブレード回折光学素子。

[請求項7]

前記第 1 ブレード部材は、第 1 基準面を有し、

前記第 2 ブレード部材は、第 2 基準面を有し、

前記第 1 急斜面及び前記第 1 緩斜面は、前記第 1 基準面から立ち上がった面であり、

前記第 2 急斜面及び前記第 2 緩斜面は、前記第 2 基準面から立ち上がった面であり、

前記第 1 急斜面は、前記第 1 基準面に対して垂直であり、

前記第 2 急斜面は、前記第 2 基準面に対して垂直である請求項 4 か

ら請求項6の何れか一項に記載のブレード回折光学素子。

[請求項8] 前記第1鋸歯状面及び前記第2鋸歯状面は、前記中間層の厚み分ずれて係合されている請求項3から請求項7の何れか一項に記載のブレード回折光学素子。

[請求項9] 前記中間層は、前記第1ブレード部材側から前記第2ブレード部材側にかけて小さくなる屈折率を有する複数の層からなる請求項1から請求項8の何れか一項に記載のブレード回折光学素子。

[請求項10] 前記中間層は、膜状に形成されている請求項1から請求項9の何れか一項に記載のブレード回折光学素子。

[請求項11] 前記第1ブレード部材のブレード角及び前記第2ブレード部材のブレード角は同一である請求項1から請求項10の何れか一項に記載のブレード回折光学素子。

[請求項12] 前記第1ブレード部材の格子高さと同前記第2ブレード部材の格子高さは同一である請求項1から請求項11の何れか一項に記載のブレード回折光学素子。

[請求項13] ブレード回折光学素子であって、
ブレード部材と、
前記ブレード部材上に設けられた層と、を備え、
前記層の屈折率は、前記ブレード部材の屈折率と、前記ブレード部材の周囲の環境の屈折率との間である
ブレード回折光学素子。

[請求項14] 前記周囲の環境は、眼内にある前房水であり、
前記層の屈折率は、前記ブレード部材の屈折率と、前記前房水の屈折率との間にある請求項13に記載のブレード回折光学素子。

[請求項15] 前記前房水の屈折率をAとし、前記層の屈折率をBとし、前記ブレード部材の屈折率をCとしたとき、 $A < B < C$ の大小関係が成立する請求項14に記載のブレード回折光学素子。

[請求項16] 前記ブレード部材の格子高さをhとし、前記層の厚さをtとし、

θ_c を臨界角としたとき、 $h < t \cdot \tan \theta_c$ の不等式、及び $\theta_c = \arcsin(A/C)$ の等式が成立する請求項15に記載のブレード回折光学素子。

- [請求項17] 前記ブレード部材は、鋸歯状面を有し、
前記層は、前記鋸歯状面上に、前記鋸歯状面に相当する形状に形成されている請求項15又は請求項16に記載のブレード回折光学素子。
- [請求項18] 前記鋸歯状面は、急斜面と前記急斜面よりも勾配が緩い緩斜面とで形成されている請求項17に記載のブレード回折光学素子。
- [請求項19] 前記ブレード部材は、基準面を有し、
前記急斜面及び前記緩斜面は、前記基準面から立ち上がった面であり、
前記急斜面は、前記基準面に対して垂直である請求項18に記載のブレード回折光学素子。
- [請求項20] 前記鋸歯状面及び前記前房水は、前記層の厚み分ずれて接触している請求項17から請求項19の何れか一項に記載のブレード回折光学素子。
- [請求項21] 前記層は、前記前房水側から前記ブレード部材側にかけて大きくなる屈折率を有する複数の層からなる請求項14から請求項20の何れか一項に記載のブレード回折光学素子。
- [請求項22] 前記層は、膜状に形成されている請求項13から請求項21の何れか一項に記載のブレード回折光学素子。
- [請求項23] ブレード回折光学素子の製造方法であって、
第1ブレード部材を形成する工程と、
前記第1ブレード部材のブレード部に中間層を形成する工程と、
、
前記中間層の前記第1ブレード部材側と反対側に前記第1ブレード部材と対を成す第2ブレード部材を形成する工程と、を備え、

前記第1ブレード部材の屈折率を N_a とし、前記中間層の屈折率を N とし、前記第2ブレード部材の屈折率を N_b としたとき、 $N_a > N > N_b$ の大小関係が成立する

