

(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
2017年7月13日(13.07.2017)



(10) 国際公開番号
WO 2017/119362 A1

- (51) 国際特許分類:
G02F 1/31 (2006.01) *G02B 5/30* (2006.01)
G02B 5/18 (2006.01) *G02F 1/13* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/088905
- (22) 国際出願日: 2016年12月27日(27.12.2016)
- (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 2016-002085 2016年1月7日(07.01.2016) JP
- (71) 出願人: 国立研究開発法人産業技術総合研究所
(NATIONAL INSTITUTE OF ADVANCED INDUSTRIAL SCIENCE AND TECHNOLOGY) [JP/JP]; 〒1008921 東京都千代田区霞が関1丁目3番1号 Tokyo (JP). 学校法人慶應義塾(KEIO UNIVERSITY) [JP/JP]; 〒1088345 東京都港区三田二丁目15番45号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 上塚 尚登(UETSUKA Hisato); 〒3058568 茨城県つくば市梅園1-1-1 中央第2 国

立研究開発法人産業技術総合研究所内 Ibaraki (JP). 並木 周(NAMIKI Shu); 〒3058568 茨城県つくば市梅園1-1-1 中央第2 国立研究開発法人産業技術総合研究所内 Ibaraki (JP). 津田裕之(TSUDA Hiroyuki); 〒2238522 神奈川県横浜市港北区日吉三丁目14番1号 慶應義塾大学理工学部内 Kanagawa (JP).

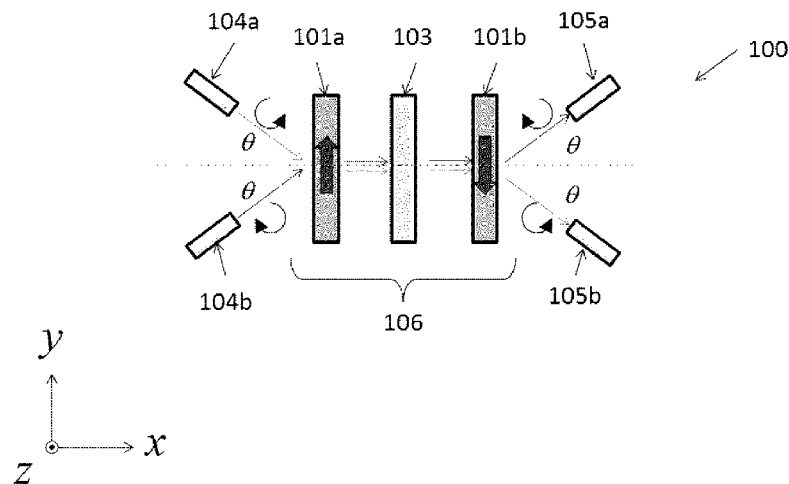
(74) 代理人: 塩田 伸(SHIODA Shin); 〒3050032 茨城県つくば市竹園2丁目10-14 和宏ビル201号 ホームタウン特許事務所 Ibaraki (JP).

(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, 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.

[続葉有]

(54) Title: CIRCULARLY-POLARIZED-LIGHT INPUT/OUTPUT DEVICE

(54) 発明の名称: 円偏光入出力装置



(57) Abstract: [Problem] To provide a circularly-polarized-light input/output device that makes it possible to configure a compact, multi-input/multi-output light switch. [Solution] A circularly-polarized-light input/output device according to the present invention includes: a first polarization diffraction grating that diffracts, when circularly polarized light slanted at angles of $+\theta$ and $-\theta$ with respect to a thickness direction is incident thereon, the circularly polarized light in the thickness direction before outputting the circularly polarized light; a liquid-crystal polarization rotating element that outputs the circularly polarized light, incident from the first polarization diffraction grating in a direction parallel to the thickness direction, in either a state wherein the rotation direction thereof is reversed or a state wherein the rotation direction thereof is maintained, in the direction parallel to the thickness direction; a second polarization diffraction grating that diffracts the circularly polarized light, incident from the liquid-crystal polarization rotating element in the direction parallel to the thickness direction, in a direction inclined at an angle of either $+\theta$ or $-\theta$ with respect to the direction parallel to the thickness direction in accordance with the rotation direction before outputting the circularly polarized light; and a circularly-polarized-light irradiation unit that irradiates the first polarization diffraction grating with the circularly polarized light from the direction inclined at the angle of either $+\theta$ or $-\theta$ with respect to the direction parallel to the thickness direction.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2017/119362 A1



(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))

【課題】小型で多入力多出力の光スイッチを構成可能な円偏光入出力装置の提供。【解決手段】本発明の円偏光入出力装置は、厚さ方向に対し $+\theta$ 及び $-\theta$ の角度で傾斜する円偏光が入射されたときに円偏光を厚さ方向に回折させて出射する第1の偏光回折格子と、第1の偏光回折格子から厚さ方向と平行な方向で入射される円偏光に対し、回折方向を反転させた状態及び前記回折方向を維持させた状態のいずれかの状態で厚さ方向と平行な方向に出射する液晶偏光回折素子と、液晶偏光回折素子から厚さ方向と平行な方向で入射される円偏光を、回折方向に応じて厚さ方向と平行な方向から $+\theta$ 及び $-\theta$ のいずれかの角度で傾斜する方向に回折させて出射する第2の偏光回折格子と、第1の偏光回折格子に対し、厚さ方向と平行な方向に対し $+\theta$ 及び $-\theta$ のいずれかの角度で傾斜する方向から円偏光を照射する円偏光照射部と、を備える。

明 細 書

発明の名称：円偏光入出力装置

技術分野

[0001] 本発明は、円偏光の回転方向及び回折方向を制御可能とし、光スイッチとして利用可能な円偏光入出力装置に関する。

背景技術

[0002] 従来の技術では、Micro Electro Mechanical Systems (MEMS) ミラーアレイやLiquid Crystal on Si (LCoS) 液晶変調器をスイッチングエンジンとして光スイッチが構成されてきた。

しかし、これらのスイッチングエンジンでは、低損失に光を偏向できる角度が高々 2° 程度であることから、光ビームのスイッチングを行う場合、長大な光路長を確保する必要があり、光スイッチを小型化することが困難である。

[0003] こうしたことから、液晶変調器と、主に $+1$ 次と -1 次の回折光が生じる偏光回折格子とで構成される光ビーム偏向器が提案されている（非特許文献1、図1参照）。

しかしながら、この提案では、図1に示すように $1 \times N$ 型（ $N \geq 2$ ）の光スイッチに適用できるものの、2入力2出力の光スイッチや複数の入力ポートから複数の出力ポートへ光路の切替えを行う多入力多出力の光スイッチを構成することができない。なお、図1は、従来の光ビーム偏光器における偏光の入出力状況を説明する説明図である。

[0004] また、第1の偏光回折格子と液晶偏光回転素子と第2の偏光回折格子とで構成される偏光無依存の変調器が提案されている（非特許文献2、図2参照）。

しかしながら、この提案においても、図2に示すように1入力2出力の光スイッチに適用できるものの、前記2入力2出力の光スイッチや前記多入力

多出力の光スイッチを構成することができない配置とされる。なお、図2は、従来の変調器における偏光の入出力状況を説明する説明図である。

[0005] これらの提案で用いられる偏光回折格子は、格子周期を短くすることによって回折角を 5° 以上とすることが可能であり、この利点を生かした小型で多入力多出力の光スイッチを構成可能な円偏光入出力装置の開発が求められる。

先行技術文献

非特許文献

[0006] 非特許文献1: Jihwan Kim et al., "Wide-angle, nonmechanical beam steering using thin liquid crystal polarization gratings," Proceedings of SPIE, Vol. 7093, 709302

非特許文献2: Chulwoo Oh et al., "Polarization-independent Modulation Using Standard Liquid Crystal Microdisplays and Polymer Polarization Gratings," 28th International Display Research Conference, 16.2, Orlando, Florida, United States, Nov 3-6, 2008)

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] 本発明は、従来技術における前記諸問題を解決し、小型で多入力多出力の光スイッチを構成可能な円偏光入出力装置を提供することを課題とする。

課題を解決するための手段

[0008] 前記課題を解決するための手段としては、以下の通りである。即ち、

<1> 一の面が入射面とされ、前記一の面と対向する他の面が出射面とされ、 θ を $3^{\circ} \sim 60^{\circ}$ のいずれかの角度として、厚さ方向に対し $+\theta$ 及び $-\theta$ のいずれかの角度で傾斜するビーム状の円偏光が前記入射面から入射されたときに前記円偏光を前記厚さ方向に回折させて出射面から出射可能とされる平板状の第1の偏光回折格子と、一の面が入射面とされ、前記一の面と対向する他の面が出射面とされるとともに前記第1の偏光回折格子と対向し

て配され、前記第 1 の偏光回折格子から前記厚さ方向と平行な方向で前記入射面に入射される前記円偏光に対し、電圧印加に伴うオンオフ制御により、前記円偏光の回転方向を反転させた状態及び前記回転方向を維持させた状態のいずれかの状態とし、この状態の前記円偏光を前記出射面から前記厚さ方向と平行な方向に出射可能とされる平板状の液晶偏光回転素子と、一の面が入射面とされ、前記一の面と対向する他の面が出射面とされるとともに前記液晶偏光回転素子と対向して配され、前記液晶偏光回転素子から前記厚さ方向と平行な方向で前記入射面に入射される前記円偏光を、前記回転方向に応じて、前記厚さ方向と平行な方向から $+\theta$ 及び $-\theta$ のいずれかの角度で傾斜する方向に回折させて前記出射面から出射可能とされる平板状の第 2 の偏光回折格子と、を有する円偏光回転回折スイッチと、前記第 1 の偏光回折格子の前記入射面に対し、前記厚さ方向と平行な方向に対し $+\theta$ 及び $-\theta$ のいずれかの角度で傾斜する方向から前記円偏光を照射可能とされる円偏光照射部と、を備えることを特徴とする円偏光入出力装置。

<2> 円偏光回転回折スイッチが、第 1 の偏光回折格子と液晶偏光回転素子と第 2 の偏光回折格子とをこの順で積層させて構成される前記<1>に記載の円偏光入出力装置。

<3> 第 1 の偏光回折格子の入射面に対し、前記第 1 の偏光回折格子の厚さ方向と平行な方向に対し $+\theta$ の角度で傾斜する方向から円偏光を照射可能とされる円偏光照射部を第 1 の円偏光照射部としたとき、更に、前記第 1 の偏光回折格子の入射面に対し、前記第 1 の偏光回折格子の厚さ方向と平行な方向に対し $-\theta$ の角度で傾斜する方向から前記円偏光を照射可能とされる第 2 の円偏光照射部を有する前記<1>から<2>のいずれかに記載の円偏光入出力装置。

<4> 更に、第 2 の偏光回折格子から第 1 の偏光回折格子の厚さ方向と平行な方向に対して $+\theta$ の角度で傾斜する方向に出射される円偏光の出射方向に配され、前記円偏光を受光可能とされる第 1 の円偏光受光部と、前記厚さ方向と平行な方向に対して $-\theta$ の角度で傾斜する方向に出射される前記円

偏光の出射方向に配され、前記円偏光を受光可能とされる第2の円偏光受光部と、を備える前記<3>に記載の円偏光入出力装置。

<5> 1行1列目の円偏光回転回折スイッチの第2の偏光回折格子から第1の偏光回折格子の厚さ方向と平行な方向に対して $+\theta$ の角度で傾斜する方向に出射される円偏光の出射方向を行の方向とし、前記1行1列目の円偏光回転回折スイッチの前記第2の偏光回折格子から前記厚さ方向と平行な方向に対して $-\theta$ の角度で傾斜する方向に出射される前記円偏光の出射方向を列の方向として、 M 及び N を2以上の整数として、 $M \times N$ 個の円偏光回転回折スイッチが、それぞれの前記第1の偏光回折格子の入射面及び前記第2の偏光回折格子の出射面を平行な状態として M 行 N 列のマトリクス格子上に配され、1列目における M 個の前記円偏光回転回折スイッチの前記各第1の偏光回折格子の入射面に対し、前記厚さ方向と平行な方向に対して $+\theta$ 及び $-\theta$ のいずれかの角度で傾斜する方向から前記円偏光を照射可能とされる M 個の円偏光照射部が配され、 M 行目における N 個の前記円偏光回転回折スイッチの前記各第2の偏光回折格子から前記厚さ方向と平行な方向に対して $+\theta$ 及び $-\theta$ のいずれかの角度で傾斜する方向に出射される前記円偏光の出射方向に前記円偏光を受光可能とされる N 個の円偏光受光部が配される前記<1>から<2>のいずれかに記載の円偏光入出力装置。

<6> 1行1列目の円偏光回転回折スイッチの第2の偏光回折格子から第1の偏光回折格子の厚さ方向と平行な方向に対して $+\theta$ の角度で傾斜する方向に出射される円偏光の出射方向を行の方向とし、前記1行1列目の円偏光回転回折スイッチの前記第2の偏光回折格子から前記厚さ方向と平行な方向に対して $-\theta$ の角度で傾斜する方向に出射される前記円偏光の出射方向を列の方向として、 L を2以上の整数として $2L$ 個の円偏光回転回折スイッチが、それぞれの前記第1の偏光回折格子の入射面及び前記第2の偏光回折格子の出射面を平行な状態として L 行 L 列の菱形格子上に配され、1列目における L 個の前記円偏光回転回折スイッチの前記各第1の偏光回折格子の入射面に対し、前記厚さ方向と平行な方向に対して $+\theta$ 及び $-\theta$ のいずれかの角

度で傾斜する方向から前記円偏光を照射可能とされる L 個の円偏光照射部が配され、 L 行目における L 個の前記円偏光回転回折スイッチの前記各第2の偏光回折格子から前記厚さ方向と平行な方向に対して $+\theta$ 及び $-\theta$ のいずれかの角度で傾斜する方向に出射される前記円偏光の出射方向に前記円偏光を受光可能とされる L 個の円偏光受光部が配される前記<5>に記載の円偏光入出力装置。

<7> 第1の偏光回折格子の入射面及び第2の偏光回折格子の出射面の面内方向に隣接する複数の円偏光回転回折スイッチが、それぞれの前記第1の偏光回折格子及び前記第2の偏光回折格子を、一体形成された1つの部材として共有するように構成される前記<5>から<6>のいずれかに記載の円偏光入出力装置。

<8> 第2の偏光回折格子から第1の偏光回折格子の厚さ方向と平行な方向に対して $+\theta$ 及び $-\theta$ のいずれかの角度で傾斜する方向に出射される円偏光の出射方向に配され、前記円偏光を受光可能とされる円偏光受光部を有し、前記円偏光受光部の配置位置から前記円偏光受光部における前記円偏光の受光方向と反対方向に円偏光照射部から照射される円偏光と同一の円偏光を照射したとき、前記円偏光照射部から照射される前記円偏光とで共焦点が形成される位置に、円偏光回転回折スイッチが配される前記<1>から<2>のいずれかに記載の円偏光入出力装置。

<9> 一の面が入射面とされ、前記一の面と対向する他の面が出射面とされ、角度 θ を $3^\circ \sim 60^\circ$ のいずれかの角度とし、角度 α を 0° を超え 45° 以下のいずれかの角度とし、かつ、 $\alpha + \theta$ を 90° 未満として、厚さ方向に対し $+(\theta + \alpha)$ 及び $-(\theta - \alpha)$ のいずれかの角度で傾斜するビーム状の円偏光が前記入射面から入射されたときに前記円偏光を前記厚さ方向に対し、前記角度 α で傾斜する傾斜方向に回折させて出射面から出射可能とされる平板状の第1の偏光回折格子と、一の面が入射面とされ、前記一の面と対向する他の面が出射面とされるとともに前記第1の偏光回折格子と対向して配され、前記第1の偏光回折格子から前記傾斜方向で前記入射面に入射さ

