

(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
2016 年 9 月 9 日(09.09.2016)



(10) 国際公開番号

WO 2016/139769 A1

- (51) 国際特許分類:
G02B 3/00 (2006.01) *G02B 27/01* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/056311
- (22) 国際出願日: 2015 年 3 月 4 日(04.03.2015)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人: パイオニア株式会社(PIONEER CORPORATION) [JP/JP]; 〒2120031 神奈川県川崎市幸区新小倉 1 番 1 号 Kanagawa (JP).
- (72) 発明者: 小池 克宏(KOIKE, Katsuhiko); 〒3508555 埼玉県川越市山田字西町 2 5 番地 1 パイオニア株式会社 川越事業所内 Saitama (JP). 野本 貴之(NOMOTO, Takayuki); 〒2120031 神奈川県川崎市幸区新小倉 1 番 1 号 パイオニア株式会社内 Kanagawa (JP).
- (74) 代理人: 中村 聡延(NAKAMURA, Toshinobu); 〒1040031 東京都中央区京橋一丁目 1 6 番 1 0 号

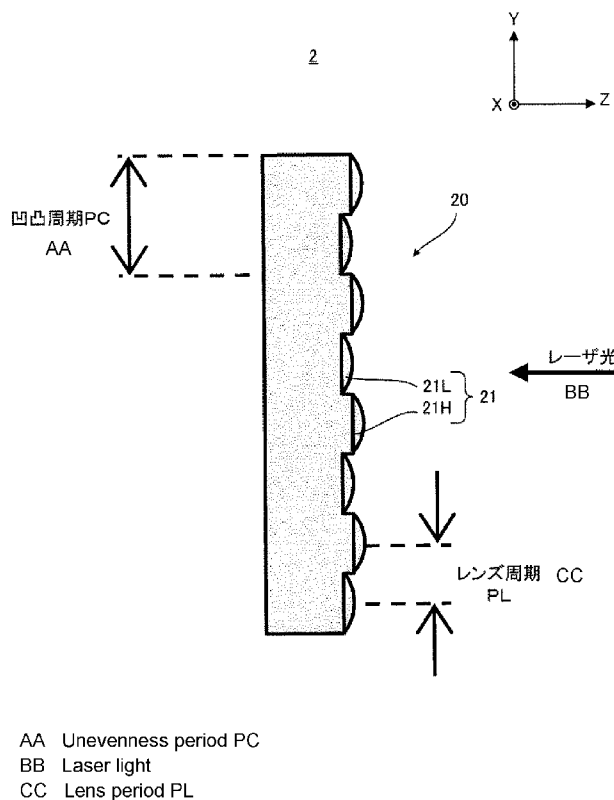
オークビル京橋 3 階 東京セントラル特許事務所内 Tokyo (JP).

- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, 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, KN, KP, KR, 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.
- (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),

[続葉有]

(54) Title: LENS ARRAY AND IMAGE PROJECTION DEVICE

(54) 発明の名称: レンズアレイ及び映像投影装置



AA Unevenness period PC
BB Laser light
CC Lens period PL

凸周期 P C は、レンズ周期 P L の整数倍となる。

(57) Abstract: Provided is a lens array and an image projection device that can suitably prevent irregular brightness without reducing resolution. A microlens array 20 of a screen 2 includes upper-level microlenses 21H and lower-level microlenses 21L which are formed on the incidence surface of the screen 2, which have the same effective radius, and which have a structure that generates an optical path length difference Δ in transmission light. By disposing the upper-level microlenses 21H and the lower-level microlenses 21L at an interval based on such effective radius, the basic periodic structure of a lens period PL is formed. Further, the upper-level microlenses 21H and the lower-level microlenses 21L form a basic block comprising a combination of the lenses having a structure that generates the optical path length difference. An unevenness period PC based on the basic block is an integer multiple of the lens period PL.

