

(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9月29日(29.09.2022)



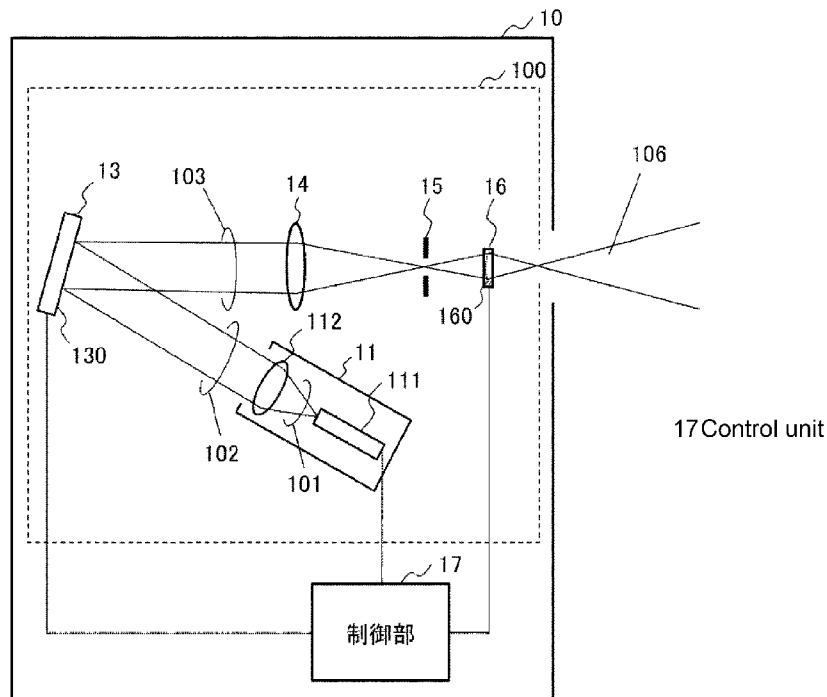
(10) 国際公開番号

WO 2022/201942 A1

- (51) 国際特許分類:
H04B 10/11 (2013.01) *G02F 1/13* (2006.01)
G02F 1/01 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2022/005240
- (22) 国際出願日: 2022年2月10日(10.02.2022)
- (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 2021-047566 2021年3月22日(22.03.2021) JP
- (71) 出願人: 日本電気株式会社 (NEC CORPORATION) [JP/JP]; 〒1088001 東京都港区芝五丁目7番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 高田 紘也 (TAKATA Koya); 〒1088001 東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内 Tokyo (JP). 水本 尚志 (MIZUMOTO Hisashi); 〒1088001 東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内 Tokyo (JP). 奥村 藤男 (OKUMURA Fujio); 〒2138511 神奈川県川崎市高津区北見方二丁目6番1号 NECプラットフォームズ株式会社内 Kanagawa (JP).
- (74) 代理人: 北嶋 啓至, 外 (KITAJIMA Hiroshi et al.); 〒1088001 東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社 知的財産本部 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,

(54) Title: PROJECTION DEVICE AND PROJECTION METHOD

(54) 発明の名称: 投射装置および投射方法



(57) Abstract: A projection device comprising: a light source for emitting collimated light toward an arbitrary projection direction so as to project a high-resolution image; a spatial optical modulator having a modulating portion for modulating the phase of the collimated light emitted from the light source; a liquid crystal projection lens including a liquid crystal region in which modulated light obtained by modulation performed by the spatial optical modulator is incident, the liquid crystal projection lens projecting the incident modulated light as projection light onto a lens region dynamically formed

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, JM, 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))

in the liquid crystal region; and a control unit which causes the lens region to be formed at a desired position of the liquid crystal region of the liquid crystal lens, sets, in the modulating portion of the spatial optical modulator, a phase image corresponding to the projection light projected toward a projection target, and controls the light source so that the collimated light is irradiated toward the modulating portion in which the phase image is set.

(57) 要約: 任意の投射方向に向けて、高精細な画像を投射するために、平行光を出射する光源と、光源から出射された平行光の位相を変調する変調部を有する空間光変調器と、空間光変調器によって変調された変調光が入射する液晶領域を含み、液晶領域に動的に形成されるレンズ領域に入射した変調光を投射光として投射する液晶投射レンズと、液晶レンズの液晶領域の所望の位置にレンズ領域を形成させ、投射対象に向けて投射される投射光に対応する位相画像を空間光変調器の変調部に設定し、位相画像が設定された変調部に向けて平行光が照射されるように光源を制御する制御部と、を備える投射装置とする。

明 細 書

発明の名称： 投射装置および投射方法

技術分野

[0001] 本開示は、空間光信号を投射する投射装置等に関する。

背景技術

[0002] 投射装置から投射される投射光は、投射範囲を広げるために投射角を大きくすると、投射光のエネルギー密度が低下して到達距離が制限される。投射範囲が広がりすぎると、表示される画像が粗くなる。それに対し、到達距離を長くするために投射光の投射角を小さくすると、投射範囲が狭くなる。投射範囲が狭くなりすぎると、表示される画像の分解能が低下して不鮮明になる。このようなトレードオフを解消し、広範囲に高精細な画像を表示させることができる投射装置が求められる。

[0003] 特許文献1には、光源、空間光変調器、制御部、および投射光学系を備える投射装置について開示されている。制御部は、第1方向に長軸を有する複数の領域で、空間光変調器の変調部をタイリングする。制御部は、変調部のタイリングのアスペクト比に合わせて設定された画像に対応する位相画像を、変調部にタイリングされた複数の領域の各々に設定する。制御部は、位相画像が設定された変調部に向けて平行光が照射されるように光源を制御する。投射光学系は、変調部のタイリングのアスペクト比に合わせて投射する投射レンズを含む。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特願2020-210947号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 特許文献1の装置によって投射された投射光は、変調部のタイリングに合わせた投射範囲で投射されるため、より遠方においても高いエネルギー密度

を維持できる。また、特許文献 1 の装置から投射された投射光の投射範囲は、空間光変調器の変調部に設定されたタイリングに合わせて圧縮されるため、その投射光によって形成される画像は歪がない。そのため、特許文献 1 の装置によれば、遠方の対象に対して、エネルギー密度の高い投射光を歪みなく投射できる。しかしながら、特許文献 1 には、任意の投射方向に向けて画像を投射する手法については、明確には開示されていない。

[0006] 本開示の目的は、任意の投射方向に向けて、高精細な画像を投射できる投射装置等を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0007] 本開示の一態様の投射装置は、平行光を出射する光源と、光源から出射された平行光の位相を変調する変調部を有する空間光変調器と、空間光変調器によって変調された変調光が入射する液晶領域を含み、液晶領域に動的に形成されるレンズ領域で変調光を投射光として投射する液晶投射レンズと、液晶レンズの液晶領域の所望の位置にレンズ領域を形成させ、投射対象に向けて投射される投射光に対応する位相画像を空間光変調器の変調部に設定し、位相画像が設定された変調部に向けて平行光が照射されるように光源を制御する制御部と、を備える。

[0008] 本開示の一態様の投射方法においては、液晶レンズの液晶領域の所望の位置にレンズ領域を形成させ、投射対象に向けて投射される投射光に対応する位相画像を空間光変調器の変調部に設定し、位相画像が設定された変調部に向けて平行光が照射されるように光源を制御する投射方法。

発明の効果

[0009] 本開示によれば、任意の投射方向に向けて、高精細な画像を投射できる投射装置等を提供することが可能になる。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]第 1 の実施形態に係る投射装置の構成の一例を示す概念図である。

[図2A]第 1 の実施形態に係る投射装置の制御例 1 において、液晶投射レンズの液晶領域に形成されるレンズ領域について説明するための概念図である。

[図2B]第1の実施形態に係る投射装置の制御例1において、液晶投射レンズの液晶領域に形成されるレンズ領域について説明するための概念図である。

[図3A]第1の実施形態に係る投射装置の制御例1における、投射光の投射方向の制御について説明するための概念図である。

[図3B]第1の実施形態に係る投射装置の制御例1における、投射光の投射方向の制御について説明するための概念図である。

[図4A]第1の実施形態に係る投射装置の制御例1における、投射光の投射範囲について説明するための概念図である。

[図4B]第1の実施形態に係る投射装置の制御例1における、投射光の投射範囲について説明するための概念図である。

[図5A]第1の実施形態に係る投射装置の制御例2において、液晶投射レンズの液晶領域に形成されるレンズ領域について説明するための概念図である。

[図5B]第1の実施形態に係る投射装置の制御例2において、液晶投射レンズの液晶領域に形成されるレンズ領域について説明するための概念図である。

[図6A]第1の実施形態に係る投射装置の制御例2における、投射光の投射方向の制御について説明するための概念図である。

[図6B]第1の実施形態に係る投射装置の制御例2における、投射光の投射方向の制御について説明するための概念図である。

[図7A]第1の実施形態に係る投射装置の制御例2における、投射光の投射範囲について説明するための概念図である。

[図7B]第1の実施形態に係る投射装置の制御例2における、投射光の投射範囲について説明するための概念図である。

[図8A]第1の実施形態に係る投射装置の制御例3における、投射光の投射角の制御について説明するための概念図である。

[図8B]第1の実施形態に係る投射装置の制御例3における、投射光の投射角の制御について説明するための概念図である。

[図9A]第1の実施形態に係る投射装置の制御例3における、投射光の投射範囲について説明するための概念図である。

[図9B]第1の実施形態に係る投射装置の制御例3における、投射光の投射範囲について説明するための概念図である。

[図10A]第1の実施形態に係る投射装置の制御例4において、液晶投射レンズの液晶領域に形成されるレンズ領域について説明するための概念図である。

[図10B]第1の実施形態に係る投射装置の制御例4において、液晶投射レンズの液晶領域に形成されるレンズ領域について説明するための概念図である。

[図11]第1の実施形態に係る投射装置の制御例4における光路の一例について説明するための概念図である。

[図12]第1の実施形態に係る投射装置の制御例4における光路の別の一例について説明するための概念図である。

[図13A]第1の実施形態に係る投射装置の制御例4における、投射光の投射方向および投射角の制御について説明するための概念図である。

[図13B]第1の実施形態に係る投射装置の制御例4における、投射光の投射方向および投射角の制御について説明するための概念図である。

[図14A]第1の実施形態に係る投射装置の制御例4における、投射光の投射範囲について説明するための概念図である。

[図14B]第1の実施形態に係る投射装置の制御例4における、投射光の投射範囲について説明するための概念図である。

[図15]第1の実施形態の変形例1に係る投射装置の構成の一例を示す概念図である。

[図16]第1の実施形態の変形例1に係る投射装置における光路の一例について説明するための概念図である。

[図17]第2の実施形態に係る投射装置の構成の一例を示す概念図である。

[図18]第2の実施形態に係る投射装置の撮像部の構成の一例を示す概念図である。

[図19]第2の実施形態に係る投射装置の適用例1について説明するための概念図である。

[図20]第3の実施形態に係る投射装置の構成の一例を示す概念図である。

[図21]第3の実施形態に係る投射装置の光源から出射される平行光の光路の一例について説明するための概念図である。

[図22]第3の実施形態に係る投射装置の空間光変調器の変調部で変調された変調光の光路の一例について説明するための概念図である。

[図23A]第3の実施形態に係る投射装置の適用例2について説明するための概念図である。

[図23B]第3の実施形態に係る投射装置の適用例2について説明するための概念図である。

[図24]第3の実施形態に係る投射装置の適用例3について説明するための概念図である。

[図25]第4の実施形態に係る投射装置の構成の一例を示す概念図である。

[図26]各実施形態の制御部を実現するハードウェア構成の一例を示す概念図である。

発明を実施するための形態

[0011] 以下に、本発明を実施するための形態について図面を用いて説明する。ただし、以下に述べる実施形態には、本発明を実施するために技術的に好ましい限定がされているが、発明の範囲を以下に限定するものではない。以下の実施形態の説明に用いる全図においては、特に理由がない限り、同様箇所には同一符号を付す。以下の実施形態の説明に用いる全図においては、同様の構成の符号を省略することがある。以下の実施形態において、同様の構成・動作に関しては、繰り返しの説明を省略する場合がある。

[0012] 以下の実施形態の説明に用いる全図において、図面中の矢印の向きは、一例を示すものであり、光や信号の向きを限定するものではない。また、図面中の光の軌跡を示す線は概念的なものであり、実際の光の進行方向や状態を正確に表すものではない。例えば、以下の図面においては、空気と物質との界面における屈折や反射、拡散などによる光の進行方向や状態の変化を省略したり、光束を一本の線で表現したりすることもある。

[0013] (第1の実施形態)

まず、第1の実施形態に係る投射装置について図面を参照しながら説明する。本実施形態の投射装置は、光ファイバなどの媒体を用いずに、空間を伝播する光信号（以下、空間光信号とも呼ぶ）を送受信し合う光空間通信や測距に用いられる。本実施形態の投射装置は、空間光を投射する用途であれば、光空間通信や測距以外の用途に用いられてもよい。

[0014] (構成)

図1は、本実施形態の投射装置10の構成の一例を示す概念図である。投射装置10は、光源11、空間光変調器13、フーリエ変換レンズ14、アパーチャ15、液晶投射レンズ16、および制御部17を有する。光源11、空間光変調器13、フーリエ変換レンズ14、アパーチャ15、および液晶投射レンズ16は、投射部100を構成する。フーリエ変換レンズ14、アパーチャ15、および液晶投射レンズ16は、投射光学系を構成する。図1は、投射装置10の内部構成を横方向から見た図である。図1は、概念的なものであり、各構成要素間の位置関係や、光の進行方向などを正確に表したのではない。

[0015] 光源11は、出射器111とコリメータ112を含む。出射器111は、制御部17の制御に応じて、所定の波長帯のレーザ光101を出射する。光源11から出射されるレーザ光101の波長は、特に限定されない。例えば、出射器111は、可視や赤外の波長帯のレーザ光101を出射する。例えば、800～900ナノメートル（nm）の近赤外線であれば、レーザクラスを上げられるので、他の波長帯よりも1桁くらい感度を向上できる。例えば、ガリウムヒ素（GaN）系レーザ光源を用いれば、1.55マイクロメートル（ μm ）の波長帯の赤外線のレーザ光101を出射できる。1.55 μm の波長帯の赤外線ならば、100ミリワット（mW）程度の高出力のレーザ光源を用いることができる。レーザ光101の波長が長い方が、回折角を大きくでき、高いエネルギーに設定できる。

[0016] コリメータ112は、出射器111から出射されたレーザ光101を平行光102に変換する。出射器111から出射されたレーザ光101は、コリ

メータ 1 1 2 によって平行光 1 0 2 に変換され、光源 1 1 から出射される。光源 1 1 から出射された平行光 1 0 2 は、空間光変調器 1 3 の変調部 1 3 0 に向けて進行する。

[0017] 図 1 のように、平行光 1 0 2 の入射角は、空間光変調器 1 3 の変調部 1 3 0 に対して非垂直に設定される。光源 1 1 から出射される平行光 1 0 2 の出射軸は、空間光変調器 1 3 の変調部 1 3 0 に対して斜めである。空間光変調器 1 3 の変調部 1 3 0 に対して平行光 1 0 2 の出射軸を斜めにすれば、ビームスプリッタを用いなくても平行光 1 0 2 を入射できる。そのため、光の利用効率を向上させることができる。また、空間光変調器 1 3 の変調部 1 3 0 に対して、平行光 1 0 2 の出射軸を斜めに設定すれば、投射部 1 0 0 の大きさをコンパクトにできる。

[0018] 空間光変調器 1 3 は、平行光 1 0 2 が照射される変調部 1 3 0 を有する。空間光変調器 1 3 の変調部 1 3 0 には、制御部 1 7 の制御に応じて、投射光 1 0 6 によって表示される画像に応じたパターン（位相画像とも呼ぶ）が設定される。空間光変調器 1 3 の変調部 1 3 0 で変調された変調光 1 0 3 は、フーリエ変換レンズ 1 4 の入射面に向けて進行する。

[0019] 例えば、空間光変調器 1 3 は、強誘電性液晶やホモジーニクス液晶、垂直配向液晶などを用いた空間光変調器によって実現される。例えば、空間光変調器 1 3 は、L C O S (Liquid Crystal on Silicon) によって実現できる。また、空間光変調器 1 3 は、M E M S (Micro Electro Mechanical System) によって実現されてもよい。位相変調型の空間光変調器 1 3 では、投射光 1 0 6 を投射する箇所を順次切り替えるように動作させることによって、エネルギーを像の部分に集中することができる。そのため、位相変調型の空間光変調器 1 3 を用いる場合、光源 1 1 の出力が同じであれば、その他の方式と比べて画像を明るく表示させることができる。

[0020] 空間光変調器 1 3 の変調部 1 3 0 は、複数の領域に分割される（タイリングとも呼ぶ）。例えば、変調部 1 3 0 は、所望のアスペクト比の四角形の領域（タイルとも呼ぶ）に分割される。変調部 1 3 0 に設定された複数のタイ

ルの各々には、反復フーリエ変換によって生成された位相画像が割り当てられる。複数のタイルの各々は、複数の画素によって構成される。複数のタイルの各々には、投射される画像に対応する位相画像が設定される。複数のタイルの各々に設定される位相画像は、同じであってもよいし、異なってもよい。例えば、複数のタイルの各々は、 256×256 画素や、 512×512 画素で構成される。例えば、変調部130の全体の画素数が 1080×1920 画素であり、各タイルの画素数が 256×256 画素である場合、縦方向に4つ、横方向に7つのタイルが変調部130に割り当てられる。一般的なタイリングでは、位相画像の計算速度を向上するために、タイルを構成する画素数は2の n 乗の解像度に設定される（ n は自然数）。

[0021] 変調部130に割り当てられた複数のタイルの各々には、反復フーリエ変換によって生成された位相画像がタイリングされる。例えば、複数のタイルの各々には、予め生成された位相画像が設定される。複数のタイルに位相画像が設定された状態で、変調部130に平行光102が照射されると、各タイルの位相画像に対応する画像を形成する変調光103が出射される。変調部130に設定されるタイルが多いほど、鮮明な画像を表示させることができるが、各タイルの画素数が低下すると解像度が低下する。そのため、変調部130に設定されるタイルの大きさや数は、用途に応じて設定される。例えば、タイルの数が6個未満の場合、投射される画像が乱れることがあるので、タイルの数は6個以上に設定されることが好ましい。

[0022] フーリエ変換レンズ14は、空間光変調器13によって変調された変調光103をフーリエ変換し、変調光103を無限遠に投射した際に形成される像を、アパーチャ15の近傍の焦点位置に結像させる光学レンズである。なお、フーリエ変換レンズ14の代わりに、仮想レンズを用いてもよい。仮想レンズを用いる場合、フーリエ変換レンズ14を省略できる。例えば、投射装置10から投射される投射光106によって形成される画像に対応する位相画像と、アパーチャ15の近傍の焦点位置に変調光103を集光させる仮想レンズ画像との合成画像を、変調部130に設定すればよい。フーリエ変