れる前記円偏光に対し、電圧印加に伴うオンオフ制御により、前記円偏光の回転方向を反転させた状態及び前記回転方向を維持させた状態のいずれかの状態とし、この状態の前記円偏光を前記出射面から前記傾斜方向に出射可能とされる平板状の液晶偏光回転素子と、一の面が入射面とされ、前記一の面と対向する他の面が出射面とされるとともに前記液晶偏光回転素子と対向して配され、前記液晶偏光回転素子から前記傾斜方向で前記入射面に入射される前記円偏光を、前記回転方向に応じて、前記厚さ方向と平行な方向に対し $+(\theta + \alpha)$ 及び $-(\theta - \alpha)$ のいずれかの角度で傾斜する方向に回折させて前記出射面から出射可能とされる平板状の第2の偏光回折格子と、を有する円偏光回転回折スイッチと、前記第1の偏光回折格子の前記入射面に対し、前記厚さ方向と平行な方向に対し $+(\theta + \alpha)$ 及び $-(\theta - \alpha)$ のいずれかの角度で傾斜する方向から前記円偏光を照射可能とされる円偏光照射部と、を備えることを特徴とする円偏光入出力装置。

発明の効果

[0009] 本発明によれば、従来技術における前記諸問題を解決することができ、小型で多入力多出力の光スイッチを構成可能な円偏光入出力装置を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]従来の光ビーム偏光器における偏光の入出力状況を説明する説明図である。

[図2]従来の変調器における偏光の入出力状況を説明する説明図である。

[図3(a)]第1の偏光回折格子の機能を説明する説明図である。

[図3(b)]第2の偏光回折格子の機能を説明する説明図である。

[図3(c)]第1の偏光回折格子及び第2の偏光回折格子の構成を説明する説明図である。

[図3(d)]液晶偏光回転素子の機能を説明する説明図である。

[図4]第1の実施形態に係る円偏光入出力装置の構成を説明する説明図である。

[図5(a)]第1の実施形態に係る円偏光入出力装置の動作を説明する説明図（1）である。

[図5(b)]第1の実施形態に係る円偏光入出力装置の動作を説明する説明図（2）である。

[図5(c)]第1の実施形態に係る円偏光入出力装置の動作を説明する説明図（3）である。

[図5(d)]第1の実施形態に係る円偏光入出力装置の動作を説明する説明図（4）である。

[図5(e)]第1の実施形態に係る円偏光入出力装置の変形例の動作を説明する説明図（1）である。

[図5(f)]第1の実施形態に係る円偏光入出力装置の変形例の動作を説明する説明図（2）である。

[図5(g)]第1の実施形態に係る円偏光入出力装置の変形例の動作を説明する説明図（3）である。

[図5(h)]第1の実施形態に係る円偏光入出力装置の変形例の動作を説明する説明図（4）である。

[図6]円偏光回転回折スイッチの構成例を説明する説明図である。

[図7]M行N列の光マトリクススイッチを構成する第2の実施形態に係る円偏光入出力装置の構成を説明する説明図である。

[図8]L行L列の光マトリクススイッチを構成する第3の実施形態に係る円偏光入出力装置の構成を説明する説明図である。

[図9]第2，3の実施形態の変形例に係る円偏光入出力装置の構成を説明する説明図である。

[図10]共焦点に円偏光回転回折スイッチを配する構成を示す説明図である。

[図11]角度 $\theta + \alpha$ 、 $\theta - \alpha$ で傾斜させた方向で入出力させる状態を示す説明図（1）である。

[図12]角度 $\theta + \alpha$ 、 $\theta - \alpha$ で傾斜させた方向で入出力させる状態を示す説明図（2）である。

発明を実施するための形態

[0011] (円偏光回転回折スイッチ)

本発明の円偏光入出力装置に用いられる円偏光回転回折スイッチについて、図3(a)～(d)を参照しつつ説明をする。前記円偏光回転回折スイッチは、第1の偏光回折格子と、液晶偏光回転素子と、第2の偏光回折格子とを有する。

なお、図3(a)は、前記第1の偏光回折格子の機能を説明する説明図であり、図3(b)は、前記第2の偏光回折格子の機能を説明する説明図であり、図3(c)は、前記第1の偏光回折格子及び前記第2の偏光回折格子の構成を説明する説明図であり、図3(d)は、前記液晶偏光回転素子の機能を説明する説明図である。

[0012] 第1の偏光回折格子101aは、平板状の偏光回折格子で構成される(図3(a)参照)。また、一の面が入射面とされ、前記一の面と対向する他の面が出射面とされ、 θ を $3^\circ \sim 60^\circ$ 、好適には $5^\circ \sim 60^\circ$ のいずれかの角度として、厚さ方向に対し $+\theta$ 及び $-\theta$ のいずれかの角度で傾斜するビーム状の円偏光が前記入射面から入射されたときに前記円偏光を前記厚さ方向に回折させて出射面から出射可能とされる。

[0013] 第1の偏光回折格子101aでは、前記入射面に対して垂直に右回り円偏光を入射させると、第1の偏光回折格子101aの厚さ方向(図3(a)中のx方向)に対して、 $+\theta$ の角度で傾斜する+1次の左回り円偏光を前記出射面から出射可能とされる(図3(a)の上側参照)。

また、前記入射面に対して垂直に左回り円偏光を入射させると、第1の偏光回折格子101aの厚さ方向(図3(a)中のx方向)に対して、 $-\theta$ の角度で傾斜する-1次の右回り円偏光を前記出射面から出射可能とされる(図3(a)の下側参照)。

即ち、第1の偏光回折格子101aでは、入射される円偏光の回転状態に応じて、 ± 1 次の方向に回折され、回転方向が入射前の回転方向と反対となる円偏光のみを出射する。

この状況は、入射及び出射の関係を反対としても同様である。

なお、図3（a）中、第1の偏光回折格子101aに付した矢印は、第1の偏光回折格子101aの周期方向ベクトルの向きを示している。

[0014] 第2の偏光回折格子101bは、平板状の偏光回折格子で構成される（図3（b）参照）。また、一の面が入射面とされ、前記一の面と対向する他の面が出射面とされるときに液晶偏光回転素子103と対向して配され、液晶偏光回転素子103から第1の偏光回折格子101aの厚さ方向と平行な方向で前記入射面に入射される前記円偏光を、前記回転方向に応じて、前記厚さ方向と平行な方向から $+\theta$ 及び $-\theta$ のいずれかの角度で傾斜する方向に回折させて前記出射面から出射可能とされる。

[0015] 第2の偏光回折格子101bでは、前記入射面に対して、第2の偏光回折格子101bの厚さ方向（図3（b）中のx方向）に対し $-\theta$ の角度で傾斜する左回り円偏光を入射させると、前記円偏光を右回り円偏光として前記厚さ方向に回折させて出射面から出射可能とされる（図3（b）の上側参照）。

また、前記入射面に対して、第2の偏光回折格子101bの厚さ方向（図3（b）中のx方向）に対し $+\theta$ の角度で傾斜する右回り円偏光を入射させると、前記円偏光を左回り円偏光として前記厚さ方向に回折させて出射面から出射可能とされる（図3（b）の下側参照）。

即ち、第2の偏光回折格子101bでは、入射される円偏光の回転状態に応じて、 ± 1 次の方向に回折され、回転方向が入射前の回転方向と反対となる円偏光のみを出射する。

この状況は、入射及び出射の関係を反対としても同様である。

つまり、第2の偏光回折格子101bと、第1の偏光回折格子101aとは、周期方向ベクトルの向きが異なるのみで同様の構成及び機能を有する。

なお、図3（b）中、第2の偏光回折格子101bに付した矢印は、第2の偏光回折格子101bの周期方向ベクトルの向きを示している。

[0016] 第1の偏光回折格子101a及び第2の偏光回折格子101bの構成を図

3 (c) に示す。

図3 (c) に示すように、第1の偏光回折格子101a及び第2の偏光回折格子101bでは、長鎖状の分子102a及び102bが、第1の偏光回折格子101a及び第2の偏光回折格子101bの厚さ方向(図3 (c) 中のx方向)に対し面内で直交する一方向(図3 (c) 中のy方向)に周期Λで周期的に回転して配向されて配されるとともに、これら長鎖状の分子102a及び102bの周期的な構造が、面内で前記一方向と直交する他の方向(図3 (c) 中のz方向)に一定間隔で並設されて構成される。

また、第1の偏光回折格子101a及び第2の偏光回折格子101bでは、回折角θが、通常の回折格子と同じく、光の波長をλとして次式(1)を満たすように構成される。

[0017] [数1]

$$\Lambda \sin \theta = \lambda \quad (1)$$

[0018] 第1の偏光回折格子101a及び第2の偏光回折格子101bとしては、このような特徴を有するものであれば特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができ、例えば、特表2008-532085号公報等に記載される高回折角の偏光回折格子を用いることができる。

[0019] 図3 (d) に示すように、液晶偏光回転素子103は、平板状の液晶偏光回転素子で構成される。また、一の面が入射面とされ、前記一の面と対向する他の面が出射面とされるとともに第1の偏光回折格子101a(及び第2の偏光回折格子101b)と対向して配され、第1の偏光回折格子101aから第1の偏光回折格子101aの厚さ方向と平行な方向(図3 (d) 中のx方向)で前記入射面に入射される前記円偏光を前記出射面から前記厚さ方向と平行な方向に出射可能とされる。

[0020] ここで、液晶偏光回転素子103では、電圧を加えたオフ状態において、前記入射面に入射される前記円偏光に対し、前記回転方向を維持させて、前記円偏光を前記出射面から前記厚さ方向と平行な方向(図3 (d) のx方向

）に出射可能とされる（図3（d）の左上及び左下参照）。

また、電圧を加えないオン状態で、前記入射面に入射される前記円偏光に対し、前記回転方向を反転させて、前記円偏光を前記出射面から前記厚さ方向と平行な方向（図3（d）のx方向）に出射可能とされる（図3（d）の右上及び右下参照）。

[0021] 液晶偏光回転素子103としては、このような特徴を有するものであれば特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができ、例えば、xy平面内でy方向を向いたホモジニアス配向した液晶分子が電圧印可によって、xy平面内でx方向に傾く構成の液晶位相変調器等の公知の液晶偏光回転素子を用いることができる。なお、液晶の配向によっては、液晶偏光回転素子103に代えて、電圧を加えるとオン状態になり、電圧を加えないとオフ状態になるタイプの公知の液晶偏光回転素子も利用することができる。以降では、前記円偏光の回転方向を反転させる状態をオン状態とし、前記円偏光の回転方向を維持させる状態をオフ状態として説明する。

[0022] 本発明の円偏光入出力装置では、以上に説明した円偏光回転回折スイッチを用いて、小型で多入力多出力の光スイッチを構成可能とする。即ち、前記円偏光回転回折スイッチでは、第1の偏光回折格子101a及び第2の偏光回折格子101bの回折角 θ を $3^{\circ} \sim 60^{\circ}$ として、大きくとることができるため、本発明の円偏光入出力装置では、この特徴を利用して小型で多入力多出力の光スイッチを構成可能とする。

[0023] 前記多入力多出力の光スイッチを構成する円偏光入出力装置としては、（1）1つの円偏光回転回折スイッチに対して2つの円偏光照射部が配される円偏光入出力装置と、（2）1つの円偏光回転回折スイッチに対して1つの円偏光照射部が配される円偏光入出力装置とに大別することができる。

以下では、前記（1）の一例として第1の実施形態に係る円偏光入出力装置を挙げ、また、前記（2）の例として第2、第3の実施形態に係る各円偏光入出力装置を挙げて、本発明の前記円偏光入出力装置に係る実施形態の例を説明する。

[0024] (第1の実施形態)

第1の実施形態に係る円偏光入出力装置100を図4を参照しつつ説明する。なお、図4は、第1の実施形態に係る円偏光入出力装置100の構成を説明する説明図である。

円偏光入出力装置100は、図4に示すように、第1の偏光回折格子101a、液晶偏光回転素子103及び第2の偏光回折格子101bを有する円偏光回転回折スイッチ106と、第1の円偏光照射部104aと、第2の円偏光照射部104bと、第1の円偏光受光部105aと、第2の円偏光受光部105bとを備え、2入力2出力の光スイッチを構成する。

[0025] 第1の円偏光照射部104aは、第1の偏光回折格子101aの入射面に対し、第1の偏光回折格子101aの厚さ方向と平行な方向（図4中のx方向）に対し $+\theta$ の角度で傾斜する方向からビーム状の円偏光を照射可能とされる。

また、第2の円偏光照射部104bは、第1の偏光回折格子101aの入射面に対し、第1の偏光回折格子101aの厚さ方向と平行な方向（図4中のx方向）に対し $-\theta$ の角度で傾斜する方向から前記円偏光を照射可能とされる。

[0026] 第1の円偏光照射部104a及び第2の円偏光照射部104bとしては、前記円偏光を照射するものであれば特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができ、公知のレーザ光源及び偏光板等で構成される円偏光照射装置を用いることができる。

[0027] 第1の円偏光受光部105aは、第2の偏光回折格子101bから第1の偏光回折格子101aの厚さ方向と平行な方向（図4中のx方向）に対して $+\theta$ の角度で傾斜する方向に出射される円偏光の出射方向に配され、前記円偏光を受光可能とされる。

また、第2の円偏光受光部105bは、第2の偏光回折格子101bから前記厚さ方向と平行な方向（図4中のx方向）に対して $-\theta$ の角度で傾斜する方向に出射される前記円偏光の出射方向に配され、前記円偏光を受光可能

とされる。

[0028] 第1の円偏光受光部105a及び第2の円偏光受光部105bとしては、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができ、例えば、受光した前記円偏光を目的とする状態の光として外部出力する公知の光出力装置を用いることができる。

[0029] 第1の実施形態に係る円偏光入出力装置100の動作について、図5(a)～(d)を参照しつつ説明をする。なお、図5(a)～(d)は、第1の実施形態に係る円偏光入出力装置100の動作を説明する説明図(1)～(4)である。

[0030] 図5(a)に示すように、円偏光入出力装置100では、第1の円偏光照射部104aから、第1の偏光回折格子101aの厚さ方向と平行な方向(図5(a)中のx方向)に対し $+\theta$ の角度で傾斜する方向で、第1の偏光回折格子101aの入射面に対して左回り円偏光を照射すると、前記左回り円偏光が第1の偏光回折格子101aにより右回り円偏光に変換されるとともに第1の偏光回折格子101aの厚さ方向(図5(a)中のx方向)に回折され、液晶偏光回転素子103に導入される。

このとき、液晶偏光回転素子103が前記オフ状態であると、前記右回り円偏光は、液晶偏光回転素子103をそのまま透過して、第2の偏光回折格子101bに導入される。

第2の偏光回折格子101bに導入された前記右回り円偏光は、第2の偏光回折格子101bにより前記左回り円偏光に変換されるとともに第1の偏光回折格子101aの厚さ方向と平行な方向(図5(a)中のx方向)に対して $-\theta$ の角度をもって回折され、第2の円偏光受光部105bに導入される。

[0031] 一方、液晶偏光回転素子103が前記オン状態であると、図5(b)に示すように、液晶偏光回転素子103に導入される前記右回り円偏光は、液晶偏光回転素子103により前記左回り円偏光に回転方向が変換され、第2の偏光回折格子101bに導入される。

第2の偏光回折格子101bに導入された前記左回り円偏光は、第2の偏光回折格子101bにより前記右回り円偏光に変換されるとともに第1の偏光回折格子101aの厚さ方向と平行な方向（図5（b）中のx方向）に対して $+\theta$ の角度をもって回折され、第1の円偏光受光部105aに導入される。

