(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
2021年10月21日(21.10.2021)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2021/210145 A1

(51) 国際特許分類:
G02F 1/03 (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2020/016788

(22) 国際出願日： 2020年4月16日(16.04.2020)

(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: 日本電信電話株式会社 (**NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION**) [JP/JP]; 〒1008116 東京都千代田区大手町一丁目５番１号 Tokyo (JP).

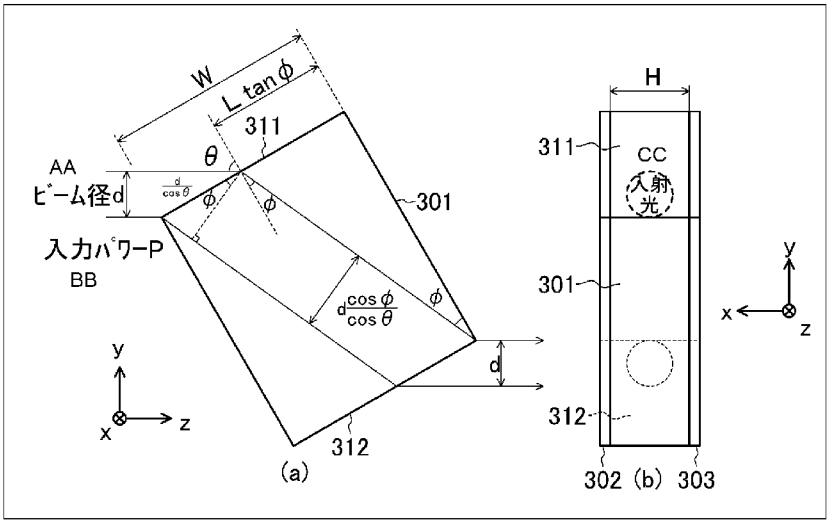
(72) 発明者: 坂本 尊 (**SAKAMOTO, Takashi**); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町３丁目９－１１ ＮＴＴ 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 赤毛勇一(**AKAGE, Yuichi**); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町３丁目９－１１ ＮＴＴ 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 上野 雅浩(**UENO, Masahiro**); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町３丁目９－１１ ＮＴＴ 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 川村宗範(**KAWAMURA, Sohan**); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町３丁目９－１１ ＮＴＴ 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 岡 宗一(**OKA, Soichi**); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町３丁目９－１１ ＮＴＴ 知的財産センタ内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 山川 茂樹, 外(**YAMAKAWA, Shigeki** et al.); 〒1006104 東京都千代田区永田町２丁目１１番１号 山王パークタワー４階 山川国際特許事務所内 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,

(54) **Title:** ELECTRO-OPTIC DEVICE

(54) 発明の名称： 電気光学装置



(57) **Abstract:** An electro-optic device comprises an electro-optic crystal (301), a first electrode (302), and a second electrode (303). A voltage is applied to the electro-optic crystal (301) by the first electrode (302) and the second electrode (303). The electro-optic crystal (301) has an incidence surface (311) and an emission surface (312) which are parallel to each other, and deflects incident light incident at an acute incidence angle on the incidence surface (311) in the electric field direction in which the voltage is applied. The rotation axis of the incidence angle is parallel to the electric field direction. The incident light has a power at which destruction of the electro-optic crystal (301) occurs at a predetermined incidence angle or less, and the incident light is incident on the incidence surface (311) at an incidence angle that is greater than the incidence angle at which destruction of the electro-optic crystal (301) occurs.

WO 2021/210145 A1

[続葉有]

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, 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:電気光学装置は、電気光学結晶(３０１)と、第１電極(３０２)、第２電極(３０３)とを備える。第１電極(３０２)および第２電極(３０３)により電気光学結晶(３０１)に電圧を印加する。電気光学結晶(３０１)は、互いに平行な入射面(３１１)と出射面(３１２)とを有し、入射面(３１１)に鋭角とされた入射角で入射される入射光を、電圧が印加される電界方向に偏向する。入射角の回転軸は、電界方向に平行とされている。また、入射光は、所定の入射角以下で電気光学結晶(３０１)の破壊が発生するパワーを有し、入射光は、電気光学結晶(３０１)の破壊が発生する入射角より大きい入射角で入射面(３１１)に入射される。

明　細　書

発明の名称 ： 電気光学装置

技術分野

[0001] 本発明は、電気光学結晶から構成された電気光学装置に関する。

背景技術

[0002] 光ビームの照射位置を走査する光偏向器は、レーザープリンタ、波長掃引光源など、様々な分野で用いられている。代表的な光偏向器として、ガルバノスキャナが挙げられる。ガルバノスキャナは、機械的に駆動するモーターなどの部品にミラーを搭載した形で構成されている。この種の光偏向器は、モーターなどの部品の動作周波数により走査周波数が制限され、一般的には、せいぜい数ｋＨｚから数十ｋＨｚの動作周波数が上限となっていた。

[0003] 一方、近年、２次の電気光学効果であるカー効果が他の電気光学結晶材料よりも大きいという特徴を持つＫＴＮ（$KTa_{1-x}Nb_xO_3$）またはＫＬＴＮ（$K_{1-y}Li_yTa_{1-x}Nb_xO_3$）結晶を用いた電気光学素子の研究開発が盛んに進められている。以下、ＫＴＮとＫＬＴＮとを区別する必要がない場合、これらをまとめてＫＴＮと記す。ＫＴＮを用いた電気光学素子の一つとして、光偏向器（ＫＴＮ光偏向器）が注目されている（特許文献１参照）。