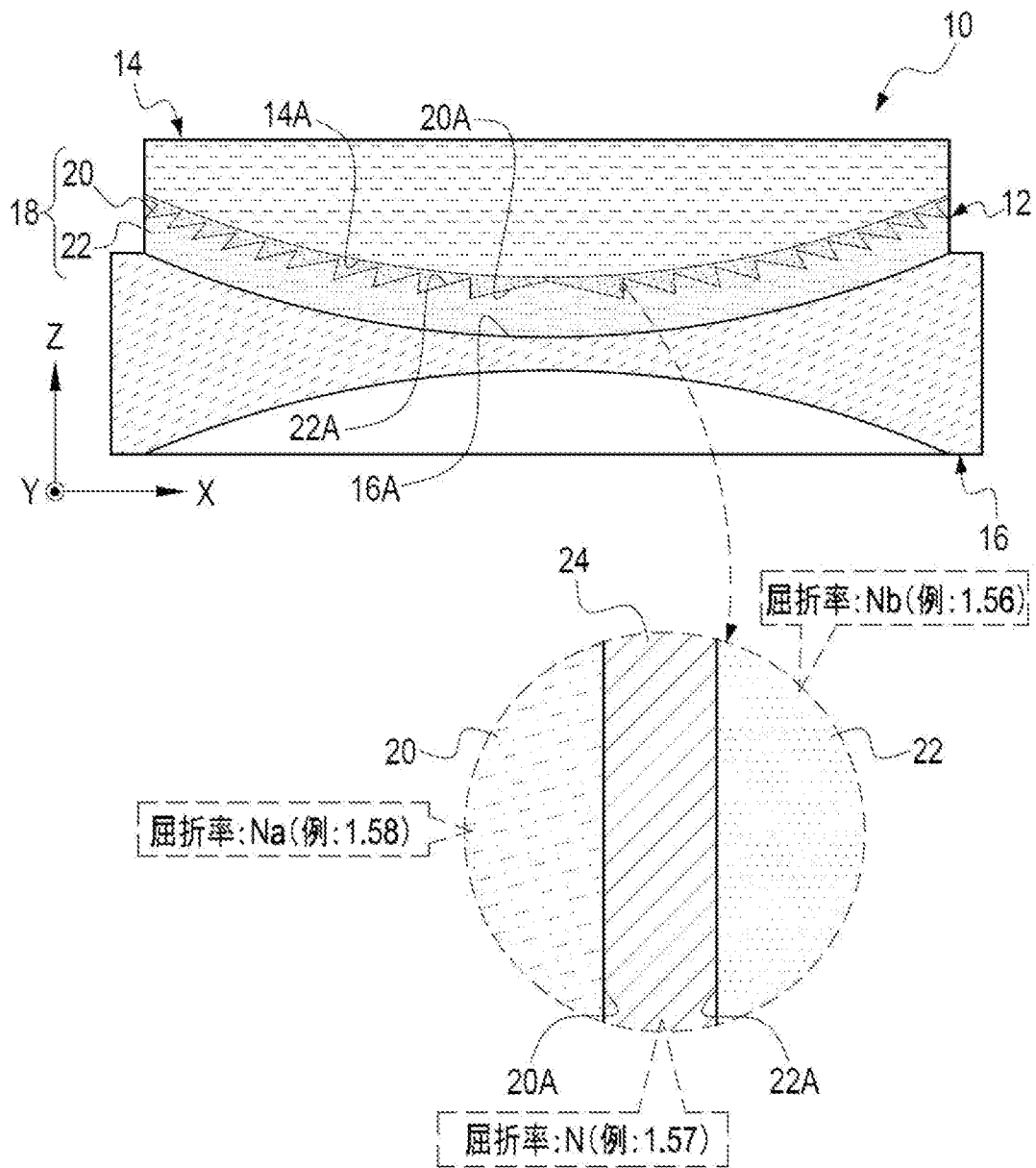
ブレード回折光学素子の製造方法。

[請求項24] 前記中間層を形成する工程は、前記中間層をスピコートを用いて形成する工程である請求項23に記載のブレード回折光学素子の製造方法。

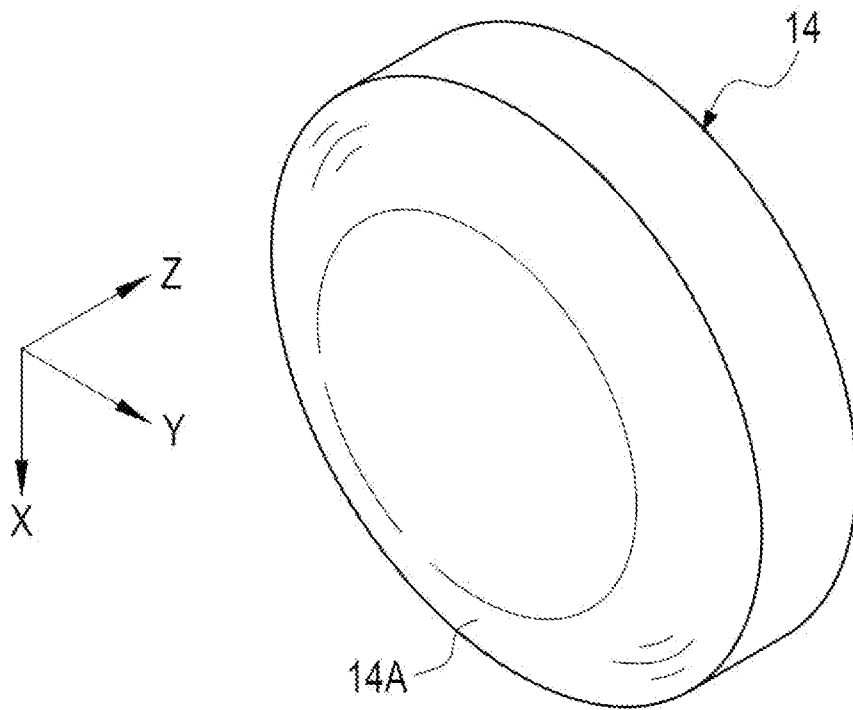
[請求項25] 前記第1ブレード部材及び前記第2ブレード部材の格子高さを h とし、前記中間層の厚さを t とし、 θ_c を臨界角としたとき、 $h > t \cdot \tan \theta_c$ の不等式、及び $\theta_c = \arcsin(N_b/N_a)$ の等式が成立する厚さの前記中間層を形成する請求項23又は請求項24に記載のブレード回折光学素子の製造方法。

[請求項26] 前記第1ブレード部材は、第1鋸歯状面を有し、
前記第2ブレード部材は、第2鋸歯状面を有し、
前記第2ブレード部材を形成する工程において、前記第1鋸歯状面と前記第2鋸歯状面とを前記中間層の厚み分ずらして係合させる請求項23から請求項25の何れか一項に記載のブレード回折光学素子の製造方法。

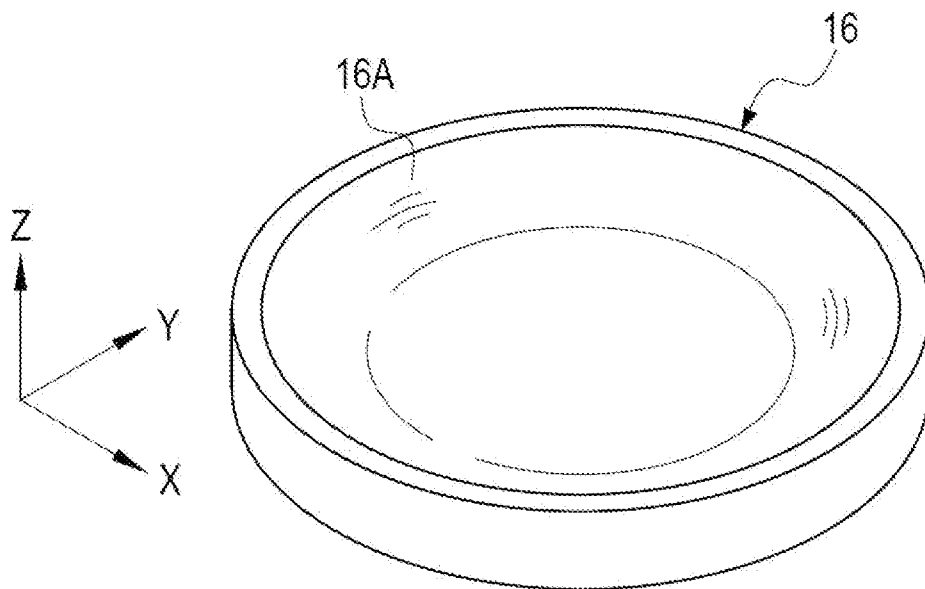
[図1]



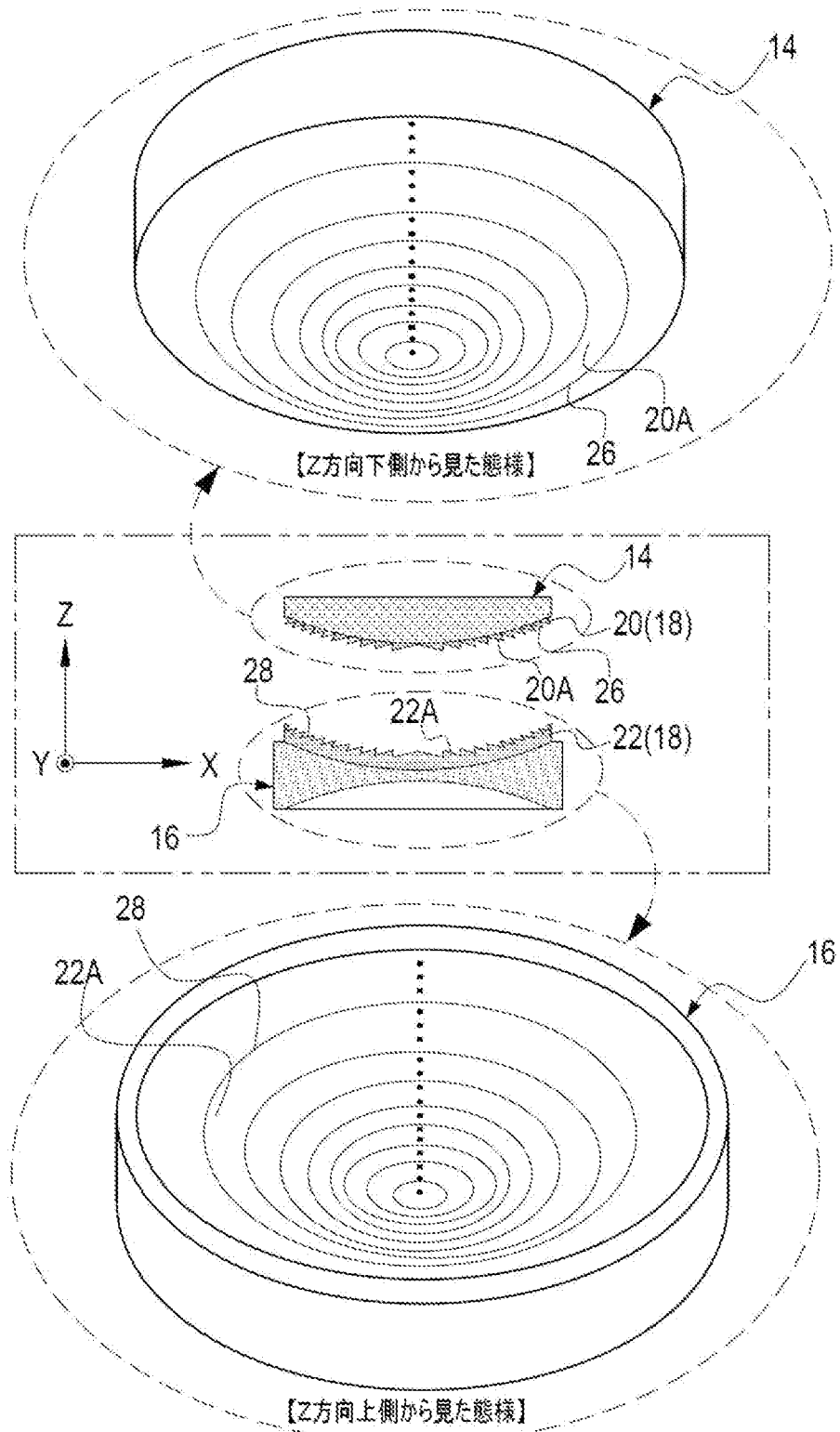
[図2]