[0032] 次に、図5（c）に示すように、円偏光入出力装置100では、第2の円偏光照射部104bから、第1の偏光回折格子101aの厚さ方向と平行な方向（図5（c）中のx方向）に対し $-\theta$ の角度で傾斜する方向で、第1の偏光回折格子101aの入射面に対して右回り円偏光を照射すると、前記右回り円偏光が第1の偏光回折格子101aにより左回り円偏光に変換されるとともに第1の偏光回折格子101aの厚さ方向（図5（c）中のx方向）に回折され、液晶偏光回転素子103に導入される。

このとき、液晶偏光回転素子103が前記オフ状態であると、前記左回り円偏光は、液晶偏光回転素子103をそのまま透過して、第2の偏光回折格子101bに導入される。

第2の偏光回折格子101bに導入された前記左回り円偏光は、第2の偏光回折格子101bにより前記右回り円偏光に変換されるとともに第1の偏光回折格子101aの厚さ方向と平行な方向（図5（c）中のx方向）に対して $+\theta$ の角度をもって回折され、第1の円偏光受光部105aに導入される。

[0033] 一方、液晶偏光回転素子103が前記オン状態であると、図5（d）に示すように、液晶偏光回転素子103に導入される前記左回り円偏光は、液晶偏光回転素子103により前記右回り円偏光に回転方向が変換され、第2の偏光回折格子101bに導入される。

第2の偏光回折格子101bに導入された前記右回り円偏光は、第2の偏光回折格子101bにより前記左回り円偏光に変換されるとともに第1の偏光回折格子101aの厚さ方向と平行な方向（図5（d）中のx方向）に対して $-\theta$ の角度をもって回折され、第2の円偏光受光部105bに導入され

る。

[0034] 以上のように、円偏光入出力装置 100 では、第 1 の円偏光照射部 104 a から円偏光回転回折スイッチ 106 に入力される円偏光を、液晶偏光回転素子 103 のオンオフ動作に基づき、第 1 の円偏光受光部 105 a 及び第 2 の円偏光受光部 105 b の 2 つの出力先を選択して出力させるとともに、第 2 の円偏光照射部 104 b から円偏光回転回折スイッチ 106 に入力される円偏光を、液晶偏光回転素子 103 のオンオフ動作に基づき、第 1 の円偏光受光部 105 a 及び第 2 の円偏光受光部 105 b の 2 つの出力先を選択して出力させることができ、第 1 の円偏光照射部 104 a 及び第 2 の円偏光照射部 104 b の 2 つの入力を切替えて利用する 2 入力 2 出力の光スイッチとして構成することができる。

[0035] なお、円偏光入出力装置 100 では、第 1 の偏光回折格子 101 a の周期方向ベクトルの向きと、第 2 の偏光回折格子 101 b の周期方向ベクトルの向きとを反対方向に設定しているが（図 4、図 5（a）～（d）参照）、これらの周期方向ベクトルの向きを同一方向に設定しても、2 入力 2 出力の光スイッチとして構成することができる。

周期方向ベクトルの向きを同一方向に設定した変形例である円偏光入出力装置 100' の動作について、図 5（e）～（h）を参照しつつ説明する。なお、図 5（e）～（h）は、第 1 の実施形態に係る円偏光入出力装置の変形例の動作を説明する説明図（1）～（4）である。

[0036] 図 5（e）に示すように、円偏光入出力装置 100' では、第 1 の円偏光照射部 104 a から、第 1 の偏光回折格子 101 a の厚さ方向と平行な方向（図 5（e）中の x 方向）に対し $+\theta$ の角度で傾斜する方向で、第 1 の偏光回折格子 101 a の入射面に対して左回り円偏光を照射すると、前記左回り円偏光が第 1 の偏光回折格子 101 a により右回り円偏光に変換されるとともに第 1 の偏光回折格子 101 a の厚さ方向（図 5（e）中の x 方向）に回折され、液晶偏光回転素子 103 に導入される。

このとき、液晶偏光回転素子 103 が前記オフ状態であると、前記右回り

円偏光は、液晶偏光回転素子 103 をそのまま透過して、第 2 の偏光回折格子 101 b に導入される。

第 2 の偏光回折格子 101 b に導入された前記右回り円偏光は、第 2 の偏光回折格子 101 b により前記左回り円偏光に変換されるとともに第 1 の偏光回折格子 101 a の厚さ方向と平行な方向（図 5（e）中の x 方向）に対して $+\theta$ の角度をもって回折され、第 1 の円偏光受光部 105 a に導入される。

[0037] 一方、液晶偏光回転素子 103 が前記オン状態であると、図 5（f）に示すように、液晶偏光回転素子 103 に導入される前記右回り円偏光は、液晶偏光回転素子 103 により前記左回り円偏光に回転方向が変換され、第 2 の偏光回折格子 101 b に導入される。

第 2 の偏光回折格子 101 b に導入された前記左回り円偏光は、第 2 の偏光回折格子 101 b により前記右回り円偏光に変換されるとともに第 1 の偏光回折格子 101 a の厚さ方向と平行な方向（図 5（f）中の x 方向）に対して $-\theta$ の角度をもって回折され、第 2 の円偏光受光部 105 b に導入される。

[0038] 次に、図 5（g）に示すように、円偏光入出力装置 100' では、第 2 の円偏光照射部 104 b から、第 1 の偏光回折格子 101 a の厚さ方向と平行な方向（図 5（g）中の x 方向）に対し $-\theta$ の角度で傾斜する方向で、第 1 の偏光回折格子 101 a の入射面に対して右回り円偏光を照射すると、前記右回り円偏光が第 1 の偏光回折格子 101 a により左回り円偏光に変換されるとともに第 1 の偏光回折格子 101 a の厚さ方向（図 5（g）中の x 方向）に回折され、液晶偏光回転素子 103 に導入される。

このとき、液晶偏光回転素子 103 が前記オフ状態であると、前記左回り円偏光は、液晶偏光回転素子 103 をそのまま透過して、第 2 の偏光回折格子 101 b に導入される。

第 2 の偏光回折格子 101 b に導入された前記左回り円偏光は、第 2 の偏光回折格子 101 b により前記右回り円偏光に変換されるとともに第 1 の偏

光回折格子 101a の厚さ方向と平行な方向（図 5（g）中の x 方向）に対して $-\theta$ の角度をもって回折され、第 2 の円偏光受光部 105b に導入される。

[0039] 一方、液晶偏光回転素子 103 が前記オン状態であると、図 5（h）に示すように、液晶偏光回転素子 103 に導入される前記左回り円偏光は、液晶偏光回転素子 103 により前記右回り円偏光に回転方向が変換され、第 2 の偏光回折格子 101b に導入される。

第 2 の偏光回折格子 101b に導入された前記右回り円偏光は、第 2 の偏光回折格子 101b により前記左回り円偏光に変換されるとともに第 1 の偏光回折格子 101a の厚さ方向と平行な方向（図 5（h）中の x 方向）に対して $+\theta$ の角度をもって回折され、第 1 の円偏光受光部 105a に導入される。

[0040] 以上のように、第 1 の偏光回折格子 101a の周期方向ベクトルの向きと、第 2 の偏光回折格子 101b の周期方向ベクトルの向きとを同一方向に設定した円偏光入出力装置 100' においても、これら周期方向ベクトルの向きが反対方向に設定された円偏光入出力装置 100 と同様に、2 入力 2 出力の光スイッチとして構成することができる。

[0041] また、第 1 の実施形態に係る円偏光入出力装置 100（及びその変形例である円偏光入出力装置 100'）では、第 1 の偏光回折格子 101a－液晶偏光回転素子 103 間、及び、液晶偏光回転素子 103－第 2 の偏光回折格子 101b 間に間隔を空けて、これらに対向させた状態で説明をしたが、これらは、図 6 に示すように、第 1 の偏光回折格子 101a、液晶偏光回転素子 103 及び第 2 の偏光回折格子 101b の順で積層されて、一体の円偏光回転回折スイッチ 106 を構成してもよい。このような構成とすることで、より小型の光スイッチを構成することができる。なお、図 6 は、円偏光回転回折スイッチの構成例を説明する説明図である。

[0042] また、第 1 の実施形態に係る円偏光入出力装置 100（及びその変形例である円偏光入出力装置 100'）では、前記（1）の態様の最も簡素な例と

して、2入力2出力の光スイッチの構成例で説明を行ったが、2つの前記円偏光回転回折スイッチを1つの前記円偏光回転回折スイッチの2つの出力方向に配して、より多入力で多出力の光スイッチを構成することができる。

以下に説明する第2、第3の各実施形態においては、こうした多入力多出力の光スイッチの構成例として説明する。

[0043] (第2の実施形態)

第2の実施形態に係る円偏光入出力装置110を図7を参照しつつ説明する。

円偏光入出力装置110では、1行1列目の円偏光回転回折スイッチ106-11の前記第2の偏光回折格子から前記第1の偏光回折格子の厚さ方向と平行な方向に対して $+\theta$ の角度で傾斜する方向に出射される前記円偏光の出射方向を行の方向とし、1行1列目の円偏光回転回折スイッチ106-11の前記第2の偏光回折格子から前記厚さ方向と平行な方向に対して $-\theta$ の角度で傾斜する方向に出射される円偏光の出射方向を列の方向として、 $3 \times 4 = 12$ 個の円偏光回転回折スイッチ106-11~106-34(11~34の数字は、行列の数字に対応する)が、それぞれの前記第1の偏光回折格子の入射面及び前記第2の偏光回折格子の出射面を平行な状態として3行4列のマトリクス格子上に配される。

また、1列目における3個の円偏光回転回折スイッチ106-11~106-31の前記各第1の偏光回折格子の入射面に対し、前記厚さ方向と平行な方向に対し $-\theta$ の角度で傾斜する方向から前記円偏光を照射可能とされる3個の円偏光照射部104a~104cが配され、3行目における4個の円偏光回転回折スイッチ106-31~106-34の前記各第2の偏光回折格子から前記厚さ方向と平行な方向に対して $-\theta$ の角度で傾斜する方向に出射される前記円偏光の出射方向に前記円偏光を受光可能とされる4個の円偏光受光部(105a~105d)が配される。

[0044] このように構成される円偏光入出力装置110では、各円偏光回転回折スイッチ106-11~106-34が、円偏光入出力装置100における円

偏光回転回折スイッチ 106 と同様に動作し、3 入力 4 出力の光スイッチを構成することができる。

[0045] なお、円偏光入出力装置 110 では、3 入力 4 出力の光スイッチを構成することとしたが、本発明の円偏光入出力装置は、M 及び N を 2 以上の整数とした M 行 N 列のマトリクス格子に適用することで、任意の M 入力 N 出力の光スイッチを構成することができる。

また、円偏光入出力装置 110 は、円偏光回転回折スイッチ 106-11 ~ 106-34 の周期ベクトルの向きを適宜変更することで、円偏光照射部 104a ~ 104c を、前記厚さ方向と平行な方向に対し $+\theta$ の角度で傾斜する方向から前記円偏光を照射することとし、円偏光受光部 105a ~ 105d を、前記厚さ方向と平行な方向に対して $+\theta$ の角度で傾斜する方向から前記円偏光を受光することとして、各要素の配置が変更されてもよい。

[0046] (第 3 の実施形態)

次に、第 3 の実施形態に係る円偏光入出力装置 120 を図 8 を参照しつつ説明する。

円偏光入出力装置 120 は、円偏光入出力装置 110 と異なり、行の数と列の数とが同数とされる。

即ち、円偏光入出力装置 120 では、1 行 1 列目の円偏光回転回折スイッチ 106-11 の前記第 2 の偏光回折格子から前記第 1 の偏光回折格子の厚さ方向と平行な方向に対して $+\theta$ の角度で傾斜する方向に出射される前記円偏光の出射方向を行の方向とし、1 行 1 列目の円偏光回転回折スイッチ 106-11 の前記第 2 の偏光回折格子から前記厚さ方向と平行な方向に対して $-\theta$ の角度で傾斜する方向に出射される円偏光の出射方向を列の方向として、 $3 \times 3 = 9$ 個の円偏光回転回折スイッチ 106-11 ~ 106-33 (11 ~ 33 の数字は、行列の数字に対応する) が、それぞれの前記第 1 の偏光回折格子の入射面及び前記第 2 の偏光回折格子の出射面を平行な状態として 3 行 3 列の菱形格子上に配される。

また、1 列目における 3 個の円偏光回転回折スイッチ 106-11 ~ 10

6-31の前記各第1の偏光回折格子の入射面に対し、前記厚さ方向と平行な方向に対し $-\theta$ の角度で傾斜する方向から前記円偏光を照射可能とされる3個の円偏光照射部104a~104cが配され、3行目における3個の円偏光回折回折スイッチ106-31~106-33の前記各第2の偏光回折格子から前記厚さ方向と平行な方向に対して $-\theta$ の角度で傾斜する方向に出射される前記円偏光の出射方向に前記円偏光を受光可能とされる3個の円偏光受光部105a~105cが配される。

[0047] このように構成される円偏光入出力装置120では、各円偏光回折回折スイッチ106-11~106-33が、円偏光入出力装置100における円偏光回折回折スイッチ106と同様に動作し、3入力3出力の光スイッチを構成することができる。

また、円偏光入出力装置120では、円偏光照射部104a~104cと円偏光受光部105a~105cとの間で、1対1の光接続を3!通りに設定することが可能であり、円偏光入出力装置110よりも用いる前記円偏光回折回折スイッチの数が少なく、より小型で効果的な光接続の設定を行うことができる。

[0048] なお、円偏光入出力装置120では、3入力3出力の光スイッチを構成することとしたが、本発明の円偏光入出力装置は、 L を2以上の整数とした L 行 L 列の菱形格子に適用することで、任意の L 入力 L 出力の光スイッチを構成することができる。

また、円偏光入出力装置120は、円偏光回折回折スイッチ106-11~106-33の周期ベクトルの向きを適宜変更することで、円偏光照射部104a~104cを、前記厚さ方向と平行な方向に対し $+\theta$ の角度で傾斜する方向から前記円偏光を照射することとし、円偏光受光部105a~105cを、前記厚さ方向と平行な方向に対して $+\theta$ の角度で傾斜する方向から前記円偏光を受光することとして、各要素の配置が変更されてもよい。

[0049] 次に、第2、3の実施形態の変形例に係る円偏光入出力装置130について図9を参照しつつ説明する。なお、図9は、第2、3の実施形態の変形例

に係る円偏光入出力装置の構成を説明する説明図である。

円偏光入出力装置 130 では、前記第 1 の偏光回折格子の入射面及び前記第 2 の偏光回折格子の出射面の面内方向に隣接する複数の前記円偏光回折回折スイッチが、それぞれの前記第 1 の偏光回折格子及び前記第 2 の偏光回折格子を、一体形成された 1 つの部材として共有するように構成された一体型円偏光回折回折スイッチ 107-1 ~ 107-5 を有して構成される。

ここで、一体型円偏光回折回折スイッチ 107-1, 107-3, 107-5 のそれぞれは、前記第 1 の偏光回折格子及び前記第 2 の偏光回折格子が一体形成されるものの、5 つに分割された液晶偏光回折素子に応じて、5 つの前記円偏光回折回折スイッチとして機能する。

また、一体型円偏光回折回折スイッチ 107-2, 107-4 のそれぞれについても、前記第 1 の偏光回折格子及び前記第 2 の偏光回折格子が一体形成されるものの、4 つに分割された液晶偏光回折素子に応じて、4 つの前記円偏光回折回折スイッチとして機能する。

