

(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
2020年10月15日(15.10.2020)



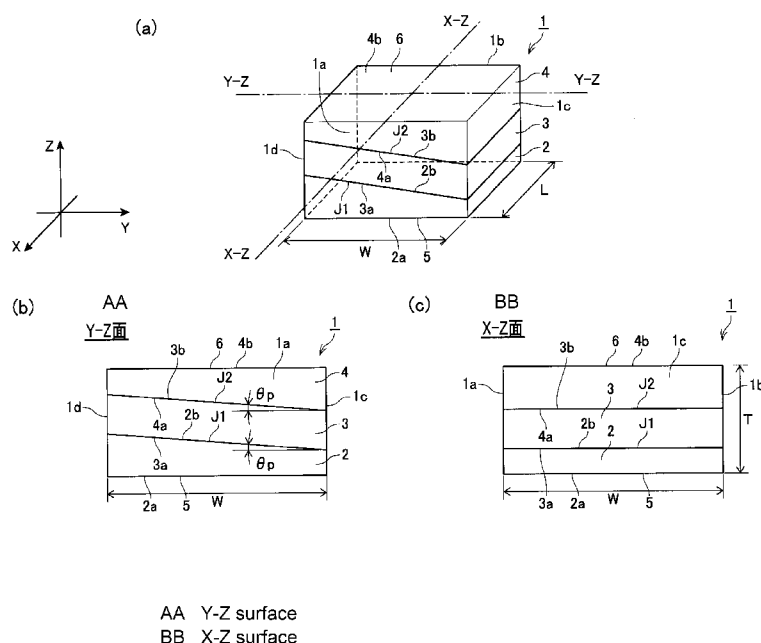
(10) 国際公開番号

WO 2020/208703 A1

- (51) 国際特許分類:
G02B 5/30 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2019/015451
- (22) 国際出願日: 2019年4月9日(09.04.2019)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人: 日本碍子株式会社(**NGK INSULATORS, LTD.**) [JP/JP]; 〒4678530 愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号 Aichi (JP).
- (72) 発明者: 近藤 順悟(**KONDO Jungo**); 〒4678530 愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号日本碍子株式会社内 Aichi (JP). 鶴野 雄大(**UNO Yudai**); 〒4678530 愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号日本碍子株式会社内 Aichi (JP).
- (74) 代理人: 細田 益稔, 外 (**HOSODA Masutoshi et al.**); 〒1020093 東京都千代田区平河町2-10-10 ハイックス平河町4階 Tokyo (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, 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,

(54) **Title:** DEPOLARIZATION ELEMENT AND DEPOLARIZATION ELEMENT STRUCTURE

(54) 発明の名称: 偏光解消素子および偏光解消素子構造体



(57) **Abstract:** [Problem] To provide a structure which, in a depolarization element, can enlarge a polarization scrambling area, can improve the efficiency of polarization scrambling, and can reduce a difference between optical axes of incident light and emission light. [Solution] This depolarization element 1 has: an incident surface 5; an emission surface 6 opposite to the incident surface 5; a pair of first side surfaces 1a, 1b extending between the incident surface 5 and the emission surface 6 and facing each other; and a pair of second side surfaces 1c, 1d extending between the incident surface 5 and the

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).

添付公開書類:

- 国際調査報告 (条約第21条(3))

emission surface 6 and facing each other. The depolarization element 1 includes an incident side birefringence member 2 having the incident surface 5, an emission side birefringence member 4 having the emission surface 6, and an intermediate birefringence member 3 between the incident side birefringence member 2 and the emission side birefringence member 4. The incident side birefringence member 2 and the emission side birefringence member 4 are made of the same material. An ordinary light axis of the incident side birefringence member 2 and an ordinary light axis of the emission side birefringence member 4 are collected, and an extraordinary light axis of the incident side birefringence member 2 and an extraordinary light axis of the emission side birefringence member 4 are collected. The refractive index of the incident side birefringence member 2 and the refractive index of the emission side birefringence member 4 are higher than the refractive index of the intermediate birefringence member 3. When viewed from a first plane (Y-Z plane), a joint interface J1 between the incident side birefringence member 2 and the intermediate birefringence member 3 and a joint interface J2 between the intermediate birefringence member 3 and the emission side birefringence member 4 are inclined with respect to the incident surface 5. When viewed from a second plane (X-Z plane) intersecting the first plane (Y-Z plane), the joint interface J1 and the joint interface J2 are parallel to the incident surface 5.

(57) 要約: 【課題】 偏光解消素子において、偏光スクランブル領域を大きくすることができ、偏光スクランブルの効率がよく、かつ入射光と出射光との光軸の差を小さくできるような構造を提供する。【解決手段】 偏光解消素子 1 は、入射面 5、この入射面 5 の反対側の出射面 6、入射面 5 と出射面 6 との間に伸びる相対向する一对の第一の側面 1 a、1 b、および入射面 5 と出射面 6 との間に伸びる一对の相対向する第二の側面 1 c、1 d を有する。偏光解消素子 1 が、入射面 5 を有する入射側複屈折部材 2、出射面 6 を有する出射側複屈折部材 4、および入射側複屈折部材 2 と出射側複屈折部材 4 との間の中間複屈折部材 3 を備える。入射側複屈折部材 2 と出射側複屈折部材 4 が同種の材料からなる。入射側複屈折部材 2 の常光線軸と出射側複屈折部材 4 の常光線軸とが揃っており、かつ入射側複屈折部材 2 の異常光線軸と出射側複屈折部材 4 の異常光線軸とが揃っている。入射側複屈折部材 2 の屈折率および出射側複屈折部材 4 の屈折率が中間複屈折部材 3 の屈折率よりも高い。第一の平面 (Y-Z 面) から見たときに入射側複屈折部材 2 と中間複屈折部材 3 との接合界面 J 1 および中間複屈折部材 3 と出射側複屈折部材 4 との接合界面 J 2 が入射面 5 に対して傾斜している。第一の平面 (Y-Z 面) に交差する第二の平面 (X-Z 面) から見たときに接合界面 J 1 および接合界面 J 2 が入射面 5 に対して平行である。

明 細 書

発明の名称： 偏光解消素子および偏光解消素子構造体

技術分野

[0001] 本発明は、偏光解消素子および偏光解消素子構造体に関するものである。

背景技術

[0002] 偏光を有する入射光の偏光を解消し、偏光が解消された出射光を出射するための偏光スクランブラーないしデポライザーが知られている。例えば、特許文献1には、水晶からなる断面楔形形状の板を2枚接合し、直方体形状の偏光スクランブル板を得ることが記載されている。水晶を透過する光は、光軸に平行に振動する平行成分と、光軸に垂直に振動する垂直成分とを含む。この光が水晶に入射すると、p偏光の屈折率とs偏光の屈折率とが異なるため、水晶から出射するs偏光とp偏光との間で位相差が生ずる。そして、各水晶板は楔型をしているので、入射光が入射する位置によって水晶板の厚さが変化する。この結果、光が透過する場所によって、与えられる位相差が異なる。この結果として、偏光スクランブル板に入射する光の場所によって、s偏光およびp偏光の各位相が変わり、偏光スクランブル板から出射したs偏光とp偏光の位相差は場所によって異なる。このためs偏光とp偏光が重なり合い、合成される領域内では、この合成光の偏光は場所によって異なることになり、偏光スクランブル状態となる。

[0003] また、特許文献2に記載の偏光スクランブル板においては、楔形の水晶板を4枚接合することで、細長い直方体形状の偏光スクランブル板を得ている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開平5－196811