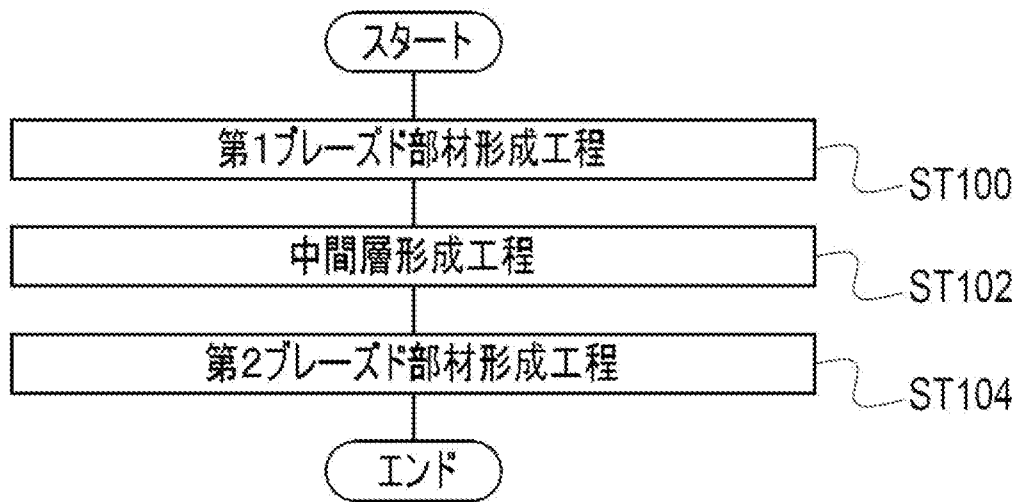
[図3]



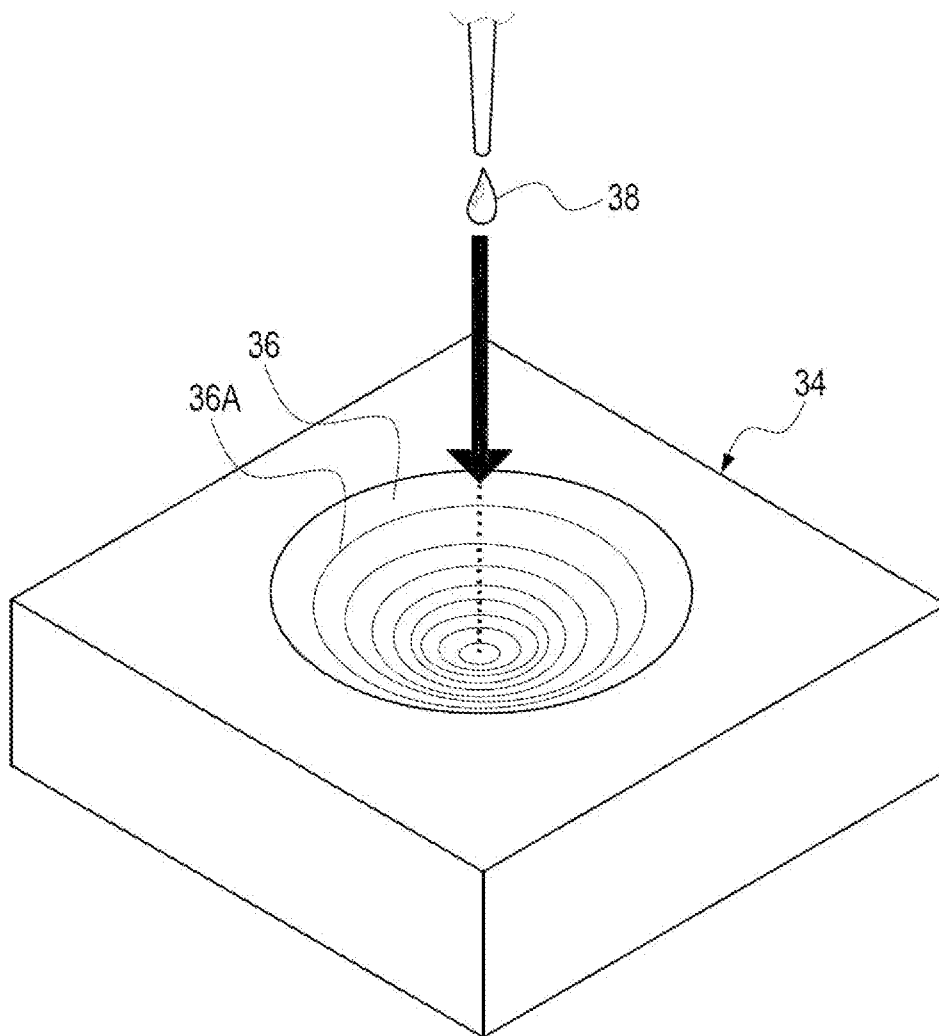
[図4]



[図5]

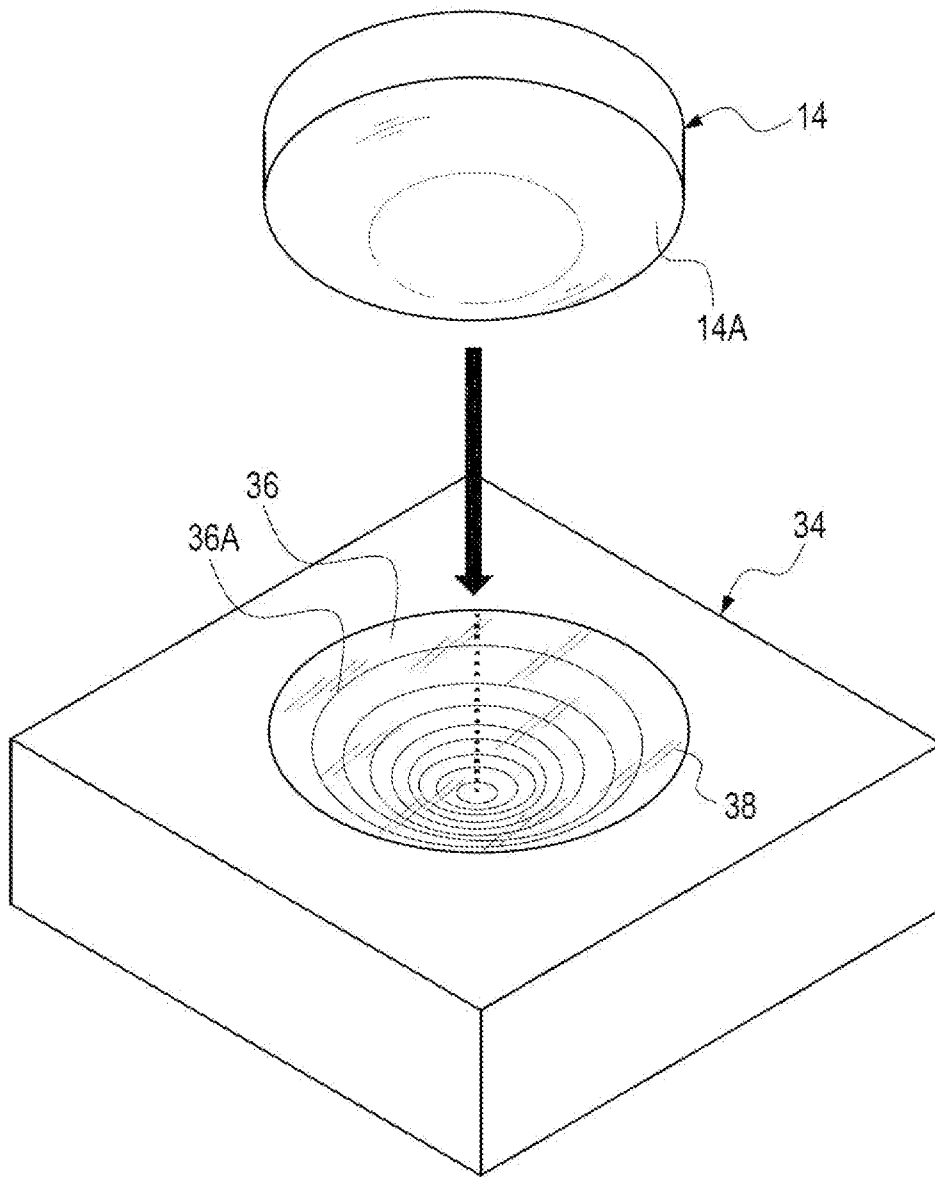


[図6]