[0004] ＫＴＮ光偏向器は、前述した機械的な動作による光偏向器とは異なり、機械的に動く部品がなく、電圧によってＫＴＮ結晶の屈折率を制御することによってビーム走査を実現する。特徴としては、１．動作周波数がＭＨｚオーダまでの高速化が可能である、２．モーターが不要となるため小型化が可能である、３．電気光学効果を利用した光偏向器としては大きな偏向角を実現可能である、４．ミラーを用いた反射型と違って、ＫＴＮ結晶内を透過する間に光が偏向する透過型のデバイスであるため、光学設計が簡単化できる、などが挙げられる。

[0005] ＫＴＮ光偏向器の代表的な構造は、長方形状に形成されたＫＴＮ結晶と、このＫＴＮ結晶の互いに向かい合う面の各々に形成された一対の電極とを備

えたものである。ＫＴＮ結晶に直流電圧を印加すると、電子が注入され結晶内のトラップに電子が蓄積される。これらの電子は、結晶内に電界分布を電界の方向に形成する。この状態で、ＫＴＮ結晶に交流電圧を重畳すると、外部電界が更に足し合わされ、電気光学効果（カー効果）により結晶内に屈折率分布が電界の方向に形成される。この電界の方向に略垂直な光軸に沿って、光ビームが入射される。電界方向の屈折率分布が電圧によって変化するため、ＫＴＮ結晶に入射された光ビームは、制御電圧により進行方向が変化する。すなわち、制御電圧により光ビームを走査することができる。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開２０１７－２０３８４７号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] 一般に光素子は、光素子が損傷を起こさないように、入射可能なレーザーのパワー密度に上限がある。ここでパワー密度とは、レーザーパワーＰをビーム面積で割ったものである。ビーム径（直径）をｄとする。ビーム面積Ｓは、ビーム形状が円であれば、以下に示す式（１）のように表される。レーザーがパルス光源の場合を図７Ａに示す。平均パワー密度Ｉ$_{ave}$は、レーザーの平均レーザーパワーをＰ$_{ave}$とすると、以下の式（２）のように表される。また、ピークパワー密度Ｉ$_{peak}$は、レーザーの繰り返し周波数をｆ，パルス幅をΔｔとして、以下の式（３）のように表される。

[0008]

[数1]

$$S = \pi\left(\frac{d}{2}\right)^2 \cdot \cdot \cdot (1)$$

$$I_{ave} = \frac{P_{ave}}{S} \cdot \cdot \cdot (2)$$

$$I_{peak} = \frac{I_{ave}}{f\Delta t} \cdot \cdot \cdot (3)$$

[0009] また、レーザーが連続光源の場合を図７Ｂに示す。レーザーパワーは、時間的に一定であるので、レーザーのパワー密度も時間的に一定となる。パルス光源の場合と用語を揃えるため、以降、これを平均パワー密度と呼ぶ。

[0010] レーザーがパルス光源か連続光源かによって、破壊のメカニズムは異なりうる。また、パルス光源であっても、パルスの繰り返し周波数やパルス幅が異なれば、破壊のメカニズムは異なりうる。しかしながら、破壊のメカニズムが何であれ、単位面積当たりのレーザーパワー（すなわち、ピークパワー密度や平均パワー密度）が、一般に重要なパラメータであることが知られている。

[0011] 例えば、ガルバノスキャナにおいては、ミラーの大きさをビームの大きさよりも大きくする必要がある。しかしながら、破損防止を目的としてレーザーのビーム径を大きくしてパワー密度を下げようとすると、ミラーサイズが大きくなる。ミラーサイズが大きくなるとモーターにかかる負荷が大きくなり、高周波でミラーを動作させることができなくなる。

[0012] ＫＴＮ結晶を光ビームスキャナに利用する場合も、従来の光偏向素子や光学材料と同様に、損傷を起こさないようなレーザーのパワー密度の光を入射する必要がある。しかしながら、例えばビーム形状が円の場合、半径を大き

くすると、ＫＴＮ結晶の互いに向かい合う面の各々に形成された一対の電極の間の距離を大きくする必要がある。すなわち、結晶の厚さを厚くする必要がある。

[0013] 電界の大きさは、電圧を電極間距離で割ったものであるから、電極間距離が大きくなると、偏向に必要な電界を生じさせるために必要な電圧が大きくなるという課題があった。このため、数百Ｖオーダの実用的な電圧でＫＴＮ光偏向器を動作させた場合、電極間距離を大きく取ることができずに、レーザーによる材料加工やレーザーによる錆び取りなど、大きなレーザーパワーが必要な応用においては、損傷を起こすことがあった。

[0014] 本発明は、以上のような問題点を解消するためになされたものであり、レーザー光を入力した際に、電気光学結晶が損傷しない電気光学装置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

[0015] 本発明に係る電気光学装置は、入射面と出射面とを有し、入射面に鋭角とされた入射角で入射光が入射され、電気光学効果が発生する電気光学結晶から構成され、入射光の入射角の回転軸は、電圧の印加による電界方向に平行とされ、入射光は、所定の入射角以下で電気光学結晶の破壊が発生するパワーを有し、入射光は、電気光学結晶の破壊が発生する入射角より大きい入射角で入射面に入射される。

発明の効果

[0016] 以上説明したように、本発明によれば、入射光は、電気光学結晶の破壊が発生する入射角より大きい入射角で入射面に入射されるようにしたので、レーザー光を入力した際に、電気光学結晶の損傷が防止できる。