換レンズ 14 によって集光された光は、アパーチャ 15 の開口を通過して、液晶投射レンズ 16 に入射される。

[0023] アパーチャ 15 は、フーリエ変換レンズ 14 によって集束された光に含まれる高次光を遮蔽し、表示領域の外縁を制限する枠である。アパーチャ 15 の開口部は、アパーチャ 15 の位置における表示領域の外周よりも小さく開口され、アパーチャ 15 の位置における画像の周辺領域を遮るように設置される。例えば、アパーチャ 15 の開口部は、矩形状や円形状に形成される。アパーチャ 15 は、フーリエ変換レンズ 14 の焦点位置に設置されることが好ましい。なお、高次光を遮蔽でき、表示領域を制限できれば、アパーチャ 15 は、フーリエ変換レンズ 14 の焦点位置からずれていても構わない。アパーチャ 15 の位置には、0 次光を遮蔽する 0 次光遮蔽部材（図示しない）を設けてもよい。0 次光遮蔽部材は、光を吸収／反射する部分が形成された部材である。0 次光遮蔽部材は、0 次光の光路上に配置される。例えば、光が透過できないように黒塗りされた部分を有するガラスなどの透明部材を、0 次光除去部材として用いることができる。また、アパーチャ 15 の開口の内側に、変調光 103 に含まれる 0 次光を遮蔽する部分を設けてもよい。

[0024] 液晶投射レンズ 16 は、フーリエ変換レンズ 14 によって集束された光を、表示される画像に対応させて拡大するレンズである。液晶投射レンズ 16 は、少なくとも一つの液晶レンズを含む。液晶レンズは、投射方向や投射角を動的に変更可能なレンズである。液晶投射レンズ 16 は、単一のレンズで構成されてもよいし、複数のレンズを組み合わせてもよい。例えば、液晶投射レンズ 16 は、一つの液晶レンズと、少なくとも一つの光学レンズとを組み合わせた構成を有する。液晶投射レンズ 16 を構成するレンズの種類や枚数には、特に限定を加えない。以下においては、液晶投射レンズ 16 が一枚の液晶レンズで構成される例をあげて説明するが、液晶投射レンズ 16 が一枚の液晶レンズで構成されるように限定するものではない。

[0025] 液晶投射レンズ 16 は、任意の箇所にレンズ領域を形成できる液晶領域 160 を含むレンズである。例えば、液晶投射レンズ 16 の液晶領域 160 は

、二層の配向膜の間に液晶が封入された液晶レンズ体を、二層の透明導電膜で挟み込んだ構造を含む。液晶投射レンズ16の液晶領域160は、二層の透明導電膜の間に印加される電圧に応じて、液晶領域160の屈折率が変化する。液晶投射レンズ16の焦点距離の範囲は、液晶投射レンズ16を構成する材料の屈折率に応じて設定される。

[0026] 制御部17の制御に応じて、液晶投射レンズ16の液晶領域160の任意の箇所にレンズ領域が形成される。例えば、電圧が印加される部分を調節することによって、液晶投射レンズ16の液晶領域160の任意の位置にレンズ領域を形成できる。液晶投射レンズ16に形成されるレンズ領域は、印加される電圧に応じて、投射方向や投射距離、投射角を設定できる。液晶投射レンズ16の液晶領域160には、複数のレンズ領域を形成できる。液晶投射レンズ16の液晶領域160に形成される複数のレンズ領域は、印加される電圧を調節することによって、投射方向や投射距離、投射角を個別に設定できる。また、液晶領域160には、自由曲面レンズに対応するレンズ領域を形成することができる。自由曲面レンズに対応するレンズ領域を形成すれば、投射方向や投射角をよりフレキシブルに制御できる。

[0027] 液晶投射レンズ16の液晶領域160は、制御部17の制御に応じて、入射面からレンズ領域に入射された変調光103を回折し、設定された投射方向および投射角で投射光106を投射する。すなわち、液晶投射レンズ16に入射された光信号は、制御部17による制御に応じてその投射方向および投射角が制御され、任意の投射対象に向けて投射される。液晶投射レンズ16によって投射された投射光106は、空間光変調器13の変調部130に設定された位相画像に対応する画像を、被投射面において形成させる。

[0028] 制御部17は、光源11、空間光変調器13、および液晶投射レンズ16を制御する。制御部17は、プロセッサとメモリを含むマイクロコンピュータによって実現される。制御部17は、空間光変調器13の変調部130に設定されたタイリングのアスペクト比に合わせて、投射される画像に対応する位相画像を変調部130に設定する。例えば、制御部17は、画像表示や

通信、測距など、用途に応じた画像に対応する位相画像を変調部 130 に設定する。投射される画像の位相画像は、図示しない記憶部に予め記憶させておけばよい。投射される画像の形状や大きさには、特に限定を加えない。

[0029] 制御部 17 は、空間光変調器 13 の変調部 130 に照射される平行光 102 の位相と、変調部 130 で反射される変調光 103 の位相との差分を決定づけるパラメータが変化するように空間光変調器 13 を駆動する。空間光変調器 13 の変調部 130 に照射される平行光 102 の位相と、変調部 130 で反射される変調光 103 の位相との差分を決定づけるパラメータは、例えば、屈折率や光路長などの光学的特性に関するパラメータである。例えば、制御部 17 は、空間光変調器 13 の変調部 130 に印可する電圧を変化させることによって、変調部 130 の屈折率を調節する。変調部 130 の屈折率を調節させれば、変調部 130 に照射された平行光 102 は、変調部 130 の各部の屈折率に基づいて適宜回折される。すなわち、位相変調型の空間光変調器 13 の変調部 130 に照射された平行光 102 の位相分布は、変調部 130 の光学的特性に応じて変調される。なお、制御部 17 による空間光変調器 13 の駆動方法は、空間光変調器 13 の変調方式に応じて決定される。

[0030] 制御部 17 は、投射光 106 を投射するためのレンズ領域を液晶投射レンズ 16 の液晶領域 160 に形成する。例えば、制御部 17 は、液晶投射レンズ 16 の液晶領域 160 におけるレンズ領域の位置を調節することによって、投射光 106 の投射方向を制御する。例えば、制御部 17 は、液晶投射レンズ 16 の液晶領域 160 に電圧を印可される電圧を制御することによって、液晶投射レンズ 16 の液晶領域 160 の所望の位置にレンズ領域を形成する。例えば、制御部 17 は、液晶投射レンズ 16 の液晶領域 160 におけるレンズ領域の屈折率を増減させることによって、投射光 106 の投射距離や投射角を制御する。制御部 17 は、液晶投射レンズ 16 の液晶領域 160 に印可する電圧を調節することによって、レンズ領域の屈折率を調節する。液晶領域 160 のレンズ領域の屈折率を調節すれば、液晶投射レンズ 16 に入射された空間光信号は、レンズ領域の屈折率に応じて適宜回折される。すな

わち、液晶投射レンズ 16 に入射された空間光信号は、レンズ領域の光学的特性に応じて回折される。なお、制御部 17 による液晶投射レンズ 16 の駆動方法はここで挙げた限りではない。

[0031] 制御部 17 は、表示される画像に対応する位相画像が変調部 130 に設定された状態で、光源 11 の出射器 111 を駆動させる。その結果、空間光変調器 13 の変調部 130 に位相画像が設定されたタイミングに合わせて、光源 11 から出射された平行光 102 が空間光変調器 13 の変調部 130 に照射される。空間光変調器 13 の変調部 130 に照射された平行光 102 は、空間光変調器 13 の変調部 130 において変調される。空間光変調器 13 の変調部 130 において変調された変調光 103 は、空間光変調器 13 の変調部 130 に設定された位相画像に対応する投射光 106 として、液晶投射レンズ 16 から投射される。

[0032] [制御例 1]

図 2 A～図 4 B は、制御部 17 による液晶投射レンズ 16 の投射方向制御の一例について説明するための概念図である。図 2 A および図 2 B は、液晶投射レンズ 16 の液晶領域 160 において、図 2 A の変更前の位置から、図 2 B の変更後の位置に、1 次元的にレンズ領域 165 を変化させる例である。図 2 A および図 2 B の例は、空間光変調器 13 の視座から、投射方向に向けて液晶投射レンズ 16 を見た図である。図 2 A および図 2 B の例では、液晶投射レンズ 16 の液晶領域 160 において、中央部分（破線の円で囲った部分）から左側に向けてレンズ領域 165 を移動させる。例えば、制御部 17 は、液晶投射レンズ 16 の液晶領域 160 におけるレンズ領域 165 の形成範囲を調節することによって、レンズ領域 165 を変化させる。

[0033] 図 3 A および図 3 B は、図 2 A および図 2 B のように液晶投射レンズ 16 の液晶領域 160 においてレンズ領域 165 を移動させることによる、投射光 106 の投射方向の変化について説明するための概念図である。図 3 A および図 3 B の例は、上方の視座から投射装置 10 を見た図である。図 3 A および図 3 B の例では、液晶投射レンズ 16 の液晶領域 160 において、図 3

Aの変更前の位置から、図3Bの変更後の位置に、1次元的にレンズ領域165を変化させることによって、投射方向が左側に変更される。

[0034] 図4Aおよび図4Bは、図2Aおよび図2Bのように液晶投射レンズ16の液晶領域160においてレンズ領域165を移動させることによる、投射光106の投射範囲170の変化について説明するための概念図である。図4Aおよび図4Bは、投射装置10を搭載した自動車から、前方に向けて投射光を投射する例である。図4Aの変更前の投射範囲170の内部には、前方を走行する自動車の全体と、前方を走行する自転車の一部が含まれる。図4Bの変更後の投射範囲170の内部には、前方を走行する自動車および自転車の全体が含まれる。例えば、図4Bの変更後の投射範囲170のように、自動車の前方に位置する全ての対象物が投射範囲170の範囲内に含まれた方が、何らかの事象が発生した際に対応しやすい。

[0035] [制御例2]

図5A～図7Dは、制御部17による液晶投射レンズ16の投射方向制御の一例について説明するための概念図である。図5Aおよび図5Bは、液晶投射レンズ16の液晶領域160において、図5Aの変更前の位置から、図5Bの変更後の位置に2次元的にレンズ領域165を変化させる例である。図5Aおよび図5Bの例は、空間光変調器13の視座から、投射方向に向けて液晶投射レンズ16を見た図である。図5Aおよび図5Bの例では、液晶投射レンズ16の液晶領域160において、中央部分（破線の円で囲った部分）から左上側に向けてレンズ領域165を移動させる。例えば、制御部17は、液晶投射レンズ16の液晶領域160におけるレンズ領域165の形成範囲を調節することによって、2次元的にレンズ領域165を変化させる。

[0036] 図6Aおよび図6Bは、図5Aおよび図5Bのように液晶投射レンズ16の液晶領域160においてレンズ領域165を移動させることによる、投射光106の投射方向の変化について説明するための概念図である。図6Aおよび図6Bの例は、上方の視座から投射装置10を見た図である。図6Aお

よび図 6 B の例では、液晶投射レンズ 1 6 の液晶領域 1 6 0 において、図 6 A の変更前の位置から、図 6 B の変更後の位置に、2 次元的にレンズ領域 1 6 5 を変化させることによって、投射方向が左上側に変更される。

[0037] 図 7 A および図 7 B は、図 5 A および図 5 B のように液晶投射レンズ 1 6 の液晶領域 1 6 0 においてレンズ領域 1 6 5 を移動させることによる、投射光 1 0 6 の投射範囲 1 7 0 の変化について説明するための概念図である。図 7 および図 7 B は、投射装置 1 0 を搭載した自動車から、前方に向けて投射光を投射する例である。図 7 A の変更前の投射範囲 1 7 0 の内部には、前方を走行する自動車の全体が含まれる。図 7 B の変更後の投射範囲 1 7 0 の内部には、前方に位置する交通信号機の発光面の全体が含まれる。例えば、通常の道路上で自動車の走行を制御する場合、交通信号機の発光色に従って自動車を走行させる必要がある。そのため、交通信号機の発光面の全体が投射範囲 1 7 0 の範囲内に含まれた方が、自動車の走行を安全に制御しやすい。

[0038] [制御例 3]

図 8 A ~ 図 9 B は、制御部 1 7 による液晶投射レンズ 1 6 の投射角制御の一例について説明するための概念図である。図 8 A および図 8 B は、液晶投射レンズ 1 6 の液晶領域 1 6 0 において、図 8 A の変更前の角度から、図 8 B の変更後の角度に投射角を変更させる例である。例えば、制御部 1 7 は、液晶投射レンズ 1 6 の液晶領域 1 6 0 におけるレンズ領域 1 6 5 の屈折率を調節することによって、投射角を変化させる。

[0039] 図 9 A および図 9 B は、図 8 A および図 8 B のように液晶投射レンズ 1 6 の液晶領域 1 6 0 におけるレンズ領域 1 6 5 の屈折率を大きくすることによって、投射光 1 0 6 の投射角を小さくする例について説明するための概念図である。図 9 A および図 9 B は、投射装置 1 0 を搭載した自動車から、前方に向けて投射光を投射する例である。図 9 A の変更前の投射範囲 1 7 0 の内部には、前方を走行する自動車および自転車の全体が含まれる。図 9 B の変更後の投射範囲 1 7 0 の内部には前方を走行する自動車の全体が含まれ、前方を走行する自転車は含まれない。例えば、自動車の前方に位置する自動車

と空間光通信する場合、投射範囲 170 に自転車が含まれずに、自動車のみ
に投射範囲 170 の範囲内を絞った方が、空間光信号の強度を増大できる。

[0040] 〔制御例 4〕

図 10A および図 10B は、制御部 17 による液晶投射レンズ 16 の投射
角制御の一例について説明するための概念図である。図 10A および図 10
B は、液晶投射レンズ 16 の液晶領域 160 において、図 10A の変更前の
レンズ領域 165 に替えて、図 10B の変更後の二つのレンズ領域 165 (
165A、165B) を形成させる例である。

[0041] 図 11 は、二つの同一のレンズ領域 165 (165A、165B) が液晶
投射レンズ 16 に形成される例である。図 11 の例では、空間光変調器 13
の変調部 130 に、光源 11 からの平行光 102 が照射されているものとす
る。図 11 の例では、投射方向が異なり、屈折率が同じレンズ領域 165A
とレンズ領域 165B が、液晶投射レンズ 16 の液晶領域 160 に形成され
る。制御部 17 は、空間光変調器 13 の変調部 130 に、単一の画像を形成
させる位相分布を設定する。

[0042] 図 11 の例において、制御部 17 は、単一の投射画像を形成させる位相分
布を変調部 130 に設定した状態で、光源 11 からの平行光 102 をその変
調部 130 に照射させる。その結果、変調部 130 に設定された位相分布に
対応する画像を形成する投射光 106A および投射光 106B が、異なる投
射方向に向けて投射される。

[0043] 図 12 は、二つの異なるレンズ領域 165 (165A、165B) が液晶
投射レンズ 16 に形成される例である。図 12 の例では、空間光変調器 13
の変調部 130 に、光源 11 からの平行光 102 が照射されているものとす
る。図 12 の例では、投射方向と屈折率が異なるレンズ領域 165A とレン
ズ領域 165B が、液晶投射レンズ 16 の液晶領域 160 に形成される。図
12 の例では、レンズ領域 165A に対応する変調領域 135A と、レンズ
領域 165B に対応する変調領域 135B とが、空間光変調器 13 の変調部
130 に割り当てられる。変調領域 135A には、レンズ領域 165A を用いて

投射される画像の位相分布が設定される。変調領域 135B には、レンズ領域 165B を用いて投射される画像の位相分布が設定される。

[0044] 図 12 の例において、制御部 17 は、レンズ領域 165A およびレンズ領域 165B の各々を用いて投射される画像を形成させる位相分布を、変調部 130 の変調領域 135A および変調領域 135B の各々に設定する。制御部 17 は、変調領域 135A および変調領域 135B の各々に位相分布が設定された状態で、光源 11 からの平行光 102 をその変調部 130 に照射させる。その結果、変調領域 135A に設定された位相分布に対応する画像を形成する投射光 106A と、変調領域 135B に設定された位相分布に対応する画像を形成する投射光 106B とが投射される。投射光 106A と投射光 106B は、異なる投射方向に向けて、異なる投射角で投射される。例えば、光源 11 が二つの出射器 111 を有し、変調領域 135A と変調領域 135B に異なる出射器 111 から出射されるレーザ光 101 に基づく平行光 102 を照射するように構成してもよい。このように構成する場合、異なる投射方向に向けて、異なる画像を形成する投射光 106A および投射光 106B を投射できる。光源 11 が二つの出射器 111 を有する場合、異なる強度の平行光 102 を光源 11 から出射させることもできる。

[0045] 図 13A および図 13B は、投射方向および屈折率が異なるレンズ領域 165A とレンズ領域 165B を、液晶投射レンズ 16 の液晶領域 160 に形成させることによる、投射光 106 の投射方向および投射角の変化について説明するための概念図である。図 13A および図 13B の例は、右斜め後ろの視座から投射装置 10 を見た図である。図 13B の例では、液晶投射レンズ 16 の液晶領域 160 にレンズ領域 165A およびレンズ領域 165B を形成させることによって、投射方向および投射角が異なる投射光 106A および投射光 106B が投射される。

[0046] 図 14A および図 14B は、液晶投射レンズ 16 の液晶領域 160 にレンズ領域 165A およびレンズ領域 165B を形成させることによる、投射範囲 170 の変化について説明するための概念図である。図 14A および図 1

4 Bは、投射装置10を搭載した自動車から、前方に向けて投射光を投射する例である。図14Aの変更前の投射範囲170の内部には、前方を走行する自動車および自転車が含まれる。図14Bの変更後の投射範囲170Aの内部には、前方を走行する自動車が含まれる。また、図14Bの変更後の投射範囲170Bの内部には、前方を走行する自転車が含まれる。例えば、通常の道路上で自動車の走行を制御する場合、前方を走行する移動体の種類や数に応じて、異なる制御を行う必要がある。そのため、前方を走行する移動体に対して個別に投射光106を投射できる方が、自動車の走行を確実に制御しやすい。

[0047] 〔変形例1〕

図15は、本実施形態の変形例1に係る投射装置10-1の構成の一例を示す概念図である。投射装置10-1は、光源11、空間光変調器13、フーリエ変換レンズ14、アパーチャ15、第1液晶投射レンズ16-1、第2液晶投射レンズ16-2、および制御部17を有する。光源11、空間光変調器13、フーリエ変換レンズ14、アパーチャ15、第1液晶投射レンズ16-1、および第2液晶投射レンズ16-2は、投射部100を構成する。フーリエ変換レンズ14、アパーチャ15、第1液晶投射レンズ16-1、および第2液晶投射レンズ16-2は、投射光学系を構成する。図15は、投射装置10の内部構成を横方向から見た図である。図15は、概念的なものであり、各構成要素間の位置関係や、光の進行方向などを正確に表したのではない。

[0048] 本変形例（図15）の投射装置10-1は、第1液晶投射レンズ16-1および第2液晶投射レンズ16-2を含む点において、図1の投射装置10とは異なる。本変形例（図15）の投射装置10-1は、第1液晶投射レンズ16-1および第2液晶投射レンズ16-2以外の構成は、図1の投射装置10の構成と同様である。図15には、二つの液晶投射レンズ16が組み合わせられる例をあげるが、三つ以上の液晶投射レンズ16が組み合わせられてもよい。

[0049] 図16は、第1液晶投射レンズ16-1と第2液晶投射レンズ16-2を用いて、投射光106を投射する一例を示す概念図である。前段の第1液晶投射レンズ16-1の液晶領域160-1には、投射方向と屈折率が異なるレンズ領域165Aおよびレンズ領域165Bが形成される。後段の第2液晶投射レンズ16-2の液晶領域160-2には、投射方向と屈折率が異なるレンズ領域165Cおよびレンズ領域165Dが形成される。なお、第1液晶投射レンズ16-1および第2液晶投射レンズ16-2に形成されるレンズ領域165の数には、特に限定を加えない。例えば、第1液晶投射レンズ16-1および第2液晶投射レンズ16-2のうちいずれか一方にレンズ領域165が形成され、他方にレンズ領域165が形成されなくてもよい。