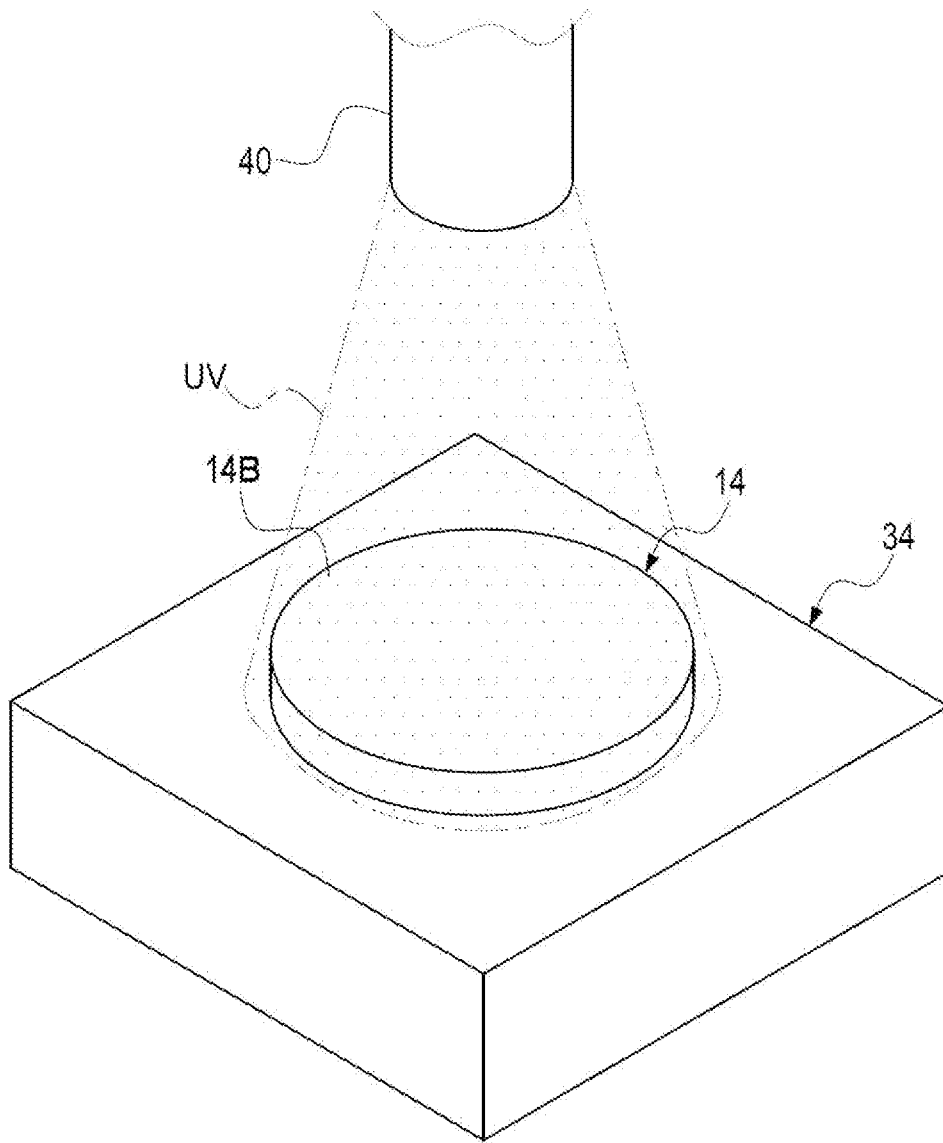
【第1ブレード部材形成工程】

[図7]