(57) 要約: 解像度を低下させることなく輝度ムラを好適に抑制することが可能なレンズアレイ及び映像投影装置を提供する。スクリーン 2 のマイクロレンズアレイ 20 は、スクリーン 2 の入射面上に形成された、有効径が同一であって透過光に対し光路長差 Δ を生じさせる構造を有する高段マイクロレンズ 21H 及び低段マイクロレンズ 21L を有する。ここで、高段マイクロレンズ 21H 及び低段マイクロレンズ 21L は、上記有効径に基づく間隔で配置されることにより、レンズ周期 P L の基本周期構造を構成する。また、高段マイクロレンズ 21H 及び低段マイクロレンズ 21L は、光路長差を生じさせる構造を有するレンズの組合せによる基本ブロックを構成する。基本ブロックに基づく凹

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))

明 細 書

発明の名称： レンズアレイ及び映像投影装置

技術分野

[0001] 本発明は、レンズアレイを用いた表示システムにおける視認性向上に関する。

背景技術

[0002] 従来から、ヘッドアップディスプレイやレーザプロジェクタなどに、マイクロレンズアレイを用いた透過型のスクリーンを適用する技術が提案されている。このような透過型のスクリーンを用いた場合、拡散板を用いる場合と比較して、スペックルノイズによる影響を抑制することができるという利点がある。例えば、特許文献1には、レーザプロジェクタと、複数のマイクロレンズが配列されたマイクロレンズアレイとを有する画像形成装置が開示されている。また、特許文献2には、マイクロレンズアレイの各マイクロレンズにより拡散された光束の回折幅が視認者の瞳孔径以下になるように各マイクロレンズのピッチを設定することで、マイクロレンズで拡散された回折光のピークが視認者の瞳孔に入ったり入らなかったりすることに起因して発生する輝度ムラを防ぐ点が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2010-145745号公報

特許文献2：特開2013-064985号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] ヘッドアップディスプレイなどにおいて中間像生成素子としてレンズアレイを用いた場合、レンズアレイのピッチを小さくすると輝度ムラが発生し、ピッチを大きくすると解像度が低下するという課題がある。そして、特許文献1には、輝度ムラを抑制する方法については、何ら開示されていない。ま

た、特許文献2では、レンズアレイのピッチを広げるため、レンズアレイで生成される中間像の解像度が低下してしまうという問題がある。

[0005] 本発明が解決しようとする課題は上記のようなものが例として挙げられる。本発明は、解像度を低下させることなく輝度ムラを好適に抑制することが可能なレンズアレイ及び映像投影装置を提供することを主な目的とする。

課題を解決するための手段

[0006] 請求項に記載の発明では、レンズアレイであって、有効径が同一であって透過光に対し光路長差を生じさせる構造を有する複数のレンズと、を有し、前記複数のレンズの各々は、前記有効径に基づく間隔で配置されることにより、2次元の基本周期構造を構成し、前記複数のレンズのうちの一部のレンズは、前記光路長差を生じさせる構造を有するレンズの組合せによる基本ブロックを構成し、前記基本ブロックは、繰り返して配列されることにより、前記基本周期構造よりも周期が長い2次元の第2周期構造を構成し、前記第2周期構造が示す周期は、前記基本周期構造が示す周期の整数倍であることを特徴とする。