[0050] この円偏光入出力装置 130 では、一体型円偏光回折回折スイッチ 107-1 ~ 107-5 が、それぞれ前記第 1 の偏光回折格子の入射面及び前記第 2 の偏光回折格子の出射面の面内方向に隣接する複数の前記円偏光回折回折スイッチを間隔を設けずに一体に集積させて構成されるため、一体型円偏光回折回折スイッチ 107-1 ~ 107-5 における前記円偏光回折回折スイッチの数を最適化することにより、より小型の光スイッチを構成することも可能となる。

[0051] また、円偏光入出力装置 130 では、一体型円偏光回折回折スイッチ 107-1, 107-5 の中央に存在する 1 つの前記円偏光回折回折スイッチ、一体型円偏光回折回折スイッチ 107-2, 107-4 の中央に存在する 2 つの前記円偏光回折回折スイッチ、及び一体型円偏光回折回折スイッチ 107-3 の中央に存在する 3 つの前記円偏光回折回折スイッチにより、円偏光入出力装置 120 と同様に 3 入力 3 出力の光スイッチを構成することができる。

円偏光入出力装置 130 では、円偏光照射部 104 b, 104 c が、前記 3 入力 3 出力の光スイッチに關与する前記円偏光回轉回折スイッチに対して、一体型円偏光回轉回折スイッチ 107-1 乃至 107-2 を介して間接的に円偏光を照射し、円偏光受光部 105 b, 105 c が前記 3 入力 3 出力の光スイッチに關与する前記円偏光回轉回折スイッチに対して、一体型円偏光回轉回折スイッチ 107-4 乃至 107-5 を介して間接的に円偏光を受光する態様とされるが、このような態様についても前記円偏光照射部及び前記円偏光受光部の一態様として、本発明の円偏光入出力装置の思想に含まれる。

[0052] 次に、前記円偏光回轉回折スイッチ、前記円偏光照射部及び前記円偏光受光部の好適な位置關係について図 10 を参照しつつ説明する。なお、共焦点に円偏光回轉回折スイッチを配する構成を示す説明図である。

[0053] この例では、前記第 2 の偏光回折格子から前記第 1 の偏光回折格子の厚さ方向と平行な方向に対して $+\theta$ 及び $-\theta$ のいずれかの角度で傾斜する方向に出射される円偏光の出射方向に配され、前記円偏光を受光可能とされる円偏光受光部 105 a (105 b, 105 c) を有し、円偏光受光部 105 a (105 b, 105 c) の配置位置から円偏光受光部 105 a (105 b, 105 c) における前記円偏光の受光方向と反対方向に円偏光照射部 104 a (104 b, 104 c) から照射される円偏光と同一の円偏光を照射したとき、円偏光照射部 104 a (104 b, 104 c) から照射される前記円偏光とで共焦点が形成される位置に、前記円偏光回轉回折スイッチが配される。

[0054] 円偏光照射部 104 a (104 b, 104 c) から照射される前記円偏光と、円偏光受光部 105 a (105 b, 105 c) の配置位置から照射される前記円偏光とにおける光ビームのスポット半径を $\sqrt{2}\omega_0$ とすると、共焦点での前記光ビームのスポット半径は、 ω_0 程度に狭小化する。

このとき、レイリー範囲である f は、下記式 (2) のように表すことができる。

[0055] [数2]

$$f = \frac{\pi \omega_0^2}{\lambda} \quad (2)$$

ただし、前記式(2)中の λ は、動作波長を示す。

[0056] 円偏光照射部104a(104b, 104c)から照射される、スポット直径 $2\sqrt{2}\omega_0$ の光ビームの波面は、共焦点位置に近づくにつれて平坦となる。その後、平坦化された前記光ビームの波面は、前記円偏光回転回折スイッチでの回折により、円偏光受光部105a(105b, 105c)の配置位置に近づくにつれて円弧となり、再びスポット直径 $2\sqrt{2}\omega_0$ の光ビームとなる。

したがって、共焦点レンズ系の共焦点位置に前記円偏光回転回折スイッチを配置することで、回折損失が低減されて低損失なスイッチ動作が可能となる。

図10に示す例では、5つの前記一体型円偏光回転回折スイッチのうち、中央の一体型円偏光回転回折スイッチが共焦点位置に配されるように、左右2つずつの前記一体型円偏光回転回折スイッチ、円偏光照射部104a(104b, 104c)及び円偏光受光部105a(105b, 105c)が配されることが好ましい。つまり、前記円偏光回転回折スイッチが複数配される場合には、これら円偏光回転回折スイッチが複数配される領域の略中心位置が前記共焦点位置とされることが好ましい。

[0057] 以上に説明した諸実施形態では、偏光回折格子に対して、右回り円偏光及び左回り円偏光を、前記偏光回折格子の厚さ方向に対し、角度 θ で傾斜させた方向で入出力させる構成を示したが、図11及び図12に示すように角度 $\theta + \alpha$ 、 $\theta - \alpha$ で傾斜させた方向で入出力させることも可能である。この態様では、円偏光回転回折スイッチを構成する諸部材中で、前記円偏光が前記偏光回折格子の厚さ方向に対し角度 α で傾斜する方向で伝搬する。角度 α としては、 0° を超え 45° 以下であり、好適には、 $1^\circ \sim 15^\circ$ である。また、角度 $\theta + \alpha$ としては、 90° 未満である。この態様とすると、反射光な

どの迷光が入りにくい利点がある。なお、図 1 1 及び図 1 2 は、角度 $\theta + \alpha$ 、 $\theta - \alpha$ で傾斜させた方向で入出力させる状態を示す説明図 (1)、(2) である。

なお、その他の事項については、前述の諸実施形態で説明した事項を適用することができる。

符号の説明

- [0058] 1 0 0, 1 0 0' 1 1 0, 1 2 0, 1 3 0 円偏光入出力装置
- 1 0 1 a 第 1 の偏光回折格子
- 1 0 1 b 第 2 の偏光回折格子
- 1 0 2 a, 1 0 2 b 長鎖状の分子
- 1 0 3 液晶偏光回転素子
- 1 0 4 a ~ c 円偏光照射部
- 1 0 5 a ~ d 円偏光受光部
- 1 0 6, 1 0 6 - 1 1 ~ 1 0 6 - 3 4 円偏光回転回折スイッチ
- 1 0 7 - 1 ~ 1 0 7 - 5 一体型円偏光回転回折スイッチ

請求の範囲

[請求項1]

一の面が入射面とされ、前記一の面と対向する他の面が出射面とされ、 θ を $3^{\circ} \sim 60^{\circ}$ のいずれかの角度として、厚さ方向に対し $+\theta$ 及び $-\theta$ のいずれかの角度で傾斜するビーム状の円偏光が前記入射面から入射されたときに前記円偏光を前記厚さ方向に回折させて出射面から出射可能とされる平板状の第1の偏光回折格子と、

一の面が入射面とされ、前記一の面と対向する他の面が出射面とされるとともに前記第1の偏光回折格子と対向して配され、前記第1の偏光回折格子から前記厚さ方向と平行な方向で前記入射面に入射される前記円偏光に対し、電圧印加に伴うオンオフ制御により、前記円偏光の回転方向を反転させた状態及び前記回転方向を維持させた状態のいずれかの状態とし、この状態の前記円偏光を前記出射面から前記厚さ方向と平行な方向に出射可能とされる平板状の液晶偏光回転素子と、

一の面が入射面とされ、前記一の面と対向する他の面が出射面とされるとともに前記液晶偏光回転素子と対向して配され、前記液晶偏光回転素子から前記厚さ方向と平行な方向で前記入射面に入射される前記円偏光を、前記回転方向に応じて、前記厚さ方向と平行な方向から $+\theta$ 及び $-\theta$ のいずれかの角度で傾斜する方向に回折させて前記出射面から出射可能とされる平板状の第2の偏光回折格子と、を有する円偏光回転回折スイッチと、

前記第1の偏光回折格子の前記入射面に対し、前記厚さ方向と平行な方向に対し $+\theta$ 及び $-\theta$ のいずれかの角度で傾斜する方向から前記円偏光を照射可能とされる円偏光照射部と、

を備えることを特徴とする円偏光入出力装置。

[請求項2]

円偏光回転回折スイッチが、第1の偏光回折格子と液晶偏光回転素子と第2の偏光回折格子とをこの順で積層させて構成される請求項1に記載の円偏光入出力装置。

[請求項3] 第1の偏光回折格子の入射面に対し、前記第1の偏光回折格子の厚さ方向と平行な方向に対し $+\theta$ の角度で傾斜する方向から円偏光を照射可能とされる円偏光照射部を第1の円偏光照射部としたとき、更に、前記第1の偏光回折格子の入射面に対し、前記第1の偏光回折格子の厚さ方向と平行な方向に対し $-\theta$ の角度で傾斜する方向から前記円偏光を照射可能とされる第2の円偏光照射部を有する請求項1から2のいずれかに記載の円偏光入出力装置。

[請求項4] 更に、第2の偏光回折格子から第1の偏光回折格子の厚さ方向と平行な方向に対して $+\theta$ の角度で傾斜する方向に出射される円偏光の出射方向に配され、前記円偏光を受光可能とされる第1の円偏光受光部と、前記厚さ方向と平行な方向に対して $-\theta$ の角度で傾斜する方向に出射される前記円偏光の出射方向に配され、前記円偏光を受光可能とされる第2の円偏光受光部と、を備える請求項3に記載の円偏光入出力装置。

[請求項5] 1行1列目の円偏光回折回折スイッチの第2の偏光回折格子から第1の偏光回折格子の厚さ方向と平行な方向に対して $+\theta$ の角度で傾斜する方向に出射される円偏光の出射方向を行の方向とし、前記1行1列目の円偏光回折回折スイッチの前記第2の偏光回折格子から前記厚さ方向と平行な方向に対して $-\theta$ の角度で傾斜する方向に出射される前記円偏光の出射方向を列の方向として、 M 及び N を2以上の整数として、 $M \times N$ 個の円偏光回折回折スイッチが、それぞれの前記第1の偏光回折格子の入射面及び前記第2の偏光回折格子の出射面を平行な状態として M 行 N 列のマトリクス格子上に配され、

1列目における M 個の前記円偏光回折回折スイッチの前記各第1の偏光回折格子の入射面に対し、前記厚さ方向と平行な方向に対して $+\theta$ 及び $-\theta$ のいずれかの角度で傾斜する方向から前記円偏光を照射可能とされる M 個の円偏光照射部が配され、

M 行目における N 個の前記円偏光回折回折スイッチの前記各第2の

偏光回折格子から前記厚さ方向と平行な方向に対して $+\theta$ 及び $-\theta$ のいずれかの角度で傾斜する方向に出射される前記円偏光の出射方向に前記円偏光を受光可能とされる N 個の円偏光受光部が配される請求項1から2のいずれかに記載の円偏光入出力装置。

[請求項6] 1行1列目の円偏光回転回折スイッチの第2の偏光回折格子から第1の偏光回折格子の厚さ方向と平行な方向に対して $+\theta$ の角度で傾斜する方向に出射される円偏光の出射方向を行の方向とし、前記1行1列目の円偏光回転回折スイッチの前記第2の偏光回折格子から前記厚さ方向と平行な方向に対して $-\theta$ の角度で傾斜する方向に出射される前記円偏光の出射方向を列の方向として、 L を2以上の整数として $2L$ 個の円偏光回転回折スイッチが、それぞれの前記第1の偏光回折格子の入射面及び前記第2の偏光回折格子の出射面を平行な状態として L 行 L 列の菱形格子に配され、

1列目における L 個の前記円偏光回転回折スイッチの前記各第1の偏光回折格子の入射面に対し、前記厚さ方向と平行な方向に対して $+\theta$ 及び $-\theta$ のいずれかの角度で傾斜する方向から前記円偏光を照射可能とされる L 個の円偏光照射部が配され、

L 行目における L 個の前記円偏光回転回折スイッチの前記各第2の偏光回折格子から前記厚さ方向と平行な方向に対して $+\theta$ 及び $-\theta$ のいずれかの角度で傾斜する方向に出射される前記円偏光の出射方向に前記円偏光を受光可能とされる L 個の円偏光受光部が配される請求項5に記載の円偏光入出力装置。

[請求項7] 第1の偏光回折格子の入射面及び第2の偏光回折格子の出射面の面内方向に隣接する複数の円偏光回転回折スイッチが、それぞれの前記第1の偏光回折格子及び前記第2の偏光回折格子を、一体形成された1つの部材として共有するように構成される請求項5から6のいずれかに記載の円偏光入出力装置。

[請求項8] 第2の偏光回折格子から第1の偏光回折格子の厚さ方向と平行な方

向に対して $+\theta$ 及び $-\theta$ のいずれかの角度で傾斜する方向に出射される円偏光の出射方向に配され、前記円偏光を受光可能とされる円偏光受光部を有し、

前記円偏光受光部の配置位置から前記円偏光受光部における前記円偏光の受光方向と反対方向に円偏光照射部から照射される円偏光と同一の円偏光を照射したとき、前記円偏光照射部から照射される前記円偏光とで共焦点が形成される位置に、円偏光回転回折スイッチが配される請求項1から2のいずれかに記載の円偏光入出力装置。

[請求項9]

一の面が入射面とされ、前記一の面と対向する他の面が出射面とされ、角度 θ を $3^\circ \sim 60^\circ$ のいずれかの角度とし、角度 α を 0° を超え 45° 以下のいずれかの角度とし、かつ、 $\alpha + \theta$ を 90° 未満として、厚さ方向に対し $+(\theta + \alpha)$ 及び $-(\theta - \alpha)$ のいずれかの角度で傾斜するビーム状の円偏光が前記入射面から入射されたときに前記円偏光を前記厚さ方向に対し、前記角度 α で傾斜する傾斜方向に回折させて出射面から出射可能とされる平板状の第1の偏光回折格子と、

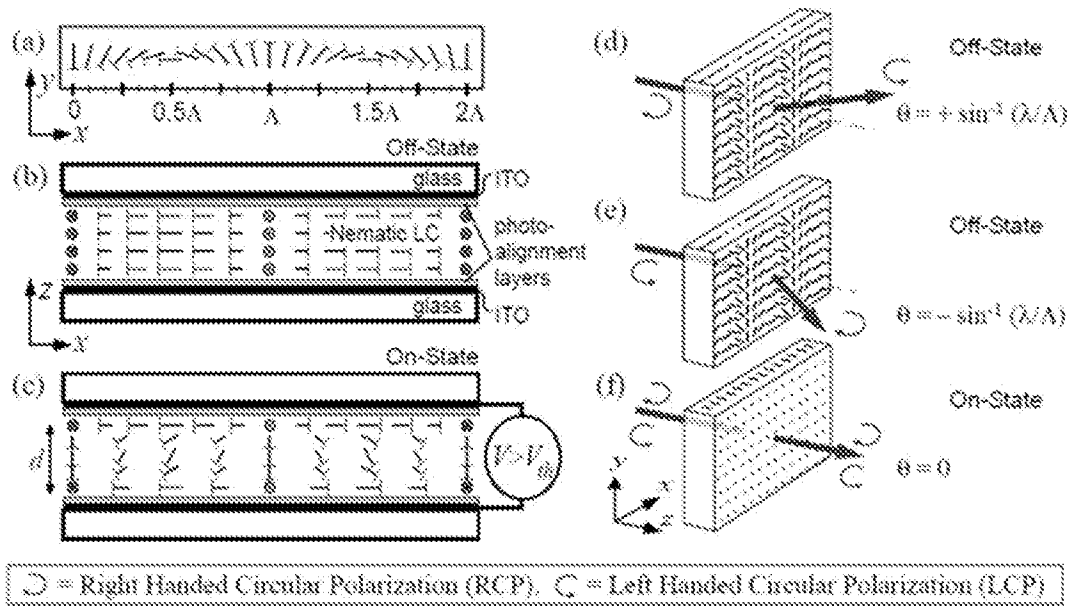
一の面が入射面とされ、前記一の面と対向する他の面が出射面とされるとともに前記第1の偏光回折格子と対向して配され、前記第1の偏光回折格子から前記傾斜方向で前記入射面に入射される前記円偏光に対し、電圧印加に伴うオンオフ制御により、前記円偏光の回転方向を反転させた状態及び前記回転方向を維持させた状態のいずれかの状態とし、この状態の前記円偏光を前記出射面から前記傾斜方向に出射可能とされる平板状の液晶偏光回転素子と、