特許文献2：特開2004－69927

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] しかし、従来の偏光スクランブル板では、p 偏光の出射ビームと s 偏光の出射ビームとが重なった領域で、ビームが重なり合い、偏光スクランブル状態になる。しかし、偏光スクランブル状態になるのは、各ビームが重なり合う領域だけであるので、偏光スクランブル領域を大きくするためには、入射ビーム径を大きくする必要がある。しかし、ビーム径の拡大には限界がある。また、偏光は一方向のみにスクランブル状態となり、この垂直の方向は偏光はスクランブル状態になっていない。

[0006] 本発明の課題は、偏光解消素子において、偏光スクランブル領域を大きくすることができ、偏光スクランブルの効率が高く、かつ入射光と出射光との光軸の差を小さくできるような構造を提供することである。ここで、偏光スクランブルは、偏光解消と同じ意味をなす。

課題を解決するための手段

[0007] 本発明は、入射面、この入射面の反対側の出射面、前記入射面と前記出射面との間に伸びる相対向する一对の第一の側面、および前記前記入射面と前記出射面との間に伸びる一对の相対向する第二の側面を有する偏光解消素子であって、

前記偏光解消素子が、前記入射面を有する入射側複屈折部材、前記出射面を有する出射側複屈折部材、および入射側複屈折部材と前記出射側複屈折部材との間の中間複屈折部材を備えており、

前記入射側複屈折部材と前記出射側複屈折部材が同種の材料からなり、

前記入射側複屈折部材の常光線軸と前記出射側複屈折部材の常光線軸とが揃っており、かつ前記入射側複屈折部材の異常光線軸と前記出射側複屈折部材の異常光線軸とが揃っており、

前記入射側複屈折部材の屈折率および前記出射側複屈折部材の屈折率が前記中間複屈折部材の屈折率よりも大きく、

第一の平面から見たときに前記入射側複屈折部材と前記中間複屈折部材との接合界面および前記中間複屈折部材と前記出射側複屈折部材との接合界面

が前記入射面に対して傾斜しており、前記第一の平面に交差する前記第二の平面から見たときに前記入射側複屈折部材と前記中間複屈折部材との前記接合界面および前記中間複屈折部材と前記出射側複屈折部材との前記接合界面が前記入射面に対して平行であることを特徴とする。

[0008] また、本発明は、第一の偏光解消素子と第二の偏光解消素子とを有する偏光解消素子構造体であって、

第一の偏光解消素子および第二の偏光解消素子が上述の偏光解消素子であり、第一の偏光解消素子と第二の偏光解消素子とが積層されていることを特徴とする。

発明の効果

[0009] 後述するように、本発明の素子によれば、偏光スクランブル領域を大きくすることができ、偏光スクランブルの効率が高く、かつ入射光と出射光との光軸の差を小さくできる。

さらに、第一の偏光解消素子と第二の偏光解消素子とが積層された構造体では、入射光の偏光スクランブルが一方向だけでなく、これと垂直方向の偏光もスクランブル状態にすることが可能である。

ここで、偏光スクランブルの効率とは、単位長さあたりの偏光状態の変化の割合を示す。例えば、直線偏光から円偏光に変化するために必要な距離が近いほど偏光変化が大きく、偏光スクランブルの効率は高くなる。

図面の簡単な説明

[0010] [図1] (a) は、偏光解消素子 1 を模式的に示す斜視図であり、(b) は、偏光解消素子 1 を第一の平面 (Y-Z 面) から見た側面図であり、(c) は、偏光解消素子 1 を第二平面 (X-Z 面) から見た側面図である。

[図2] 第一の平面 (Y-Z 面) から見たときの素子 1 における光の伝搬を示す模式図である。

[図3] 第二の平面 (X-Z 面) から見たときの素子 1 における光の伝搬を示す模式図である。

[図4] (a) は、偏光解消素子 1 A を模式的に示す斜視図であり、(b) は、

偏光解消素子 1 A を第一の平面（Y-Z 面）から見た側面図であり、（c）は、偏光解消素子 1 A を第二の平面（X-Z 面）から見た側面図である。

[図5]第二の平面（X-Z 面）から見たときの素子 1 A における光の伝搬を示す模式図である。

[図6]第二の平面（X-Z 面）から見たときの素子 1 A における光の伝搬を示す補足説明図である。

[図7]複数の偏光解消素子を積層した偏光解消素子構造体 1 1 を示す斜視図である。

[図8]図 8（a）および図 8（b）は、偏光スクランブル特性の測定に用いた光学系を示す。

発明を実施するための形態

[0011] 以下、適宜図面を参照しつつ、本発明を更に説明する。

図 1 ～図 3 は、本発明の実施形態に係る偏光解消素子 1 を示すものである。

偏光解消素子 1 は、入射側複屈折部材 2、中間複屈折部材 3 および出射側複屈折部材 4 の接合体からなる。入射側複屈折部材 1 の一方の主面 2 a は入射面 5 となっており、他方の主面 2 b は中間複屈折部材 3 との接合面となっている。中間複屈折部材 3 の一方の接合面 3 a が入射側複屈折部材に対して接合されており、他方の接合面 3 b が出射側複屈折部材 4 の接合面 4 a に対して接合されている。出射側複屈折部材 4 の他方の主面 4 b は出射面 6 となっている。本例では、入射面 5、出射面 6 は空間に面している。

また、本発明では、入射側、中間、出射側の各複屈折部材は、図 1 で示す Y 軸（第二の平面（X-Z 面）に対して垂直な軸）を常光線軸、X 軸（第一の平面（Y-Z 面）に垂直な軸）を異常光線軸とするように配置できる。あるいは、入射側、中間、出射側の各複屈折部材は、図 1 で示す Y 軸（第二の平面（X-Z 面）に対して垂直な軸）を異常光線軸、X 軸（第一の平面（Y-Z 面）に垂直な軸）を常光線軸とするように配置できる。

さらに、中間複屈折部材については、入射側複屈折部材と異なる光線軸を

配置してよく、例えば、入射側複屈折部材が Y 軸に常光線軸、X 軸に異常光線軸を配置した場合、中間複屈折部材は Y 軸に異常光線軸、X 軸に常光線軸を配置してよい。また、入射側複屈折部材が Y 軸に異常光線軸、X 軸に常光線軸を配置した場合、中間複屈折部材は Y 軸に常光線軸、X 軸に異常光線軸を配置してよい。

[0012] 図 1 (b) に示すように、第一の平面 (Y-Z 面) から見たときに、入射側複屈折部材 2 と中間複屈折部材 3 との接合界面 J 1 および中間複屈折部材 3 と出射側複屈折部材 4 との接合界面 J 2 が、入射面 5 に対して傾斜している。θ p は傾斜角である。また、図 1 (c) に示すように、第一の平面 (Y-Z 面) に交差する第二の平面 (X-Z 面) から見たときに、入射側複屈折部材 2 と中間複屈折部材 3 との接合界面 J 1 および中間複屈折部材 3 と出射側複屈折部材 4 との接合界面 J 2 が入射面 5 に対して平行である。本例では、第一の平面と第二の平面とが直交している。

[0013] ここで、図 2 に示すように、第一の平面 (Y-Z 面) から見たときには、各接合界面 J 1、J 2 が入射面 5 に対して傾斜している結果、出射面において広い範囲 M で偏光スクランブルが生ずる。すなわち、入射面に対して矢印 A のように光が入射すると、光は入射側複屈折部材 2 内を矢印 B のように直進する。この光は、接合界面 J 1 において屈折するが、p 偏光と s 偏光とは屈折角が異なるため、中間複屈折部材 3 において C 1 と C 2 とに分離して伝搬する。次いで、p 偏光と s 偏光とは接合界面 J 2 に達し、再び屈折し、出射側複屈折部材 4 内を矢印 D 1、D 2 のように伝搬し、E 1、E 2 のように出射する。この結果、出射面 6 においては偏光スクランブルが生じ、その範囲 M は広くできる。この一方、p 偏光、s 偏光の光軸は、スネルの法則によって屈折を 2 回繰り返す結果、出射側複屈折部材 4 内および出射面 6 においては、入射側複屈折部材 1 内を伝搬する光 B の光軸とほぼ平行になり、光軸が揃う。