[0050] 図16の例では、空間光変調器13の変調部130に、光源11からの平行光102が照射されているものとする。図16の例において、制御部17は、レンズ領域165Aに対応する変調領域135Aと、レンズ領域165Bに対応する変調領域135Bとを、空間光変調器13の変調部130に割り当てる。変調領域135Aには、レンズ領域165Aを用いて投射される画像の位相分布が設定される。変調領域135Bには、レンズ領域165Bを用いて投射される画像の位相分布が設定される。制御部17は、変調部130の変調領域135Aおよび変調領域135Bの各々に位相分布が設定された状態で、光源11からの平行光102をその変調部130に照射させる。

[0051] 第1液晶投射レンズ16-1のレンズ領域165Aで回折された光は、第2液晶投射レンズ16-2の液晶領域160-2を透過し、投射光106Aとして投射される。第1液晶投射レンズ16-1のレンズ領域165Bで回折された光は、第2液晶投射レンズ16-2のレンズ領域165Cおよびレンズ領域165Dの各々で回折され、投射光106Cおよび投射光106Dとして投射される。その結果、変調領域135Aに設定された位相分布に対応する画像を形成する投射光106Aと、変調領域135Bに設定された位相分布に対応する画像を形成する投射光106Cおよび投射光106Dとが

、異なる投射方向に向けて、異なる投射角で投射される。

[0052] 図16の例では、投射光106Aによって表示される画像（第1画像とも呼ぶ）と、投射光106Cおよび投射光106Dによって表示される画像（第2画像とも呼ぶ）とが表示される。本変形例の手法によれば、複数の画像を形成させる投射光を、異なる投射方向に向けて、異なる投射角で投射できる。

[0053] 以上のように、本実施形態の投射装置は、光源、空間光変調器、フーリエ変換レンズ、アパーチャ、および液晶投射レンズを備える。光源は、平行光を出射する。空間光変調器は、光源から出射された平行光の位相を変調する変調部を有する。フーリエ変換レンズは、変調部によって変調された変調光をフーリエ変換して結像させる。アパーチャは、フーリエ変換レンズの焦点位置の近傍に配置される。アパーチャは、フーリエ変換レンズによって集束された光に含まれる高次光を遮蔽し、表示領域の外縁を制限する枠である。液晶投射レンズ（液晶レンズとも呼ぶ）は、フーリエ変換レンズによって集束された光が入射する液晶領域を含む。液晶レンズは、液晶領域に動的に形成されるレンズ領域に入射した変調光を投射光として投射する。制御部は、液晶レンズの液晶領域の所望の位置にレンズ領域を形成させる。制御部は、投射対象に向けて投射される投射光に対応する位相画像を空間光変調器の変調部に設定する。制御部は、位相画像が設定された変調部に向けて平行光が照射されるように光源を制御する。

[0054] 本実施形態によれば、任意の位置にレンズ領域が形成される液晶領域を含む液晶レンズを投射レンズとして用いることによって、任意の投射方向に向けて、高精細な画像を投射できる。

[0055] 本実施形態の一態様において、制御部は、液晶投射レンズの液晶領域において、レンズ領域を形成させる位置を2次元的に移動させることによって、投射光の投射方向を制御する。本態様によれば、液晶投射レンズの液晶領域におけるレンズ領域の位置を変更することによって、投射光の投射方向を制御できる。

[0056] 本実施形態の一態様において、制御部は、液晶投射レンズの液晶領域に形成されるレンズ領域の屈折率を調節することによって、投射光の投射角を制御する。本態様によれば、液晶投射レンズの液晶領域におけるレンズ領域の屈折率を変更することによって、投射光の投射角を制御できる。

[0057] 本実施形態の一態様において、制御部は、液晶投射レンズの液晶領域に複数のレンズ領域を形成させる。本態様によれば、液晶投射レンズの液晶領域に複数のレンズ領域を形成させることによって、複数の投射方向に投射光を投射できる。

[0058] 本実施形態の一態様において、制御部は、投射光の投射方向および投射角のうち少なくともいずれかが異なる複数のレンズ領域を、液晶レンズの液晶領域に形成させる。制御部は、異なる投射対象に向けて投射される投射光に対応する複数の位相画像を、空間光変調器の変調部に設定された複数の変調領域に、複数のレンズ領域に対応付けて個別に設定する。制御部は、複数の変調領域に異なる位相画像が設定された変調部に向けて、平行光が照射されるように光源を制御する。本態様によれば、異なる投射対象に向けて投射される投射光に対応する複数の位相画像を、空間光変調器の変調部に設定することによって、複数の投射対象に向けて異なる投射光を投射できる。

[0059] (第2の実施形態)

次に、第2の実施形態に係る投射装置について図面を参照しながら説明する。本実施形態の投射装置は、投射光の投射方向を撮像する撮像部を備える。本実施形態の投射装置は、撮像部によって撮像された投射方向の画像に基づいて、投射光を投射する。

[0060] (構成)

図17は、本実施形態の投射装置20の構成の一例を示す概念図である。投射装置20は、光源21、空間光変調器23、フーリエ変換レンズ24、アパーチャ25、液晶投射レンズ26、制御部27、および撮像部28を有する。光源21、空間光変調器23、フーリエ変換レンズ24、アパーチャ25、および液晶投射レンズ26は、投射部200を構成する。フーリエ変

換レンズ 24、アパーチャ 25、および液晶投射レンズ 26 は、投射光学系を構成する。図 17 は、投射装置 20 の内部構成を横方向から見た図である。図 17 は、概念的なものであり、各構成要素間の位置関係や、光の進行方向などを正確に表したものではない。

[0061] 光源 21 は、出射器 211 とコリメータ 212 を含む。出射器 211 は、制御部 27 の制御に応じて、所定の波長帯のレーザ光 201 を出射する。コリメータ 212 は、出射器 211 から出射されたレーザ光 201 を平行光 202 に変換する。出射器 211 は、第 1 の実施形態の出射器 111 と同様の構成である。コリメータ 212 は、第 1 の実施形態のコリメータ 112 と同様の構成である。出射器 211 から出射されたレーザ光 201 は、コリメータ 212 によって平行光 202 に変換され、光源 21 から出射される。光源 21 から出射された平行光 202 は、空間光変調器 23 の変調部 230 に向けて進行する。

[0062] 空間光変調器 23 は、平行光 202 が照射される変調部 230 を有する。空間光変調器 23 の変調部 230 には、制御部 27 の制御に応じて、投射光 206 によって表示される画像に応じたパターン（位相画像とも呼ぶ）が設定される。空間光変調器 23 は、第 1 の実施形態の空間光変調器 13 と同様の構成である。空間光変調器 23 の変調部 230 で変調された変調光 203 は、フーリエ変換レンズ 24 の入射面に向けて進行する。

[0063] フーリエ変換レンズ 24 は、空間光変調器 23 によって変調された変調光 203 を無限遠に投射した際に形成される像を、アパーチャ 25 の近傍の焦点位置に結像させる光学レンズである。フーリエ変換レンズ 24 は、第 1 の実施形態のフーリエ変換レンズ 14 と同様の構成である。なお、フーリエ変換レンズ 24 の代わりに、仮想レンズを用いてもよい。仮想レンズを用いる場合、フーリエ変換レンズ 24 を省略できる。フーリエ変換レンズ 24 によって集光された光は、アパーチャ 25 に向けて進行する。

[0064] アパーチャ 25 は、フーリエ変換レンズ 24 によって集束された光に含まれる高次光を遮蔽し、表示領域の外縁を制限する枠である。アパーチャ 25

は、第 1 の実施形態のアパーチャ 1 5 と同様の構成である。アパーチャ 2 5 の開口を通過した光は、液晶投射レンズ 2 6 に入射される。

[0065] 液晶投射レンズ 2 6（液晶レンズとも呼ぶ）は、フーリエ変換レンズ 2 4 によって集束された光を、表示される画像に対応させて拡大する光学レンズである。液晶投射レンズ 2 6 は、第 1 の実施形態の液晶投射レンズ 1 6 と同様の構成である。液晶投射レンズ 2 6 は、単一のレンズで構成されてもよいし、複数のレンズを組み合わせたレンズで構成されてもよい。

[0066] 制御部 2 7 は、光源 2 1、空間光変調器 2 3、液晶投射レンズ 2 6、および撮像部 2 8 を制御する。制御部 2 7 は、プロセッサとメモリを含むマイクロコンピュータによって実現される。制御部 2 7 は、撮像部 2 8 を制御する以外は、第 1 の実施形態の制御部 1 7 と同様の構成である。

[0067] 制御部 2 7 は、投射光 2 0 6 の投射方向を撮像部 2 8 に撮像させる。制御部 2 7 は、撮像部 2 8 によって撮像された画像データに基づいて、投射光 2 0 6 の投射方向や投射角を設定する。制御部 2 7 は、投射される画像に対応する位相画像を変調部 2 3 0 に設定する。制御部 2 7 は、空間光変調器 2 3 の変調部 2 3 0 に照射される平行光 2 0 2 の位相と、変調部 2 3 0 で反射される変調光 2 0 3 の位相との差分を決定づけるパラメータが変化するように空間光変調器 2 3 を駆動する。制御部 2 7 は、投射光 2 0 6 を投射するためのレンズ領域を液晶投射レンズ 2 6 の液晶領域 2 6 0 に形成する。

[0068] 制御部 2 7 は、表示される画像に対応する位相画像が変調部 2 3 0 に設定された状態で、光源 2 1 の出射器 2 1 1 を駆動させる。その結果、空間光変調器 2 3 の変調部 2 3 0 に位相画像が設定されたタイミングに合わせて、光源 2 1 から出射された平行光 2 0 2 が空間光変調器 2 3 の変調部 2 3 0 に照射される。空間光変調器 2 3 の変調部 2 3 0 に照射された平行光 2 0 2 は、空間光変調器 2 3 の変調部 2 3 0 において変調される。空間光変調器 2 3 の変調部 2 3 0 において変調された変調光 2 0 3 は、空間光変調器 2 3 の変調部 2 3 0 に設定された位相画像に対応する投射光 2 0 6 として、液晶投射レンズ 2 6 から投射される。

[0069] 撮像部 28 は、制御部 27 の制御に応じて、投射光 206 の投射方向を撮像する。撮像部 28 は、デジタルカメラの機能を有する。撮像部 28 は、投射光 206 の投射方向を撮像するためのレンズ 280 を含む。撮像部 28 は、レンズ 280 が撮像方向を向くように配置される。撮像部 28 は、制御部 27 の制御に応じて撮像した画像データを、制御部 27 に出力する。例えば、撮像部 28 は、制御部 27 の制御に応じて撮像した画像データを、図示しない外部システムに出力してもよい。撮像部 28 によって撮像された画像データは、任意の用途に用いることができる。

[0070] [撮像部]

図 18 は、撮像部 28 の構成の一例を示す概念図である。撮像部 28 は、レンズ 280、撮像素子 281、画像処理プロセッサ 283、内部メモリ 285、およびデータ出力回路 287 を有する。

[0071] レンズ 280 は、投射光 206 の投射方向を撮像するための光学素子である。レンズ 280 は、ガラスやプラスチックなどの材料で構成できる。例えば、レンズ 280 は、石英などの材料で実現される。レンズ 280 の材質には、特に限定を加えない。

[0072] 撮像素子 281 は、投射光 206 の投射方向を撮像し、その投射方向に形成される投射範囲を撮像するための素子である。撮像素子 281 は、半導体部品が集積回路化された光電変換素子である。撮像素子 281 は、例えば、CCD (Charge-Coupled Device) や CMOS (Complementary Metal-Oxide-Semiconductor) などの固体撮像素子によって実現できる。撮像素子 281 は、投射光 206 の投射範囲の対象物を検出することが可能な画素数を有する。通常、撮像素子 281 は、可視領域の光を撮像する。撮像素子 281 は、赤外線や紫外線などを撮像できる素子によって構成されてもよい。

[0073] 画像処理プロセッサ 283 は、撮像素子 281 によって撮像された撮像データに対して、画像処理を実行して画像データに変換する集積回路である。例えば、画像処理プロセッサ 283 は、暗電流補正や補間演算、色空間変換、ガンマ補正、収差の補正、ノイズリダクション、画像圧縮などの画像処理

を実行する。なお、画像情報を加工しない場合は、画像処理プロセッサ 283 を省略してもよい。

[0074] 内部メモリ 285 は、画像処理プロセッサ 283 が処理しきれない画像情報や、処理済みの画像情報を一時的に格納する記憶素子である。また、内部メモリ 285 は、撮像素子 281 によって撮像された画像情報を、一時的に記憶するように構成されてもよい。内部メモリ 285 は、一般的なメモリによって構成すればよい。

[0075] データ出力回路 287 は、画像処理プロセッサ 283 によって処理された画像データを制御部 27 に出力する。制御部 27 に出力された画像データは、投射光 206 の投射範囲における対象物の検出等に用いられる。

[0076] 〔適用例 1〕

図 19 は、本実施形態の適用例 1 について説明するための概念図である。本適用例では、エレベータのドアの近傍の天井に投射装置 20 が配置される。例えば、投射装置 20 は、エレベータのドアの前方の撮像範囲を撮像する。投射装置 20 は、撮像範囲の画像から、人物の手を検出する。投射装置 20 は、検出された人物の手に向けて、エレベータの行先階の候補画像を投射する。投射装置 20 は、エレベータの行先階が表示された人物の手の画像を、エレベータの制御システム（図示しない）に出力する。エレベータの制御システムは、投射装置 20 から送信された画像に基づいて、選択された行先階を識別し、エレベータを制御する。例えば、投射装置 20 は、光源 21 に含まれる出射器 211 を変更することによって、投射光 106 の色を変更できるように構成されてもよい。例えば、階数を選択するための数字列の画像を緑色の投射光で表示させ、選択された階の数字の画像を赤色の投射光で表示させるなど、状況に応じて投射光 106 の色を変更すればよい。

[0077] 本適用例によれば、操作ボタンに触れずに、エレベータを操作するシステムを実現できる。本適用例の手法は、エレベータの操作のみならず、自動ドアの開閉や、ATM (Automatic Teller Machine) などにおける暗証番号の入力等にも適用できる。

[0078] 以上のように、本実施形態の投射装置は、光源、空間光変調器、フーリエ変換レンズ、アパーチャ、撮像部、および液晶投射レンズを備える。光源は、平行光を出射する。空間光変調器は、光源から出射された平行光の位相を変調する変調部を有する。フーリエ変換レンズは、変調部によって変調された変調光をフーリエ変換して結像させる。アパーチャは、フーリエ変換レンズの焦点位置の近傍に配置される。アパーチャは、フーリエ変換レンズによって集束された光に含まれる高次光を遮蔽し、表示領域の外縁を制限する枠である。液晶投射レンズ（液晶レンズとも呼ぶ）は、フーリエ変換レンズによって集束された光が入射する液晶領域を含む。液晶レンズは、液晶領域に動的に形成されるレンズ領域に入射した変調光を投射光として投射する。撮像部は、投射光の投射方向を撮像する。制御部は、液晶レンズの液晶領域の所望の位置にレンズ領域を形成させる。制御部は、投射対象に向けて投射される投射光に対応する位相画像を空間光変調器の変調部に設定する。制御部は、位相画像が設定された変調部に向けて平行光が照射されるように光源を制御する。制御部は、撮像部によって撮像された画像に含まれる投射対象の位置に応じて、投射光の投射方向および投射角のうち少なくともいずれかを制御する。

[0079] 本実施形態によれば、撮像部によってされた画像に含まれる投射対象の位置に応じて、投射光の投射方向または投射角を制御することによって、投射対象の位置に応じて高精細な画像を投射できる。

[0080] （第3の実施形態）

次に、第3の実施形態に係る投射装置について図面を参照しながら説明する。本実施形態の投射装置は、投射光の投射方向から到来する光を受光する受光素子を備える。本実施形態の投射装置は、第2の実施形態の撮像部を備えてもよい。

[0081] （構成）

図20は、本実施形態の投射装置30の構成の一例を示す概念図である。投射装置30は、光源31、空間光変調器33、フーリエ変換レンズ34、

アパーチャ 35、液晶投射レンズ 36、制御部 37、および受光素子 39を有する。光源 31、空間光変調器 33、フーリエ変換レンズ 34、アパーチャ 35、および液晶投射レンズ 36は、投射部 300を構成する。フーリエ変換レンズ 34、アパーチャ 35、および液晶投射レンズ 36は、投射光学系を構成する。投射装置 30は、複数の受光素子 39を備えてもよい。図 20は、投射装置 30の内部構成を横方向から見た図である。図 20は、概念的なものであり、各構成要素間の位置関係や、光の進行方向などを正確に表したのではない。

[0082] 光源 31は、出射器 311とコリメータ 312を含む。出射器 311は、制御部 37の制御に応じて、所定の波長帯のレーザ光 301を出射する。コリメータ 312は、出射器 311から出射されたレーザ光 301を平行光 302に変換する。出射器 311は、第1の実施形態の出射器 111と同様の構成である。コリメータ 312は、第1の実施形態のコリメータ 112と同様の構成である。出射器 311から出射されたレーザ光 301は、コリメータ 312によって平行光 302に変換され、光源 31から出射される。光源 31から出射された平行光 302は、空間光変調器 33の変調部 330に向けて進行する。

[0083] 空間光変調器 33は、平行光 302が照射される変調部 330を有する。空間光変調器 33の変調部 330には、制御部 37の制御に応じて、投射光 306によって表示される画像に応じたパターン（位相画像とも呼ぶ）が設定される。空間光変調器 33は、第1の実施形態の空間光変調器 13と同様の構成である。空間光変調器 33の変調部 330で変調された変調光 303は、フーリエ変換レンズ 34の入射面に向けて進行する。

[0084] フーリエ変換レンズ 34は、空間光変調器 33によって変調された変調光 303を無限遠に投射した際に形成される像を、アパーチャ 35の近傍の焦点位置に結像させる光学レンズである。フーリエ変換レンズ 34は、第1の実施形態のフーリエ変換レンズ 14と同様の構成である。なお、フーリエ変換レンズ 34の代わりに、仮想レンズを用いてもよい。仮想レンズを用いる

場合、フーリエ変換レンズ34を省略できる。フーリエ変換レンズ34によって集光された光は、アパーチャ35に向けて進行する。

[0085] アパーチャ35は、フーリエ変換レンズ34によって集束された光に含まれる高次光を遮蔽し、表示領域の外縁を制限する枠である。アパーチャ35は、第1の実施形態のアパーチャ15と同様の構成である。アパーチャ35の開口を通過した光は、液晶投射レンズ36に入射される。

[0086] 液晶投射レンズ36（液晶レンズとも呼ぶ）は、フーリエ変換レンズ34によって集束された光を、表示される画像に対応させて拡大する光学レンズである。液晶投射レンズ36は、第1の実施形態の液晶投射レンズ16と同様の構成である。液晶投射レンズ36は、単一のレンズで構成されてもよいし、複数のレンズを組み合わせたレンズで構成されてもよい。