一の面が入射面とされ、前記一の面と対向する他の面が出射面とされるとともに前記液晶偏光回転素子と対向して配され、前記液晶偏光回転素子から前記傾斜方向で前記入射面に入射される前記円偏光を、前記回転方向に応じて、前記厚さ方向と平行な方向に対し $+(\theta + \alpha)$ 及び $-(\theta - \alpha)$ のいずれかの角度で傾斜する方向に回折させて前記出射面から出射可能とされる平板状の第2の偏光回折格子と、を有

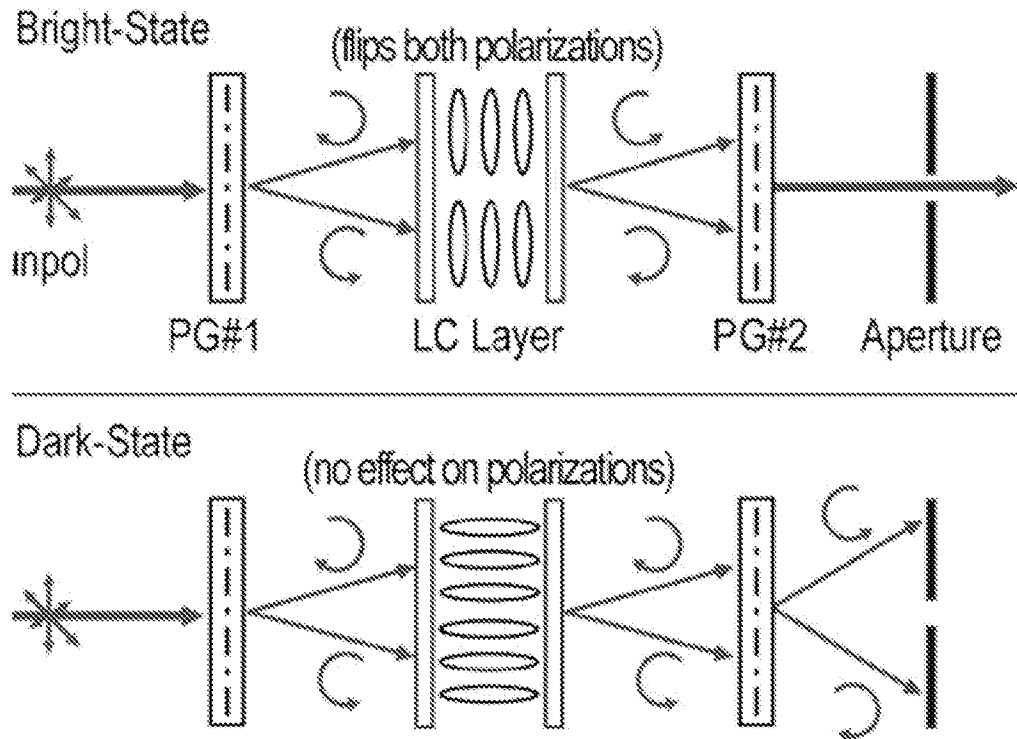
する円偏光回転回折スイッチと、

前記第 1 の偏光回折格子の前記入射面に対し、前記厚さ方向と平行な方向に対し $+(\theta + \alpha)$ 及び $-(\theta - \alpha)$ のいずれかの角度で傾斜する方向から前記円偏光を照射可能とされる円偏光照射部と、
を備えることを特徴とする円偏光入出力装置。

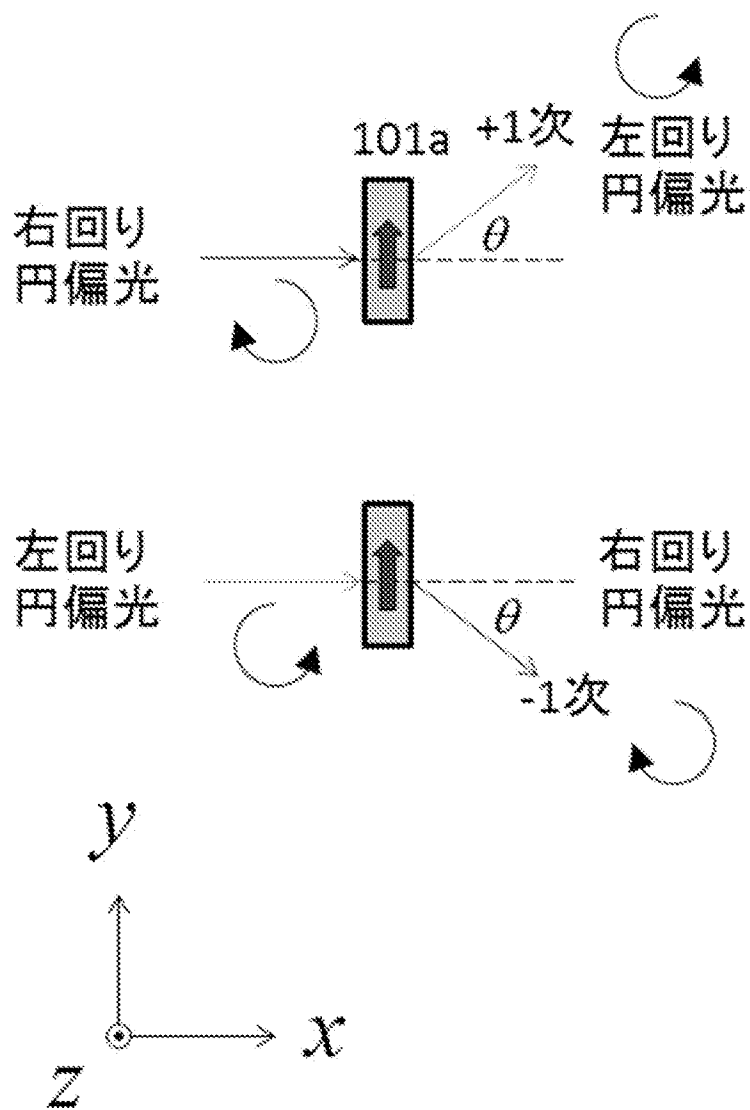
[図1]



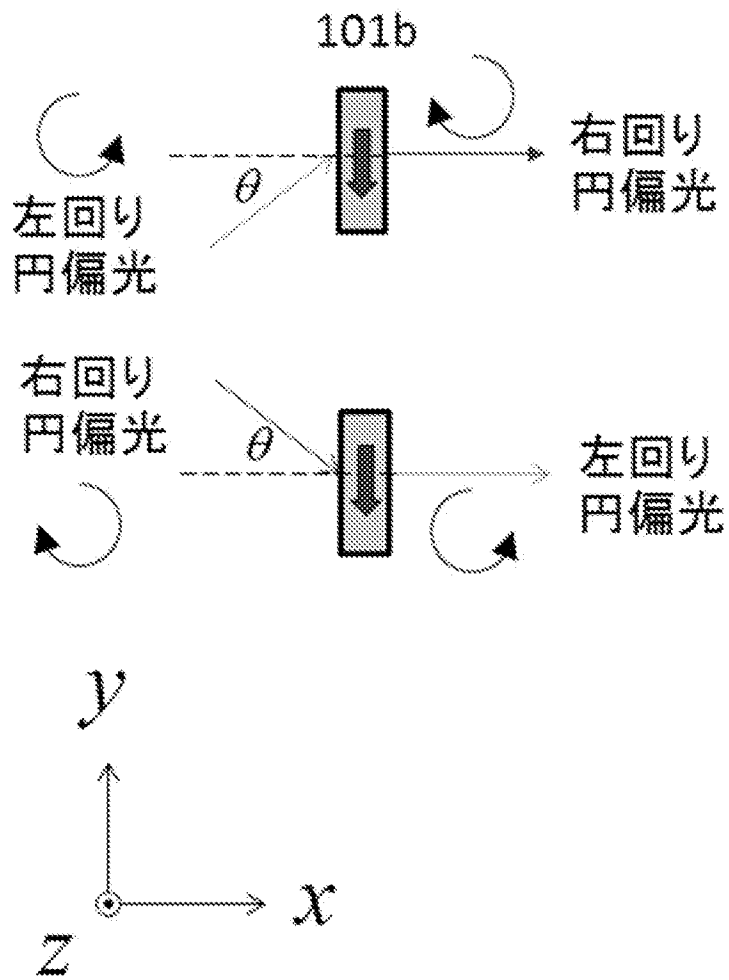
[図2]



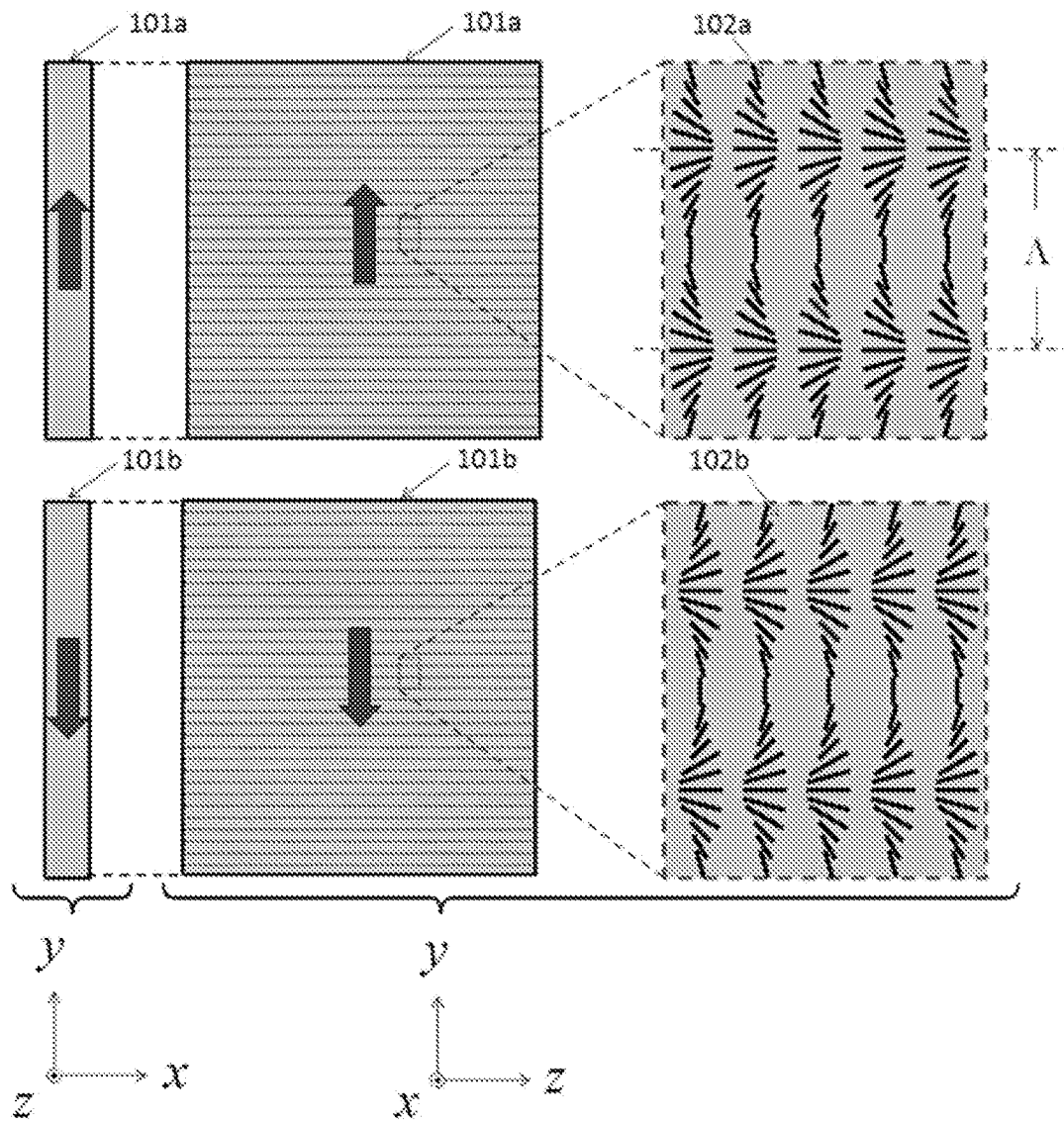
[図3(a)]



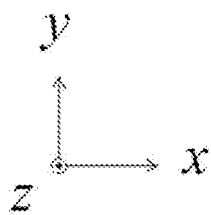
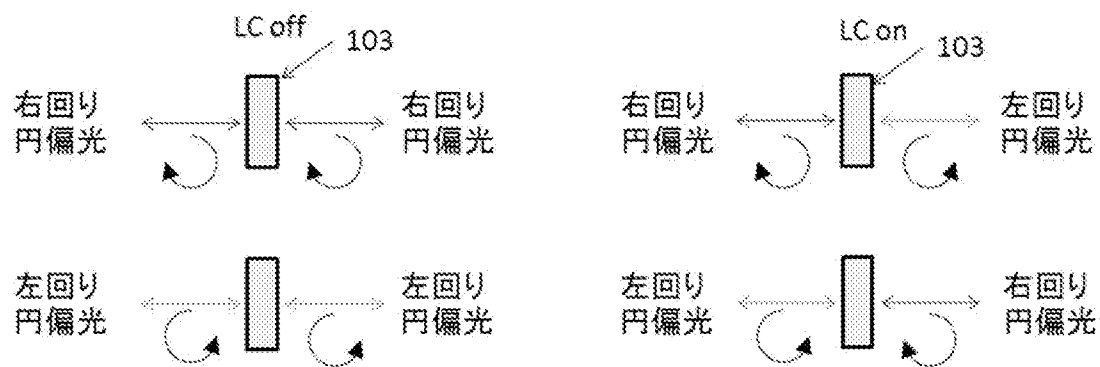
[図3(b)]



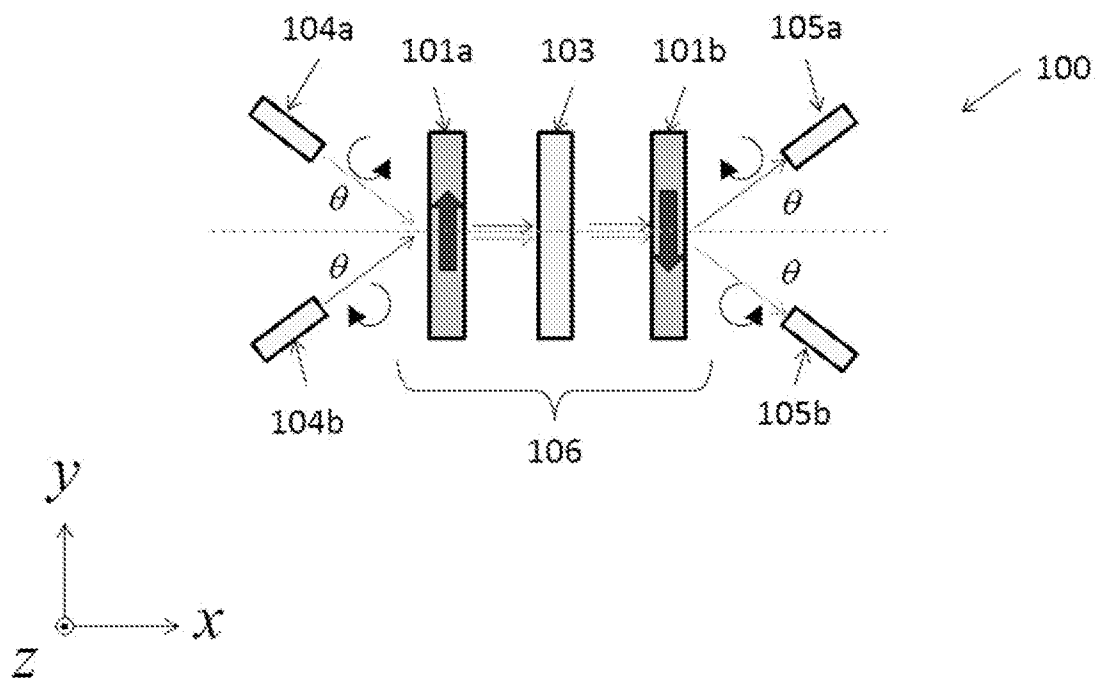
[図3(c)]