この結果、本発明によれば、出射面において広い範囲 M にわたって偏光スクランブルが可能であり、かつ出射面から出射する光の光軸が、入射光の光

軸とほぼ平行に揃うという点で、きわめて有用な素子を提供できる。

[0014] 一方、図3に示すように、第二の平面（ $X-Z$ 面）から見ると、出射面6における偏光スクランブルは生じない。すなわち、入射面5に対して矢印Aのように入射した光は、入射側複屈折部材2、中間複屈折部材3、出射側複屈折部材4内を矢印B、C、Dのように直進し、そのまま出射面6から矢印Eのように出射する。このとき、 p 偏光と s 偏光とに分離することはないので、偏光スクランブルは生じない。

[0015] 本発明においては、例えば図1～図3に示すように、第一の側面1a、1bが第一の平面（ $Y-Z$ 面）に対して平行であってよい。また、図1～図3に示すように、第二の側面1c、1dが第二の平面（ $X-Z$ 面）に対して平行であってよい。

[0016] 一方、好適な実施形態においては、図4～図6に示すように、第一の側面1a、1bが第一の平面（ $Y-Z$ 面）に対して傾斜しており、第二の側面1c、1dの幅が入射面5から出射面6に向かって減少している。

[0017] すなわち、図4、図5は、本発明の他の実施形態に係る偏光解消素子1Aを示すものである。

偏光解消素子1Aは、入射側複屈折部材2A、中間複屈折部材3Aおよび出射側複屈折部材4Aの接合体からなる。入射側複屈折部材1の一方の主面2aは入射面5となっており、他方の主面2bは中間複屈折部材3Aとの接合面となっている。中間複屈折部材3Aの一方の接合面3aが入射側複屈折部材に対して接合されており、他方の接合面3bが出射側複屈折部材4Aの接合面4aに対して接合されている。出射側複屈折部材4Aの他方の主面4bは出射面6となっている。本例では、入射面5、出射面6は空間に面している。

また、本例では入射側、中間、出射側の各複屈折部材は、図4で示す Y 軸（第二の平面に垂直な軸）を常光線軸、 X 軸（第一の平面に垂直な軸）を異常光線軸とするように配置している。しかしながら、図1と同様に Y 軸に異常光線軸、 X 軸に常光線軸を配置してもよく、 Y 軸に常光線軸、 X 軸に異常

光線軸を配置することもできる。

さらに、中間複屈折部材については、入射側複屈折部材と異なる光線軸を配置してよく、例えば、入射側複屈折部材が Y 軸に常光線軸、X 軸に異常光線軸を配置した場合、中間複屈折部材は Y 軸に異常光線軸、X 軸に常光線軸を配置してよい。また、入射側複屈折部材が Y 軸に異常光線軸、X 軸に常光線軸を配置した場合、中間複屈折部材は Y 軸に常光線軸、X 軸に異常光線軸を配置してよい。

[0018] 図 4 (b) に示すように、第一の平面 (Y-Z 面) から見たときに、入射側複屈折部材 2 A と中間複屈折部材 3 A との接合界面 J 1 および中間複屈折部材 3 A と出射側複屈折部材 4 A との接合界面 J 2 が、入射面 5 に対して傾斜している。θ p は傾斜角である。また、図 4 (c) に示すように、第一の平面 (Y-Z 面) に交差する第二の平面 (X-Z 面) から見たときに、入射側複屈折部材 2 A と中間複屈折部材 3 A との接合界面 J 1 および中間複屈折部材 3 A と出射側複屈折部材 4 A との接合界面 J2 が入射面 2 に対して平行である。本例では、第一の平面と第二の平面とが直交している。これに加えて、第一の側面 1 a、1 b が第一の平面 (Y-Z 面) に対して傾斜しており、第二の側面 1 c、1 d の幅が入射面 5 から出射面 6 に向かって減少している。

[0019] ここで、第一の平面 (Y-Z 面) から見たときの動作は、図 2 に示した例と同じである。すなわち、出射面 6 においては偏光スクランブルが生じ、その範囲 M は広くできる。この一方、p 偏光、s 偏光の光軸は、スネルの法則によって屈折を 2 回繰り返す結果、出射側複屈折部材 3 内および出射面 6 においては、入射側複屈折部材 1 内を伝搬する光 B の光軸とほぼ平行になり、光軸が揃う。

[0020] 一方、第二の平面 (X-Z 面) から見ると、図 5、図 6 に示すように、出射面 6 における偏光スクランブルが生ずる。すなわち、入射面 5 に対して矢印 A のように入射した光は、側面 1 c、1 d に当たらない場合には、入射側複屈折部材 2 A、中間複屈折部材 3 A、出射側複屈折部材 4 A 内を矢印 B、C、D のように直進し、そのまま出射面 6 から出射する。このとき、p 偏光

と s 偏光とに分離することはないので、偏光スクランブルは生じない。しかし、光が側面 1 c、1 d に当たると、全反射され、この結果として接合界面 J 1、J 2 に対して斜めに入射する。この結果、各接合界面において p 偏光と s 偏光とが分離し、そのまま直進してきた光と混合することで、偏光スクランブルが生ずる。

[0021] より具体的に述べると、図 6 に示すように、側面 1 c、1 d の Y-Z 面に対する傾斜角を θ_t とする。光は矢印 A のように入射面 5 に入射し、矢印 B のように入射側複屈折部材内を直線した後、側面 1 d（または 1 c）によって全反射される。このときの反射角度は θ_t である。次いで、光は矢印 C のように中間複屈折部材内を伝搬し、接合界面 J 2 に到達する。この時点で、Y-Z 面に対する光の伝搬方向 C の傾斜角度は $2\theta_t$ になっている。この結果、光は角度 $2\theta_t$ で接合界面 J 2 に入射するので、この時点で p 偏光と s 偏光とが分離する。接合界面 J 2 からの出射角度 θ_{23} は、p 偏光、s 偏光の各物性と中間複屈折部材 3 A、出射側複屈折部材 4 A の屈折率に依存して決定される。次いで、p 偏光、s 偏光は矢印 D 1、D 2 のように出射側複屈折部材 4 A 内を伝搬し、出射面 6 に対して角度 θ_{30} で入射する。そして、スネルの法則に従って E のように角度 θ_0 で出射面 6 から外部に出射する。

[0022] このとき傾斜角 θ_{30} が全反射条件を満足すると、外部に光を取り出すことができなくなるので、全反射角よりも小さい角度である必要がある。例えば出射側複屈折部材の材質をニオブ酸リチウムとし、中間複屈折部材の材質を水晶とした場合には、水晶と空気で決まる全反射角は 39° となる。このことから、 θ_{30} が全反射角 39° 以上にならないように、傾斜角 θ_t を設定する必要がある。例えば、傾斜角 θ_t を 30° としたとき、各 $\theta_{30} = \theta_{23}$ は 38° となり、 θ_t の上限値となる。一方、 θ_t を小さくすると、解消領域が狭くなるので、 θ_t は 5° 以上が好ましい。

[0023] 本発明の偏光解消素子を積層することによって、偏光解消素子構造体を得ることができる。この実施形態においては、少なくとも第一の偏光解消素子と第二の偏光解消素子とを積層するが、三つ以上の偏光解消素子をさらに積