[0087] 制御部37は、光源31、空間光変調器33、液晶投射レンズ36、および撮像部38を制御する。制御部37は、プロセッサとメモリを含むマイクロコンピュータによって実現される。制御部37は、受光素子39によって受光された光信号を受信する以外は、第1の実施形態の制御部17と同様の構成である。

[0088] 制御部37は、投射光306の投射方向や投射角を設定する。制御部37は、投射される画像に対応する位相画像を変調部330に設定する。制御部37は、空間光変調器33の変調部330に照射される平行光302の位相と、変調部330で反射される変調光303の位相との差分を決定づけるパラメータが変化するように空間光変調器33を駆動する。制御部37は、投射光306を投射するためのレンズ領域を液晶投射レンズ36の液晶領域360に形成する。

[0089] 制御部37は、表示される画像に対応する位相画像が変調部330に設定された状態で、光源31の出射器311を駆動させる。その結果、空間光変調器33の変調部330に位相画像が設定されたタイミングに合わせて、光源31から出射された平行光302が空間光変調器33の変調部330に照射される。空間光変調器33の変調部330に照射された平行光302は、

空間光変調器 33 の変調部 330 において変調される。空間光変調器 33 の変調部 330 において変調された変調光 303 は、空間光変調器 33 の変調部 330 に設定された位相画像に対応する投射光 306 として、液晶投射レンズ 36 から投射される。

[0090] 制御部 37 は、受光素子 39 によって受光された光に基づく信号を受信する。例えば、制御部 37 は、受光素子 39 によって受光された光に基づく信号に応じて、投射光 206 の投射方向や投射角を設定する。例えば、制御部 37 は、受光素子 39 によって受光された光に基づく信号を用いて、対象物との距離を測距する。例えば、受光素子 39 によって空間光信号が受光される場合、制御部 37 は、受光素子 39 によって受光された空間光信号をデコードする。例えば、制御部 37 は、デコードされた信号を、別のシステムや装置（図示しない）に出力する。

[0091] 受光素子 39 は、光を受光する受光部 390 を有する。受光素子 39 の受光部 390 は、通信対象や測距対象の対象物に向けられる。例えば、受光素子 39 の受光部 390 は、投射光 306 の投射方向と同じ向きに向けられる。

[0092] 受光素子 39 は、受光対象の波長帯の光を受光する。例えば、受光素子 39 は、可視領域の光を受光する。例えば、受光素子 39 は、赤外領域の光を受光する。受光素子 39 は、例えば $1.5 \mu\text{m}$ （マイクロメートル）帯の波長の光を受光する。なお、受光素子 39 が受光する光の波長帯は、 $1.5 \mu\text{m}$ 帯に限定されない。受光素子 39 が受光する光の波長帯は、受光対象の光の波長に合わせて、任意に設定できる。受光素子 39 が受光する光の波長帯は、例えば $0.8 \mu\text{m}$ 帯や、 $1.55 \mu\text{m}$ 帯、 $2.2 \mu\text{m}$ 帯に設定されてもよい。また、受光素子 39 が受光する光の波長帯は、例えば $0.8 \sim 1 \mu\text{m}$ 帯であってもよい。光の波長帯が短い方が、大気中の水分による吸収が小さいので、降雨時における受光には有利である。また、受光素子 39 は、強烈な太陽光で飽和してしまうと、光を読み取ることができない。そのため、受光素子 39 よりも前段に、受光対象の波長帯の光を選択的に通過させる色フ

ィルタを設置してもよい。

[0093] 受光素子 39 は、受光された光を電気信号に変換する。例えば、受光素子 39 は、フォトダイオードやフォトトランジスタなどの素子によって実現できる。例えば、受光素子 39 は、アバランシェフォトダイオードによって実現される。アバランシェフォトダイオードによって実現された受光素子 39 は、高速通信に対応できる。なお、受光素子 39 は、光を電気信号に変換できさえすれば、フォトダイオードやフォトトランジスタ、アバランシェフォトダイオード以外の素子によって実現されてもよい。

[0094] 通信速度を向上させるために、受光素子 39 の受光部 390 は、できるだけ小さい方が好ましい。例えば、受光素子 39 の受光部 390 は、直径 0.1 ~ 0.3 mm (ミリメートル) 程度の受光領域を有する。受光対象の光の受光効率をよくするために、受光部 390 に光を集光する集光レンズを設けてもよい。例えば、集光レンズは、任意の方向から到来する光を、受光素子 39 の受光部 390 に効率よく導光できるように構成されることが好ましい。

[0095] 例えば、制御部 37 は、投射装置 30 から投射された光が、投射対象によって反射されて戻ってくる時間に応じて、その投射対象との距離を測距する。例えば、第 2 の実施形態の撮像部 28 が投射装置 30 に併設されている場合、制御部 37 は、撮像部 28 によって撮像された画像データに基づいて、三角測量の原理で投射対象との距離を測距してもよい。また、投射装置 30 と投射対象の距離の測距は、外部システム (図示しない) で行われてもよい。

[0096] [変形例 2]

ここで、本実施形態の変形例 2 について図面を参照しながら説明する。本変形例は、複数の光源 31 を含む例である。以下においては、二つの光源 31 が含まれる例について説明する。光源 31 は、三つ以上で構成されてもよい。また、第 1 の実施形態の投射装置 10 や、第 2 の実施形態の投射装置 20 も、本変形例と同様に、複数の光源を含んでもよい。

[0097] 図 2 1 は、光源 3 1 A および光源 3 1 B の各々から出射された平行光 3 0 2 A および平行光 3 0 2 B の各々を、空間光変調器 3 3 の変調部 3 3 0 に向けて照射する一例を示す概念図である。図 2 1 は、光源 3 1 A および光源 3 1 B の左斜め後方の視座から、空間光変調器 3 3 の変調部 3 3 0 の方向を見た図である。光源 3 1 A と光源 3 1 B は、同じ波長帯の平行光 3 0 2 A および平行光 3 0 2 B を出射してもよいし、異なる波長帯の平行光 3 0 2 A および平行光 3 0 2 B を出射してもよい。光源 3 1 A と光源 3 1 B から出射される平行光 3 0 2 A および平行光 3 0 2 B の強度は、独立して調整できる。

[0098] 空間光変調器 3 3 の変調部 3 3 0 には、変調領域 3 3 5 A と変調領域 3 3 5 B が設定される。光源 3 1 A から出射された平行光 3 0 2 A は、空間光変調器 3 3 の変調部 3 3 0 の変調領域 3 3 5 A に照射される。変調領域 3 3 5 A に照射された平行光 3 0 2 A は、変調領域 3 3 5 A で変調される。光源 3 1 B から出射された平行光 3 0 2 B は、空間光変調器 3 3 の変調部 3 3 0 の変調領域 3 3 5 B に照射される。変調領域 3 3 5 B に照射された平行光 3 0 2 B は、変調領域 3 3 5 B で変調される。

[0099] 図 2 2 は、変調領域 3 3 5 A および変調領域 3 3 5 B の各々において変調された変調光 3 0 3 A および変調光 3 0 3 B の光路について説明するための概念図である。図 2 2 は、空間光変調器 3 3、フーリエ変換レンズ 3 4、アパーチャ 3 5、および液晶投射レンズ 3 6 を、上方の視座から見た図である。なお、図 2 2 における、空間光変調器 3 3、フーリエ変換レンズ 3 4、アパーチャ 3 5、および液晶投射レンズ 3 6 の位置関係や光路は、概念的なものであって、実際の位置関係や光路を正確に表すものではない。

[0100] 変調領域 3 3 5 A で変調された変調光 3 0 3 A と、変調領域 3 3 5 B で変調された変調光 3 0 3 B とは、フーリエ変換レンズ 3 4 で集光され、アパーチャ 3 5 の開口を通過して液晶投射レンズ 3 6 に到達する。液晶投射レンズ 3 6 の液晶領域 3 6 0 には、変調領域 3 3 5 A に対応するレンズ領域 3 6 5 A と、変調領域 3 3 5 B に対応するレンズ領域 3 6 5 B とが形成される。変調光 3 0 3 A は、レンズ領域 3 6 5 A で拡大されて、投射光 3 0 6 A として

投射される。変調光 303B は、レンズ領域 365B で拡大されて、投射光 306B として投射される。例えば、投射光 306A と投射光 306B は、異なる投射方向に向けて投射される。例えば、投射光 306A と投射光 306B は、異なる投射角で投射される。例えば、投射光 306A と投射光 306B は、異なる投射方向に向けて、異なる投射角で投射される。なお、投射光 306A と投射光 306B は、同じ投射方向に向けて、同じ投射角で投射されてもよい。

[0101] 本変形例によれば、複数の光源 31 から異なるタイミングで平行光 302 を出射させることができる。また、本変形例によれば、変調領域 335A と変調領域 335B に異なる画像を形成する位相分布を設定することによって、異なる画像を表示させる投射光 306 を投射させることができる。例えば、変調領域 335A に設定された位相分布に基づく投射光 306A を通信に割り当て、変調領域 335B に設定された位相分布に基づく投射光 306A を測距に割り当てることができる。例えば、変調領域 335A に設定された位相分布に基づく投射光 306A をある通信対象との通信に割り当て、変調領域 335B に設定された位相分布に基づく投射光 306A を別の通信対象との通信に割り当てることができる。

[0102] [適用例 2]

図 23A および図 23B は、本実施形態の適用例 2 について説明するための概念図である。図 23A および図 23B の例では、本実施形態の投射装置 30 を搭載した自動車から、前方に向けて、用途に応じた投射光を投射する例である。本適用例において、光源 31 は、出射される平行光の変調方式を切り替えることができるものとする。例えば、制御部 37 は、通信や測距などの用途に応じて、光源 31 から出射される平行光の変調方式を切り替える。

[0103] 図 23A の変更前は、前方に位置する交通信号機の発光面に向けて通信用の投射光が投射され、前方を走行する自動車には測距用の投射光が投射される。図 23B の変更後は、前方に位置する交通信号機の発光面に向けて通信

用の投射光が投射され、前方を走行する自動車にも通信用の投射光が投射される。

[0104] 例えば、図 2 2 の変調領域 3 3 5 A および変調領域 3 3 5 B に設定される位相分布を切り替えることによって、変調領域 3 3 5 A と変調領域 3 3 5 B の各々によって変調された変調光に由来する投射光の用途を切り替えることができる。例えば、投射光の用途の切り替えは、自動車の運転前に行われ、運転中は固定される。例えば、投射光の用途の切り替えは、自動車の運転中に行われ、運転中であってもリアルタイムで切替えてもよい。例えば、投射光の用途の切り替えは、自動運転システム（図示しない）の制御に応じて、自動的に行われてもよい。投射光の用途の切り替えのタイミングについては、特に限定しない。

[0105] [適用例 3]

図 2 4 は、本実施形態の適用例 3 について説明するための概念図である。本適用例では、電柱の上部に投射装置 3 0 を配置する。なお、本適用例において、投射装置 3 0 は、別の投射装置 3 0 から投射された投射光（空間光信号とも呼ぶ）を受光し、その空間光信号をデコードする機能を有するものとする。また、投射装置 3 0 は、無線通信する機能を有してもよい。

[0106] 電柱の上部は、障害物が少ないため、空間光信号を送受信する空間光通信に適している。例えば、電柱の上部に複数の投射装置 3 0 を設置すれば、それらの投射装置 3 0 の間で空間光信号を送受信し合う空間光通信ネットワークを構築できる。例えば、複数の投射装置 3 0 で空間光通信ネットワークを構成する場合、ネットワークの中間に位置する投射装置 3 0 は、ある投射装置 3 0 から送光された空間光信号を、別の投射装置 3 0 に中継するために用いられてもよい。

[0107] 投射装置 3 0 から複数の投射方向に向けて投射光を投射できる場合、投射対象に応じて投射光の用途を区別してもよい。例えば、位置が固定された複数の投射装置 3 0 の間では、投射方向が固定された固定通信を行う。例えば、自動車やドローンなどの移動体と投射装置 3 0 との間では、投射装置 3 0

が移動体の位置を追跡し、追跡中の移動体に向けて投射光の投射方向を追跡する追跡通信を行う。追跡通信は、撮像部 28 によって撮像された画像データに基づいて、投射装置 30 が移動体の位置を特定し、特定された移動体の位置に向けて投射光を投射するように制御することによって実現される。追跡通信の場合、近方と遠方の異なる移動体に向けて、異なる投射角で投射光を投射すれば、それらの移動体において同程度のエネルギーの空間光信号を送信することもできる。その場合、遠方の移動体に向けた投射光の投射角を小さくし、近方の移動体に向けた投射光の投射角を大きくすればよい。

[0108] 本適用例によれば、異なる電柱に設置された複数の投射装置 30 の間で、空間光信号を用いた通信が可能になる。また、本適用例によれば、投射装置 30 が移動体を追跡し、投射装置 30 と移動体との間で通信を行う追跡通信が可能になる。本適用例によれば、投射方向や投射角を任意に変更できるので、距離が異なる複数の移動体と投射装置 30 との間で、フレキシブルに追跡通信することができる。例えば、自動車やドローンなどの移動体や家屋に設置された無線装置と投射装置 30 との間で、無線通信による通信を行うように構成されてもよい。

[0109] 以上のように、本実施形態の投射装置は、光源、空間光変調器、フーリエ変換レンズ、アパーチャ、撮像素子、および液晶投射レンズを備える。光源は、平行光を出射する。空間光変調器は、光源から出射された平行光の位相を変調する変調部を有する。フーリエ変換レンズは、変調部によって変調された変調光をフーリエ変換して結像させる。アパーチャは、フーリエ変換レンズの焦点位置の近傍に配置される。アパーチャは、フーリエ変換レンズによって集束された光に含まれる高次光を遮蔽し、表示領域の外縁を制限する枠である。液晶投射レンズ（液晶レンズとも呼ぶ）は、フーリエ変換レンズによって集束された光が入射する液晶領域を含む。液晶投射レンズは、液晶領域に動的に形成されるレンズ領域に入射した変調光を投射光として投射する。撮像部は、投射光の投射方向を撮像する。制御部は、液晶投射レンズの液晶領域の所望の位置にレンズ領域を形成させる。制御部は、投射対象に向

けて投射される投射光に対応する位相画像を空間光変調器の変調部に設定する。制御部は、位相画像が設定された変調部に向けて平行光が照射されるように光源を制御する。制御部は、受光素子によって受光された光に応じて、投射光の投射方向および投射角のうち少なくともいずれかを制御する。

[0110] 本実施形態によれば、受光素子によって受光された光に応じて、投射光の投射方向または投射角を制御することによって、受光素子の受光状況に応じて高精細な画像を投射できる。例えば、投射装置は、通信対象からの光信号を受光素子が受光した場合、受光した光信号に応じた光信号を投射する。例えば、投射装置は、測距対象によって反射された光を受光素子が受光した場合、受光した光に基づいて測距対象との距離を計算してもよい。

[0111] 本実施形態の一態様において、投射装置は、空間光変調器の変調部に設定された複数の変調領域の各々に向けて平行光を出射するように配置された複数の光源を備える。制御部は、複数の変調領域に異なる位相画像が設定された変調部に向けて、平行光が照射されるように複数の光源の各々を制御する。本態様によれば、投射対象に応じて、異なる投射光を投射できる。

[0112] 本実施形態の一態様において、光源は、出射される平行光の変調方式を切り替え可能である。制御部は、光源から出射される平行光の変調方式を用途に応じて切り替える。本態様によれば、通信や測距などの用途に応じて、適切に変調された投射光を投射できる。

[0113] (第4の実施形態)

次に、第4の実施形態に係る投射装置について図面を参照しながら説明する。本実施形態の投射装置は、第1～第3の実施形態の投射装置を簡略化した構成である。

[0114] 図25は、本実施形態の投射装置40の構成の一例を示すブロック図である。投射装置40は、光源41、空間光変調器43、および液晶レンズ46を備える。図25は、投射装置40の内部構成を横方向の視座から見た図である。

[0115] 光源41は、平行光を出射する。空間光変調器43は、光源41から出射

された平行光402の位相を変調する変調部430を有する。液晶レンズ46（液晶投射レンズとも呼ぶ）は、空間光変調器43によって変調された変調光403が入射する液晶領域460を含む。液晶レンズ46は、液晶領域460に動的に形成されるレンズ領域に入射した変調光403を投射光406として投射する。制御部47は、液晶レンズ46の液晶領域460の所望の位置にレンズ領域を形成させる。制御部47は、投射対象に向けて投射される投射光406に対応する位相画像を空間光変調器43の変調部430に設定する。制御部47は、位相画像が設定された変調部430に向けて平行光402が照射されるように光源41を制御する。

[0116] なお、図25においては、フーリエ変換レンズを省略している。実用上は、フーリエ変換レンズ（図示しない）や、空間光変調器43の変調部430に形成される仮想レンズ画像等を用いて、変調部430によって変調された変調光403をフーリエ変換して結像させる。

[0117] 以上のように、本実施形態によれば、任意の位置にレンズ領域が形成される液晶領域を含む液晶レンズを投射レンズとして用いることによって、任意の投射方向に向けて、高精細な画像を投射できる。

[0118] （ハードウェア）

ここで、本開示の各実施形態に係る制御部の処理を実行するハードウェア構成について、図26の制御装置90を一例として挙げて説明する。例えば、制御装置90は、マイクロコンピュータの形態で実現される。なお、図26の制御装置90は、各実施形態の制御部の処理を実行するための構成例であって、本開示の範囲を限定するものではない。

[0119] 図26のように、制御装置90は、プロセッサ91、主記憶装置92、補助記憶装置93、入出力インターフェース95、および通信インターフェース96を備える。図26においては、インターフェースをI/F（Interface）と略記する。プロセッサ91、主記憶装置92、補助記憶装置93、入出力インターフェース95、および通信インターフェース96は、バス98を介して、互いにデータ通信可能に接続される。また、プロセッサ91、主記

憶装置 9 2、補助記憶装置 9 3、および入出力インターフェース 9 5 は、通信インターフェース 9 6 を介して、インターネットやイントラネットなどのネットワークに接続される。

[0120] プロセッサ 9 1 は、補助記憶装置 9 3 等に格納されたプログラムを、主記憶装置 9 2 に展開する。プロセッサ 9 1 は、主記憶装置 9 2 に展開されたプログラムを実行する。本実施形態においては、制御装置 9 0 にインストールされたソフトウェアプログラムを用いる構成とすればよい。プロセッサ 9 1 は、本実施形態に係る制御部による処理を実行する。

[0121] 主記憶装置 9 2 は、プログラムが展開される領域を有する。主記憶装置 9 2 には、プロセッサ 9 1 によって、補助記憶装置 9 3 等に格納されたプログラムが展開される。主記憶装置 9 2 は、例えば D R A M (Dynamic Random Access Memory) などの揮発性メモリによって実現される。また、主記憶装置 9 2 として、M R A M (Magnetoresistive Random Access Memory) などの不揮発性メモリが構成／追加されてもよい。

[0122] 補助記憶装置 9 3 は、プログラムなどの種々のデータを記憶する。補助記憶装置 9 3 は、ハードディスクやフラッシュメモリなどのローカルディスクによって実現される。なお、種々のデータを主記憶装置 9 2 に記憶させる構成とし、補助記憶装置 9 3 を省略することも可能である。