図面の簡単な説明

[0007] [図1]ヘッドアップディスプレイの概略構成を示す。

[図2]スクリーンのYZ平面での側面図を示す。

[図3]マイクロレンズアレイの構造を示す。

[図4]YZ平面でのスクリーンの回折光を示す。

[図5]回折光の光強度分布を示す。

[図6]回折効率と光路長差との関係を示す。

[図7]回折光に光路差を設けた場合の回折光の光強度分布を示す。

[図8]青、緑、赤の各波長における回折光の強度分布を示す。

[図9]変形例1に係るスクリーンの構造を示す。

[図10]変形例1に係るYZ面内におけるスクリーンの構造と回折光の関係を示す。

[図11]変形例1に係る回折光の光強度分布を示す。

[図12]変形例1に係る回折光の光強度分布を示す。

[図13]変形例1に係る回折光の光強度分布を示す。

[図14]変形例1に係る回折光の光強度分布を示す。

[図15]変形例2に係るスクリーンの構造を示す。

[図16]変形例3に係るスクリーンの構造を示す。

[図17]変形例4に係るスクリーンの構造を示す。

[図18]変形例5に係るスクリーンの構造を示す。

[図19]変形例7、8、9に係るスクリーンの構造を示す。

発明を実施するための形態

[0008] 本発明の1つの好適な実施形態では、レンズアレイは、有効径が同一であって透過光に対し光路長差を生じさせる構造を有する複数のレンズと、を有し、前記複数のレンズの各々は、前記有効径に基づく間隔で配置されることにより、2次元の基本周期構造を構成し、前記複数のレンズのうちの一部のレンズは、前記光路長差を生じさせる構造を有するレンズの組合せによる基本ブロックを構成し、前記基本ブロックは、繰り返して配列されることにより、前記基本周期構造よりも周期が長い2次元の第2周期構造を構成し、前記第2周期構造が示す周期は、前記基本周期構造が示す周期の整数倍である。

[0009] 上記レンズアレイは、有効径が同一であって透過光に対し光路長差を生じさせる構造を有する複数のレンズとを有する。ここで、複数のレンズの各々は、上記有効径に基づく間隔で配置されることにより、2次元の基本周期構造を構成する。また、複数のレンズのうちの一部のレンズは、光路長差を生じさせる構造を有するレンズの組合せによる基本ブロックを構成する。基本ブロックは、基本周期構造よりも周期が長い2次元の第2周期構造を構成する。そして、第2周期構造が示す周期は、基本周期構造が示す周期の整数倍である。

[0010] 上記レンズアレイは、レンズの配列に基づく基本周期構造の整数倍の周期となる第2周期構造を有することにより、視点位置での回折光の光強度分布

の隙間をなくすように、回折光を好適に拡散させる。よって、この態様では、レンズアレイは、各レンズの有効径を変えることによる解像度低下を防ぎつつ好適に輝度ムラを抑制することができる。

[0011] 上記レンズアレイの一態様では、前記基本ブロックは、前記一部のレンズが格子状に組合されると共に、当該レンズが異なる構造ごとに千鳥配置されている。この態様により、レンズアレイは、0次の回折光の斜め方向に1次回折光を生成することができ、回折光の光強度分布の隙間を効果的に埋めて輝度ムラを好適に抑制することができる。

[0012] 上記レンズアレイの他の一態様では、前記第2周期構造が示す周期は、前記基本周期構造が示す周期の4倍に構成される。この態様により第2周期構造により発生する1次回折光が同一位置で重ならないようにすることが可能となり、好適に輝度ムラを抑制することができる。

[0013] 上記レンズアレイの他の一態様では、前記基本ブロックは、前記一部のレンズが格子状に組み合わせられると共に、前記光路長差を生じさせる少なくとも3種類のレンズの組合せにより構成される。この態様によっても、レンズの配列に基づく基本周期構造の整数倍の周期となる第2周期構造を好適に形成することができる。

[0014] 上記レンズアレイの他の一態様では、前記複数のレンズは、当該複数のレンズ間で同一の曲率を有し、段差を設けて配置されることにより、前記光路長差を生じさせる。レンズアレイのレンズは、この態様により、透過光の光路長差を好適に生じさせることができる。

[0015] 上記レンズアレイの他の一態様では、前記光路長差は、前記レンズアレイの0次の回折光と、前記レンズアレイの1次の回折光との回折効率が略同一となるように設定される。この態様により、レンズアレイは、同一強度の0次及び±1次の回折光を生成することができ、視点位置での光強度分布の隙間を好適に埋めることができる。

[0016] 上記レンズアレイの他の一態様では、前記光路長差は、前記レンズアレイの0次の回折光の回折効率が略0となるように設定される。この態様により

、レンズアレイは、 ± 1 次の回折光により視点位置での光強度分布を均一に埋めることができる。

[0017] 上記レンズアレイの他の一態様では、前記光路長差は、前記回折効率に関する条件を満たす長さのうち、最も短い長さまたは2番目に短い長さに設定される。光路長差が長いほど波長変動に伴う回折効率の変化が大きくなる。よって、この態様により、レンズアレイは、複数の波長の合成光が入射する場合であっても、各次数の回折光の回折効率の比率が波長ごとに大きく異なるのを好適に抑制することができる。