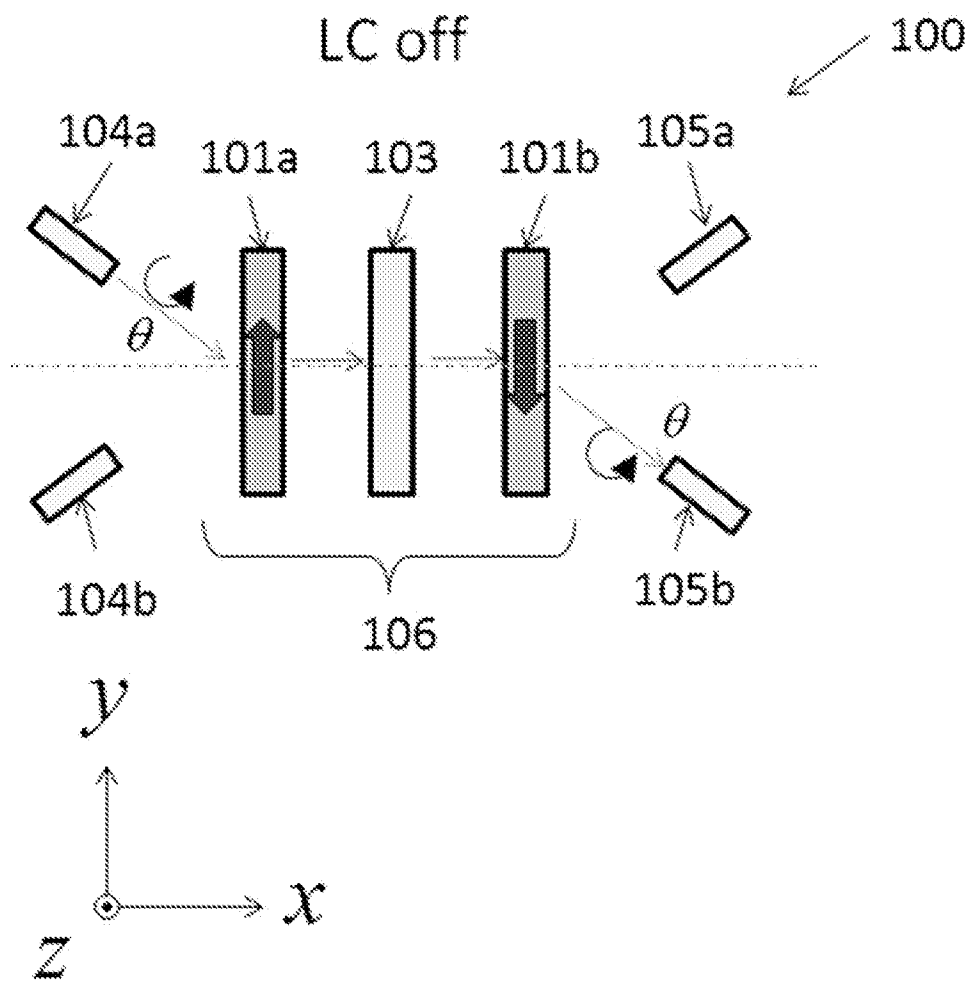
[図3(d)]



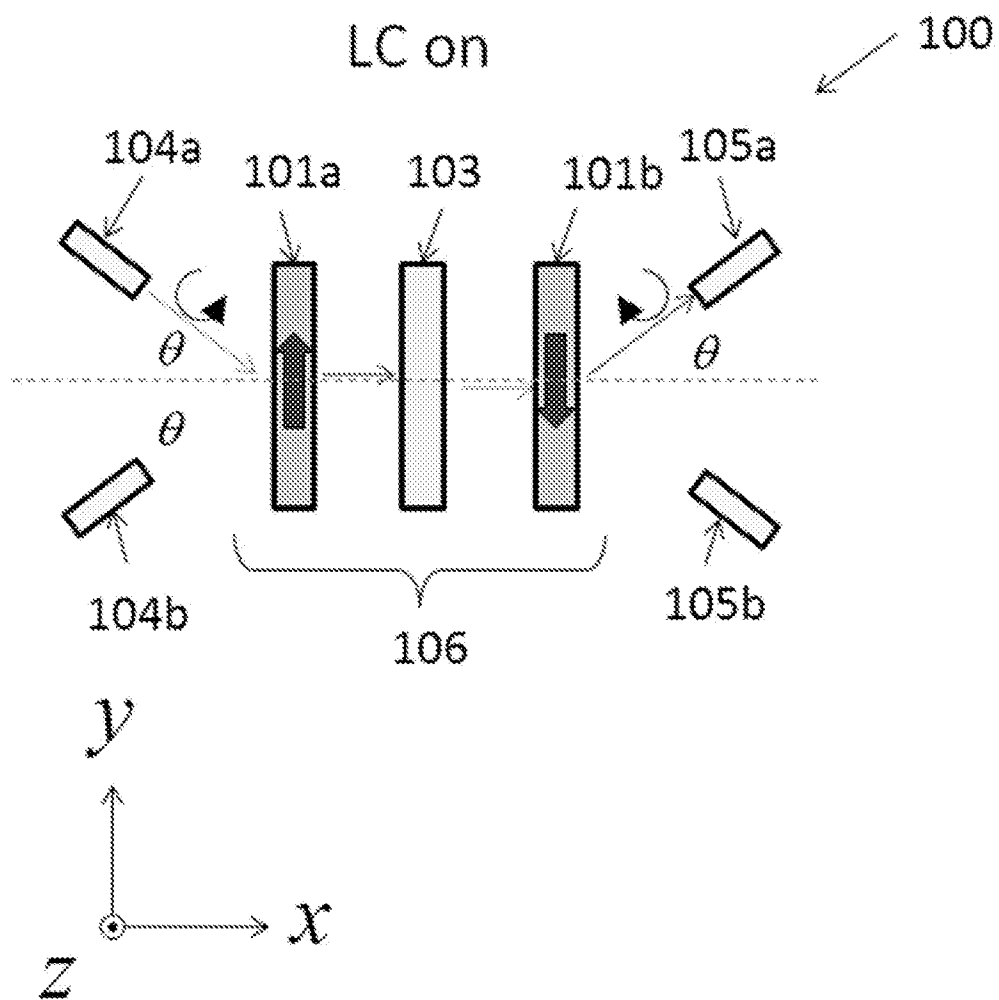
[図4]



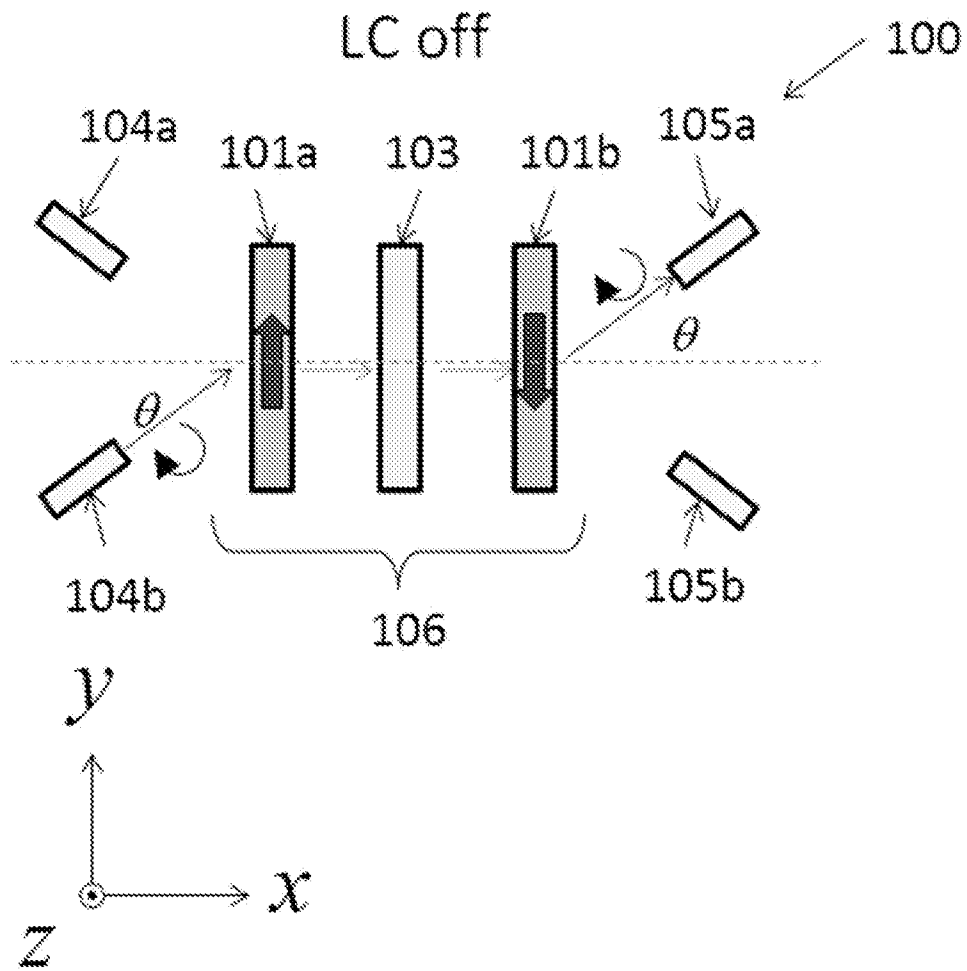
[図5(a)]



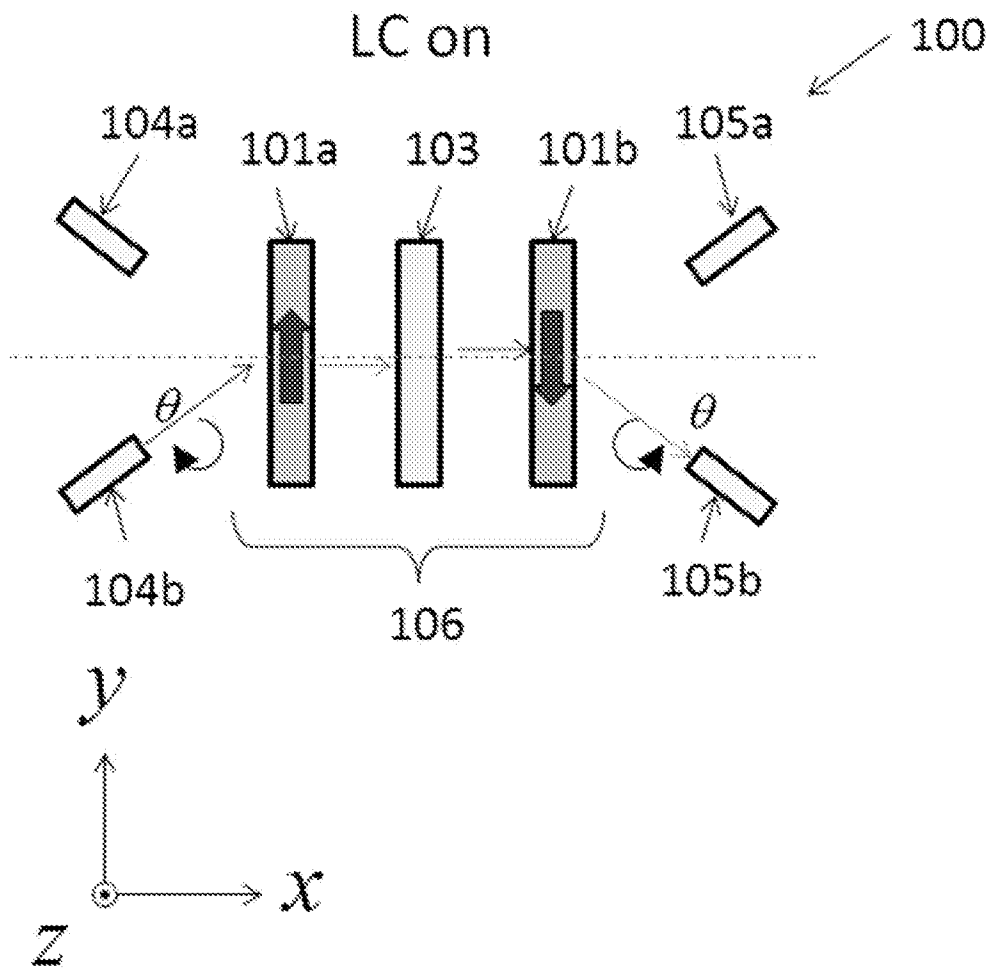
〔図5(b)〕



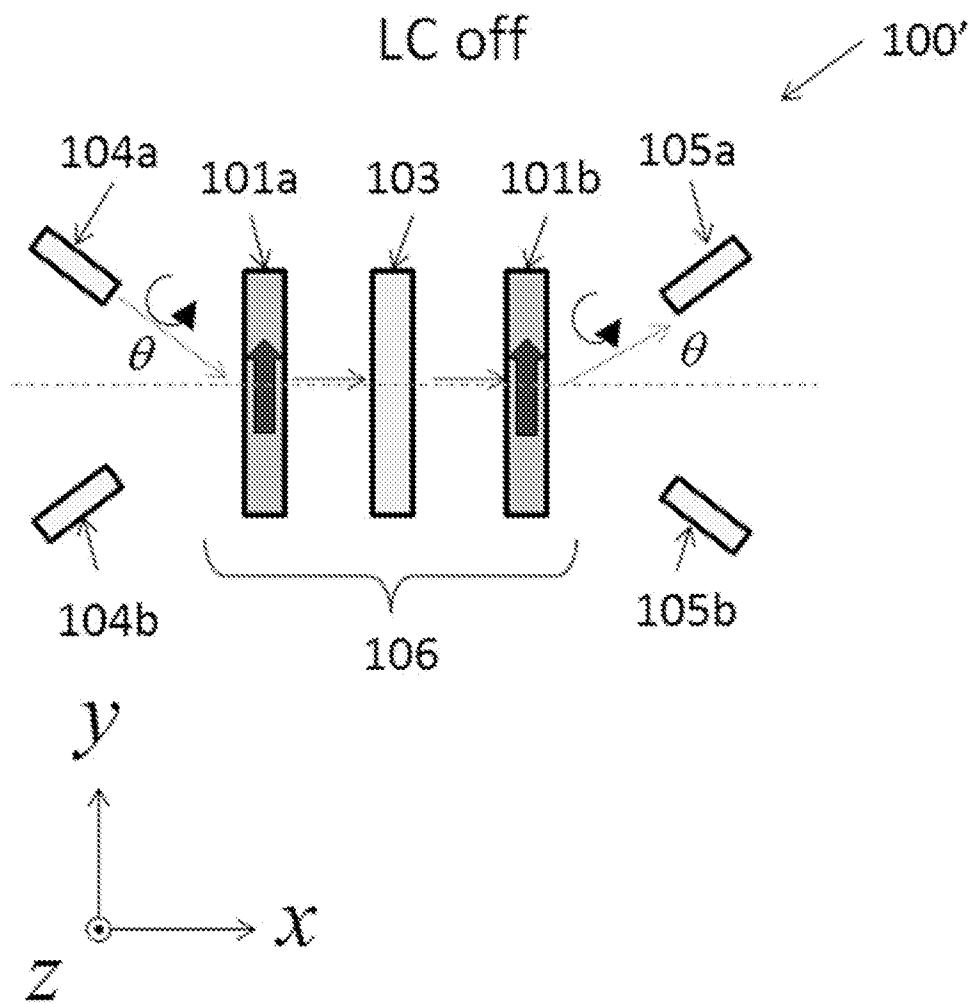
[図5(c)]