[0123] 入出力インターフェース 9 5 は、規格や仕様に基づいて、制御装置 9 0 と周辺機器とを接続するためのインターフェースである。通信インターフェース 9 6 は、規格や仕様に基づいて、インターネットやイントラネットなどのネットワークを通じて、外部のシステムや装置に接続するためのインターフェースである。入出力インターフェース 9 5 および通信インターフェース 9 6 は、外部機器と接続するインターフェースとして共通化してもよい。

[0124] 制御装置 9 0 には、必要に応じて、キーボードやマウス、タッチパネルなどの入力機器が接続されてもよい。それらの入力機器は、情報や設定の入力に使用される。なお、タッチパネルを入力機器として用いる場合は、表示機器の表示画面が入力機器のインターフェースを兼ねる構成としてもよい。プ

ロセッサ 91 と入力機器との間のデータ通信は、入出力インターフェース 95 に仲介させればよい。

[0125] また、制御装置 90 には、情報を表示するための表示機器を備え付けてもよい。表示機器を備え付ける場合、制御装置 90 には、表示機器の表示を制御するための表示制御装置（図示しない）が備えられていることが好ましい。表示機器は、入出力インターフェース 95 を介して制御装置 90 に接続すればよい。

[0126] また、制御装置 90 には、ドライブ装置が備え付けられてもよい。ドライブ装置は、プロセッサ 91 と記録媒体（プログラム記録媒体）との間で、記録媒体からのデータやプログラムの読み込み、制御装置 90 の処理結果の記録媒体への書き込みなどを仲介する。ドライブ装置は、入出力インターフェース 95 を介して制御装置 90 に接続すればよい。

[0127] 以上が、本発明の各実施形態に係る制御部を可能とするためのハードウェア構成の一例である。なお、図 26 のハードウェア構成は、各実施形態に係る制御部の演算処理を実行するためのハードウェア構成の一例であって、本発明の範囲を限定するものではない。また、各実施形態に係る制御部に関する処理をコンピュータに実行させるプログラムも本発明の範囲に含まれる。さらに、各実施形態に係るプログラムを記録したプログラム記録媒体も本発明の範囲に含まれる。記録媒体は、例えば、CD（Compact Disc）やDVD（Digital Versatile Disc）などの光学記録媒体で実現できる。記録媒体は、USB（Universal Serial Bus）メモリやSD（Secure Digital）カードなどの半導体記録媒体によって実現されてもよい。また、記録媒体は、フレキシブルディスクなどの磁気記録媒体、その他の記録媒体によって実現されてもよい。プロセッサが実行するプログラムが記録媒体に記録されている場合、その記録媒体はプログラム記録媒体に相当する。

[0128] 各実施形態の制御部の構成要素は、任意に組み合わせてもよい。また、各実施形態の制御部の構成要素は、ソフトウェアによって実現されてもよいし、回路によって実現されてもよい。

[0129] 以上、実施形態を参照して本発明を説明してきたが、本発明は上記実施形態に限定されるものではない。本発明の構成や詳細には、本発明のスコープ内で当業者が理解し得る様々な変更をすることができる。

[0130] この出願は、2021年3月22日に提出された日本出願特願2021-047566を基礎とする優先権を主張し、その開示の全てをここに取り込む。

符号の説明

[0131]	10、20、30、40	投射装置
	11、21、31、41	光源
	13、23、33、43	空間光変調器
	14、24、34	フーリエ変換レンズ
	15、25、35	アパーチャ
	16、26、36	液晶投射レンズ
	17、27、37、47	制御部
	28	撮像部
	39	受光素子
	46	液晶レンズ
	111	出射器
	112	コリメータ
	280	レンズ
	281	撮像素子
	283	画像処理プロセッサ
	285	内部メモリ
	287	データ出力回路

請求の範囲

- [請求項1] 平行光を出射する光源と、
前記光源から出射された前記平行光の位相を変調する変調部を有する空間光変調器と、
前記空間光変調器によって変調された変調光が入射する液晶領域を含み、前記液晶領域に動的に形成されるレンズ領域に入射した前記変調光を投射光として投射する液晶レンズと、
前記液晶レンズの前記液晶領域の所望の位置に前記レンズ領域を形成させ、投射対象に向けて投射される前記投射光に対応する位相画像を前記空間光変調器の前記変調部に設定し、前記位相画像が設定された前記変調部に向けて前記平行光が照射されるように前記光源を制御する制御部と、を備える投射装置。
- [請求項2] 前記制御部は、
前記液晶レンズの前記液晶領域において、前記レンズ領域を形成させる位置を2次元的に移動させることによって、前記投射光の投射方向を制御する請求項1に記載の投射装置。
- [請求項3] 前記制御部は、
前記液晶レンズの前記液晶領域に形成される前記レンズ領域の屈折率を調節させることによって、前記投射光の投射角を制御する請求項1または2に記載の投射装置。
- [請求項4] 前記制御部は、
前記液晶レンズの前記液晶領域に複数の前記レンズ領域を形成させる請求項1乃至3のいずれか一項に記載の投射装置。
- [請求項5] 前記制御部は、
前記投射光の投射方向および投射角のうち少なくともいずれかが異なる複数の前記レンズ領域を、前記液晶レンズの前記液晶領域に形成させ、
異なる前記投射対象に向けて投射される前記投射光に対応する複数

の前記位相画像を、前記空間光変調器の前記変調部に設定された複数の変調領域に、複数の前記レンズ領域に対応付けて個別に設定し、

複数の前記変調領域に異なる前記位相画像が設定された前記変調部に向けて、前記平行光が照射されるように前記光源を制御する請求項4に記載の投射装置。

[請求項6] 異なる前記変調領域に向けて前記平行光を出射するように配置された複数の前記光源を備え、

前記制御部は、

複数の前記変調領域に異なる前記位相画像が設定された前記変調部に向けて、前記平行光が照射されるように複数の前記光源の各々を制御する請求項5に記載の投射装置。

[請求項7] 前記投射光の投射方向を撮像する撮像部を備え、

前記制御部は、

前記撮像部によって撮像された画像に含まれる前記投射対象の位置に応じて、前記投射光の投射方向および投射角のうち少なくともいずれかを制御する請求項1乃至6のいずれか一項に記載の投射装置。

[請求項8] 前記投射光の投射方向から到来する光を受光する受光素子を備え、

前記制御部は、

前記受光素子によって受光された光に応じて、前記投射光の投射方向および投射角のうち少なくともいずれかを制御する請求項1乃至7のいずれか一項に記載の投射装置。

[請求項9] 前記光源は、

出射される前記平行光の変調方式を切り替え可能であり、

前記制御部は、

前記光源から出射される前記平行光の前記変調方式を用途に応じて切り替える請求項1乃至8のいずれか一項に記載の投射装置。

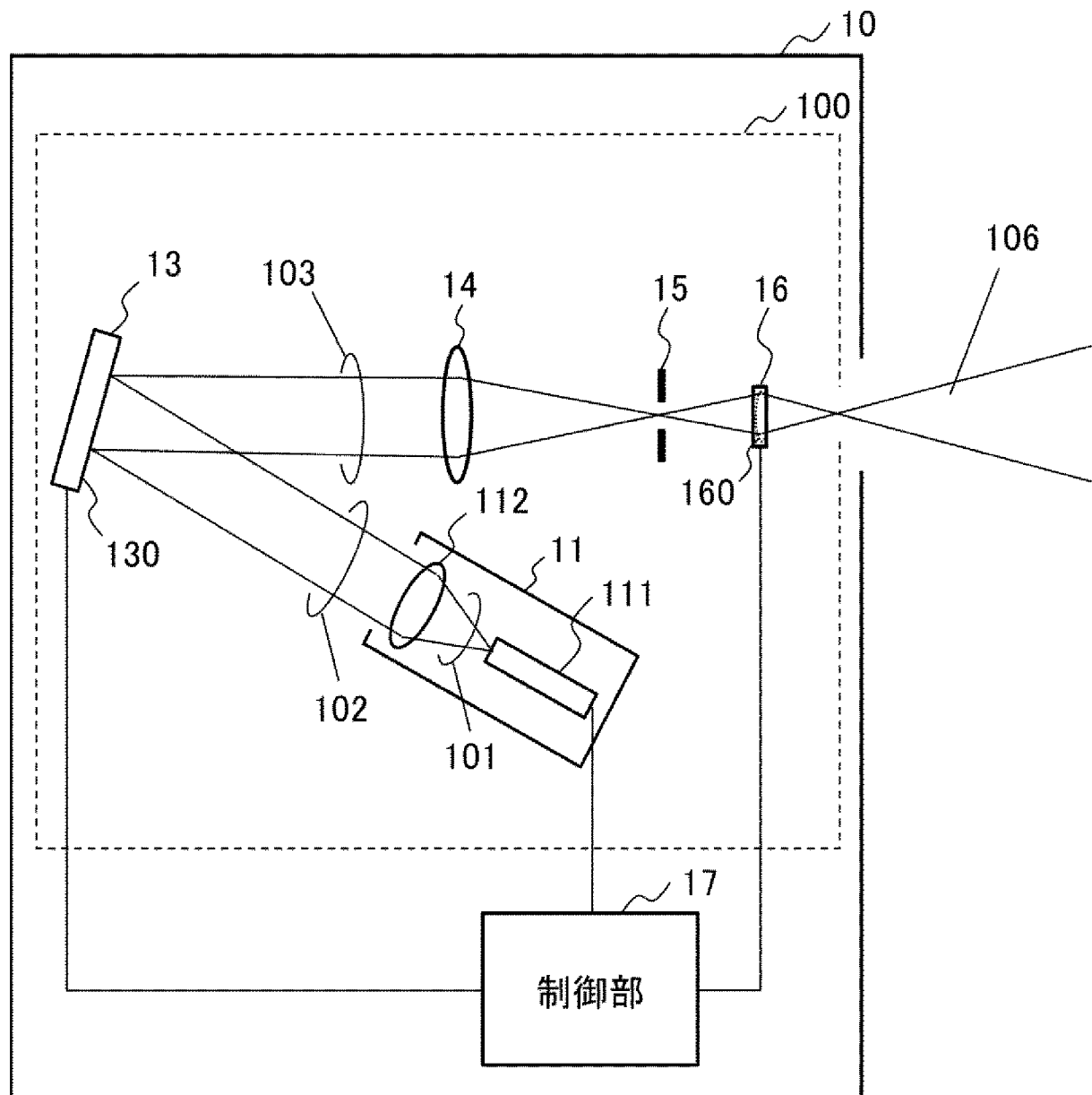
[請求項10] 液晶レンズの液晶領域の所望の位置にレンズ領域を形成させ、

投射対象に向けて投射される投射光に対応する位相画像を空間光変

調器の変調部に設定し、

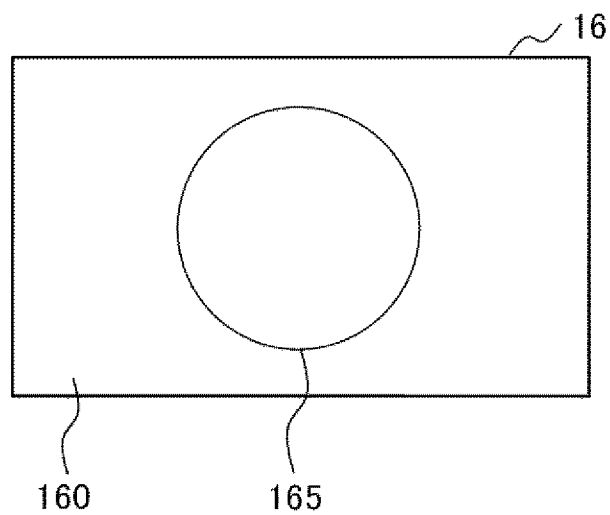
前記位相画像が設定された前記変調部に向けて平行光が照射されるように光源を制御する投射方法。

[図1]



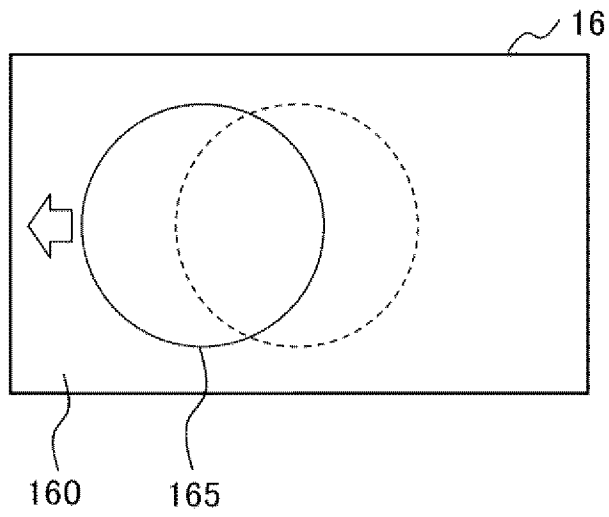
[図2A]

変更前



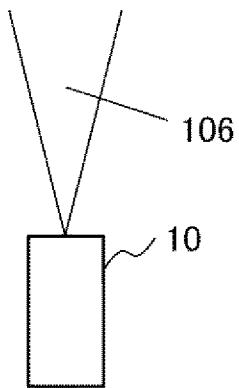
[図2B]

変更後



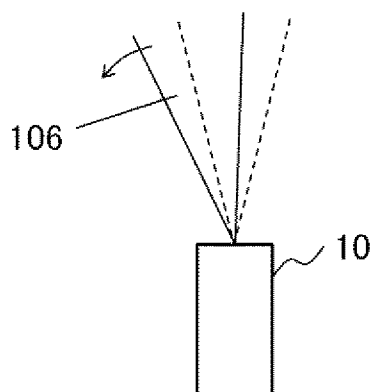
[図3A]

変更前



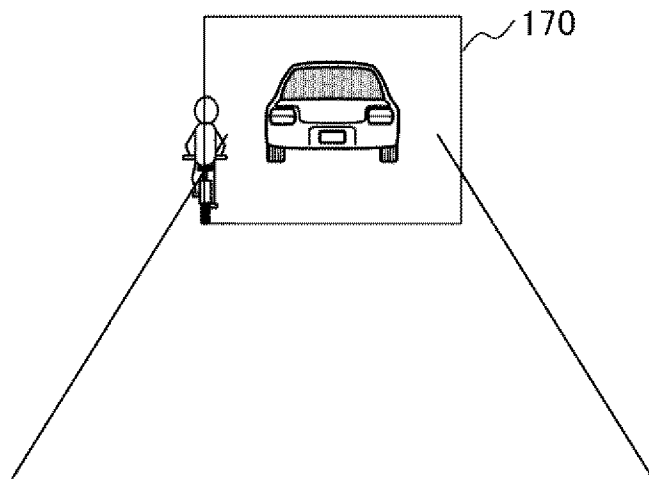
[図3B]

変更後



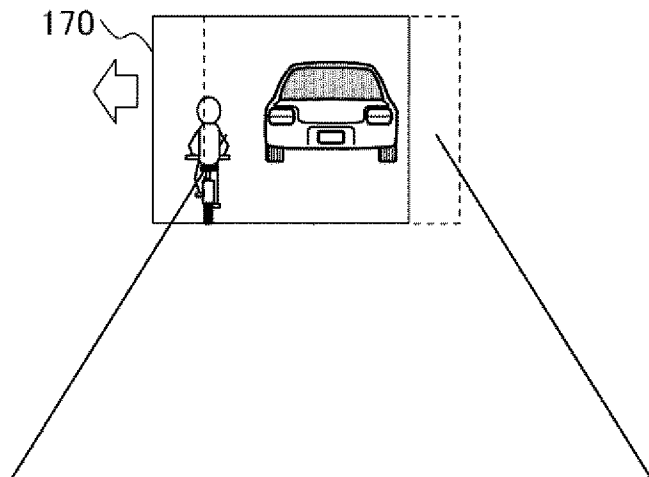
[図4A]

変更前



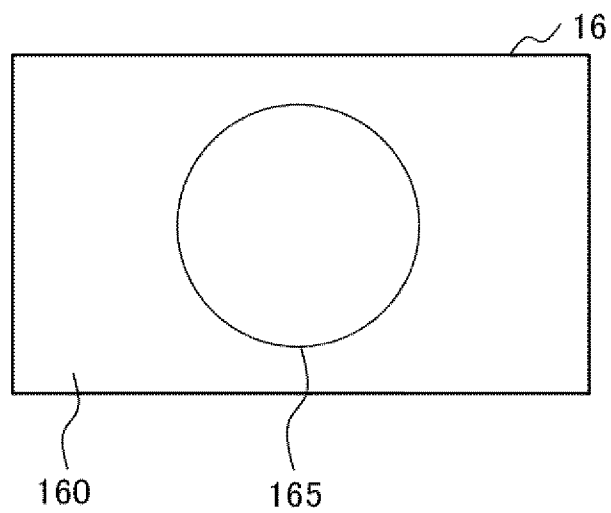
[図4B]

変更後



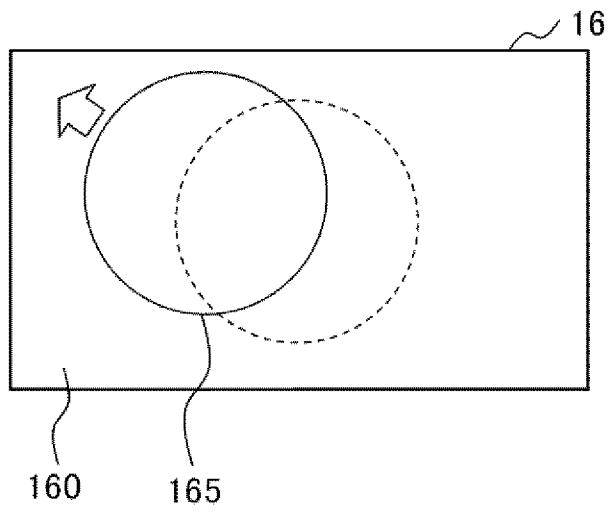
[図5A]

変更前



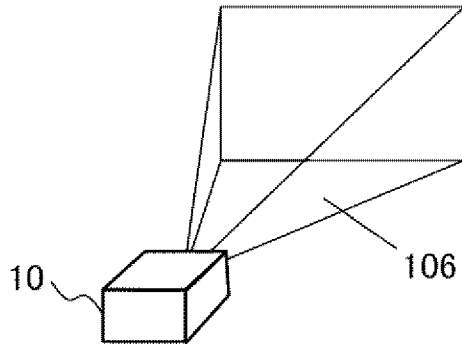
[図5B]

変更後



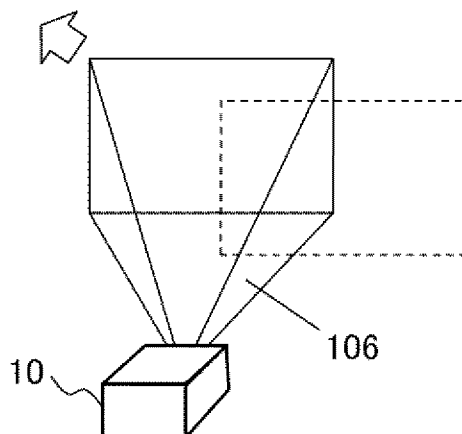
[図6A]