[0018] 上記レンズアレイの好適な例では、少なくとも1以上のレーザ光源を有する映像投影装置の前記レーザ光源が射出するレーザにより照射されるとよい。

[0019] 上記レンズアレイの他の一態様では、前記光路長差は、前記レーザ光源が射出するレーザ光のうち最も長い波長に基づき設定される。一般に、波長が長いほど、回折光の間隔が広がる。よって、この態様により、レンズアレイは、全ての波長の光に対して好適に回折光の視点位置での光強度分布の隙間を無くすことができる。

[0020] 上記レンズアレイの他の一態様では、前記光路長差は、前記レーザ光源が射出するレーザ光のうち最も視感度の高い波長に基づき設定される。この態様によっても、レンズアレイは、好適に輝度ムラを抑制することができる。

[0021] 上記レンズアレイの他の一態様では、前記光路長差は、前記レーザ光源が射出するレーザ光のうち、最も長い波長と、最も視感度の高い波長との間の波長に基づき設定される。この態様によっても、レンズアレイは、好適に輝度ムラを抑制することができる。

[0022] 上記レンズアレイの好適な例では、前記複数のレンズは、全て開口数が略同一であるとよい。

[0023] 上記レンズアレイの他の一態様では、前記複数のレンズは、曲率の違いに基づき前記光路長差を生じさせる。この態様によっても、レンズアレイは、透過光に対して好適に光路長差を生じさせることができる。

[0024] 上記レンズアレイの他の一態様では、前記複数のレンズは、曲率の符号の違いに基づき前記光路長差を生じさせる。この態様によっても、レンズアレイは、透過光に対して好適に光路長差を生じさせることができる。好適には、上記レンズアレイは、映像投影装置に搭載される。

[0025] 上記レンズアレイの他の一態様では、前記レンズアレイは、レンズアレイ面に反射膜が施されている反射型レンズアレイである。この態様によっても、レンズアレイは、各レンズの有効径を変えることによる解像度低下を防ぎつつ好適に輝度ムラを抑制することができる。

実施例

[0026] 以下、図面を参照して本発明の好適な実施例について説明する。

[0027] [ヘッドアップディスプレイの構成]

図1(A)は、本発明における「映像投影装置」の一態様であるヘッドアップディスプレイの概略構成図である。ヘッドアップディスプレイは、ウィンドシールド25及びダッシュボード29を備える車両の搭乗者に虚像を視認させるシステムであって、主に、光源部1と、スクリーン2と、凹面鏡3と、を備える。

[0028] 光源部1は、赤(R)、緑(G)、青(B)の各色のレーザ素子を有し、画像信号に基いて変調されたレーザの合成光を、MEMSミラーでスクリーン2上に走査する。

[0029] スクリーン2は、光源部1から光が照射された光の発散角を広げることで射出瞳を拡大する。スクリーン2は、複数のマイクロレンズが配列されたマイクロレンズアレイである。スクリーン2から出射された光は、凹面鏡3に入射する。後述するように、スクリーン2には、マイクロレンズアレイの周期よりも大きな周期の位相構造が重畳されており、これによりマイクロレンズアレイにより発生させる回折光よりも回折角の小さい回折光を同時に発生させる。スクリーン2は、本発明における「透明基板」の一例である。以後では、スクリーン2が生成する中間像の横方向をX軸、縦方向をY軸、スクリーン2の入射面と垂直な方向をZ軸とし、各正方向を図示のように定める

。

[0030] 凹面鏡 3 は、スクリーン 2 から出射されたレーザ光を反射し、ウィンドシールド 25 へ到達させる。この場合、凹面鏡 3 は、レーザ光を反射することで、当該光が示す画像を拡大させる。凹面鏡 3 で反射されたレーザ光は、さらにウィンドシールド 25 で反射され、観察者の目へ到達する。これにより、観察者は、虚像を視認する。