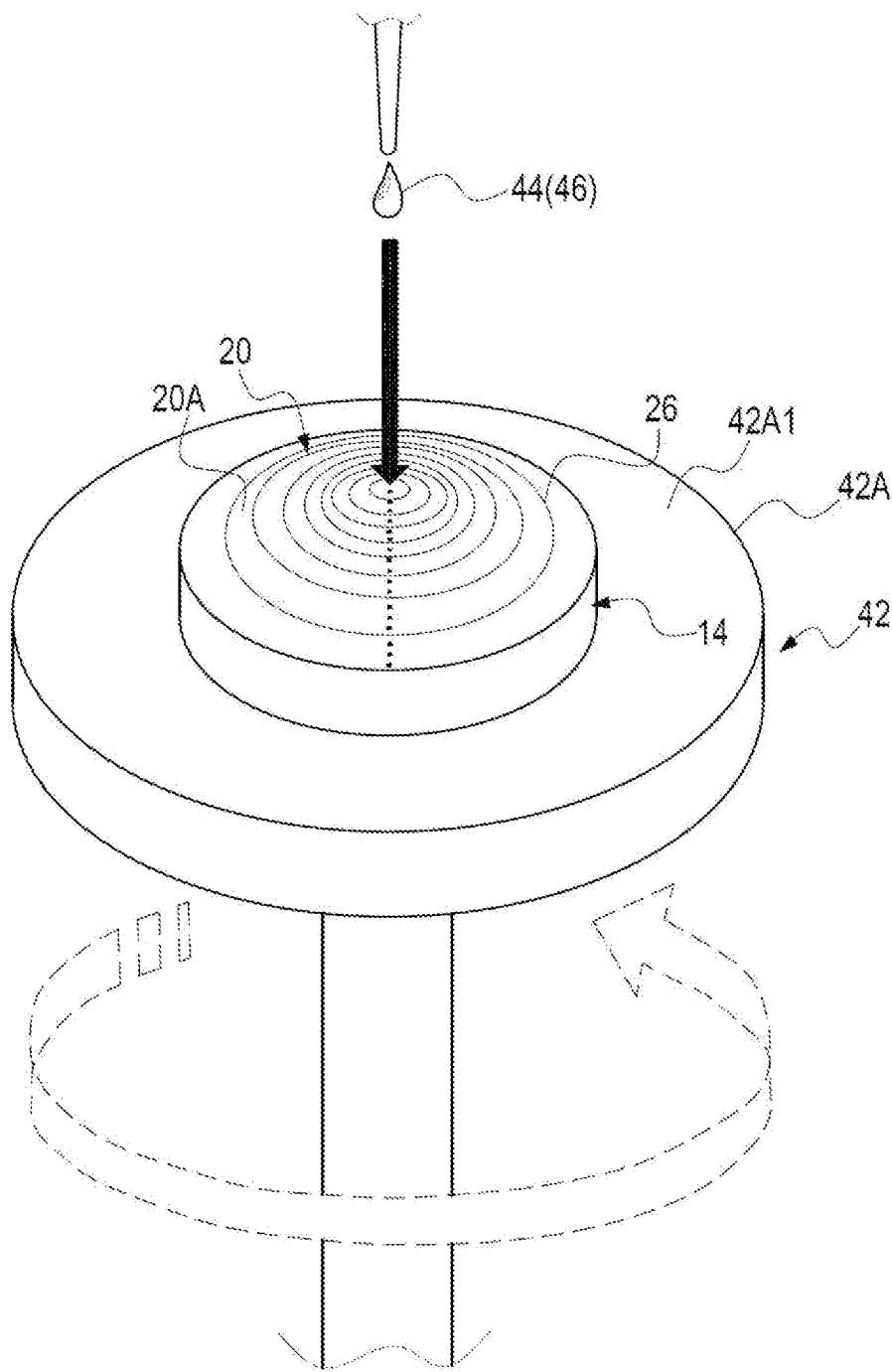
【第1ブレード部材形成工程】

【図8】



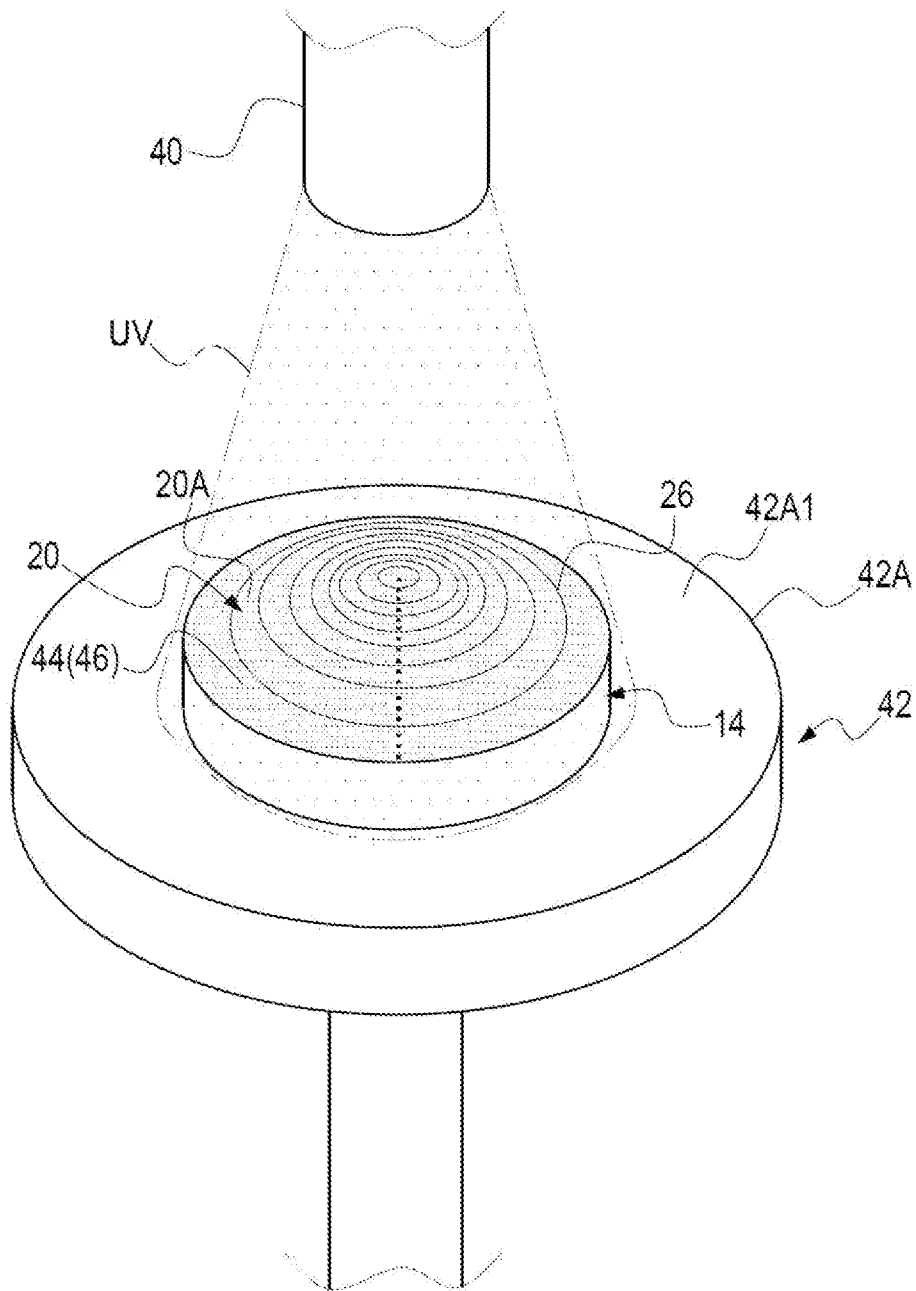
【第1ブレード部材形成工程】

[図9]



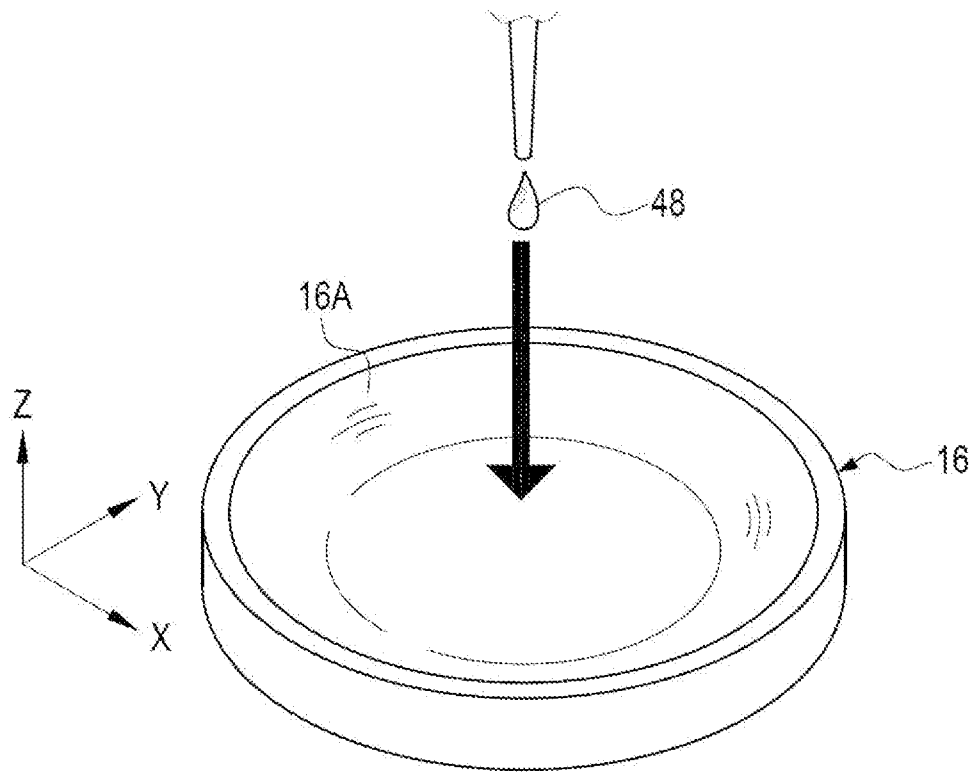
【中間層形成工程】

[図10]