変更前



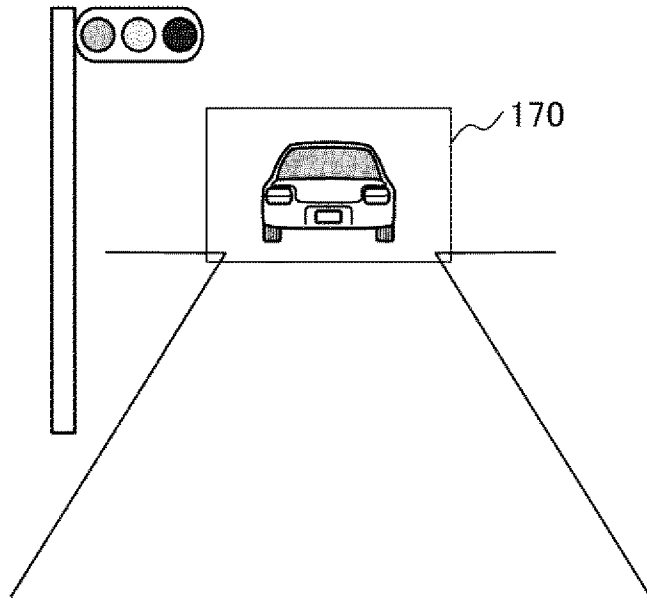
[図6B]

変更後



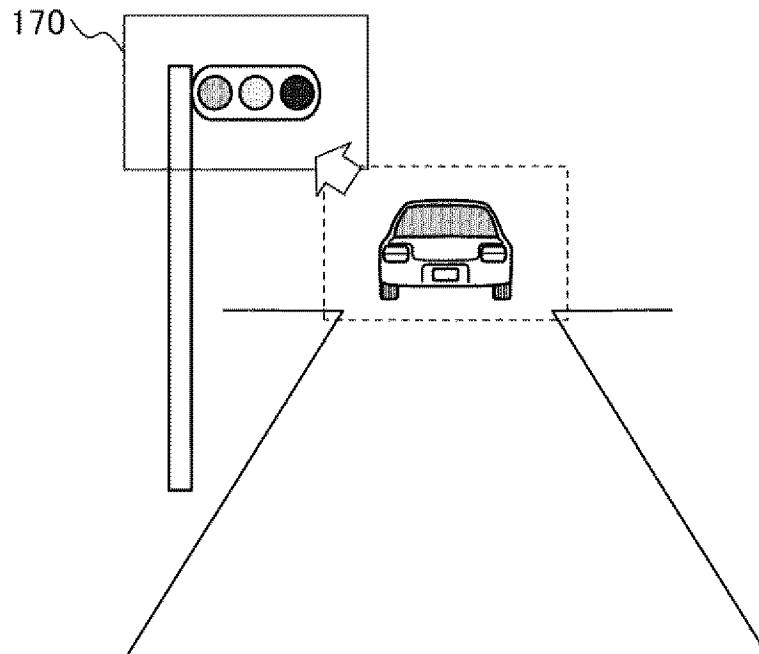
[図7A]

変更前



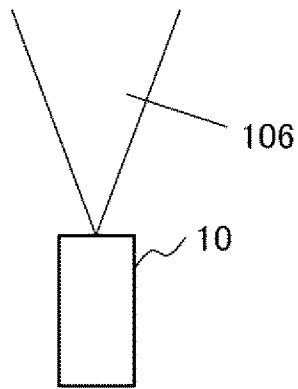
[図7B]

変更後



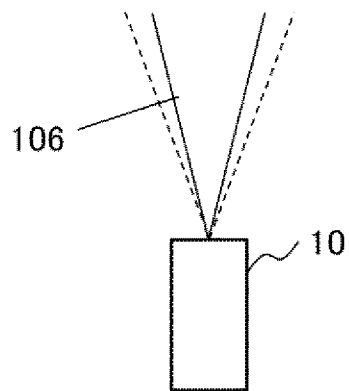
[図8A]

変更前



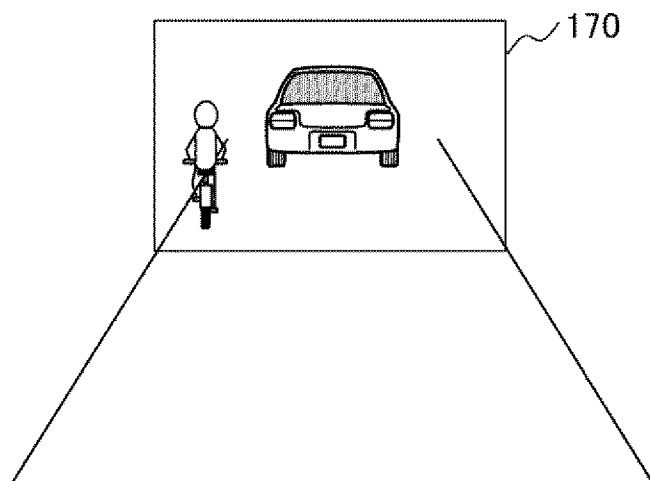
[図8B]

変更後



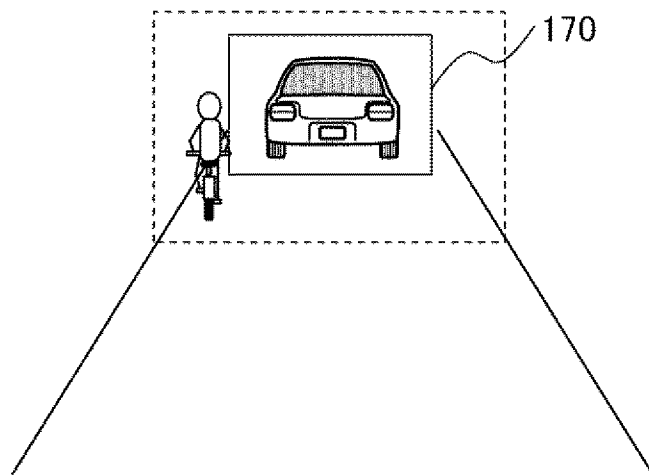
[図9A]

変更前



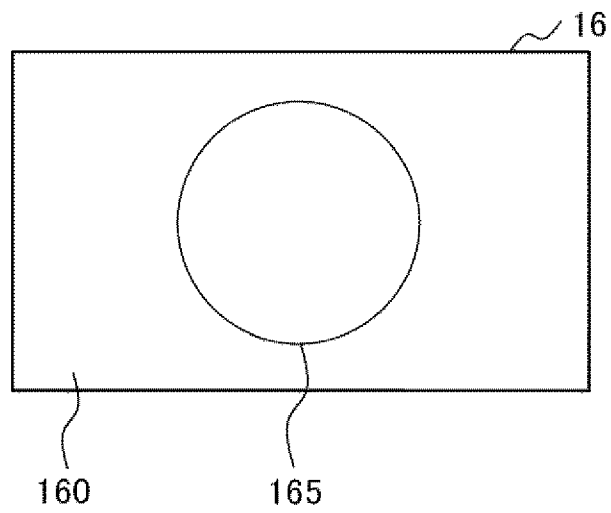
[図9B]

変更後



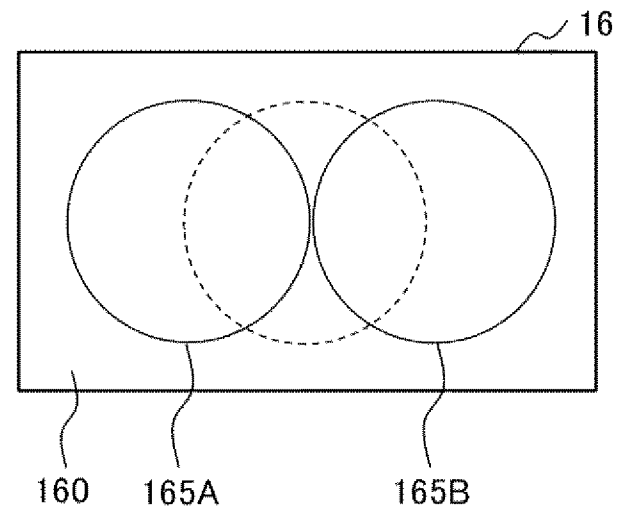
[図10A]

変更前

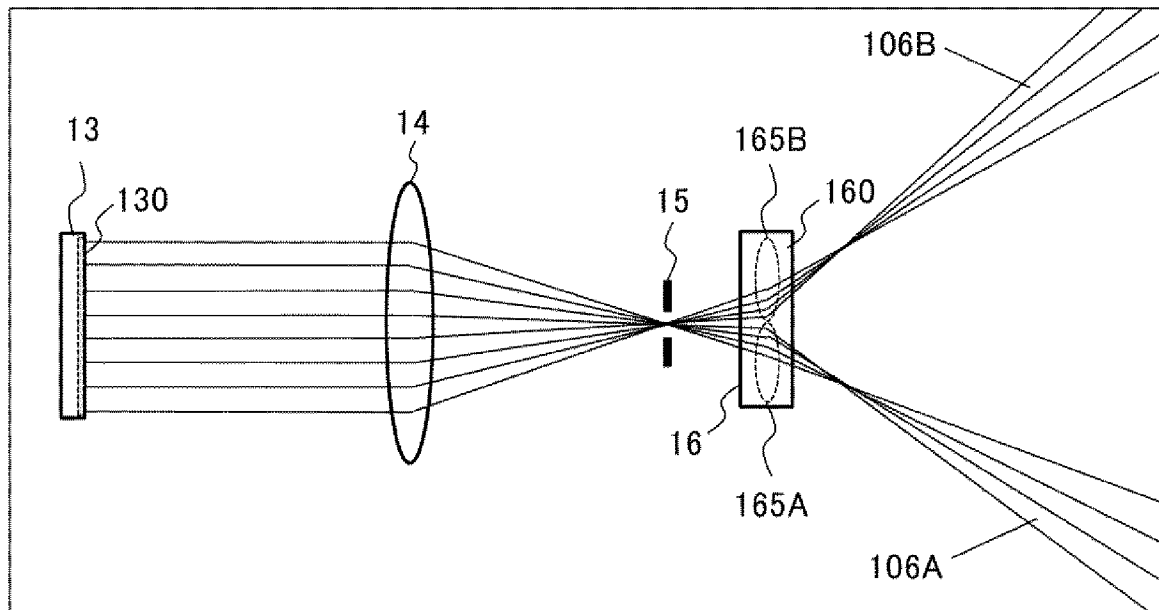


[図10B]

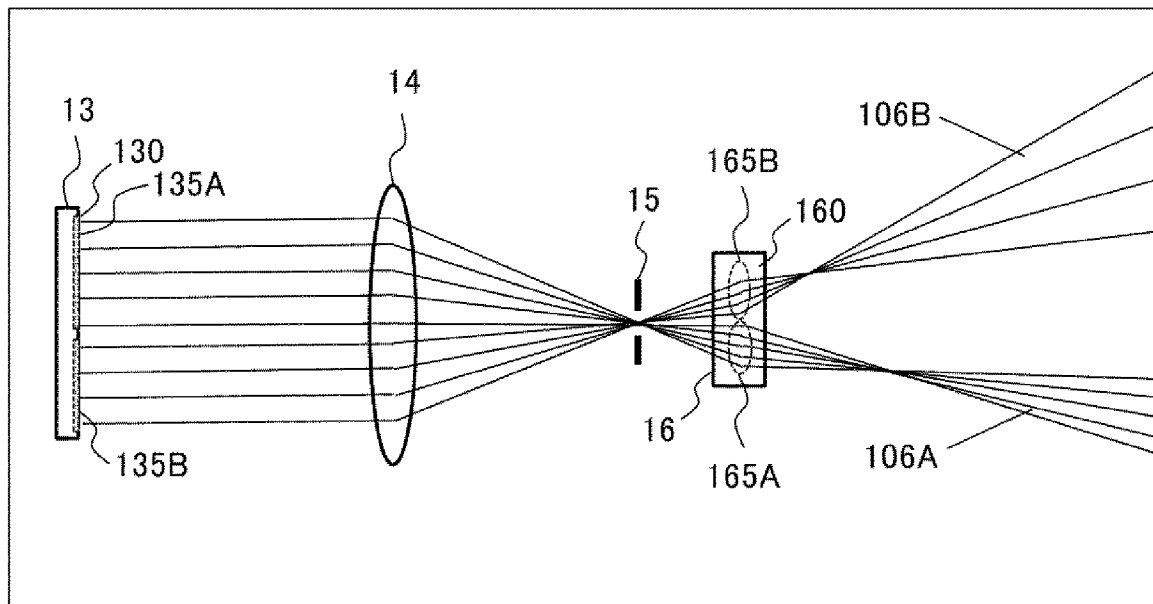
変更後



[図11]

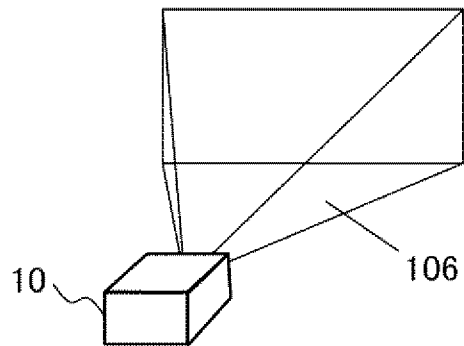


[図12]



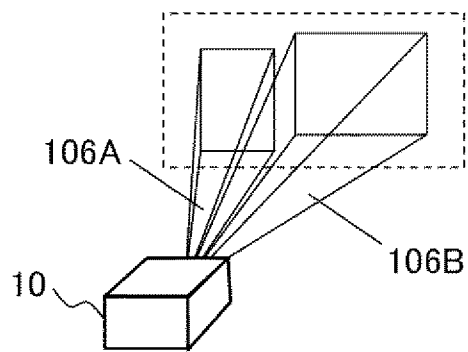
[図13A]

変更前



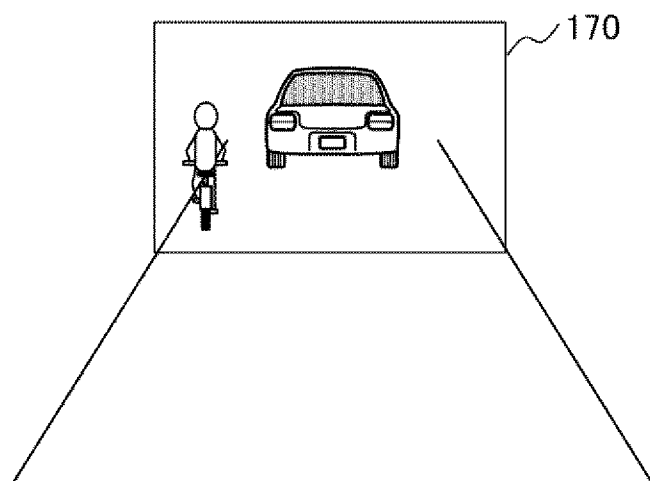
[図13B]

変更後



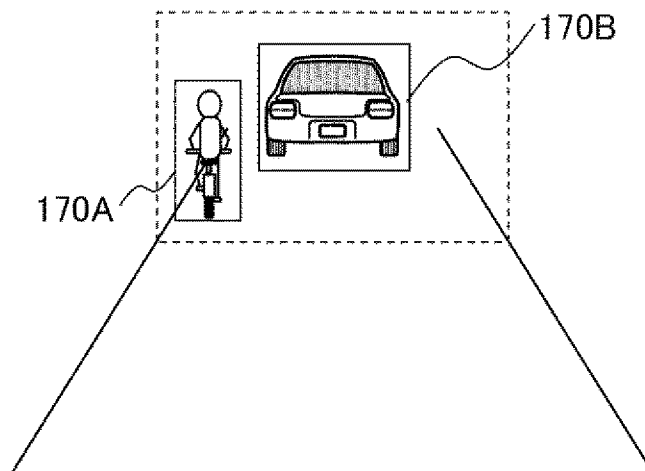
[図14A]

変更前

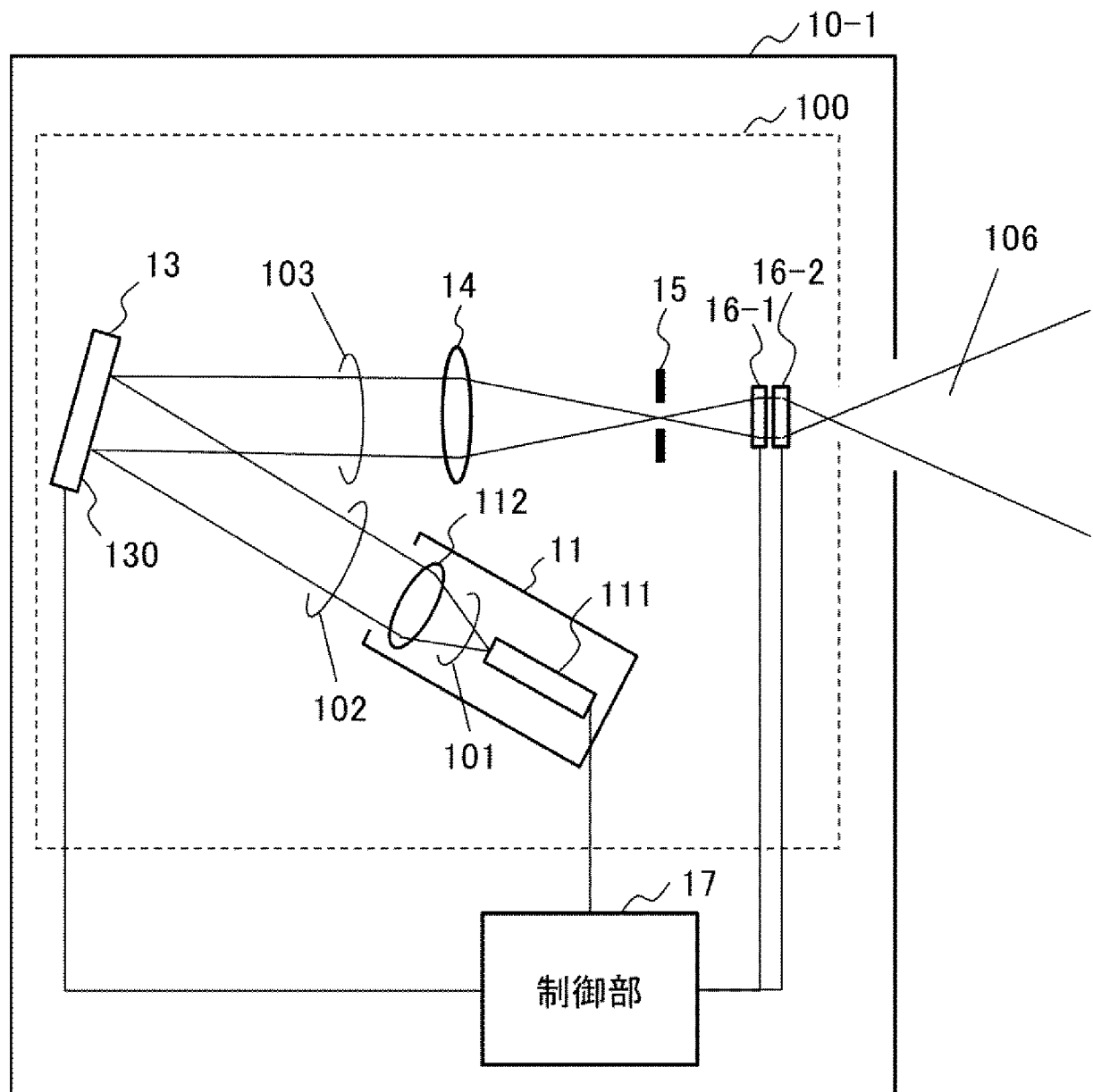


[図14B]