図面の簡単な説明

[0017] [図1]図１は、電気光学結晶のレーザー光耐性に関する調査の方法について説明するための構成図である。

[図2A]図２Ａは、平均パワー密度の入射光レーザーの平均パワー依存性の計算値を示す特性図である。

[図2B]図２Ｂは、ピークパワー密度の入射光レーザーの平均パワー依存性の計算値を示す特性図である。

[図3]図３は、本発明の実施の形態に係る電気光学装置の構成を示す構成図である。

[図4]図４は、本発明の実施の形態に係る電気光学装置の、電気光学結晶３０１の屈折率ｎ＝２．１としたときの、ｃｏｓφ／ｃｏｓθの入射角θ依存性を示す特性図である。

[図5]図５は、電気光学結晶３０１の幅の最小値Ｗｍｉｎの入射角θ依存性を示す特性図である。

[図6]図６は、本発明の実施の形態に係る他の電気光学装置の構成を示す構成図である。

[図7A]図７Ａは、レーザーがパルス光源の場合のパワー密度の時間変化について示す特性図である。

[図7B]図７Ｂは、レーザーが連続光源の場合のパワー密度の時間変化について示す特性図である。

発明を実施するための形態

[0018] 以下、本発明の実施の形態に係る電気光学装置について説明する。

[0019] はじめに、電気光学結晶のレーザー光耐性について調査した結果について説明する。以下では、電気光学結晶として、ＫＴＮの結晶（ＫＴＮ結晶）を用いて構成した光偏向器の場合について説明する。調査のための実験について、図１を参照して説明する。まず、３．２ｍｍ×４ｍｍ×１．２ｍｍの直方体のＫＴＮ結晶１０１の２つの面（３．２ｍｍ×４ｍｍ）に第１電極１０２および第２電極１０３を形成する。電気光学装置を光偏向器とする場合、第１電極１０２および第２電極１０３を、直流電圧印加により電気光学結晶に電子が注入される電極材料から構成する。このような電極材料として、例えば、チタンを用いることができる。これらの電極は、蒸着により形成する。また、キャパシタンスが１．４７ｎＦ（比誘電率１５，５６５）となるように、第１電極１０２、第２電極１０３を形成したＫＴＮ結晶１０１の温度

を一定温度に制御した。この温度の制御には、ペルチェ素子とサーミスタを用いた。

[0020] マルチモード発振するＹｂファイバレーザー光源（波長１．０５５～１．０７０μｍ、パルスの繰り返し周波数５０ｋＨｚ、パルス幅１８０ｎｓ）からの光パルスを、ＫＴＮ結晶１０１の入射面（３．２ｍｍ×１．２ｍｍ）に垂直に入射した。なお、入射面には、無反射膜がコーティングにより形成されている。

[0021] ＫＴＮ結晶１０１が電圧印加の開始後に安定な状態に短時間で到達するように、発光色が紫のＬＥＤの光をＫＴＮ結晶１０１に照射しつつ、直流バイアスＶＤＣ＝－２５０Ｖを中心に、交流正弦波電圧（周波数１ｋＨｚ、電圧振幅３００Ｖ）を、第１電極１０２と第２電極１０３との間に印加することで入射光を偏向させた。ＫＴＮ結晶１０１の入射面において、ビーム径が４８μｍとなるようにし、光源の平均パワーを１．４４Ｗ，４．７８Ｗ，１０．４１Ｗ，１５．２Ｗ，２０．９Ｗ，２７．５Ｗ，４０．５Ｗと上げていった。

[0022] 平均パワー密度の入射光レーザーの平均パワー依存性の計算値を図２Ａに示す。また、ピークパワー密度の入射光レーザーの平均パワー依存性の計算値を図２Ｂに示す。計算値の算出には、式（１）、式（２）、式（３）を用いた。２つの光偏向器サンプルを試したところ、１つの光偏向器サンプルは、４０．５Ｗの光を入射したところでＫＴＮ結晶１０１が損傷したが、もう一方は損傷しなかった。

[0023] 次に、ＫＴＮ結晶１０１の入射面において、ビーム径が１５０μｍとなるようにし、光源の平均パワーを１．４４Ｗ，４．７８Ｗ，１０．４１Ｗ，１５．２Ｗ，２０．９Ｗ，２７．５Ｗ，４０．５Ｗと上げていった。２つの光偏向器サンプルを試したところ、共にＫＴＮ結晶１０１の損傷は確認されなかった。

[0024] 更に、ＫＴＮ結晶１０１のキャパシタンスを１．５６ｎＦ（比誘電率１６，５１８）となるよう、温度を下げて一定温度に制御した状態で電圧を印加

した。ＫＴＮ結晶１０１の入射面において、ビーム径が１５０μｍとなるようにし、同様に光源の平均パワーを１．４４Ｗ，４．７８Ｗ，１０．４１Ｗ，１５．２Ｗ，２０．９Ｗ，２７．５Ｗ，４０．５Ｗと上げていった。４つの光偏向器サンプルを試したところ、すべてにおいて、ＫＴＮ結晶１０１の損傷は確認されなかった。

[0025] これらの実験結果が示唆することは、電圧を印加したＫＴＮ結晶において、単位面積当たりのレーザーパワーであるパワー密度を小さくすることが、ＫＴＮ結晶の損傷を防ぐことに有効であるということである。すなわち、ＫＴＮ結晶内を透過する光のパワー密度が、ある閾値（入射面に入射角０で入射して電気光学結晶の破壊が発生する限界の光のパワー密度）未満になるようにすることが、ＫＴＮ結晶の損傷の防止に重要である。

[0026] ここで、損傷を引き起こす光のパワー密度の閾値は、使用者が自由に決定することができる。例えば、複数のＫＴＮ結晶を用いた光偏向器を準備し、印加電圧や誘電率などの測定条件を揃え、ＫＴＮ結晶が破壊されるパワー密度を記録し、この平均値や標準偏差を用いて、上述したパワー密度の閾値を決定することができる。また、破壊されたパワー密度の最低値を、上述したパワー密度の閾値として採用することができる。

[0027] 以下、本発明の実施の形態に係る電気光学装置について、図３を参照して説明する。この電気光学装置は、電気光学結晶３０１と、第１電極３０２、第２電極３０３とを備える。なお、図３では、第１電極３０２および第２電極３０３により電気光学結晶３０１に電圧を印加する電圧印加機構や、光源などを省略している。また、図示していないが、電気光学結晶３０１は、サーミスタなどの測温素子とペルチェ素子とを用いて温度が経時変化しないように制御されている。