層することも可能である。

[0024] 本実施形態において、好ましくは、第一の偏光解消素子の第一の側面と第二の偏光解消素子の第二の側面とが入射面に垂直な方向に向かって連続している。例えば、図7に示す構造体11は、前述のような偏光解消素子1を入射面に垂直な方向に向かって二つ積層したものである。しかし、下側の第一の偏光解消素子1の第一の側面1a、1bと上側の第二の偏光解消素子1の第二の側面1c、1dとが入射面に垂直な方向に向かって連続している。この結果、第一の平面（Y-Z方向）で見たときに、下側の偏光解消素子1において偏光スクランブルが生じ、第二の平面（X-Z面）で見たときに、上側の偏光解消素子1において偏光スクランブルが生ずる。この結果、第一の平面および第二の平面の両方において偏光スクランブルを生じさせることができる。

[0025] 入射側複屈折部材と中間複屈折部材、中間複屈折部材と出射側複屈折部材とは、直接接合されていることが好ましいが、これらの間に一層または複数層の接合層が存在してもよい。この場合には、接合層の材質は、入射側複屈折部材と出射側複屈折部材の屈折率の間であることが好ましく、接合層の厚さは入射光の波長 λ 以下が好ましく、 $\lambda/4$ 以下が特に好ましい。こういった接合層は、各複屈折部材間の反射防止の機能を持たせることが可能となる。

[0026] 本発明においては、入射側複屈折部材の屈折率および出射側複屈折部材の屈折率を、中間複屈折部材の屈折率よりも高くする。この差は0.5以上であることが好ましく、0.6以上であることが更に好ましい。また、入射側複屈折部材の屈折率および出射側複屈折部材の屈折率と中間複屈折部材の屈折率との差は、材質の入手の観点からは、1.5以下が好ましい。

[0027] 好適な実施形態においては、入射側複屈折部材の屈折率および出射側複屈折部材の屈折率は2以上であり、より好ましくは2.1以上である。また、中間複屈折部材の屈折率は、1.4～1.7が好ましく、1.5～1.6が更に好ましい。

[0028] 本発明においては、入射側複屈折部材の常光線軸と前記出射側複屈折部材の常光線軸とが揃っており、かつ前記入射側複屈折部材の異常光線軸と前記出射側複屈折部材の異常光線軸とが揃っている。

ここで、異常光線軸とは、光が複屈折することなく透過する軸のことであり、複屈折結晶の光学軸に対して平行となる。正方晶系、三方晶系、六方晶系に属する結晶は光学的に一軸複屈折結晶で、結晶のc軸（z軸）が光学軸に対応する。また常光線軸は、複屈折結晶の光学軸に対して垂直となる軸である。常光線軸は、一軸複屈折結晶の場合にa軸（x軸）、あるいは、b軸（y軸）に対応する。

さらに、光線軸が揃っているという定義は、伝搬する光が感じる屈折率が一致することを意味しており、軸方向が一致することではなく、光学軸に対して正、負方向は関係ない。

上記光線軸が揃うということは、両者の光線軸が幾何学的に厳密に一致している場合に限定されるものではない。一例を挙げると、両者の光線軸のズレの寛容度は $-10^{\circ} \sim +10^{\circ}$ 以内が好ましく、 $-5^{\circ} \sim +5^{\circ}$ 以内が更に好ましく、 $-3^{\circ} \sim +3^{\circ}$ 以内が特に好ましい。ここで寛容度は、両者の光線軸のなす角を示しており、各光線軸の正方向、負方向の向きは関係ないものとする。

また、好適な実施形態においては、中間複屈折部材の常光線軸と入射側複屈折部材の常光線軸あるいは異常光線軸とが揃っており、かつ中間複屈折部材の異常光線軸と入射複屈折部材の異常光線軸あるいは常光線軸とが揃っている。上記光線軸が揃うということは、両者の光線軸が幾何学的に厳密に一致している場合に限定されるものではない。一例を挙げると、両者の光線軸のズレの寛容度は $-10^{\circ} \sim +10^{\circ}$ 以内が好ましく、 $-5^{\circ} \sim +5^{\circ}$ 以内が更に好ましく、 $-3^{\circ} \sim +3^{\circ}$ 以内が特に好ましい。ここで寛容度は、両者の光線軸のなす角を示しており、各光線軸の正方向、負方向の向きは関係ないものとする。

[0029] 本発明においては、入射側複屈折部材と前記出射側複屈折部材が同種の材

料からなる。これは、本分野の技術常識からみて入射側複屈折部材の材質と出射側複屈折部材の材質との基本組成が同じであればよく、ドーパントや添加成分が異なっても良い。

[0030] 好適な実施形態においては、入射側複屈折部材および出射側複屈折部材を構成する複屈折材料は、ニオブ酸リチウム（ LiNbO_3 ）、タンタル酸リチウム（ LiTaO_3 ）、ニオブ酸リチウム-タンタル酸リチウム、タンタル酸-ニオブ酸カリウム（ KLiNbO_3 ）、ニオブ酸カリウム（ KNbO_3 ）、チタン酸-リン酸カリウム（ KLTPO_3 ）、ルチルおよびイットリウム-バナデート（ YVO_4 ）からなる群より選ばれる。

[0031] また、好適な実施形態においては、中間複屈折部材を構成する複屈折材料が、水晶、方解石、雲母および MgF_2 からなる群より選ばれる。

[0032] 好適な実施形態においては、偏光解消素子の入射面の面積を偏光解消素子の出射面の面積よりも大きくする。ここで、出射面での偏光スクランブル領域を拡大するという観点からは、入射面の面積／出射面の面積を1.5以上とすることが好ましく、4以上とすることが更に好ましい。しかし、出射面が小さくなると、ビーム径が小さくなりすぎて実用的に使用が難しくなるので、入射面の面積／出射面の面積を10以下とすることが好ましく、8以下とすることが更に好ましい。

[0033] 接合界面J1、J2が入射面5に対してなす角度 θ_p は、 $1 \sim 15^\circ$ が好ましく、 $3 \sim 10^\circ$ が更に好ましい。

θ_t と θ_p とが大きい数値であるほど、p偏光とs偏光の位相差が大きくなり、スクランブル領域を拡大することができるが、大きくなりすぎると出射面2において全反射条件が成立してしまい、素子外部に光が出力されなくなる。したがって、角度 θ_t と θ_p は、出射面で全反射条件が成り立たない角度に調整して設定する。

[0034] 第一の平面と第二の平面との交差角度は、 $80^\circ \sim 90^\circ$ であることが好ましく、 $85^\circ \sim 90^\circ$ であることがさらに好ましく、直交していることが特に好ましい。

実施例

[0035] (実施例 1)

図 1 ～図 3 を参照しつつ説明した偏光解消素子 1 を製造した。

具体的には、厚み 1.5 mm、30 mm 角の y カット MgO ドープニオブ酸リチウム結晶 (MgO:LN ウエハー) からなる基板 2 枚と、厚み 0.8 mm、30 mm 角の光学用水晶基板 1 枚を用意した。次に双方の基板に、スパッタにて Ta2O5 を 30 nm 成膜し、常温直接接合にて上記 MgO:LN ウエハーと水晶基板を直接接合した。このとき、MgO:LN の常光屈折率 n_o (常光線軸) と異常光屈折率 n_e (異常光線軸) は、それぞれ水晶の常光 (常光線軸)、異常光屈折率 (異常光線軸) に合致するようにした。

[0036] さらに、接合した複合基板の水晶側にスパッタにて Ta2O5 を 30 nm 成膜し、常温直接接合にてもう 1 枚の Ta2O5 膜付き MgO:LN 基板と水晶基板側を直接接合した。