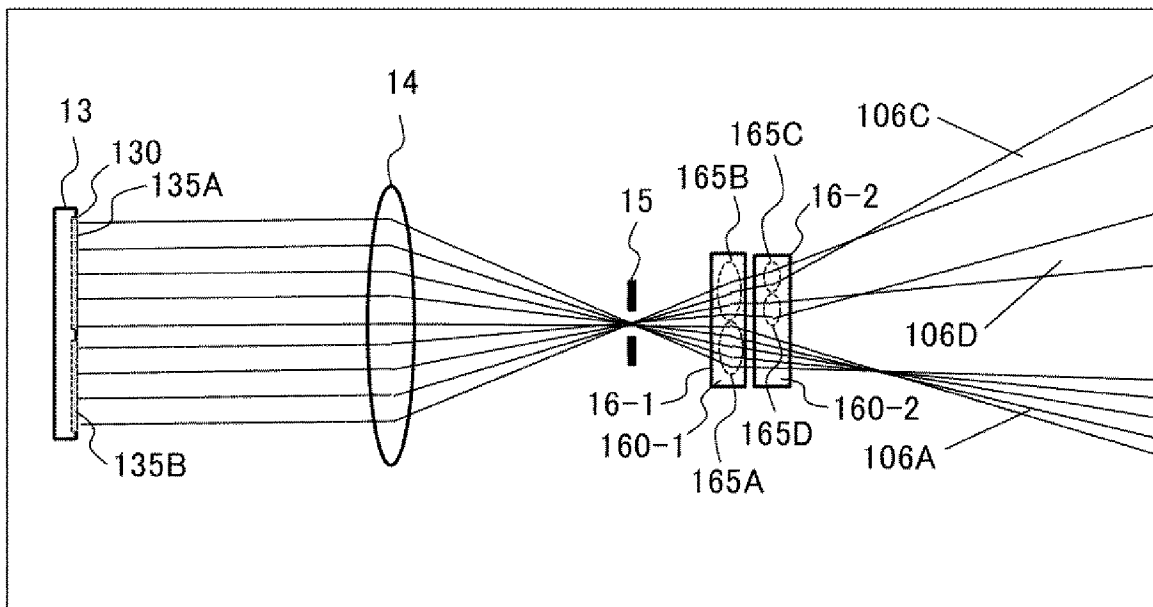
変更後



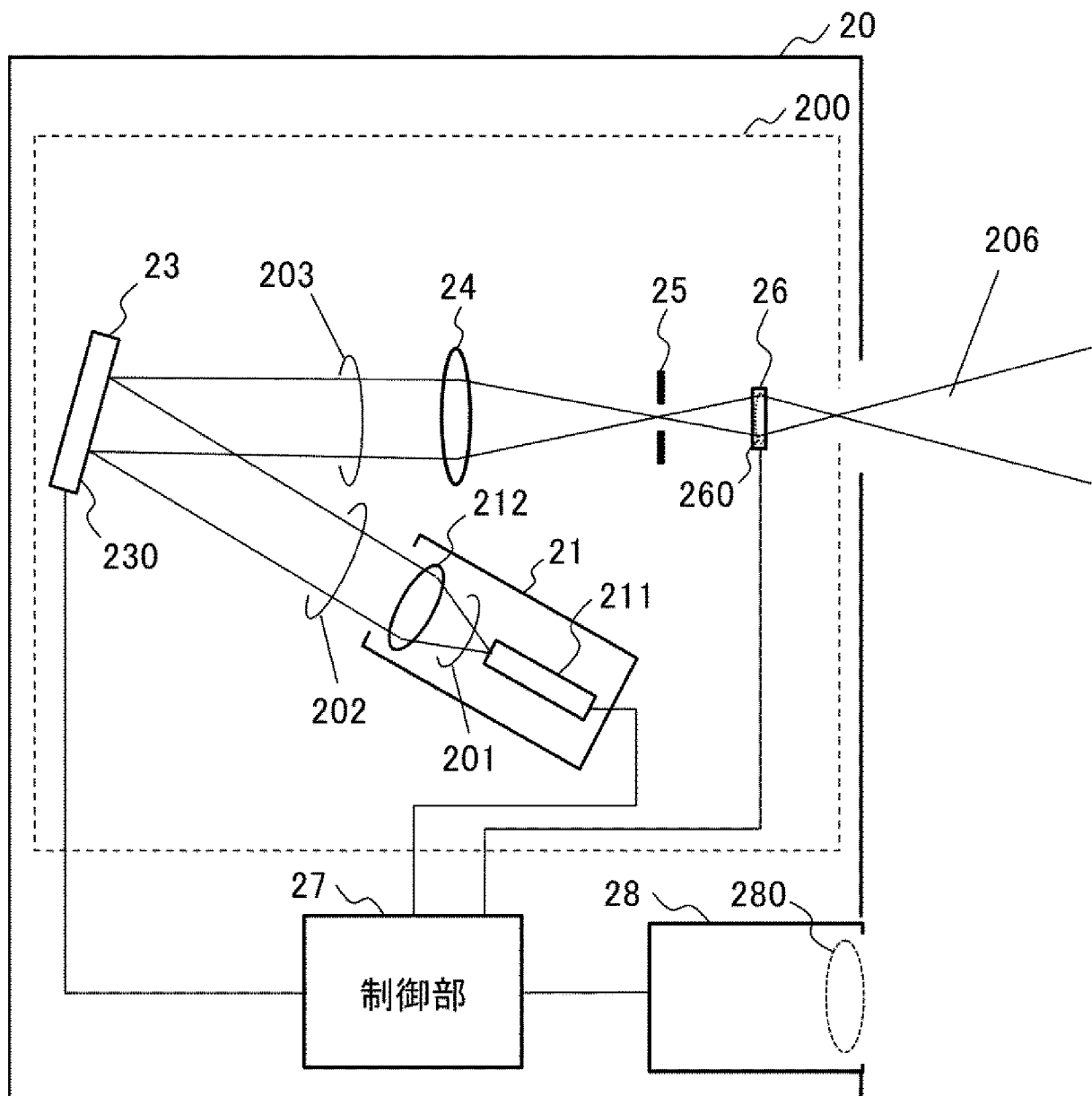
[図15]



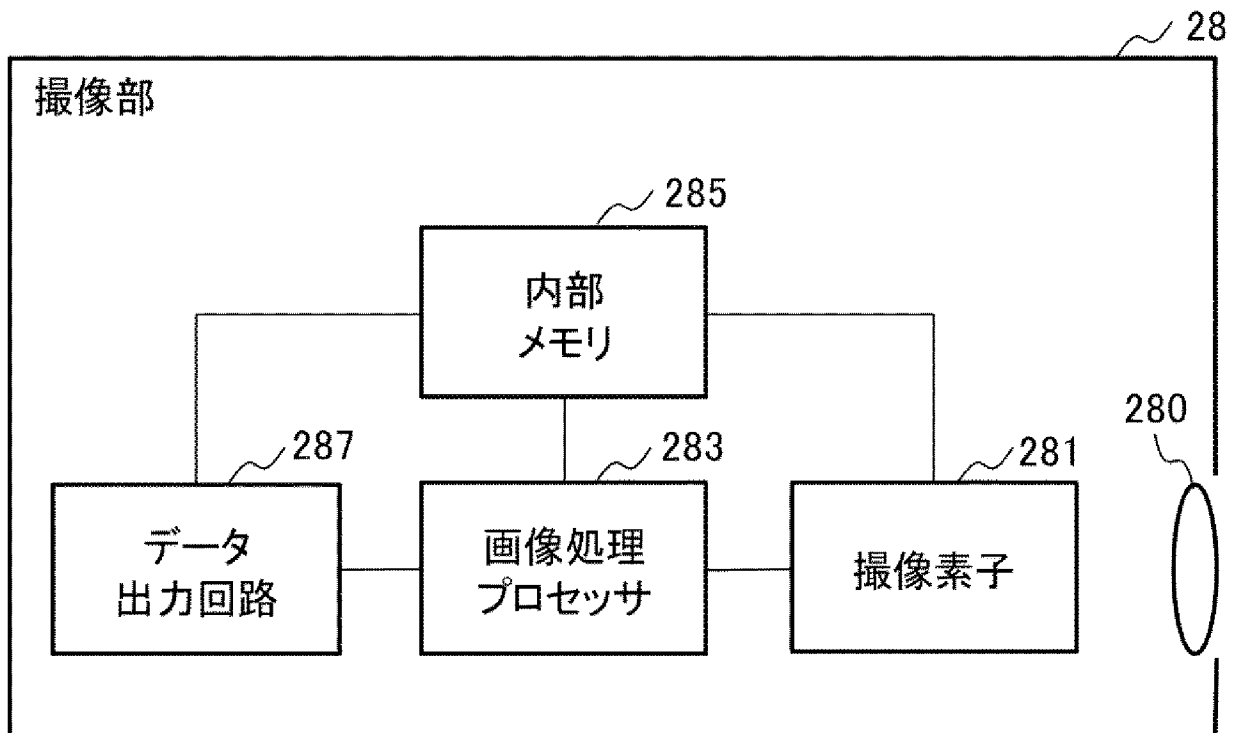
[図16]



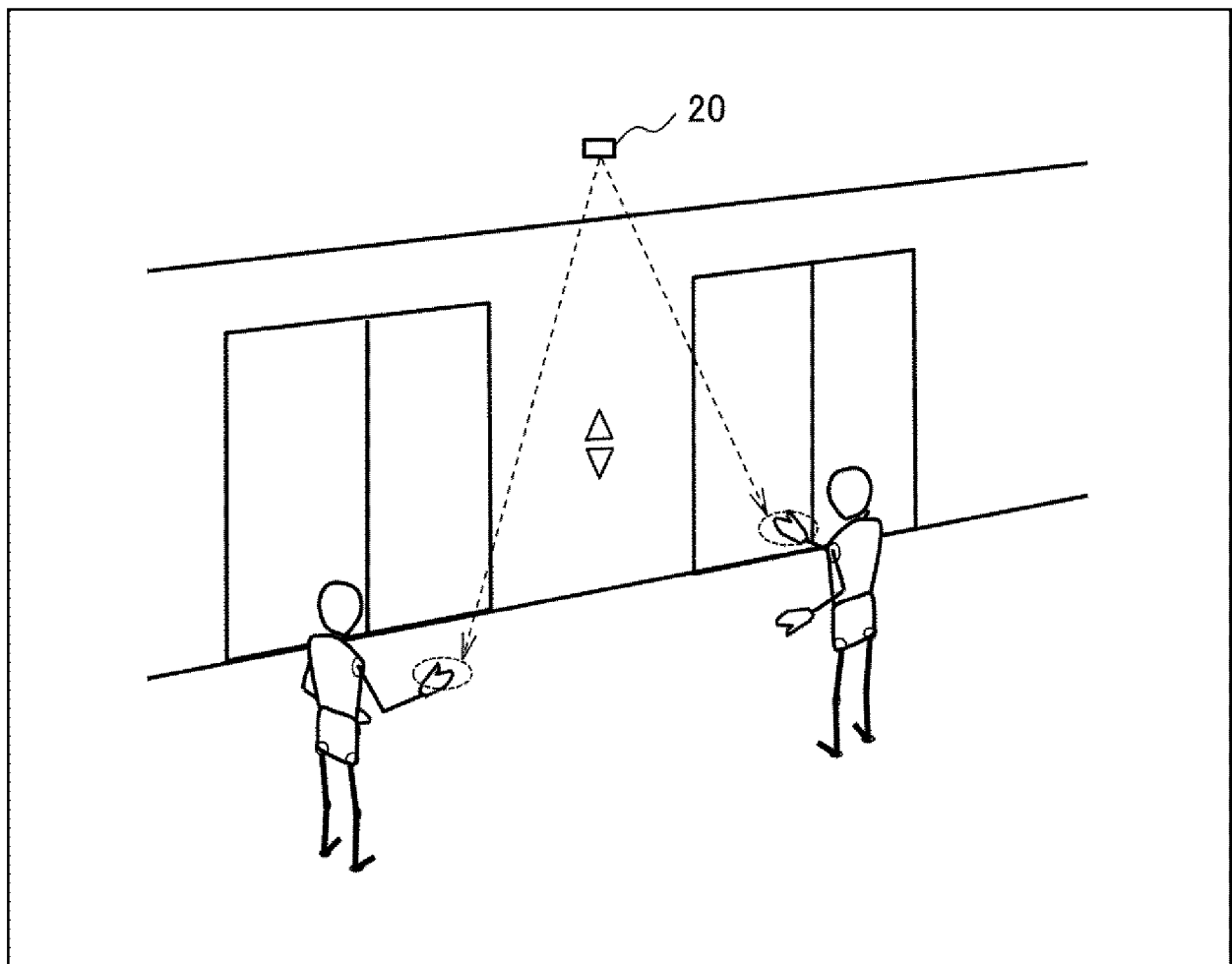
[図17]



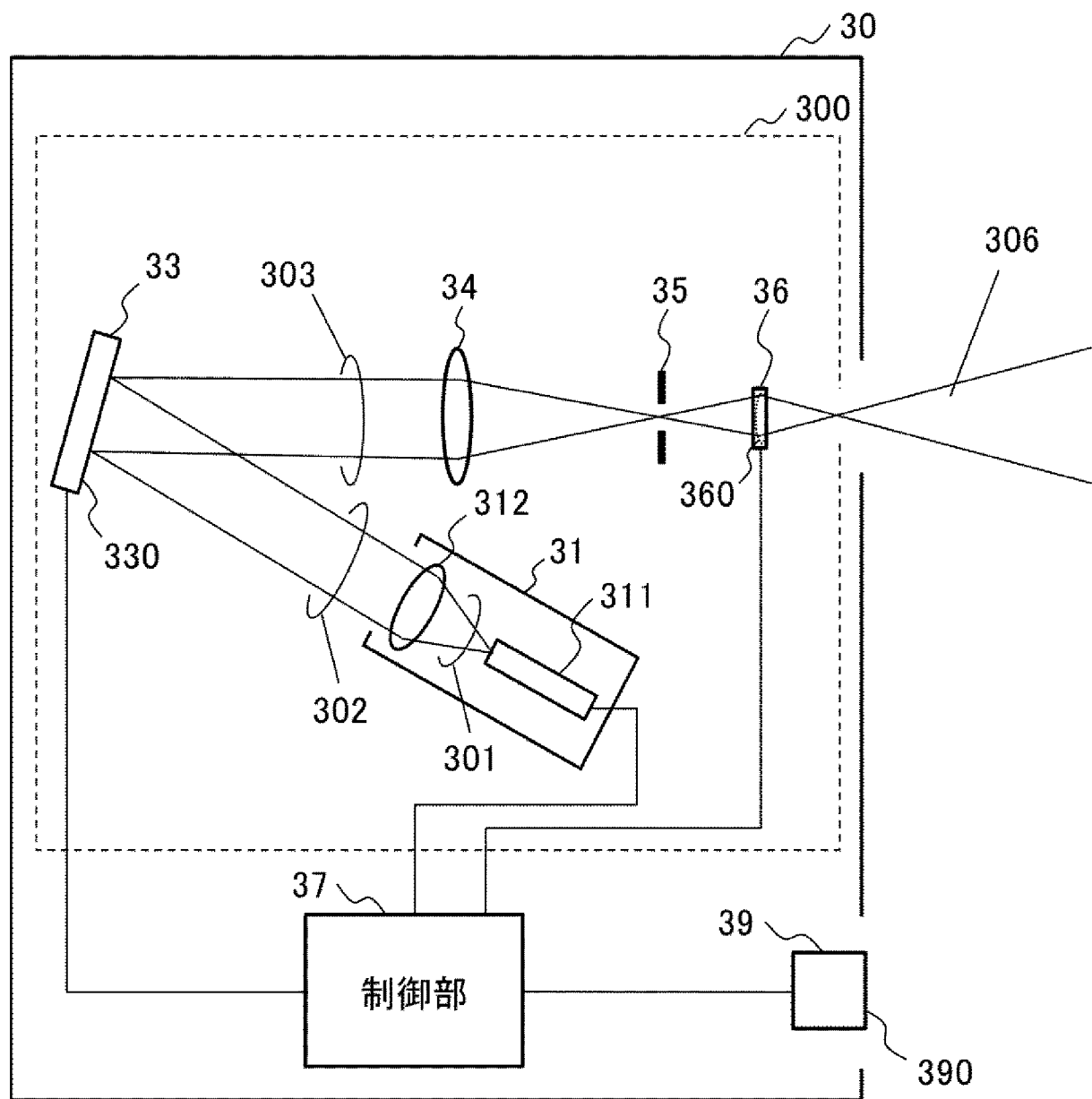
[図18]



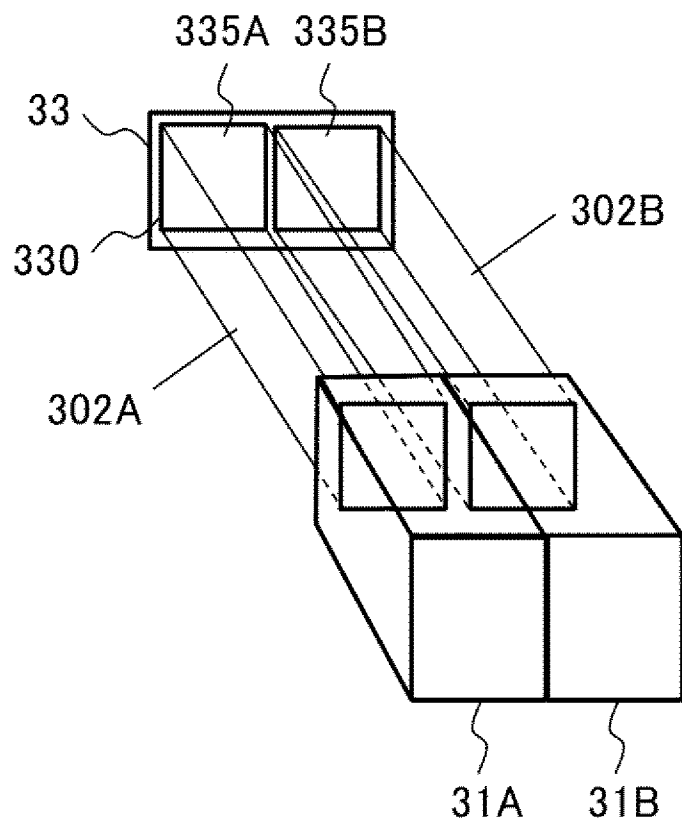
[図19]