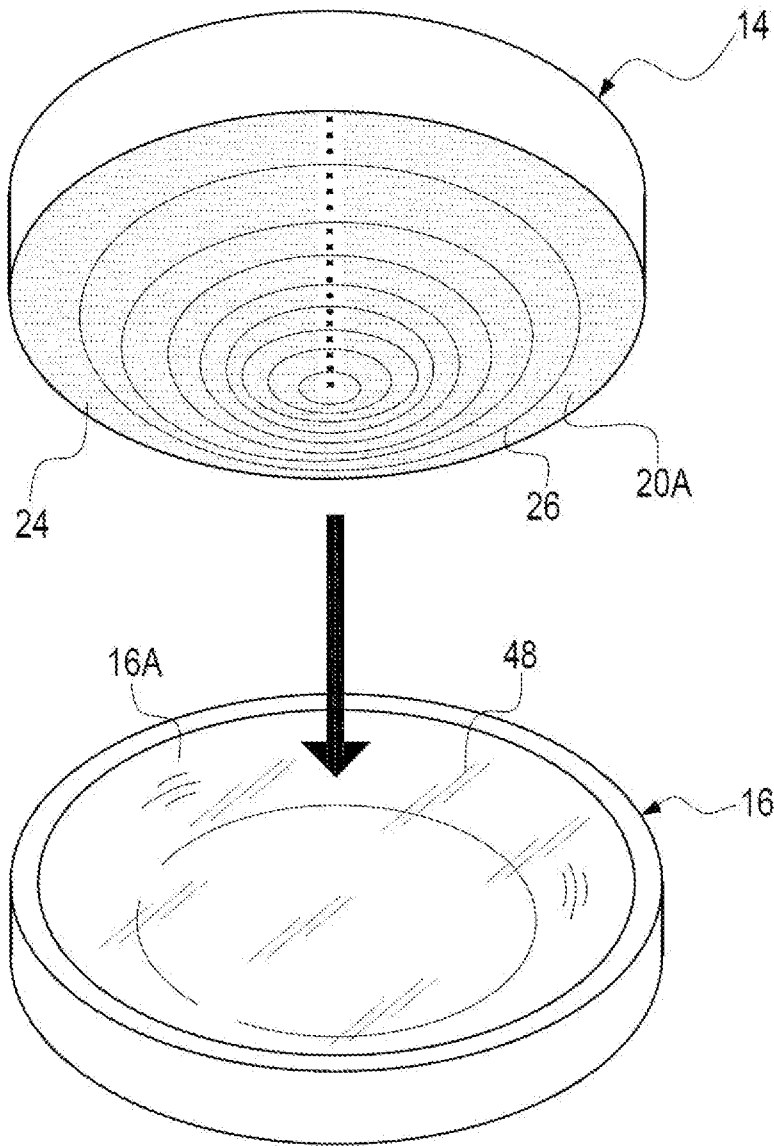
【中間層形成工程】

【図11】



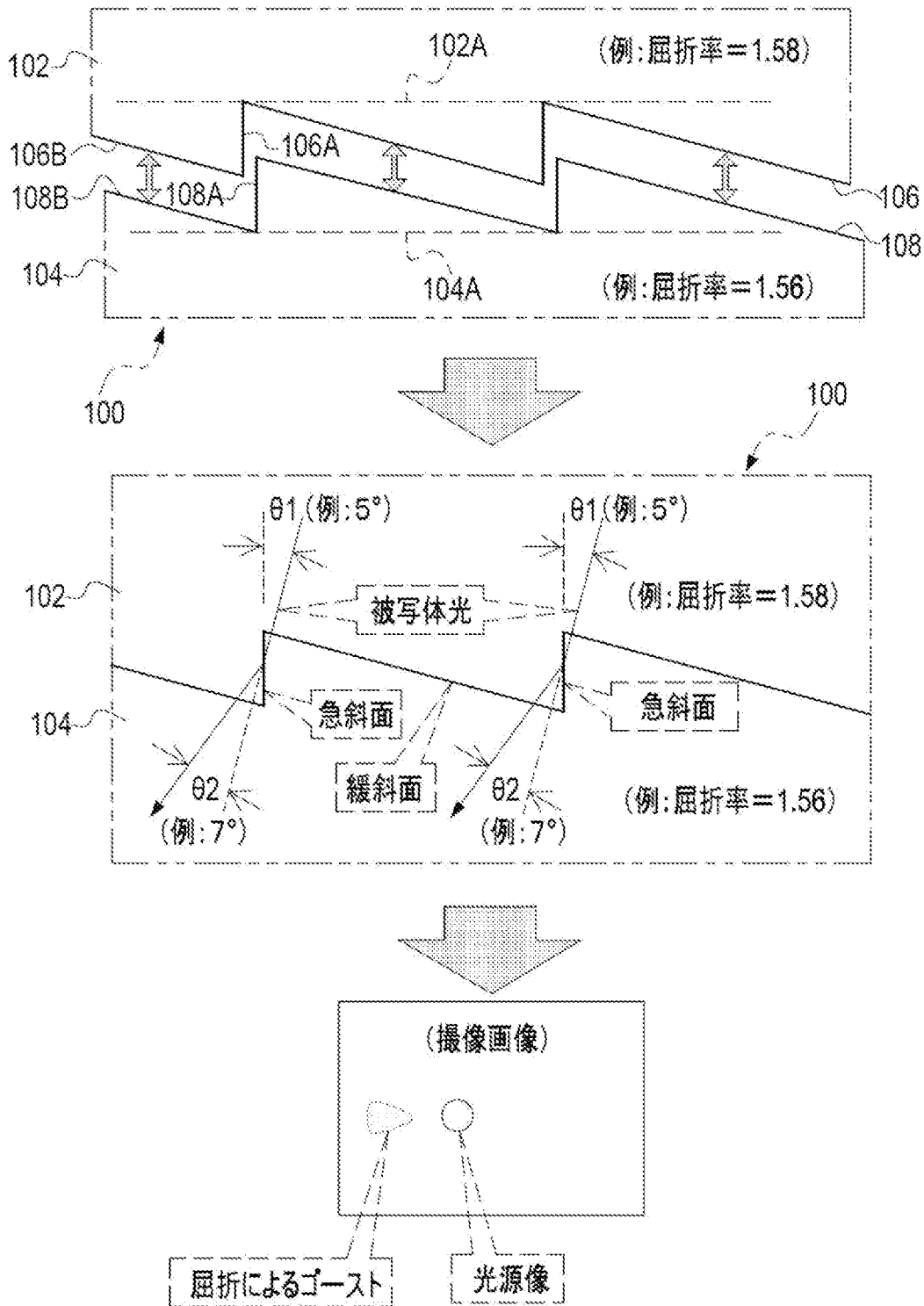
【第2ブレード部材形成工程】

[図12]

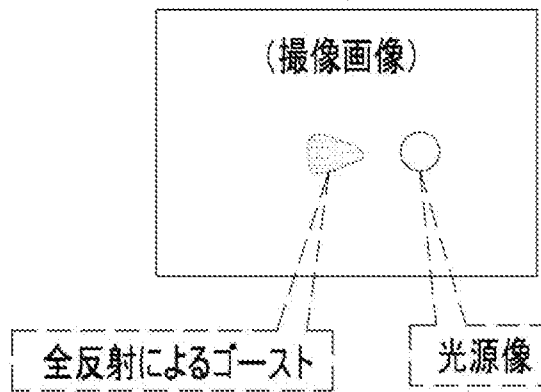
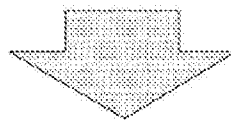
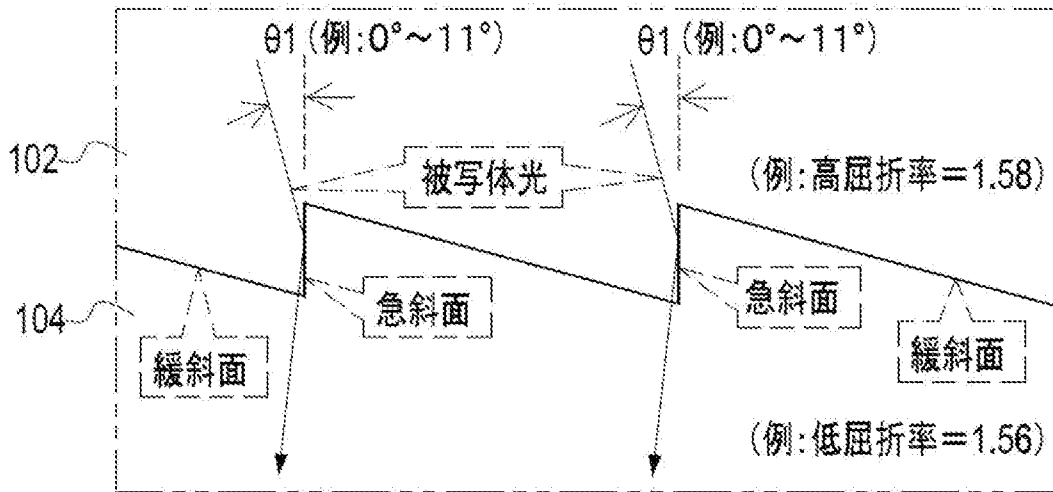


【第2ブレード部材形成工程】

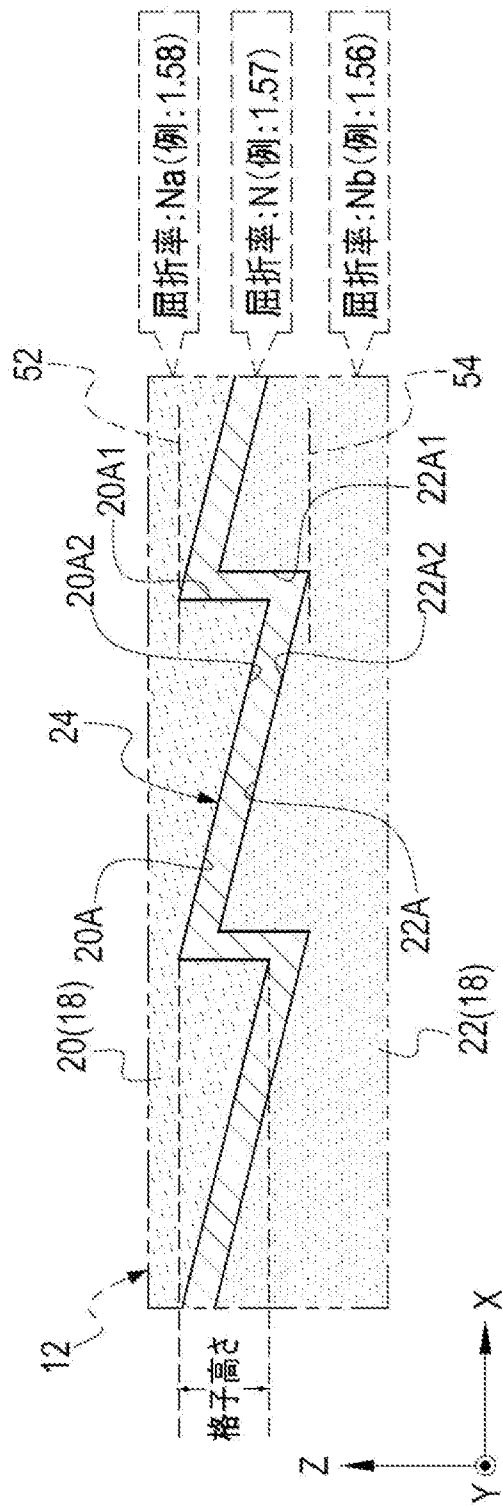
[図14]