[0028] 電気光学結晶３０１は、電気光学効果を有し、入射面３１１と出射面３１２とを有し、入射面３１１に鋭角とされた入射角で入射光が入射される。電気光学装置が光偏向器の場合、電気光学結晶３０１は、入射面３１１に鋭角とされた入射角で入射される入射光を、電圧が印加される電界方向に偏向す

る。電気光学結晶３０１は、ＫＴＮ［$KTa_{1-\alpha}Nb_{\alpha}O_3$（０＜α＜１）］結晶、またはリチウムを添加したＫＬＴＮ［$K_{1-\beta}Li_{\beta}Ta_{1-\alpha}Nb_{\alpha}O_3$（０＜α＜１，０＜β＜１）］結晶のいずれかから構成することができる。

[0029] ここで、上述した入射光の入射角の回転軸は、電界方向に平行とされている。また、入射光は、所定の入射角以下で電気光学結晶３０１の破壊が発生するパワーを有し、入射光は、電気光学結晶３０１の破壊が発生する入射角より大きい入射角で入射面３１１に入射される。

[0030] 電気光学結晶３０１は、例えば、直方体である。ここで、直方体とされた電気光学結晶３０１の辺の長さは、長さＬ、幅Ｗ、厚さＨとする。厚さＨの方向に電圧が印加される。

[0031] 電気光学結晶３０１の、幅Ｗと厚さＨである入射面３１１に、ビーム径（直径）がｄとされたパワーＰの光を入射する。ここで、入射面３１１は、無反射膜が形成されている。上述した光の入射角をθとする。図３の（ａ）に示す通り、入射角θの回転軸は、ｘ軸に平行、すなわち、印加電圧方向に平行である。

[0032] スネルの法則に応じて、入射面３１１において光は屈折する。電気光学結晶３０１の屈折率をｎ、光の屈折角をφとすると、$\sin\theta = n\sin\phi$が成り立つ。

[0033] 入射面３１１において光が照射される領域のｙｚ面に平行な面おける長さ（光の径）は、$d/\cos\theta$となる。また、電気光学結晶３０１の中を伝搬する光の径は、$d\cos\phi/\cos\theta$となる。電気光学結晶３０１の中を伝搬する光は、出射面３１２において、スネルの法則に応じて屈折し、ビーム直径ｄの光として出力される。

[0034] θ＞０の時、電気光学結晶３０１の中を伝搬する光の径$d\cos\phi/\cos\theta$が、ｄよりも大きくなれば、パワー密度が小さくなる。すなわち、$\cos\phi/\cos\theta > 1$ が成立すれば、入射角θ＝０の時に比べて、電気光学結晶３０１の中を伝搬する光のパワー密度が小さくなるが、この式はｎ＞１であれば成り立つ。

[0035] 上述したことについて、より詳細に説明する。

[0036] ｃｏｓφ／ｃｏｓθ＞1 が成立するためには、$cos^2\phi/cos^2\theta=(1-sin^2\phi)/cos^2\theta=(1-sin^2\theta/n^2)/cos^2\theta>1$となればよく、この式を変形すると、$n^2sin^2\theta>sin^2\theta$となるが、これは、θ＞０、ｎ＞１で成立する。よって、ｃｏｓφ／ｃｏｓθ＞１は、θ＞０、ｎ＞１で成立する。物質の屈折率ｎは１より大きいので、常にｃｏｓφ／ｃｏｓθ＞１が成立する。

[0037] ｎ＝２．１としたときの、ｃｏｓφ／ｃｏｓθのθ依存性を、図４に示す。例えばθ＝６０°のとき、ｃｏｓφ／ｃｏｓθ＝１．８２となる。θ＝６４°のとき、ｃｏｓφ／ｃｏｓθ＝２．０６となる。θ＝７３°のとき、ｃｏｓφ／ｃｏｓθ＝３．０５となる。θ＝８０°のとき、ｃｏｓφ／ｃｏｓθ＝５．０９となる。

[0038] また、図３から容易にわかるように、電気光学結晶３０１の幅Wは、ｄ／ｃｏｓθ＋Ｌｔａｎφ以上とする。W＜ｄ／ｃｏｓθ＋Ｌｔａｎφの時、出射面３１２においてビームがけられてしまうためである。このため、電気光学結晶３０１の幅の最小値Ｗｍｉｎは、Ｗｍｉｎ＝ｄ／ｃｏｓθ＋Ｌｔａｎφである。

[0039] 例として、ｎ＝２．１、ｄ＝０．７ｍｍ、Ｌ＝４ｍｍとした時に、Ｗｍｉｎのθ依存性を図５に示す。θ＝６０°のとき、Ｗｍｉｎ＝３．２１ｍｍである。θ＝６４°のとき、Ｗｍｉｎ＝３．４９ｍｍである。θ＝７３°のとき、Ｗｍｉｎ＝４．４４ｍｍである。θ＝８０°のとき、Ｗｍｉｎ＝６．１５ｍｍである。

[0040] 上述した実施の形態によれば、シリンドリカルレンズなどを使わずに、電気光学結晶の中を伝搬する光のパワー密度を、入射角がθ＝０の状態よりｃｏｓφ／ｃｏｓθの逆数分だけ減少させることができるため、電気光学結晶の損傷のリスクを下げることができる。なお、これまで、入射光のビーム形状が、ビーム径（直径）がｄの円の場合について説明したが、どのような形状であっても、電気光学結晶の中を伝搬する光のパワー密度を減少させるこ