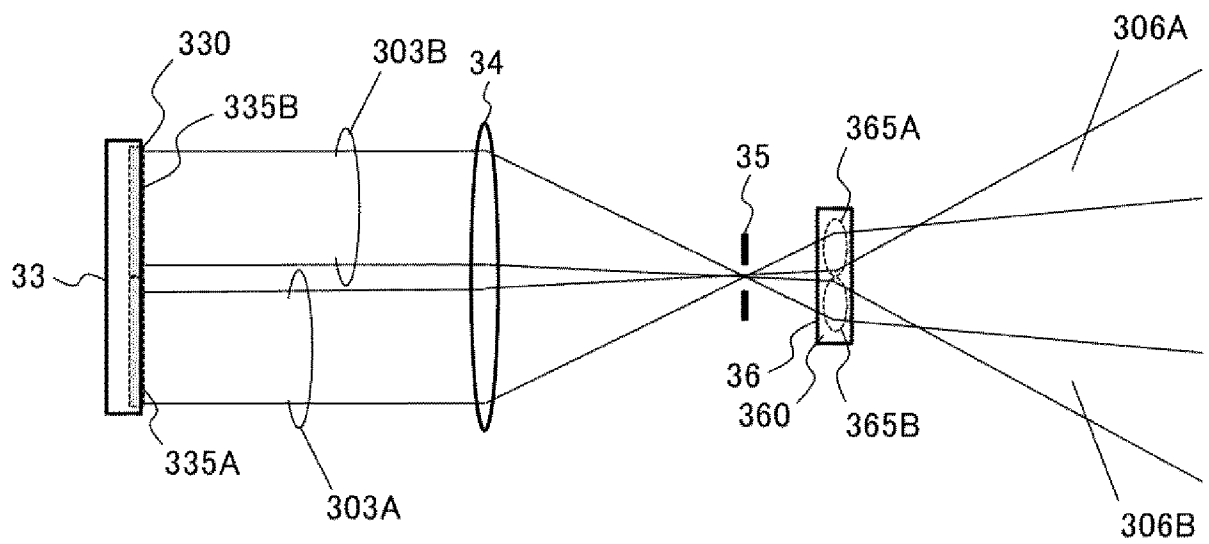
[図20]



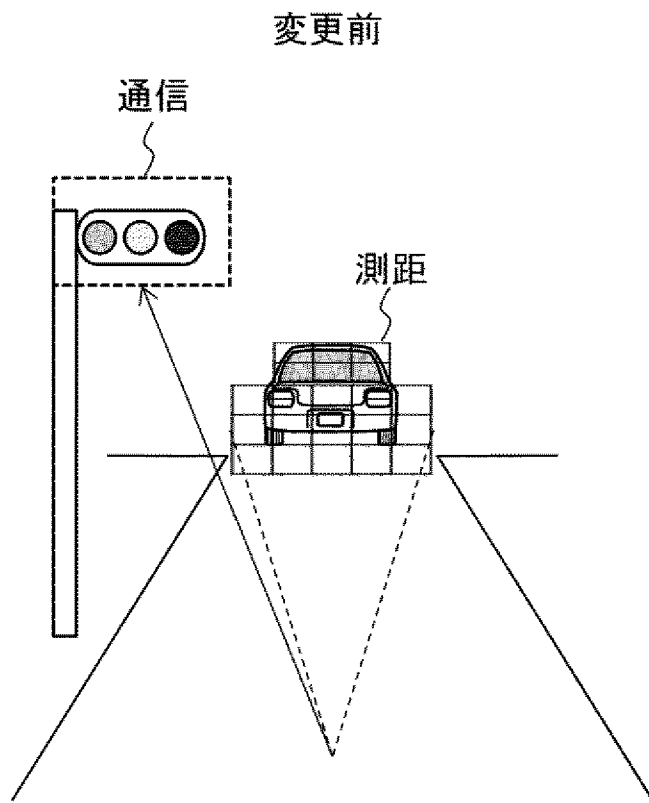
[図21]



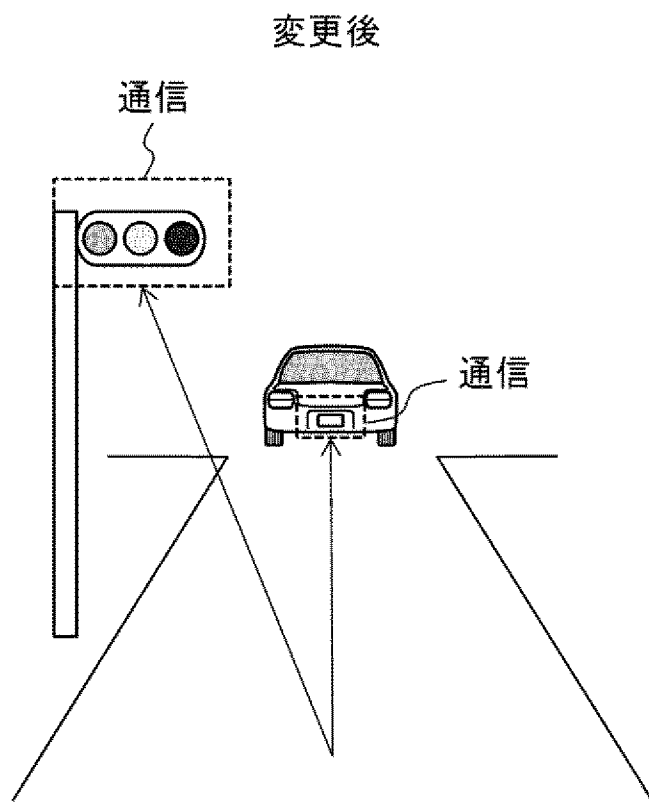
[図22]



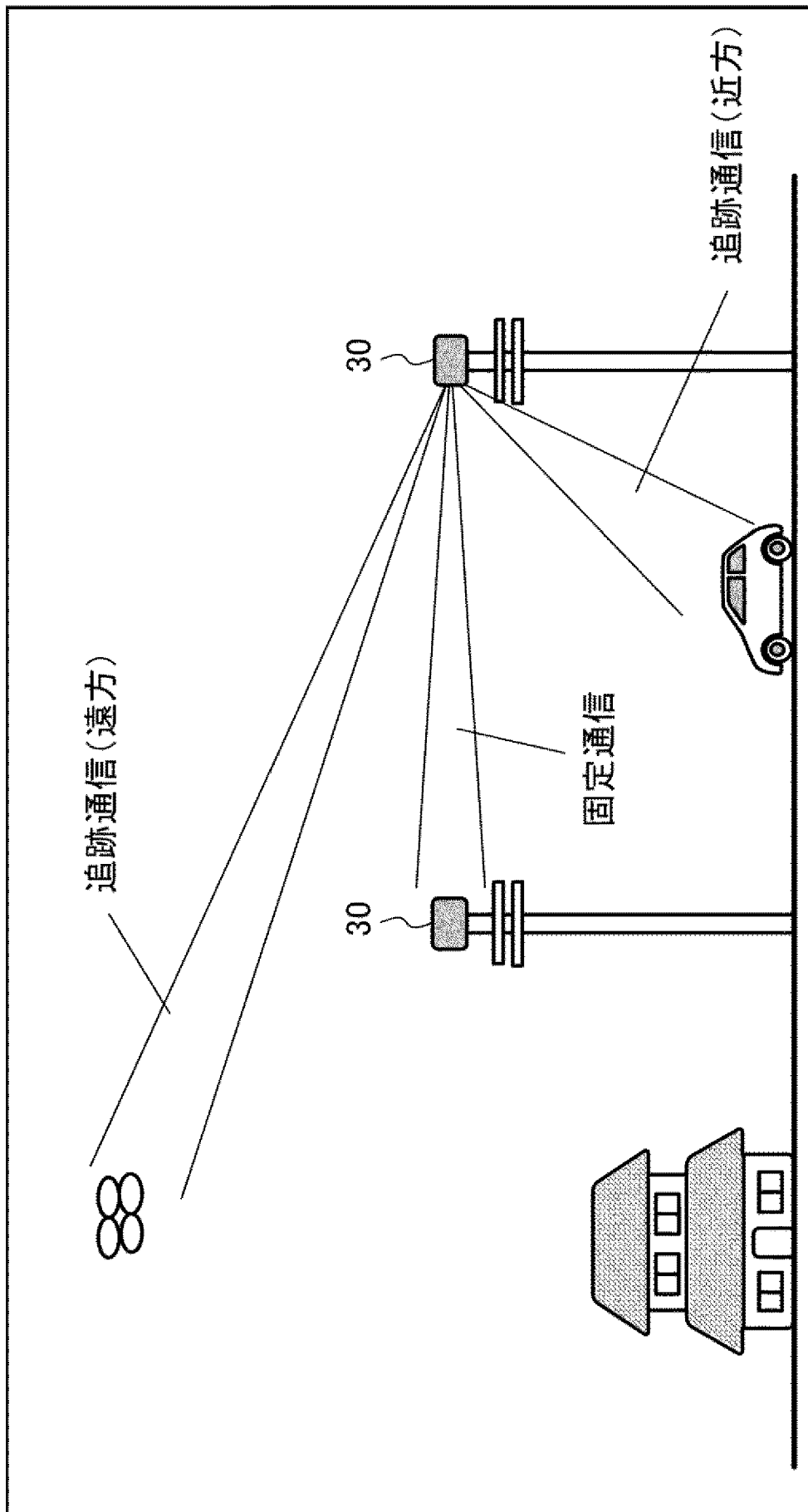
[図23A]



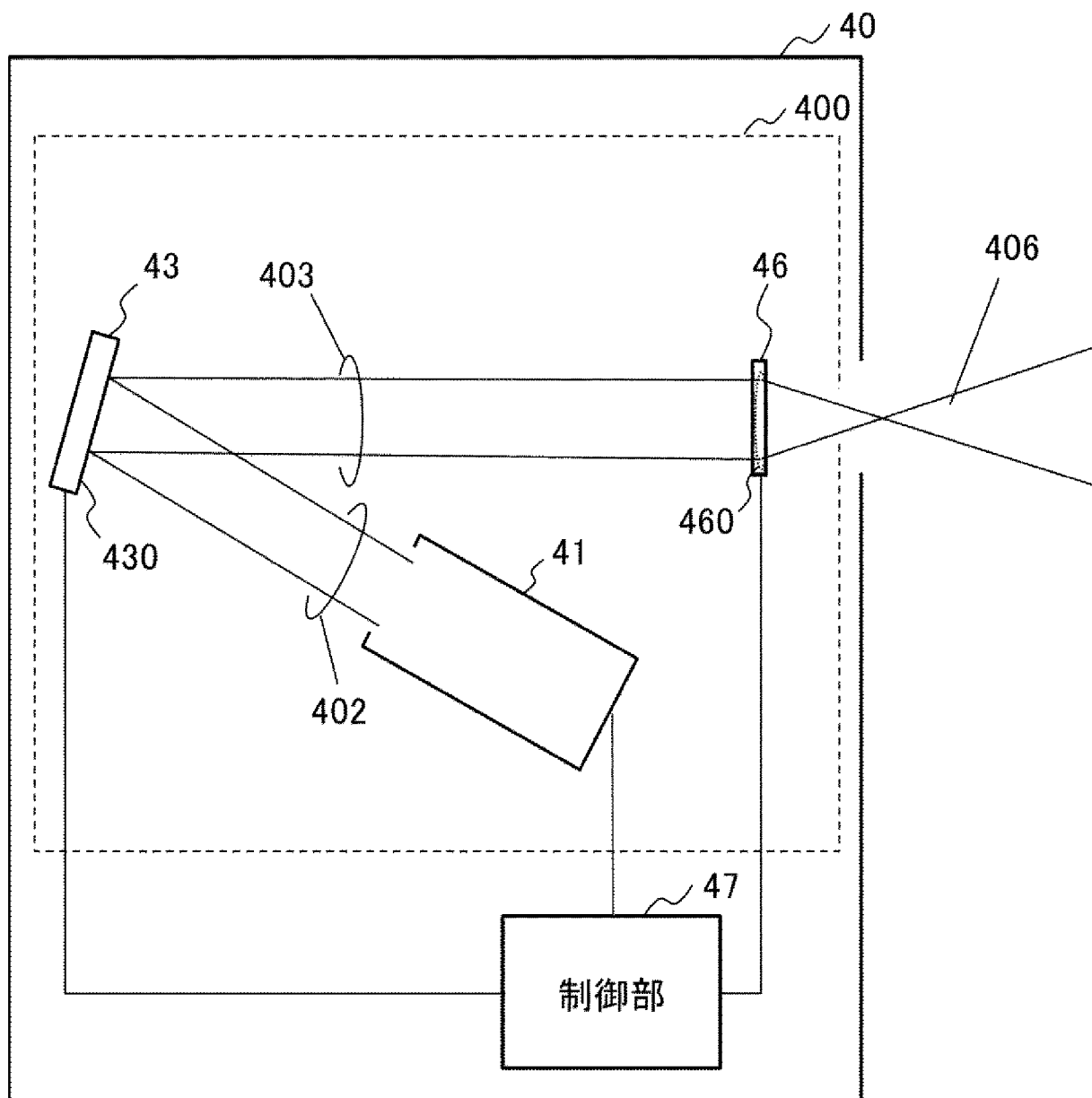
[図23B]



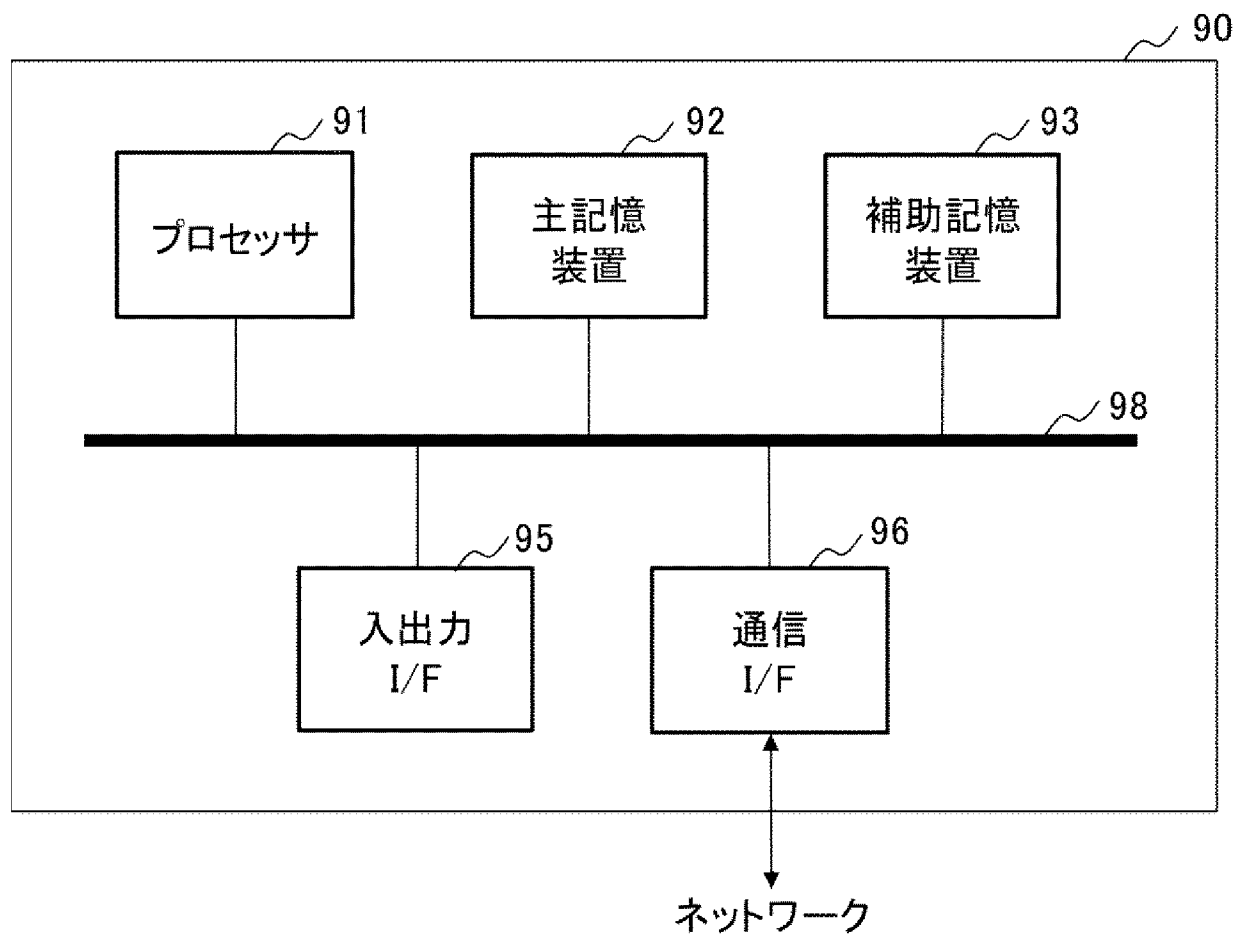
[図24]



[図25]



[図26]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2022/005240

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**H04B 10/11**(2013.01)i; **G02F 1/01**(2006.01)i; **G02F 1/13**(2006.01)i

FI: H04B10/11; G02F1/01 D; G02F1/13 505

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)

H04B10/11; G02F1/01; G02F1/13

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 1971-2022

Registered utility model specifications of Japan 1996-2022

Published registered utility model applications of Japan 1994-2022

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	US 2009/0207466 A1 (BUCKLAY, Edward) 20 August 2009 (2009-08-20)	1, 3, 10
A	paragraphs [0036]-[0039], [0084], fig. 2	2, 4-9
A	WO 2019/116526 A1 (NEC CORP) 20 June 2019 (2019-06-20)	1-10
A	WO 2018/056199 A1 (NEC CORP) 29 March 2018 (2018-03-29)	1-10



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

20 April 2022

Date of mailing of the international search report

10 May 2022

Name and mailing address of the ISA/JP

Japan Patent Office (ISA/JP)
3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915
Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2022/005240

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
US	2009/0207466	A1	20 August 2009	GB	2436676	A	
				WO	2007/110668	A2	
WO	2019/116526	A1	20 June 2019	US	2021/0216001	A1	
WO	2018/056199	A1	29 March 2018	US	2020/0025882	A1	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H04B 10/11(2013.01)i; G02F 1/01(2006.01)i; G02F 1/13(2006.01)i FI: H04B10/11; G02F1/01 D; G02F1/13 505														
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）） H04B10/11; G02F1/01; G02F1/13														
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 <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922 - 1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971 - 2022年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996 - 2022年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994 - 2022年</td> </tr> </table>			日本国実用新案公報	1922 - 1996年	日本国公開実用新案公報	1971 - 2022年	日本国実用新案登録公報	1996 - 2022年	日本国登録実用新案公報	1994 - 2022年				
日本国実用新案公報	1922 - 1996年													
日本国公開実用新案公報	1971 - 2022年													
日本国実用新案登録公報	1996 - 2022年													
日本国登録実用新案公報	1994 - 2022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	US 2009/0207466 A1 (BUCKLAY, Edward) 20.08.2009 (2009 - 08 - 20) 段落[0036]-[0039], [0084], 図2	1, 3, 10												
A		2, 4-9												
A	WO 2019/116526 A1 (日本電気株式会社) 20.06.2019 (2019 - 06 - 20)	1-10												
A	WO 2018/056199 A1 (日本電気株式会社) 29.03.2018 (2018 - 03 - 29)	1-10												
☐ 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。														
<table border="0"> <tr> <td>* 引用文献のカテゴリー</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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）</td> <td>“&” 同一パテントファミリー文献</td> </tr> <tr> <td>“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</td> <td></td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td></td> </tr> </table>			* 引用文献のカテゴリー	“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	“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの	“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	“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	“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	“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）	“&” 同一パテントファミリー文献	“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	
* 引用文献のカテゴリー	“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													
“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの	“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													
“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	“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													
“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）	“&” 同一パテントファミリー文献													
“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														
国際調査を完了した日 20.04.2022	国際調査報告の発送日 10.05.2022													
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） 後澤 瑞征 5K 4540 電話番号 03-3581-1101 内線 3556													

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/JP2022/005240

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
US	2009/0207466	A1	20.08.2009	GB	2436676	A	
				WO	2007/110668	A2	
WO	2019/116526	A1	20.06.2019	US	2021/0216001	A1	
WO	2018/056199	A1	29.03.2018	US	2020/0025882	A1	