[0037] その後、接合した複合基板を 10 mm 角に切断して両面の LN 基板を、界面角 (入射面 5 と接合界面 J1、J2 とがなす角度) θ_p が 7° になるように研磨した。研磨は、入射面、出射面を研磨して、横研、ラップ加工および CMP (化学機械研磨) 仕上げした。得られた複合基板の全体の厚み T は 2.1 mm となった。基板中心部の厚みは、入射側複屈折部材 0.5 mm、中間複屈折部材 0.8 mm、出射側複屈折部材 0.8 mm とした。複合基板を研磨した加工後、ダイシングにて 3 mm 角に切断し、チップ状の偏光解消素子 1 を得た。すなわち、素子の幅 W、L はそれぞれ 3 mm である。

[0038] 作製した偏光解消素子 1 を用い、図 8 (a)、(b) に示す光学系にて偏光スクランブル特性を測定した。すなわち、入力光 I は、出力 3 W の GaN 系青色レーザーを 10 個アレイ化した出力 30 W の光源を使用した。アレイ化したレーザーを集光し、コリメートレンズ 40 によってビーム径 2.5 mm とした。レーザーの直線偏光の偏光方向を偏光スクランブル素子の入力側 MgO:LN の常光軸とのなす角を 45° になるようにした (図 8 (a) 参照)。

[0039] 場所による偏光特性は、図8（b）に示すように、出射面側に径 $30\mu\text{m}$ のアパーチャー42を有するアパーチャー板41を設置し、板41を水平方向（x方向）、垂直方向（y方向）に位置をずらしながら、検光子43によって偏光クロストークを測定した。その結果、アパーチャー41をy方向に動かした時のみ、出力光の偏光クロストークの値が変化し、偏光が解消されることが確認できた。x方向は変化なかった。

[0040] （実施例2）

図7を参照しつつ説明した偏光解消素子構造体11を製造した。実施例1で作製した偏光解消素子1を2つ用意して90度回転させて直接接合した。製造の際には、実施例1でチップ化切断する前の複合基板の状態のときに接合してもよい。

[0041] 作製した偏光解消素子構造体11を用い、実施例1と同様に測定した。

出射面側のアパーチャーを水平方向（x方向）、垂直方向（y方向）に位置をずらしながら、検光子によって偏光クロストークを測定結果、アパーチャーをx方向、y方向にずらすことにより、出力光の偏光クロストークの値が変化し、第一の平面内および第二の平面内の両方で偏光が解消されることが確認できた。

[0042] （実施例3）

図4、図5を説明しつつ説明した偏光解消素子1Aを製造した。

具体的には、実施例1で作製した10mm角の複合基板をダイシングによるセットバック加工に供し、テーパ角（入射光の光軸と側面1a、1bとがなす角度） θ_t が 20° になるように加工した。このとき入射面の外形は3mm角、出射面の外形は、W3mm、L3mm、Lt1.47mmとなった。

[0043] 作製した偏光解消素子1Aを用い、実施例1と同様に測定した。具体的には、出射面側のアパーチャーを水平方向（x方向）、垂直方向（y方向）に位置をずらしながら、検光子によって偏光クロストークを測定結果、アパーチャーをx方向、y方向にずらすことにより、出力光の偏光クロストークの

値が変化し、第一の平面内および第二の平面内の両方で偏光が解消されることが確認できた。

請求の範囲

[請求項1] 入射面、この入射面の反対側の出射面、前記入射面と前記出射面との間に伸びる相対向する一对の第一の側面、および前記入射面と前記出射面との間に伸びる一对の相対向する第二の側面を有する偏光解消素子であって、

前記偏光解消素子が、前記入射面を有する入射側複屈折部材、前記出射面を有する出射側複屈折部材、および入射側複屈折部材と前記出射側複屈折部材との間の中間複屈折部材を備えており、

前記入射側複屈折部材と前記出射側複屈折部材が同種 material からなり、

前記入射側複屈折部材の常光線軸と前記出射側複屈折部材の常光線軸とが揃っており、かつ前記入射側複屈折部材の異常光線軸と前記出射側複屈折部材の異常光線軸とが揃っており、

前記入射側複屈折部材の屈折率および前記出射側複屈折部材の屈折率が前記中間複屈折部材の屈折率よりも大きく、

第一の平面から見たときに前記入射側複屈折部材と前記中間複屈折部材との接合界面および前記中間複屈折部材と前記出射側複屈折部材との接合界面が前記入射面に対して傾斜しており、前記第一の平面に交差する前記第二の平面から見たときに前記入射側複屈折部材と前記中間複屈折部材との前記接合界面および前記中間複屈折部材と前記出射側複屈折部材との前記接合界面が前記入射面に対して平行であることを特徴とする、偏光解消素子。

[請求項2] 前記入射側複屈折部材の屈折率および前記出射側複屈折部材の屈折率が前記中間複屈折部材の屈折率よりも 0.5 以上高いことを特徴とする、請求項 1 記載の素子。

[請求項3] 前記第一の側面が前記第一の平面に対して平行であることを特徴とする、請求項 1 または 2 記載の素子。

[請求項4] 前記第二の側面が前記第二の平面に対して平行であることを特徴と

する、請求項 1 ～ 3 のいずれか一つの請求項に記載の素子。

[請求項5] 前記第一の側面が前記第一の平面に対して傾斜しており、前記第二の側面の幅が前記入射面から前記出射面に向かって減少していることを特徴とする、請求項 1、2 または 4 記載の素子。

[請求項6] 前記第一の平面と前記第二の平面とが直交していることを特徴とする、請求項 1 ～ 5 のいずれか一つの請求項に記載の素子。

[請求項7] 前記中間複屈折部材の常光線軸と前記入射側複屈折部材の常光線軸あるいは異常光線軸とが揃っており、かつ前記中間複屈折部材の異常光線軸と前記入射複屈折部材の異常光線軸あるいは常光線軸とが揃っていることを特徴とする、請求項 1 ～ 6 のいずれか一つの請求項に記載の素子

[請求項8] 前記入射側複屈折部材と前記中間複屈折部材との前記接合界面および前記中間複屈折部材と前記出射側複屈折部材との前記接合界面が前記入射面に対してなす角度 θ_p が 1° 以上、 15° 以下であることを特徴とする、請求項 1 ～ 7 のいずれか一つの請求項に記載の素子。

[請求項9] 前記入射側複屈折部材および前記出射側複屈折部材を構成する複屈折材料が、ニオブ酸リチウム、タンタル酸リチウム、ニオブ酸リチウム-タンタル酸リチウム、タンタル酸-ニオブ酸カリウム、ニオブ酸カリウム、チタン酸-リン酸カリウム、ルチルおよびイットリウム-バナデート (YVO_4) からなる群より選ばれることを特徴とする、請求項 1 ～ 8 のいずれか一つの請求項に記載の素子。

[請求項10] 前記中間複屈折部材を構成する複屈折材料が、水晶、方解石、雲母および MgF_2 からなる群より選ばれることを特徴とする、請求項 1 ～ 9 のいずれか一つの請求項に記載の素子。