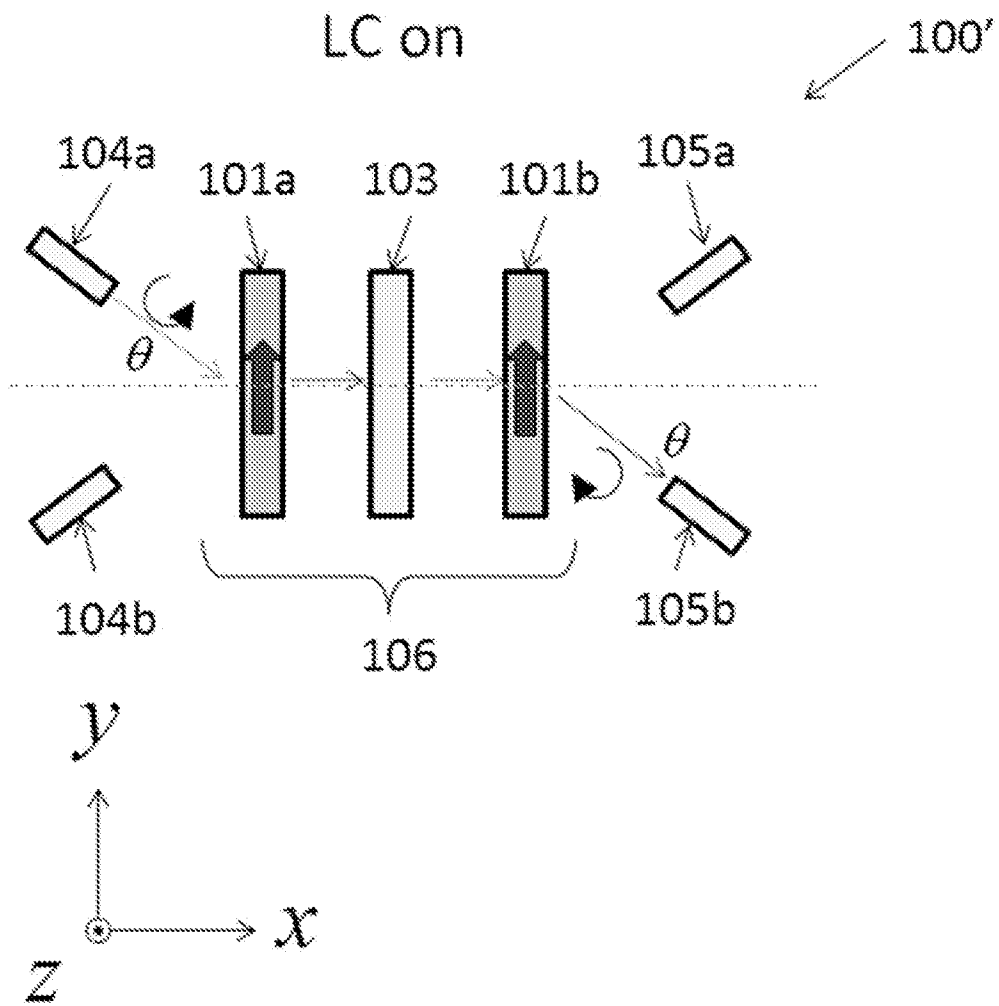
[図5(d)]



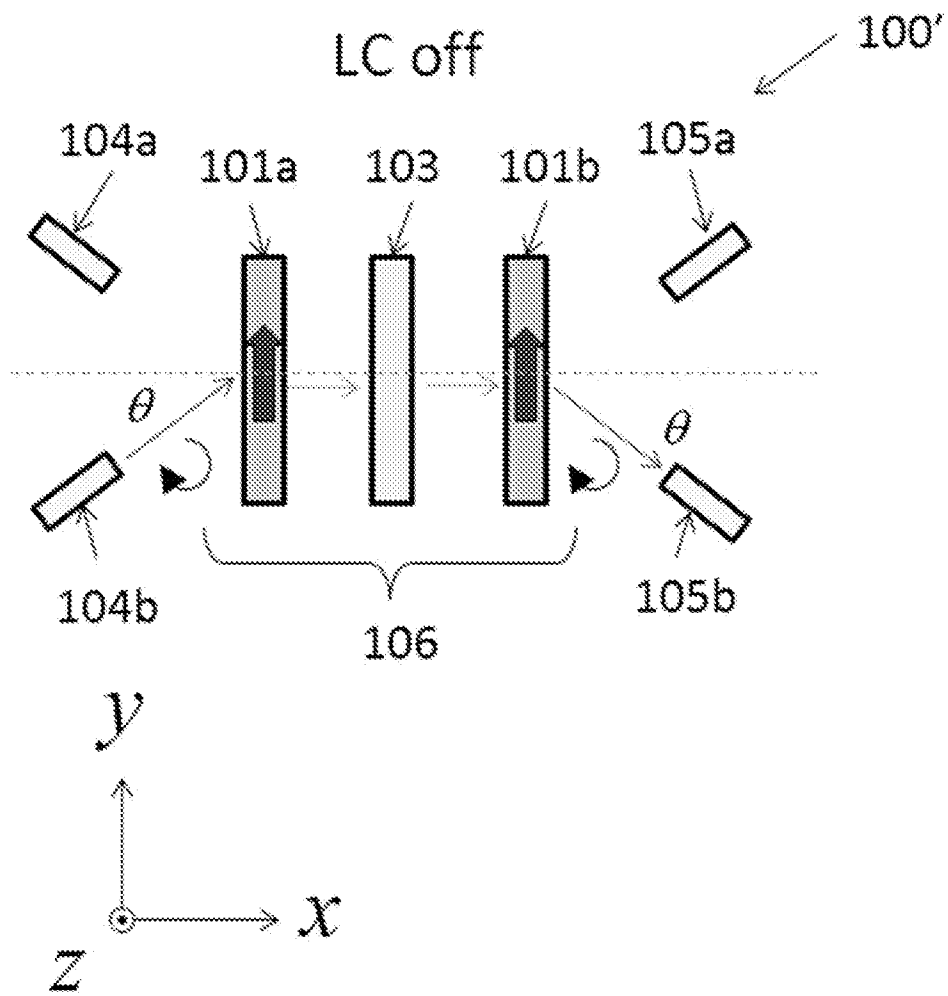
[図5(e)]



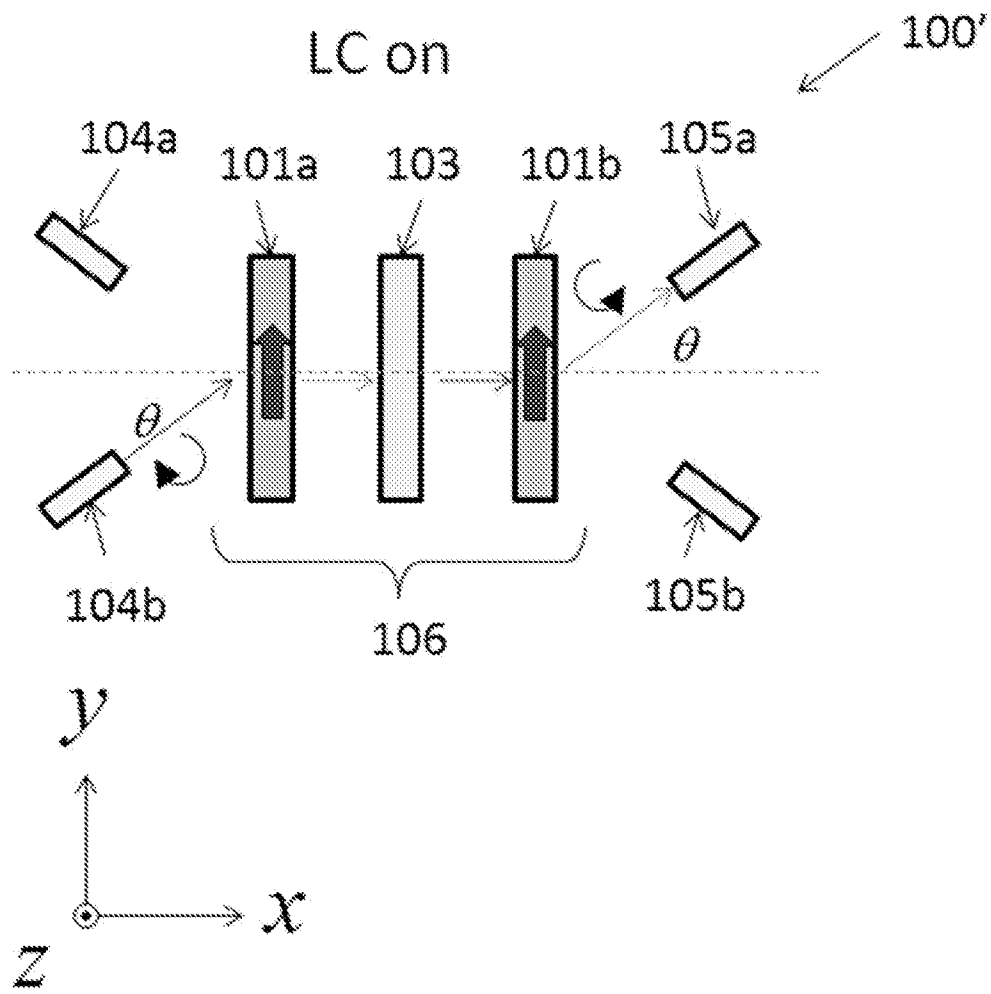
[図5(f)]



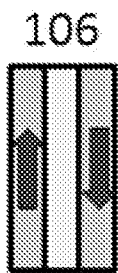
[図5(g)]



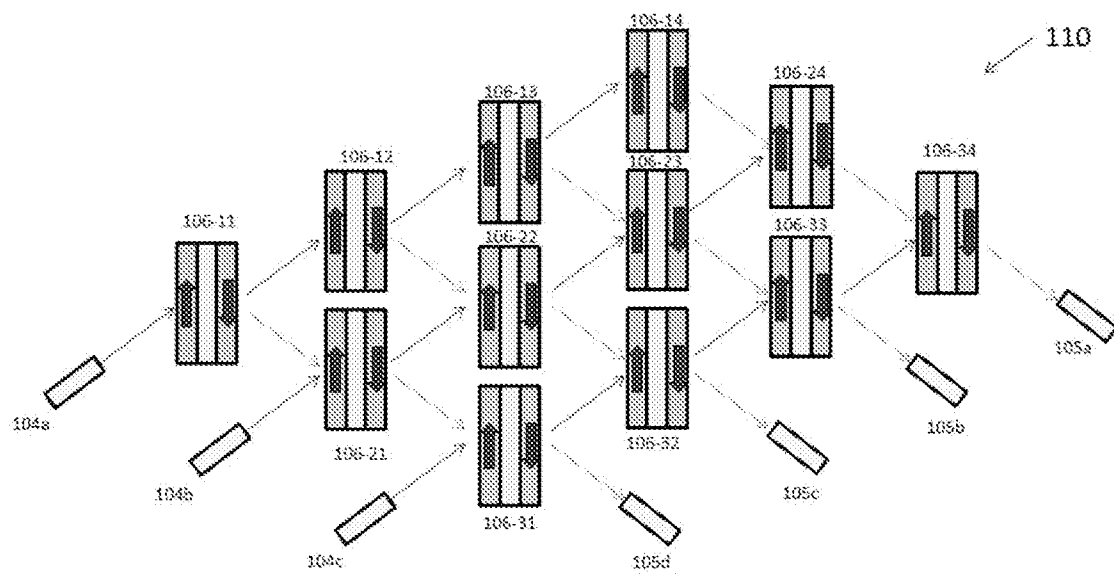
[図5(h)]



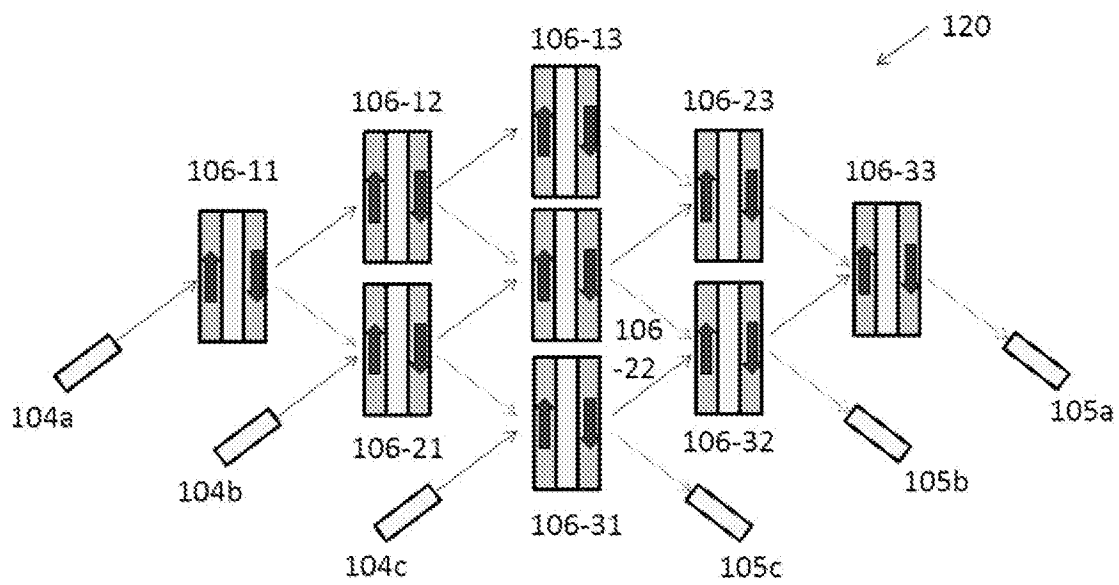
[図6]