[0031] なお、図 1 (A) に示すヘッドアップディスプレイの構成は一例であり、本発明が適用可能な構成は、これに限定されない。例えば、図 1 (B) に示すヘッドアップディスプレイでは、スクリーン 2 が反射型のマイクロレンズアレイとなっており、当該反射型マイクロレンズアレイにより、光源部 1 から照射された光の拡散角を広げることで射出瞳を拡大する構成であってもよい。他の例では、ヘッドアップディスプレイは、ウィンドシールド 25 とアイポイント P e との間にコンバイナを設け、凹面鏡 3 で反射されたレーザ光をコンバイナで反射することで、光源部 1 のレーザ光をアイポイント P e へ到達させて虚像を運転者に視認させてもよい。

[0032] [スクリーン]

(1) スクリーンの概略構成

図 2 は、スクリーン 2 の YZ 平面での側面図を示す。図 2 に示すように、光源 1 からの光が入射されるスクリーン 2 の入射面には、Z 軸方向の高さが異なるマイクロレンズ 21 (21H、21L) が交互に並べられたマイクロレンズアレイ 20 が形成されている。ここで、高段マイクロレンズ 21H は、低段マイクロレンズ 21L よりも Z 軸での頂点位置が高く、高段マイクロレンズ 21H と低段マイクロレンズ 21L との間に段差が形成されている。なお、マイクロレンズ 21 の有効径及び開口数は、高段マイクロレンズ 21H か低段マイクロレンズ 21L かによらずに全て等しい。ここで、図 2 に示すように、高段マイクロレンズ 21H と低段マイクロレンズ 21L により形成される凹凸の周期 (「凹凸周期 PC」とも呼ぶ。) は、マイクロレンズ 21 の周期 (「レンズ周期 PL」とも呼ぶ。) の整数倍である 2 倍となってい

る。

[0033] 図3 (A) は、スクリーン2の入射面における高低を表す図である。図3において、「高」と記載された矩形領域は高段マイクロレンズ21Hに相当し、「低」と記載された矩形領域は低段マイクロレンズ21Lに相当する。

[0034] 図3 (A) に示すように、高段マイクロレンズ21Hと低段マイクロレンズ21Lとは、X軸方向及びY軸方向のいずれも1つずつ交互に配列されており、X軸及びY軸に対して非対称となっている。そして、千鳥配置された2つの低段マイクロレンズ21Lと2つの高段マイクロレンズ21Hから形成される矩形領域（例えば枠70内の領域）は、マイクロレンズアレイ20の周期的な位相構造の単位構造（「基本ブロック」とも呼ぶ。）となる。各マイクロレンズ21は、本発明における「基本周期構造」を構成し、基本ブロックは、本発明における「第2周期構造」を構成する。

[0035] 図3 (B) は、マイクロレンズアレイ20の基本ブロックを拡大した図であり、図3 (C) は、低段マイクロレンズ21Lと高段マイクロレンズ21HとのZ軸方向での段差を示す図である。図3 (B) に示すように、基本ブロックは、田の字状に4分割された構造を有し、対角する領域は同一構造であって隣接する領域は異なる構造となっている。言い換えると、基本ブロックは、中心位置を基準として点対称となっており、同一構造のレンズが千鳥配置されている。以後では、基本ブロックのX軸方向の幅を「 P_x 」、Y軸方向の幅を「 P_y 」とする。この場合、「 m 」をX軸方向における次数、「 n 」をY軸方向における次数とすると、基本ブロックに入射する波長「 λ 」の光のX軸方向における回折角「 θ_x 」は、一般的な光学的計算により

[0036] [数1]

$$\sin(\theta_x) = \frac{m\lambda}{P_x} \quad \text{式(1)}$$

と表され、基本ブロックに入射する光のY軸方向における回折角「 θ_y 」は

、

[0037]

[数2]

$$\sin(\theta_y) = \frac{n\lambda}{P_y} \quad \text{式(2)}$$

と表される。また、図3（B）に示すように、低段マイクロレンズ21Lと高段マイクロレンズ21HとのZ軸方向の段差を「 Δ 」とした場合、当該段差により生じる高段マイクロレンズ21Hの透過光と低段マイクロレンズ21Lの透過光との光路長差は、当該段差と同一距離の「 Δ 」となる。以後では、「 Δ 」を「段差 Δ 」又は「光路長差 Δ 」とも表記する。