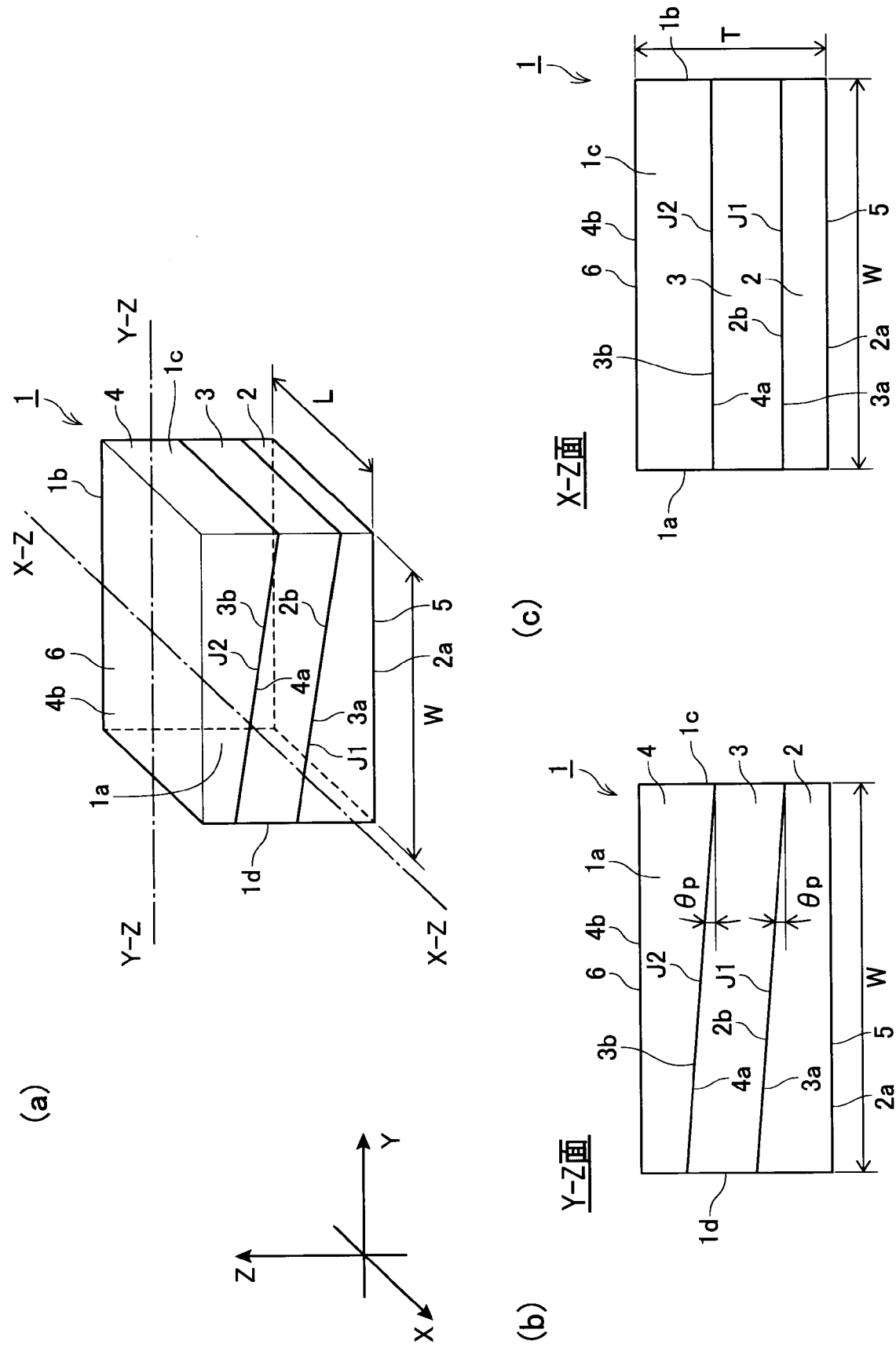
[請求項11] 第一の偏光解消素子と第二の偏光解消素子とを有する偏光解消素子構造体であって、

前記第一の偏光解消素子および前記第二の偏光解消素子が請求項 1 ～ 10 のいずれか一つの請求項に記載の偏光解消素子であり、前記第

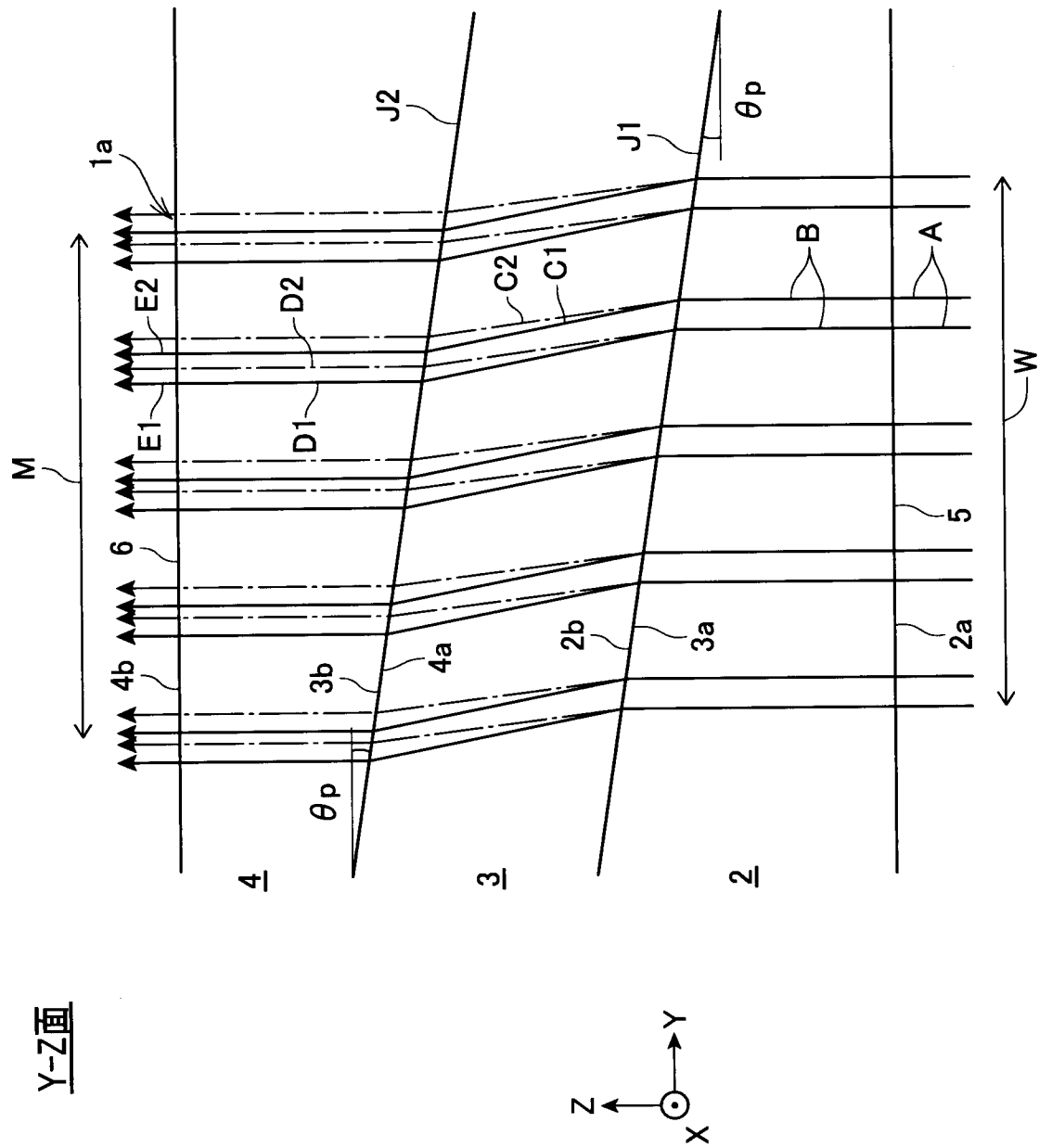
一の偏光解消素子と前記第二の偏光解消素子とが積層されていることを特徴とする、偏光解消素子構造体。

[請求項12] 前記第一の偏光解消素子の前記第一の側面と前記第二の偏光解消素子の前記第二の側面とが連続していることを特徴とする、請求項11記載の偏光解消素子構造体。