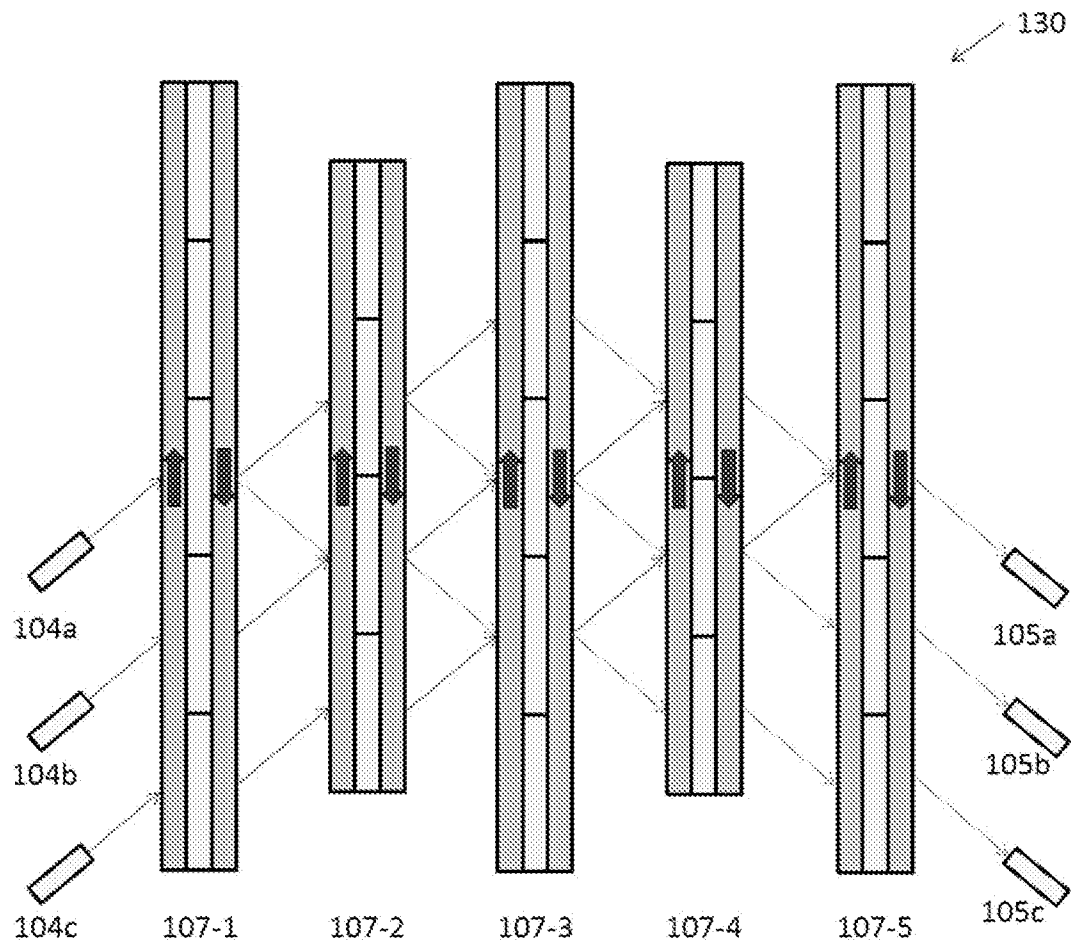
[図7]



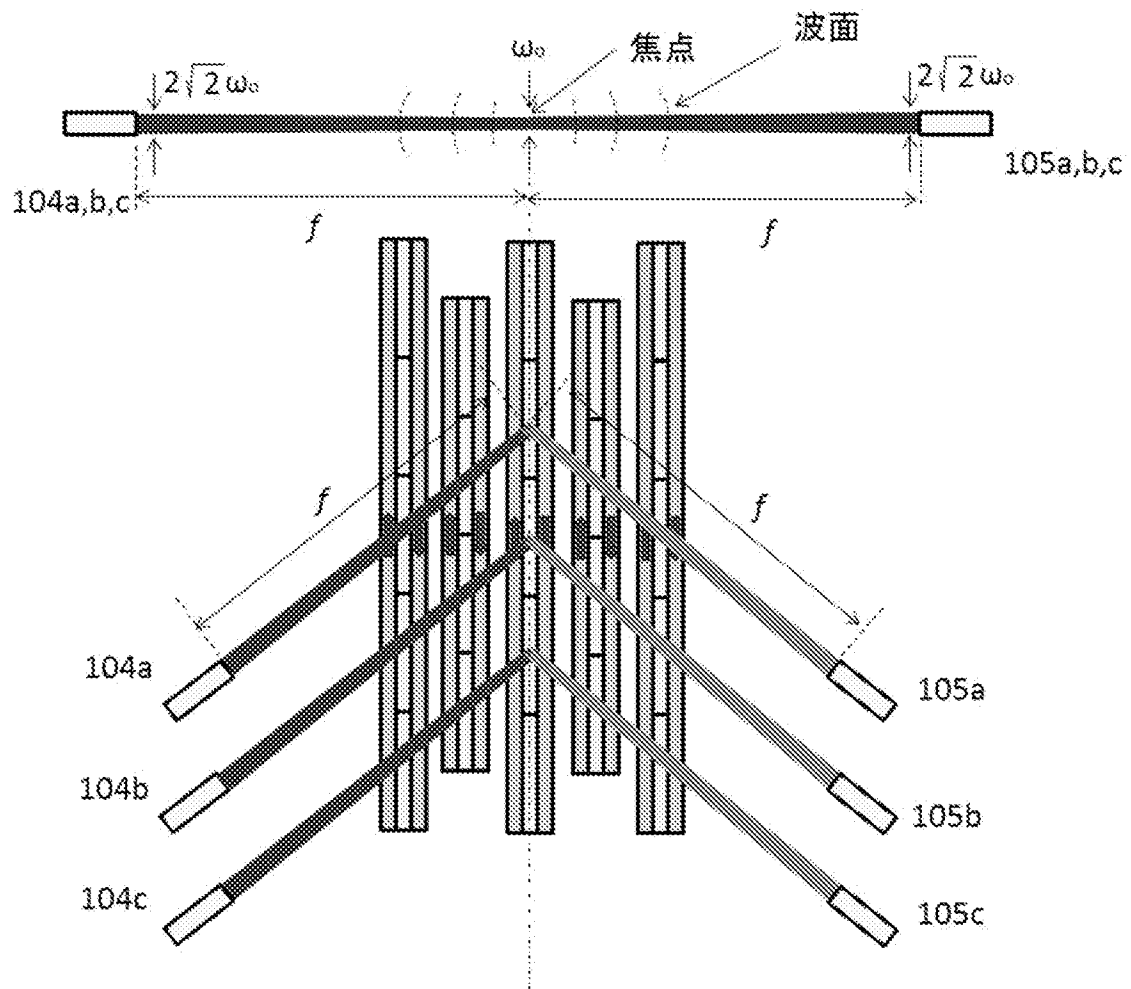
[図8]



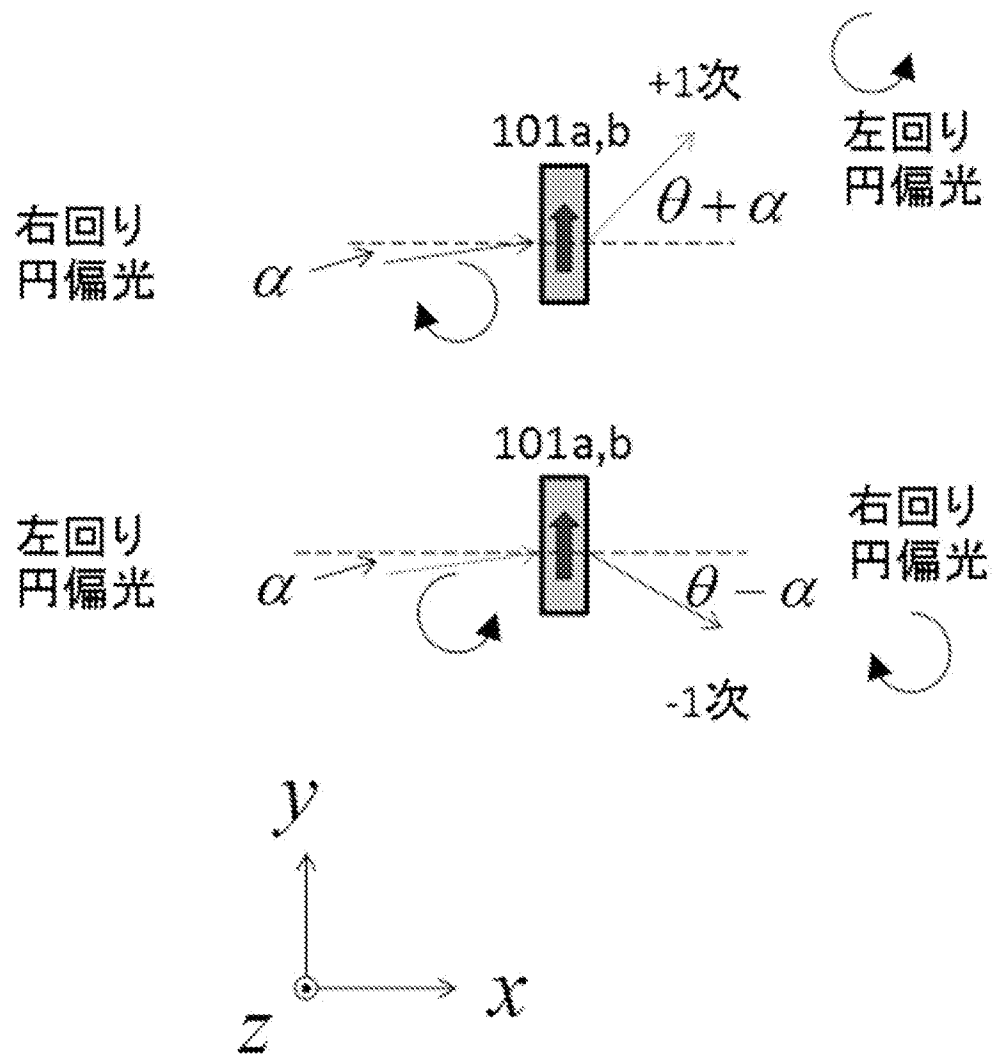
[図9]



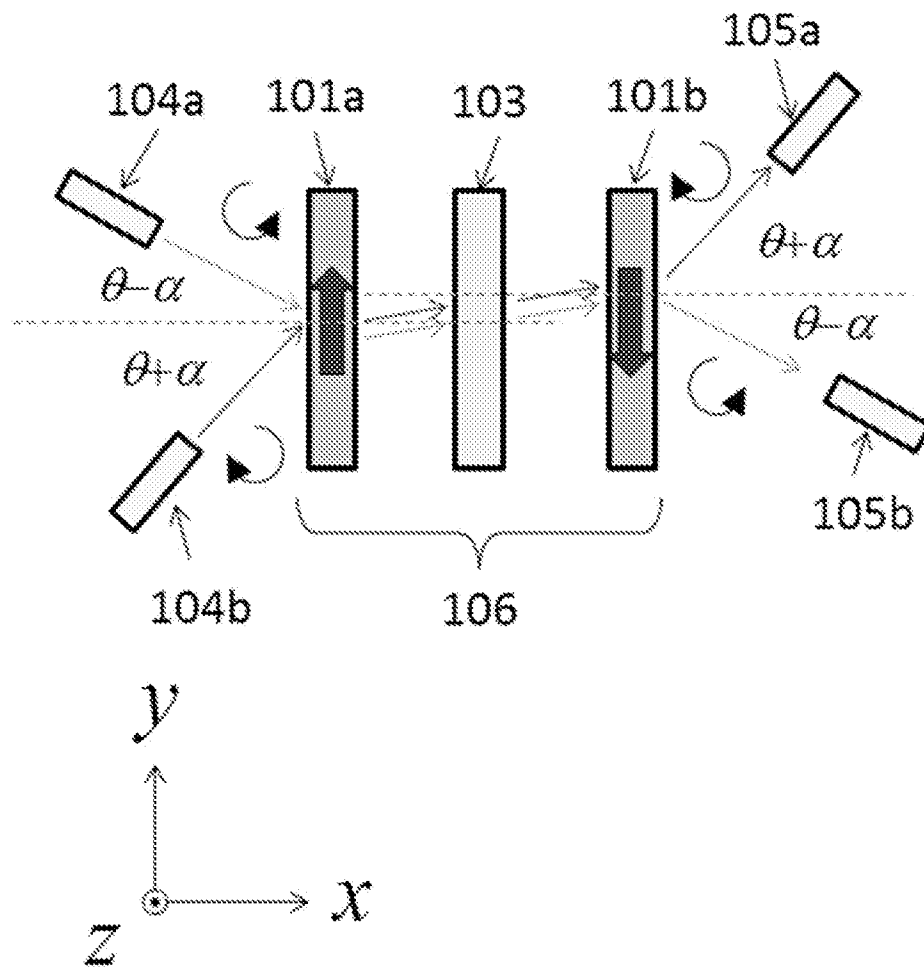
[図10]



[図11]



[図12]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/088905

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02F1/31(2006.01)i, G02B5/18(2006.01)i, G02B5/30(2006.01)i, G02F1/13(2006.01)i

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G02F1/00-1/125, 1/21-7/00, G02F1/13, 1/137-1/141

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

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

Scopus

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 2004/0032660 A1 (Yaakov AMITAI), 19 February 2004 (19.02.2004), paragraphs [0054] to [0055], [0071]; fig. 5 to 6, 10 & WO 2002/029486 A2 & EP 1195638 A1	1-9
Y	US 2012/0188467 A1 (Michael J. ESCUTI), 26 July 2012 (26.07.2012), paragraphs [0109], [0137], [0144]; fig. 7, 16B, 17C & WO 2011/014743 A2	1-9
Y	US 2011/0188120 A1 (Nelson TABIRIAN), 04 August 2011 (04.08.2011), paragraphs [0035] to [0036]; fig. 6B, 7 & US 2014/0285893 A1	1-9

☒ 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
27 March 2017 (27.03.17)

Date of mailing of the international search report
04 April 2017 (04.04.17)

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/JP2016/088905

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 2015-505995 A (Huawei Technologies Co., Ltd.), 26 February 2015 (26.02.2015), fig. 7 to 8 & WO 2013/113278 A1 & US 2013/0194537 A1 & EP 2766766 A1 & CN 103703405 A	1-9
A	JP 08-510564 A (Bell Communications Research Inc.), 05 November 1996 (05.11.1996), fig. 5, 11 to 13 & US 5414541 A & US 5414540 A & WO 1994/028456 A1 & EP 701710 A1	1-9
A	JP 2012-530951 A (SeeReal Technologies S.A.), 06 December 2012 (06.12.2012), fig. 12 & US 2012/0092735 A1 & WO 2010/149588 A1 & EP 2446324 A1 & KR 10-2012-0052239 A	1-9
A	Jihwan KIM, et.al., Demonstration of large-angle nonmechanical laser beam steering based on LC polymer polarization gratings, Proc. of SPIE, 2011, Vol.8052, 80520T-1-12, particularly, T-10, 3rd paragraph	1-9

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. G02F1/31(2006.01)i, G02B5/18(2006.01)i, G02B5/30(2006.01)i, G02F1/13(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. G02F1/00-1/125, 1/21-7/00, G02F1/13, 1/137-1/141

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	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017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）

Scopus

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	US 2004/0032660 A1 (Yaakov AMITAI) 2004. 02. 19, [0054]-[0055], [0071], Fig. 5-6, 10 & WO 2002/029486 A2 & EP 1195638 A1	1-9
Y	US 2012/0188467 A1 (Michael J. ESCUTI) 2012. 07. 26, [0109], [0137], [0144], Fig. 7, 16B, 17C & WO 2011/014743 A2	1-9

☒ 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

27. 03. 2017

国際調査報告の発送日

04. 04. 2017

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）

佐藤 秀樹

2 L

3 1 5 4

電話番号 03-3581-1101 内線 3295

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
Y	US 2011/0188120 A1 (Nelson TABIRIAN) 2011.08.04, [0035]-[0036], Fig. 6B, 7 & US 2014/0285893 A1	1-9
A	JP 2015-505995 A (華為技術有限公司) 2015.02.26, 図7-8 & WO 2013/113278 A1 & US 2013/0194537 A1 & EP 2766766 A1 & CN 103703405 A	1-9
A	JP 08-510564 A (ベル コミュニケーションズ リサーチ インコ ーポレイテッド) 1996.11.05, 図5、11-13 & US 5414541 A & US 5414540 A & WO 1994/028456 A1 & EP 701710 A1	1-9
A	JP 2012-530951 A (シーリアル テクノロジーズ ソシエテアノニ ム) 2012.12.06, 図12 & US 2012/0092735 A1 & WO 2010/149588 A1 & EP 2446324 A1 & KR 10-2012-0052239 A	1-9
A	Jihwan KIM, et.al., Demonstration of large-angle nonmechanical laser beam steering based on LC polymer polarization gratings, Proc. of SPIE, 2011, Vol.8052, 80520T-1-12, 特に、T-10の第3 段落	1-9