とができる。

[0041] ところで、電気光学結晶においては、直方体である必要はない。例えば、図６に示すように、電気光学結晶６０１は、互いに平行な入射面６１１と出射面６１２とを備え、ｙｚ面に断面形状が平行四辺形とされた構造体とすることができる。入射面６１１、出射面６１２は、光ビームが収まる面積とすることができる。また、電気光学結晶６０１は、この中を光が伝搬する部分だけから構成することができる。このようにすることで、電気光学結晶６０１の体積を、より小さくすることができる。なお、出射面は、入射面に平行である必要はなく、伝搬している光が出射面より出射可能とされていればよい。例えば、出射面を、電気光学結晶の光の進行方向に垂直にしても良く、垂直からわずかにずらしても良い。

[0042] なお、実施の形態に係る電気光学装置を、光位相変調器とする場合、第１電極および第２電極を、直流電圧印加により電気光学結晶に電子の注入がブロックされる電極材料から構成する。このような電極材料として、例えば、白金を用いることができる。電気光学装置が光位相変調器の場合、入射光はｘ軸方向に偏向されない。

[0043] 以上に説明したように、本発明によれば、入射光は、電気光学結晶の破壊が発生する入射角より大きい入射角で入射面に入射されるようにしたので、レーザー光を入力した際に、電気光学結晶の損傷が防止できるようになる。

[0044] なお、本発明は以上に説明した実施の形態に限定されるものではなく、本発明の技術的思想内で、当分野において通常の知識を有する者により、多くの変形および組み合わせが実施可能であることは明白である。

符号の説明

[0045] ３０１…電気光学結晶、３０２…第１電極、３０３…第２電極、３１１…入射面、３１２…出射面。

請求の範囲

[請求項1] 入射面と出射面とを有し、前記入射面に鋭角とされた入射角で入射光が入射され、電気光学効果が発生する電気光学結晶から構成され、

前記入射光の入射角の回転軸は、電圧の印加による電界方向に平行とされ、

前記入射光は、所定の入射角以下で前記電気光学結晶の破壊が発生するパワーを有し、

前記入射光は、前記電気光学結晶の破壊が発生する入射角より大きい入射角で前記入射面に入射される

ことを特徴とする電気光学装置。

[請求項2] 請求項１記載の電気光学装置において、

前記電気光学結晶に電圧を印加する第１電極および第２電極を備えることを特徴とする電気光学装置。

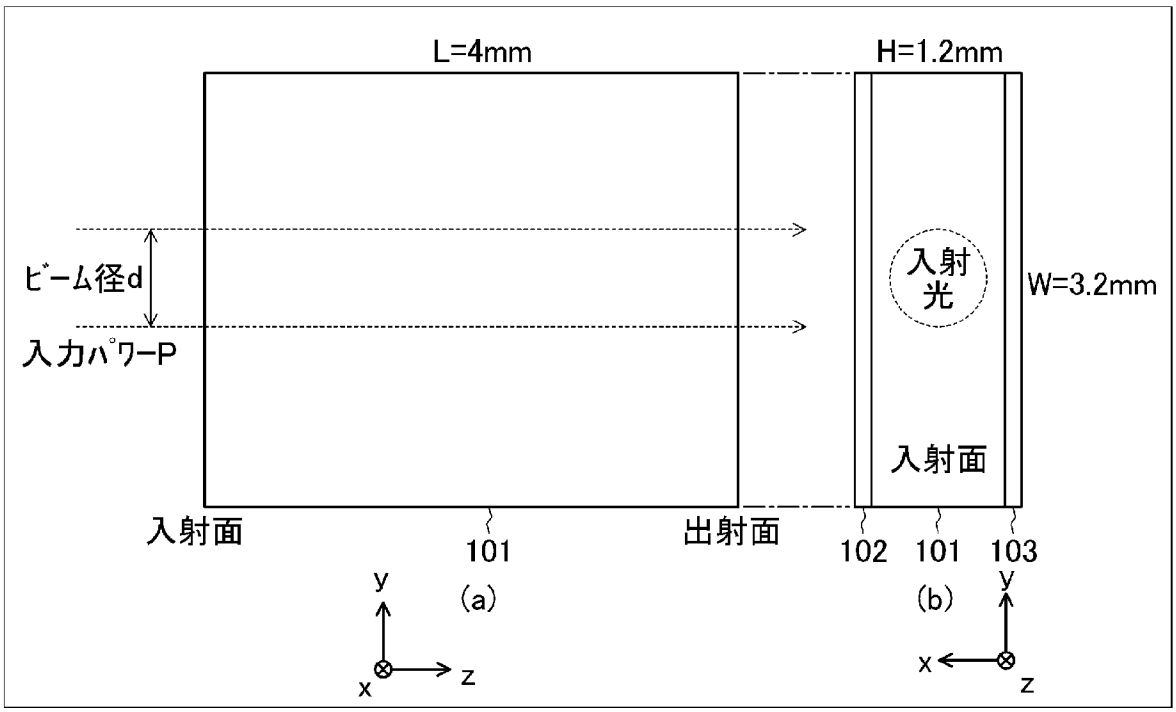
[請求項3] 請求項１または２記載の電気光学装置において、

前記電気光学結晶は、ＫＴＮ［$KTa_{1-\alpha}Nb_{\alpha}O_3$（０＜$\alpha$＜１）］結晶、またはリチウムを添加したＫＬＴＮ［$K_{1-\beta}Li_{\beta}Ta_{1-\alpha}Nb_{\alpha}O_3$（０＜$\alpha$＜１，０＜$\beta$＜１）］結晶のいずれかであることを特徴とする電気光学装置。