[0038] （2）光強度分布の例

次に、スクリーン2の各マイクロレンズ21の回折光の光強度分布の例について図4及び図5を参照して説明する。

[0039] 図4（A）は、マイクロレンズアレイ20に段差 Δ が設けられていないと仮定した場合（即ち、レンズアレイ成分のみを考慮した場合）のYZ平面での回折光を示す。また、図5（A）は、図4（A）の場合において、スクリーン2からアイポイントPeと同等の距離だけ離れた仮想的なXY平面（「基準面Pt ag」とも呼ぶ。）における回折光の光強度分布を示す。

[0040] この場合、図5（A）に示すように、基準面Pt agでの各回折光の長径（「回折光サイズ」とも呼ぶ。）は、基準面Pt agでの各回折光の間隔（「回折光間隔」とも呼ぶ。）よりも短く、各回折光の間には隙間が生じている。この隙間が輝度ムラの原因となる。なお、図5（A）に示すように、X軸方向及びY軸方向における回折光間隔よりも、斜め方向における回折光間隔の方が広い。

[0041] 図4（D）は、マイクロレンズアレイ20に段差 Δ が設けられていないと仮定した場合のXZ平面での回折光を示す。マイクロレンズ21のX方向のピッチPLxとビームのX方向における1次回折光の回折角度 θ_x との関係は、

[0042]

[数3]

$$\sin\theta_x = \frac{\lambda}{P_{Lx}} \quad \text{式(3)}$$

と表される。

図4 (E) は、マイクロレンズアレイ20に段差 Δ が設けられていないと仮定した場合のYZ平面での回折光を示す。マイクロレンズ21のY方向のピッチ P_{Ly} とビームのY方向における1次回折光の回折角度 θ_y との関係は、

[0043] [数4]

$$\sin\theta_y = \frac{\lambda}{P_{Ly}} \quad \text{式(4)}$$

と表される。

したがって、マイクロレンズから-Z方向に距離「d」だけ離れた仮想的なXY平面での回折光のX方向における間隔「x」は、

[0044] [数5]

$$x = d \times \sin\theta_x \quad \text{式(5)}$$

と表され、同様に、マイクロレンズから-Z方向に距離「d」だけ離れた仮想的なXY平面での回折光のY方向における間隔「y」は、

[0045] [数6]

$$y = d \times \sin\theta_y \quad \text{式(6)}$$

と表される。

[0046] さらに、光源部1から投影されて、マイクロレンズアレイ20上に集光される光の集光角度の全角を「 2α 」とした場合、視点位置でのビームサイズ

「w」は、

[0047] [数7]

$$w = 2 \times d \times \sin \alpha \quad \text{式(7)}$$

と表される。

なお、前記集光角度の全角「 2α 」および視点位置でのビームサイズ「w」は、幾何光学的に計算されるビームの輪郭から算出してもよいが、レーザービームの強度分布がガウシアン分布をしており、視点位置における光強度分布の半値全幅が幾何光学的に計算されるビームの輪郭より小さい場合、前記集光角度の全角「 2α 」はレーザービーム強度分布の半値全幅における集光角度の全角、ビームサイズ「w」は視点位置におけるビーム強度分布の半値全幅として考えても良い。

[0048] 図5（D）は、図4（D）および図4（E）の場合において、スクリーン2から距離d離れた位置での仮想的なXY平面における回折光の光強度分布を示す。図5（D）から、前記仮想的なXY平面における回折光の間隔が最大となるのは、斜め方向に相対する回折光であり、それら回折光の間隔「u」は、

[0049] [数8]

$$u = \sqrt{x^2 + y^2} \quad \text{式(8)}$$

と表される。

このとき、前記斜め方向に相対する回折光の隙間「s」は、斜め方向のビームサイズを「w」としたときに、

[0050] [数9]

$$s = u - w \quad \text{式(9)}$$

と表される。また、斜め方向におけるレーザビーム集光角度の全角を「 2α 」とし、式(9)に式(3)、式(4)、式(5)、式(6)、式(7)を代入すると、回折光の最大隙間 s は