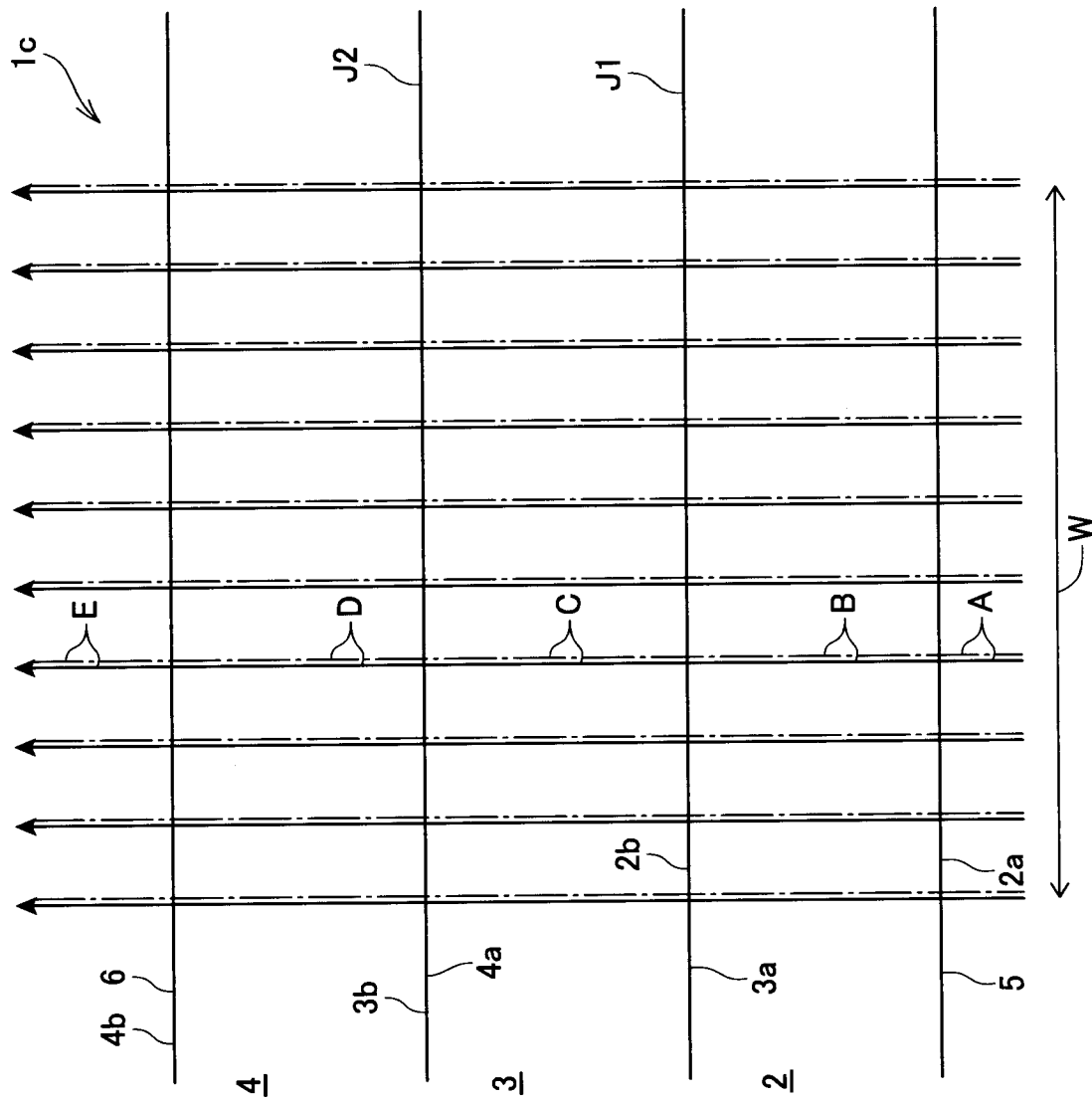
[図1]



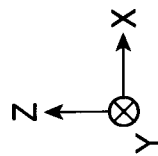
[図2]



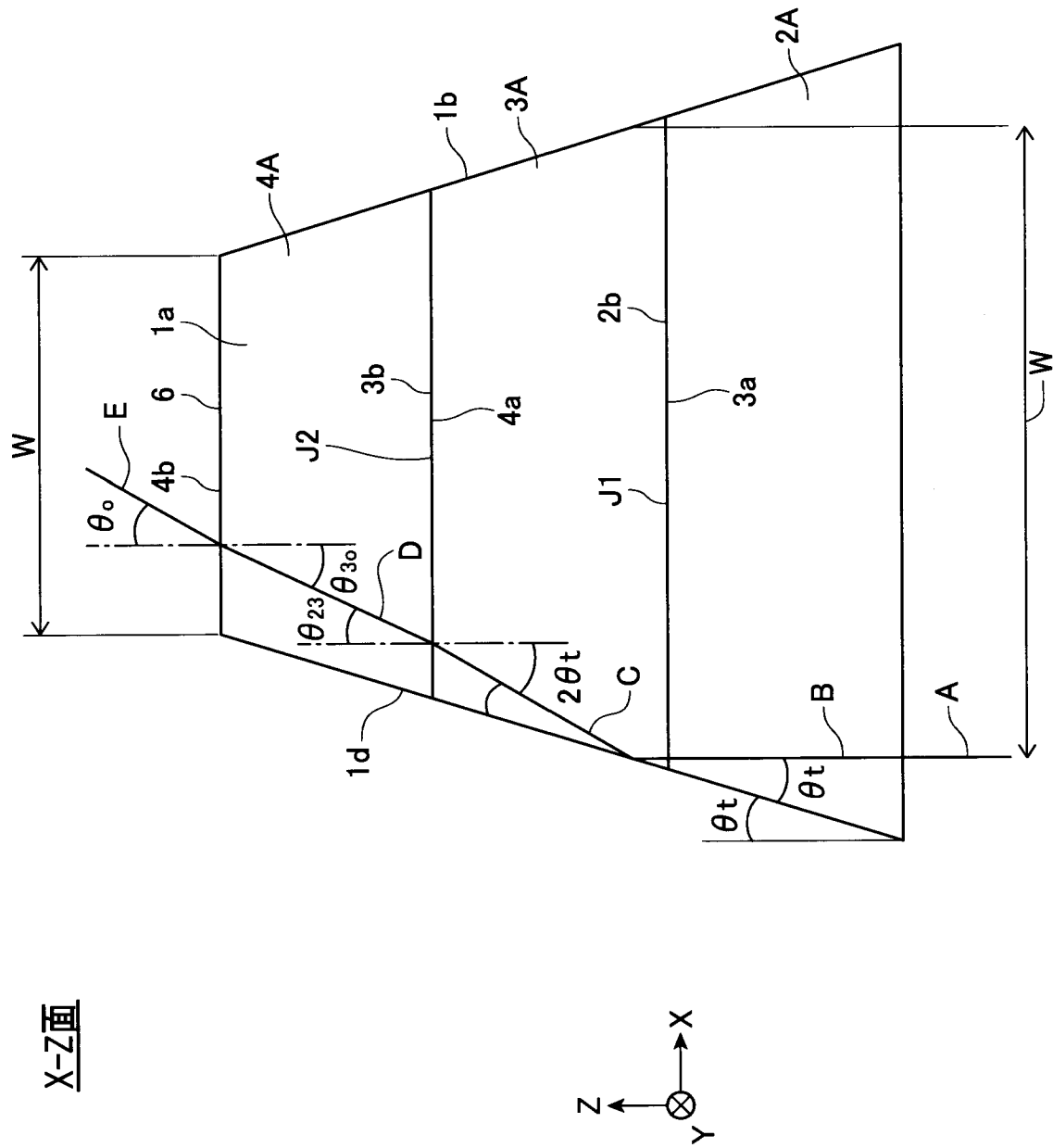
[図3]