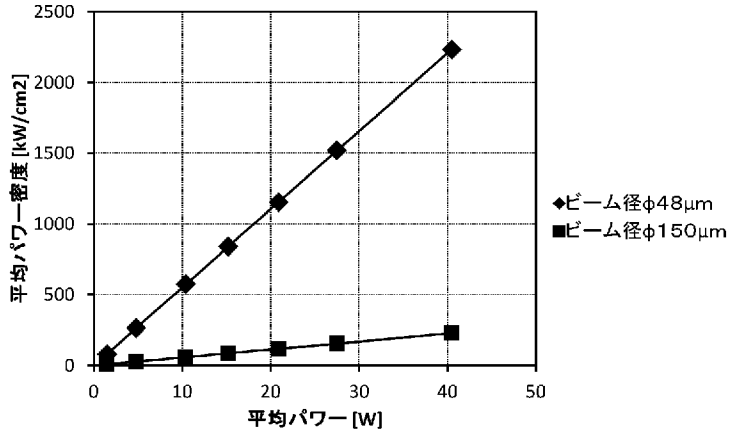
[請求項4] 請求項１～３のいずれか１項に記載の電気光学装置において、

前記電気光学結晶により、入射光を電圧の印加による電界方向に偏向する光偏向器、または入射光を電圧の印加による電界方向に偏向しない光位相変調器が構成されることを特徴とする電気光学装置。

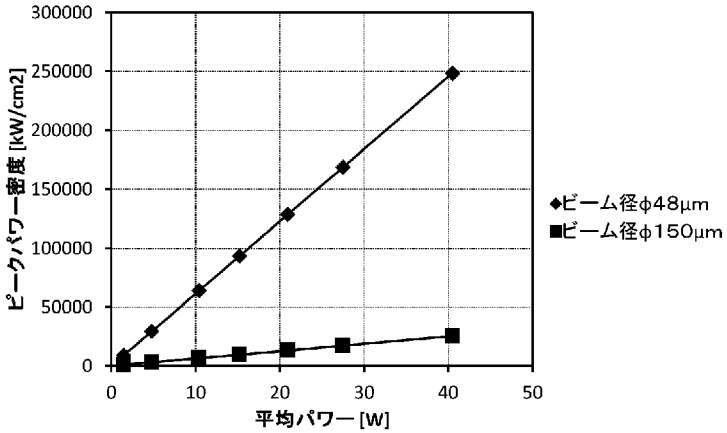
[図1]


L=4mm
H=1.2mm
ビーム径d
入力パワーP
入射光
W=3.2mm
入射面
入射面
出射面
101
102
101
103
(a)
(b)
y
x
z
y
x
z

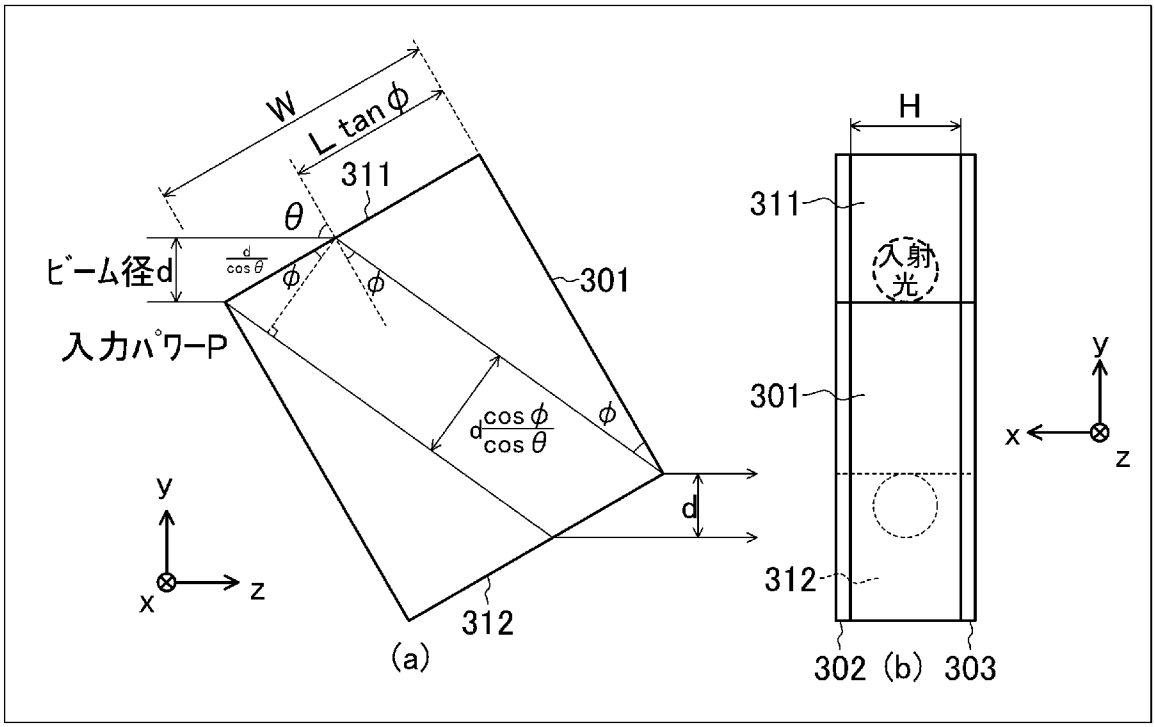
[図2A]