[0051] [数10]

$$s = d \times \left\{ \sqrt{\left(\frac{\lambda}{P_{Lx}}\right)^2 + \left(\frac{\lambda}{P_{Ly}}\right)^2} - 2 \times \sin\alpha \right\} \quad \text{式(10)}$$

と表される。この値が

[0052] [数11]

$$s \geq 0 \quad \text{式(11)}$$

となる場合、すなわち

[0053] [数12]

$$\sin\alpha \leq \frac{\lambda}{2} \sqrt{\left(\frac{1}{P_{Lx}}\right)^2 + \left(\frac{1}{P_{Ly}}\right)^2} \quad \text{式(12)}$$

を満たすときに、仮想的なXY平面において回折光の間に光が存在しない領域が存在し、輝度ムラが顕著となる。このように、マイクロレンズアレイ20に段差 Δ が設けられていないと仮定した場合は、光源部1から投影される光の集光角 α が小さい場合、または、マイクロレンズ21のピッチが小さい場合の輝度ムラが顕著な状態になることがわかる。

[0054] 図4(B)は、マイクロレンズアレイ20の段差成分のみを考慮した場合のYZ平面での回折光を示す。図5(B)は、図4(B)の場合において、基準面Ptagにおける回折光の光強度分布を示す。なお、図4(B)及び図5(B)の例では、段差(即ち光路差) Δ を、「 $(N \pm 0.283)\lambda$ 」(「N」は0以上の整数)に設定している。

[0055] この場合、図5（B）に示すように、次数 m 及び n が「0」となる回折光（「0次回折光」とも呼ぶ。）と次数 m 及び n が「 ± 1 」となる回折光（「1次回折光」とも呼ぶ。）が同一強度で発生し、次数 m または n の少なくとも一方が「0」以外の偶数となる回折光（「偶数次回折光」とも呼ぶ。）は発生しない。また、次数が高くなるほど、回折光の強度が小さくなる。これらの理論上の根拠については、「（3）回折効率の解析」のセクションで詳しく説明する。また、後述するように、0次光と1次光の回折効率の配分は、光路長差 Δ により調整することが可能である。

[0056] 図4（C）は、図4（A）、（B）の各成分を合わせた場合のマイクロレンズアレイ20のYZ平面における回折光を示す。また、図5（C）は、図4（C）の場合において、基準面P t a gにおける回折光の光強度分布を示す。なお、図5（C）では、見分けやすさのため、0次回折光の色を1次回折光よりも濃く描いている。

[0057] 図5（C）に示すように、この場合、基準面P t a gには、図5（A）に示される回折光の分布に相当する0次回折光が分布すると共に、各0次回折光の斜め4方向のそれぞれに1次回折光が配置されている。即ち、この場合、段差を設けない図4（A）及び図5（A）の例と比較して、回折光間隔が最も広くなる斜めの各隙間に1次回折光が挿入される。従って、この例では、回折光間隔を少ない回折光で効率的に埋めることができる。

[0058] また、凹凸周期PCがレンズ周期PLの整数倍（ここでは2倍）に設定されていることにより、回折光は、基準面P t a g上で規則正しく配列され、視点位置における光強度分布を均一に近付けることができる。また、一般に、複数の周期構造を組み合わせる場合、周期構造の繰り返し周期がそれぞれ異なると、周期の差分によりモアレ縞が発生する。また、同一周期や定数倍の周期を組み合わせる場合でも、位置関係がずれるとモアレ縞が発生する。これに対し、本実施例では、レンズ周期PLに対し定数倍の周期となる凹凸周期PCを付与することで、マイクロレンズ21の個々の周期と付与された定数倍の周期との不整合が発生しない。よって、本実施例ではモアレ縞を好

適に抑制することができる。

[0059] (3) 回折効率の解析

次に、スクリーン2の回折光の回折効率について説明する。図3(B)に示す基本ブロックを有する位相構造を通過した波長 λ の透過光の回折効率「 $I(m, n)$ 」は、図3に示す P_x 、 P_y 、 Δ を用いて、以下の一般式(13)により表される。