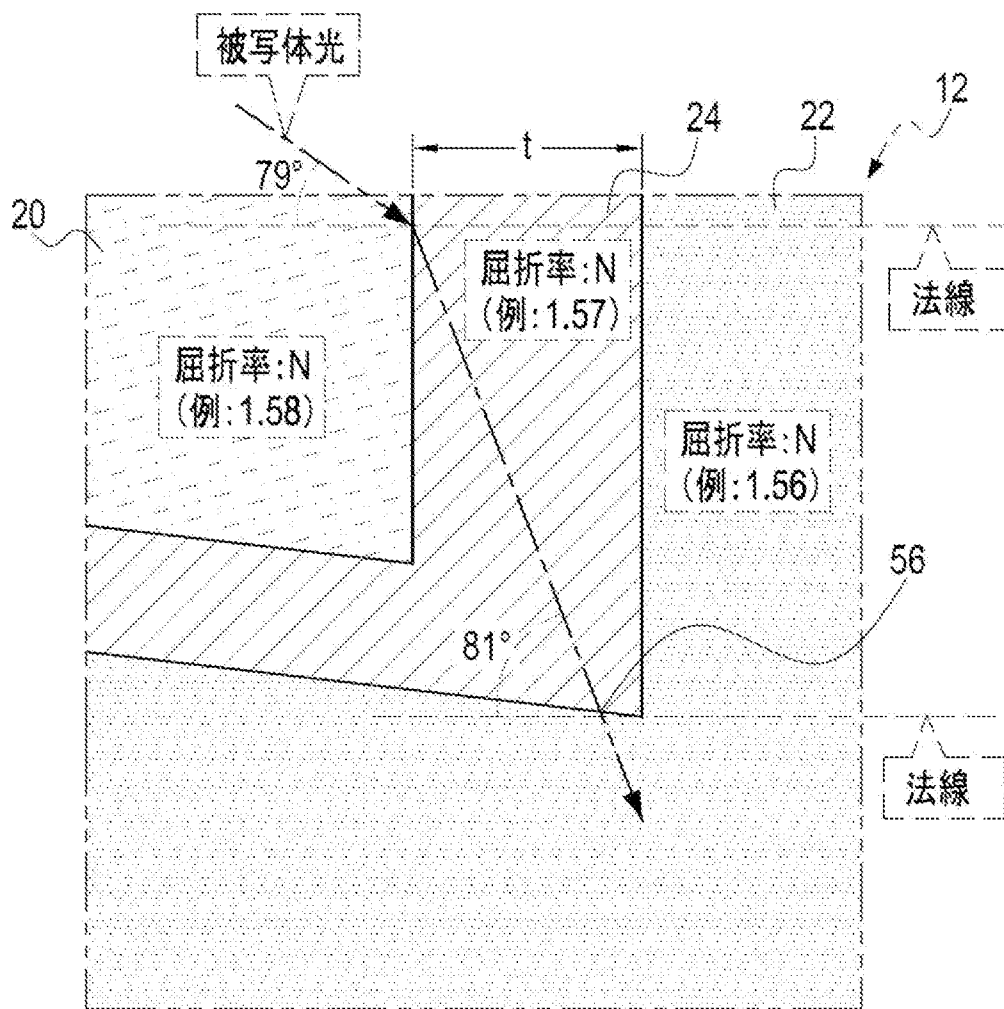
[図15]



[図16]



[図17]

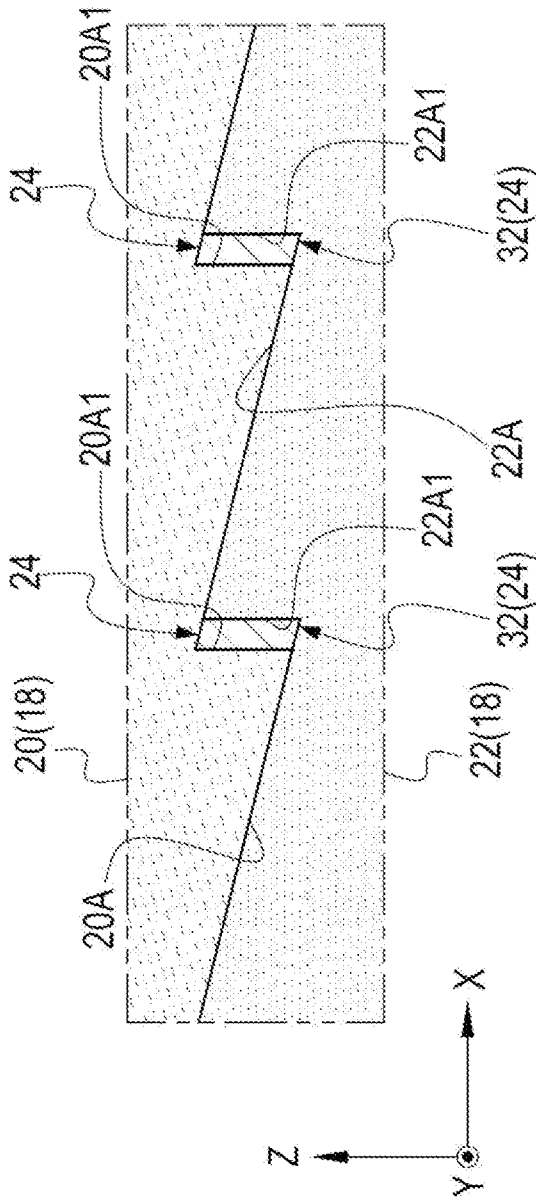


$$h < t \cdot \tan \theta_c$$

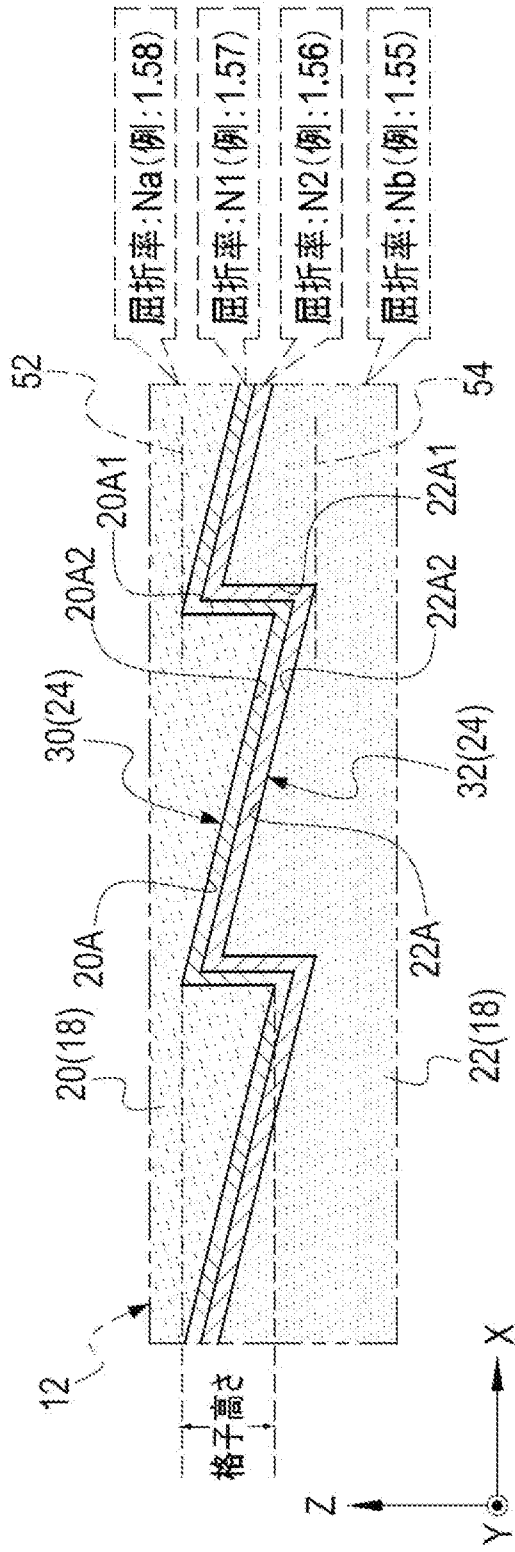
$$\theta_c = \arcsin(N_b/N_a) : \text{臨界角}$$

$$\Rightarrow t > h / \tan \theta_c$$
 (格子厚内で透過するための必要条件)