平均パワー密度 [kW/cm2]
平均パワー [W]
◆ビーム径φ48μm
■ビーム径φ150μm

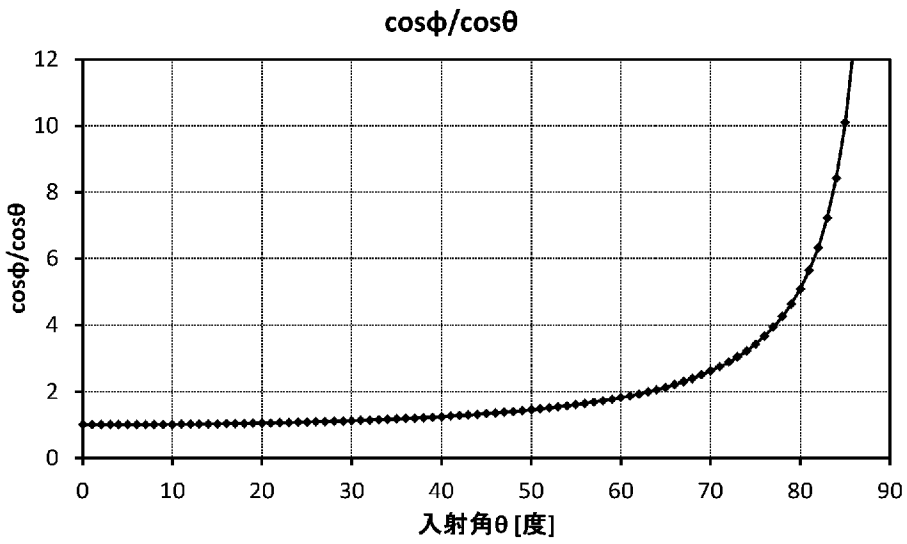
[図2B]


ピークパワー密度 [kW/cm2]
平均パワー [W]
◆ビーム径φ48μm
■ビーム径φ150μm

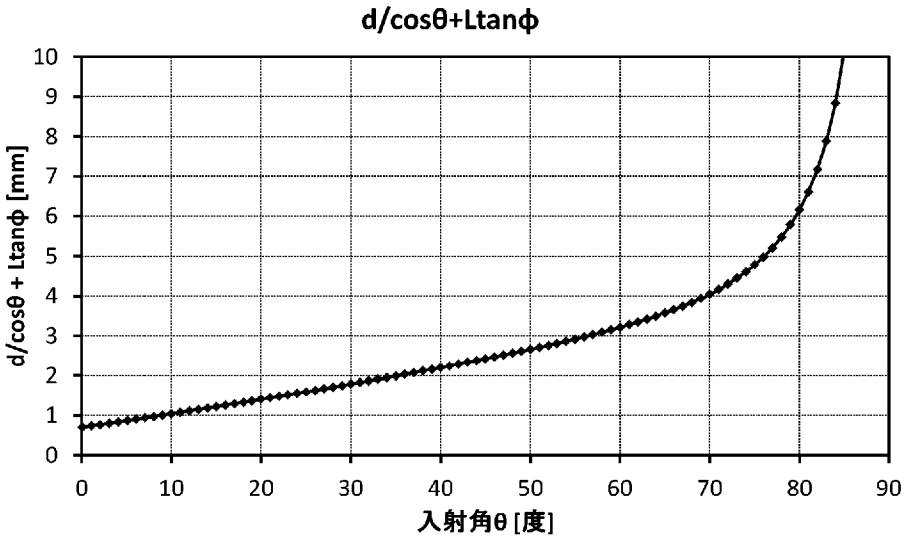
[図3]


W
L tanϕ
311
θ
ビーム径d
d/cosθ
ϕ
ϕ
301
入力パワーP
d cosϕ/cosθ
ϕ
d
y
x
z
312
(a)
H
311
入射光
301
312
y
x
z
302 (b) 303

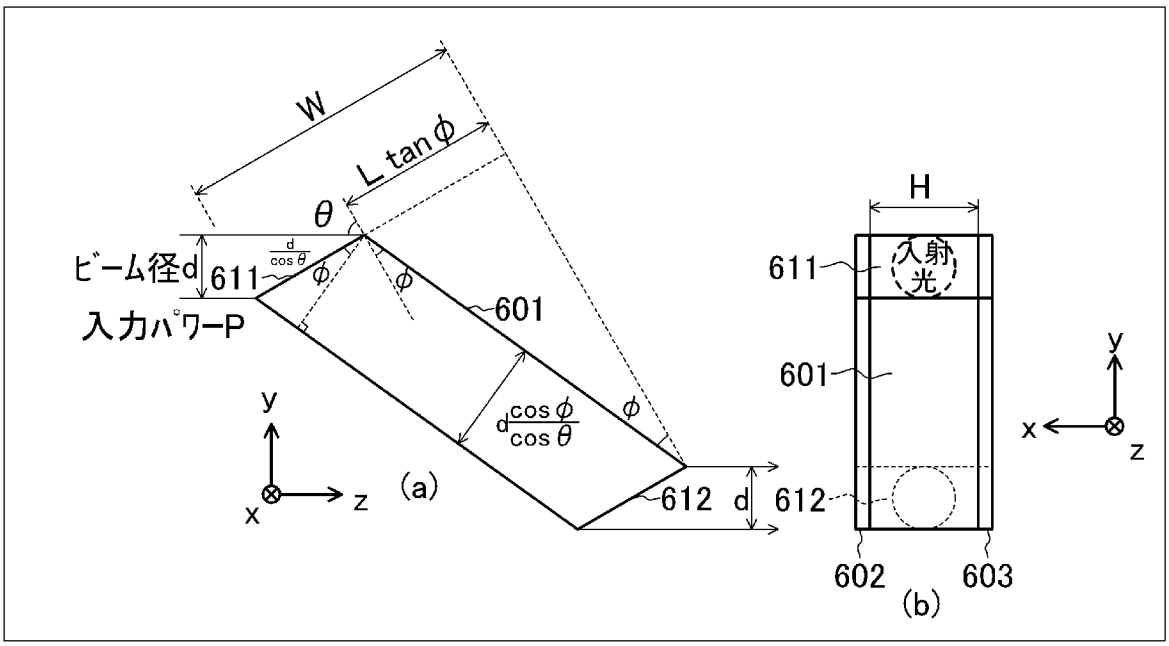
[図4]


cosϕ/cosθ
12
10
8
6
4
2
0
cosϕ/cosθ
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
入射角θ [度]