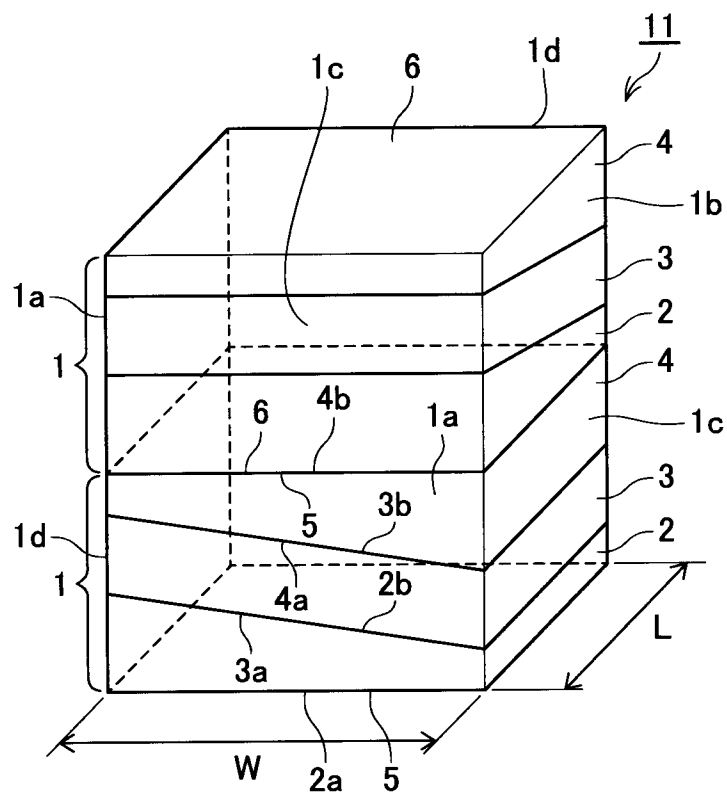
X-Z面



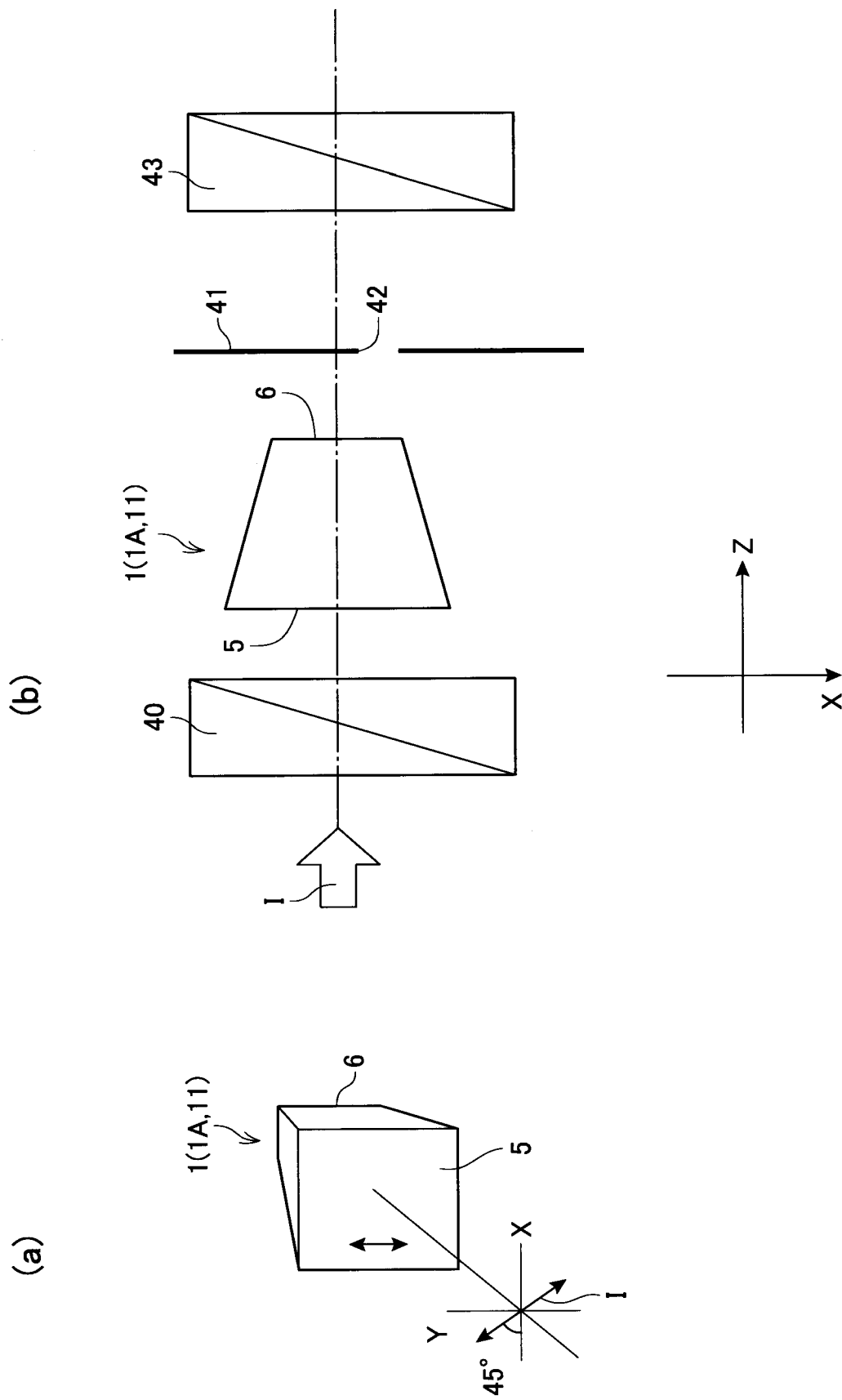
[図6]



[図7]



[図8]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/015451

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl. G02B5/30 (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. G02B5/30

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 1971-2019

Registered utility model specifications of Japan 1996-2019

Published registered utility model applications of Japan 1994-2019

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	WO 2006/041109 A1 (EPSON TOYOCOM CORP.) 20 April 2006, entire text, all drawings & JP 2006-114080 A	1-12
A	US 2005/0094919 A1 (OPLINK COMMUNICATIONS, INC.) 05 May 2005, entire text, all drawings & CN 1450374 A	1-12
A	JP 60-243604 A (OLYMPUS OPTICAL CO., LTD.) 03 December 1985, entire text, all drawings (Family: none)	1-12
A	JP 9-269411 A (SHIMADZU CORP.) 14 October 1997, entire text, all drawings (Family: none)	1-12

☐ 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
03.07.2019

Date of mailing of the international search report
16.07.2019

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. G02B5/30 (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. G02B5/30

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	1971-2019年
日本国実用新案登録公報	1996-2019年
日本国登録実用新案公報	1994-2019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	WO 2006/041109 A1 (エプソントヨコム株式会社) 2006.04.20, 全文、 全図 & JP 2006-114080 A	1-12
A	US 2005/0094919 A1 (OPLINK COMMUNICATIONS, INC.) 2005.05.05, 全 文、全図 & CN 1450374 A	1-12
A	JP 60-243604 A (オリンパス光学工業株式会社) 1985.12.03, 全文、 全図 (ファミリーなし)	1-12

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

03.07.2019

国際調査報告の発送日

16.07.2019

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)

藤岡 善行

20

9225

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 9-269411 A (株式会社島津製作所) 1997.10.14, 全文、全図 (ファミリーなし)	1 - 1 2