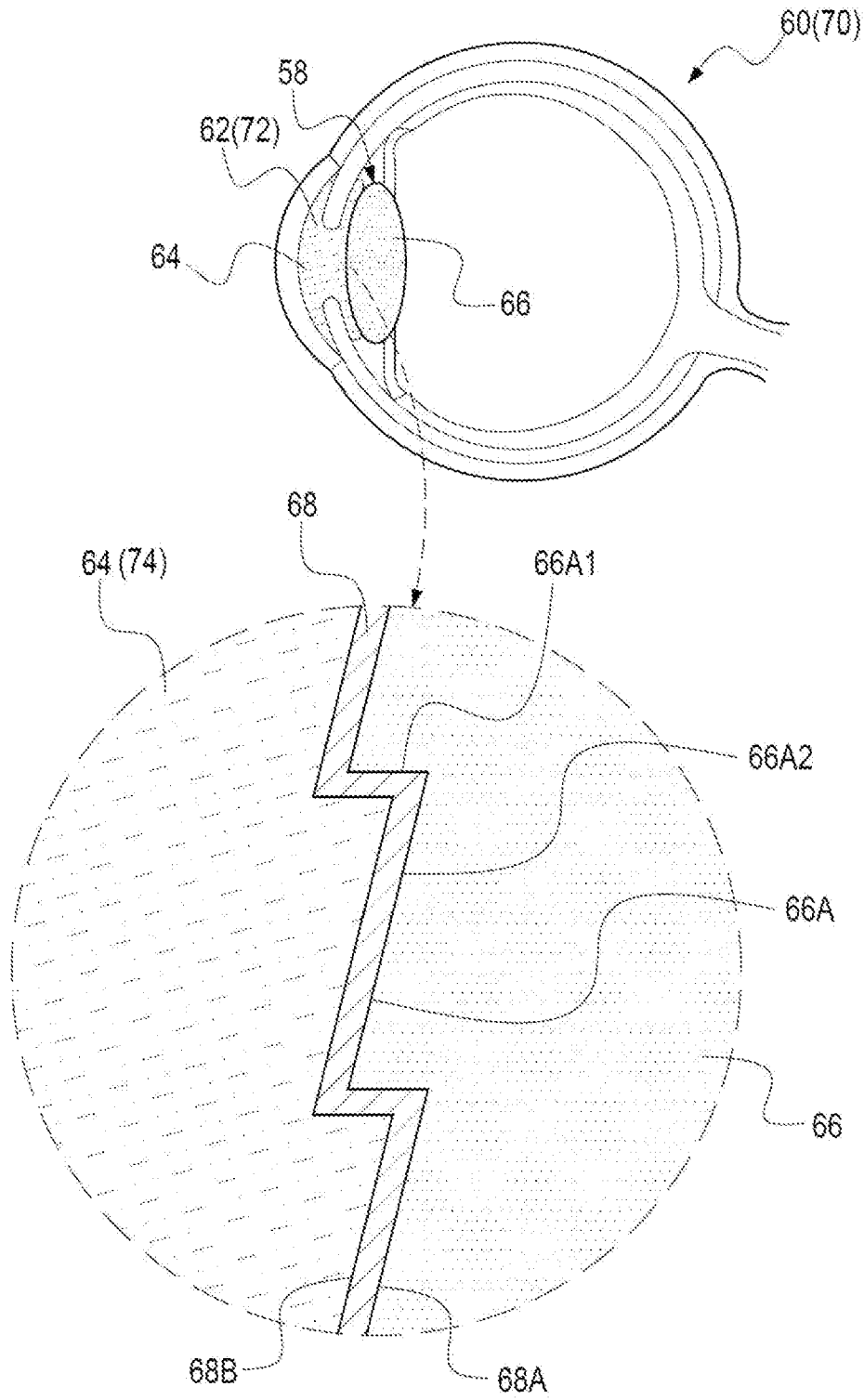
[図18]



[図19]



[図20]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/021755

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02B 5/18(2006.01)i; A61F 2/16(2006.01)i; G02C 7/06(2006.01)i
 FI: G02B5/18; G02C7/06; A61F2/16

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)

G02B5/18; G02B5/32; A61F2/16; G02C1/00-13/00; G09B23/28

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	1971-2021
Registered utility model specifications of Japan	1996-2021
Published registered utility model applications of Japan	1994-2021

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.
X	JP 2011-107586 A (CANON INC.) 02 June 2011 (2011-06-02) paragraphs [0031]-[0032], [0034], [0050], fig. 2, 4, 12	1, 3-5, 7-8, 10-13
Y	paragraphs [0031]-[0032], [0034], [0050], fig. 2, 4, 12	14-15, 17-20, 22-24, 26
A	paragraphs [0031]-[0032], [0034], [0050], fig. 2, 4, 12	2, 6, 9, 16, 21, 25
Y	JP 2019-534071 A (TATVUM LLC) 28 November 2019 (2019-11-28) paragraphs [0034]-[0035], [0041], [0061]-[0062]	14-15, 17-20, 22
Y	JP 2019-66756 A (CANON INC.) 25 April 2019 (2019-04-25) paragraph [0033], fig. 14	23-24, 26

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
 19 August 2021 (19.08.2021)

Date of mailing of the international search report
 31 August 2021 (31.08.2021)

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/JP2021/021755

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2018-189863 A (CANON INC.) 29 November 2018 (2018-11-29) entire text, fig. 1-10	1-26
A	JP 2009-134223 A (CANON INC.) 18 June 2009 (2009-06-18) entire text, fig. 1-20	1-26

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2021/021755

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 2011-107586 A	02 Jun. 2011	US 2011/0122305 A1 paragraphs [0072]- [0073], [0076], [0093], fig. 2, 4A- 4B, 12	
JP 2019-534071 A	28 Nov. 2019	WO 2018/093873 A1 paragraphs [0032]- [0033], [0039], [0060] US 2018/0132996 A1 CA 3041893 A1 CN 110022797 A KR 10-2019-0086496 A	
JP 2019-66756 A	25 Apr. 2019	(Family: none)	
JP 2018-189863 A	29 Nov. 2018	(Family: none)	
JP 2009-134223 A	18 Jun. 2009	US 2009/0141354 A1 entire text, fig. 1- 20	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） G02B 5/18(2006.01)i; A61F 2/16(2006.01)i; G02C 7/06(2006.01)i FI: G02B5/18; G02C7/06; A61F2/16		
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）） G02B5/18; G02B5/32; A61F2/16; G02C1/00-13/00; G09B23/28 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 1971-2021年 日本国実用新案登録公報 1996-2021年 日本国登録実用新案公報 1994-2021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
X	JP 2011-107586 A (キヤノン株式会社) 02.06.2011 (2011-06-02) 段落[0031]-[0032], [0034], [0050], 図2, 4, 12	1, 3-5, 7-8, 10-13
Y	段落[0031]-[0032], [0034], [0050], 図2, 4, 12	14-15, 17-20, 22-24, 26
A	段落[0031]-[0032], [0034], [0050], 図2, 4, 12	2, 6, 9, 16, 21, 25
Y	JP 2019-534071 A (タトヴァム エルエルシー) 28.11.2019 (2019-11-28) 段落[0034]-[0035], [0041], [0061]-[0062]	14-15, 17-20, 22
Y	JP 2019-66756 A (キヤノン株式会社) 25.04.2019 (2019-04-25) 段落[0033], 図14	23-24, 26
A	JP 2018-189863 A (キヤノン株式会社) 29.11.2018 (2018-11-29) 全文, 図1-10	1-26
A	JP 2009-134223 A (キヤノン株式会社) 18.06.2009 (2009-06-18) 全文, 図1-20	1-26
<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 “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 “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 19.08.2021	国際調査報告の発送日 31.08.2021	
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 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） 植野 孝郎 20 9209 電話番号 03-3581-1101 内線 3271	

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/JP2021/021755

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2011-107586 A	02.06.2011	US 2011/0122305 A1 段落[0072]-[0073], [0076], [0093], 図2, 4A-4B, 12	
JP 2019-534071 A	28.11.2019	WO 2018/093873 A1 段落[0032]-[0033], [0039], [0060] US 2018/0132996 A1 CA 3041893 A1 CN 110022797 A KR 10-2019-0086496 A	
JP 2019-66756 A	25.04.2019	(ファミリーなし)	
JP 2018-189863 A	29.11.2018	(ファミリーなし)	
JP 2009-134223 A	18.06.2009	US 2009/0141354 A1 全文, 図1-20	