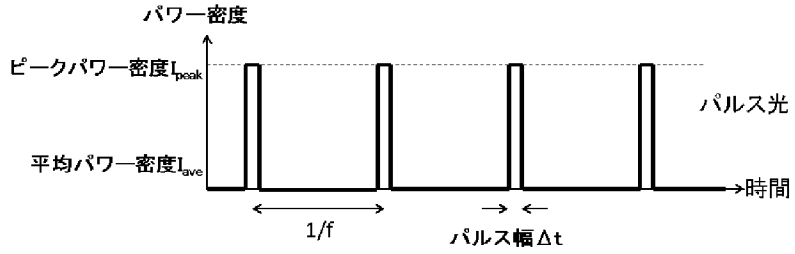
[図5]


d/cosθ+Ltanϕ
d/cosθ + Ltanϕ [mm]
入射角θ [度]
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90

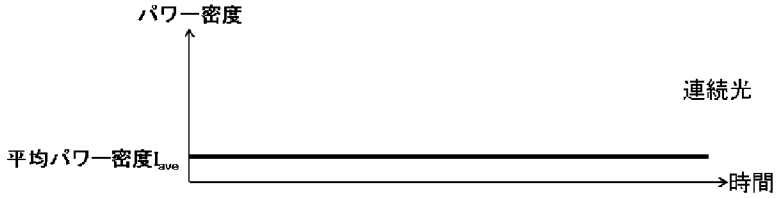
[図6]


W
L tanϕ
θ
ビーム径d
入力パワーP
611
601
612
d
(a)
H
入射光
602
603
(b)
x
y
z

[図7A]


パワー密度
ピークパワー密度I_{peak}
平均パワー密度I_{ave}
パルス光
時間
1/f
パルス幅Δt

[図7B]


パワー密度
連続光
平均パワー密度I_{ave}
時間

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2020/016788

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int. Cl. G02F1/03(2006.01)i
FI: G02F1/03 505

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. G02F1/00-1/125, G02F1/21-1/39, H01S3/00-3/30

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 1971-2020
Registered utility model specifications of Japan 1996-2020
Published registered utility model applications of Japan 1994-2020

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
JSTPlus/JST7580 (JDreamIII)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 63-170982 A (HAMAMATSU PHOTONICS KABUSHIKI KAISHA) 14 July 1988, page 2, upper left column, lines 12-20	1-4
Y	JP 10-55005 A (MITSUI CHEMICALS, INC.) 24 February 1998, paragraphs [0053]-[0055], fig. 3	1-4
Y	JP 2017-203847 A (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORP.) 16 November 2017, claims 1-4, paragraphs [0002], [0048], fig. 1	2-4
Y	JP 2015-158531 A (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORP.) 03 September 2015, claims 1-5, paragraphs [0003], [0012]-[0014], [0022], fig. 1	2-4

☒ 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	Date of mailing of the international search report
04.09.2020	24.09.2020
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/JP2020/016788

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2006/0250677 A1 (HOFFMAN, Hanna J. et al.) 09 November 2006, entire text, all drawings	1-4
A	CN 109167240 A (BEIJING INSTITUTE OF SPACE MECHANICS AND ELECTRICITY) 08 January 2019, entire text, all drawings	1-4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2020/016788

Patent Documents referred to in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 63-170982 A	14.07.1988	(Family: none)	
JP 10-55005 A	24.02.1998	US 5943350 A column 7, lines 20-40, fig. 3 EP 811873 A2 KR 10-1998-0006669 A CN 1176508 A TW 343397 B CA 2207091 A1	
JP 2017-203847 A	16.11.2017	(Family: none)	
JP 2015-158531 A	03.09.2015	(Family: none)	
US 2006/0250677 A1	09.11.2006	(Family: none)	
CN 109167240 A	08.01.2019	(Family: none)	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2020/016788

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

G02F 1/03(2006.01)i
FI: G02F1/03 505

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））

G02F1/00-1/125; G02F1/21-1/39; H01S3/00-3/30

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	１９７１－２０２０年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２０年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２０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）

JSTPlus/JST7580 (JDreamIII)

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 63-170982 A (浜松ホトニクス株式会社) 14.07.1988 (1988-07-14) 第２頁左上欄第１２－２０行	1-4
Y	JP 10-55005 A (三井化学株式会社) 24.02.1998 (1998-02-24) 段落［００５３］－［００５５］、図３	1-4
Y	JP 2017-203847 A (日本電信電話株式会社) 16.11.2017 (2017-11-16) 請求項１－４、段落［０００２］、［００４８］、図１	2-4
Y	JP 2015-158531 A (日本電信電話株式会社) 03.09.2015 (2015-09-03) 請求項１－５、段落［０００３］、［００１２］－［００１４］、［００２２］、図１	2-4
A	US 2006/0250677 A1 (HOFFMAN HANNA J., et al.) 09.11.2006 (2006-11-09) 全文、全図	1-4
A	CN 109167240 A (BEIJING INSTITUTE OF SPACE MECHANICS AND ELECTRICITY) 08.01.2019 (2019-01-08) 全文、全図	1-4

☐ 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	国際調査報告の発送日
04.09.2020	24.09.2020

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）
林　祥恵 2L 4085
電話番号 03-3581-1101 内線 3295

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/JP2020/016788

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 63-170982 A	14.07.1988	（ファミリーなし）	
JP 10-55005 A	24.02.1998	US 5943350 A 第７カラム第２０－４０行、FIG. 3 EP 811873 A2 KR 10-1998-0006669 A CN 1176508 A TW 343397 B CA 2207091 A1	
JP 2017-203847 A	16.11.2017	（ファミリーなし）	
JP 2015-158531 A	03.09.2015	（ファミリーなし）	
US 2006/0250677 A1	09.11.2006	（ファミリーなし）	
CN 109167240 A	08.01.2019	（ファミリーなし）	