[0060] [数13]

$$I_{m,n} = \left| \frac{1}{P_x \cdot P_y} \int_0^{P_x} \int_0^{P_y} A(x, y) \exp\{i \cdot 2\pi \cdot \phi(x, y)\} \cdot \exp\left\{-i \cdot 2\pi \left(\frac{m}{P_x} \cdot x + \frac{n}{P_y} \cdot y\right)\right\} dx dy \right|^2$$

式(13)

ここで、「 $A(x, y)$ 」は強度分布、「 $\phi(x, y)$ 」は1周期分の位相分布(即ち光路長差分布)をそれぞれ示し、これらは以下の式(14)、(15)により表される。

[0061] [数14]

$$A(x, y) = 1 \quad \text{式(14)}$$

[0062] [数15]

$$\phi(x, y) = \begin{cases} 0 \cdots (0 \leq x < 0.5 \cdot P_x \ \& \ 0 \leq y < 0.5 \cdot P_y) \\ \Delta \cdots (0.5 \cdot P_x \leq x < 1 \cdot P_x \ \& \ 0 \leq y < 0.5 \cdot P_y) \\ 0 \cdots (0 \leq x < 0.5 \cdot P_x \ \& \ 0.5 \cdot P_y \leq y < 1 \cdot P_y) \\ \Delta \cdots (0.5 \cdot P_x \leq x < 1 \cdot P_x \ \& \ 0.5 \cdot P_y \leq y < 1 \cdot P_y) \end{cases} \quad \text{式(15)}$$

そして、式(13)の回折効率 $I(m, n)$ に対し、式(14)の $A(x, y)$ 及び式(15)の $\phi(x, y)$ を代入すると、以下の式(16)が得られる。

[0063] [数16]

$$I(m, n) = \left| \frac{\sin(\pi m)}{\pi m} \frac{\sin(\pi n)}{\pi n} - \frac{1}{2} \left[1 - \exp\left(i \frac{2\pi}{\lambda} \Delta\right) \right] \right. \\ \left. \left\{ \frac{\sin(\pi m)}{\pi m} \frac{\sin(\pi n)}{\pi n} + \frac{1 - \cos(\pi m)}{\pi m} \frac{1 - \cos(\pi n)}{\pi n} \right\} \right|^2 \quad \text{式(16)}$$

ここで、式(16)において、破線の下線が引かれた項の値は、「 $m=0$ 」かつ「 $n=0$ 」のときのみ「1」となり、それ以外では「0」となる。また、一点鎖線の下線が引かれた項の値は、光路差 Δ に対して λ の周期で値が0～1の間で変動する。また、二点鎖線の下線が引かれた項の値は、「 m 」、「 n 」のいずれかが偶数の場合に「0」となり、「 m 」、「 n 」の絶対値が大きくなるほど絶対値が小さくなる。

[0064] そして、0次回折光の回折効率、式(16)に「 $m=0$ 」かつ「 $n=0$ 」を代入することで得られ、以下の式(17)により表される。

[0065] [数17]

$$I(0, 0) = \frac{1}{2} \left\{ 1 + \cos\left(\frac{2\pi}{\lambda} \Delta\right) \right\} \quad \text{式(17)}$$

同様に、1次回折光の回折効率、式(16)に「 $m, n = \pm 1$ 」を代入することで得られ、いずれも以下の式(18)により表される。

[0066] [数18]

$$I(\pm 1, \pm 1) = \frac{8}{\pi^4} \left\{ 1 - \cos\left(\frac{2\pi}{\lambda} \Delta\right) \right\} \quad \text{式(18)}$$

そして、式(16)によれば、偶数次回折光の回折効率は「0」となり、回折光の次数が高くなるほど、回折光の回折効率が小さくなることが把握される。

[0067] 図6は、式(16)に基づき算出した回折効率と、光路長差 Δ を λ で除して正規化した正規化光路長差との関係を示す。ここで、グラフ「G0」は0次回折光の回折効率を示し、グラフ「G1」は1次回折光の個々の回折効率を示し、グラフ「G1A」は4つの1次回折光の回折効率を合計した回折効率を示し、グラフ「G01A」は0次回折光の回折効率及び4つの1次回折光の回折効率を合計した回折効率を示す。図6に示すように、光路長差 Δ が「 $(N \pm 0.283)\lambda$ 」となる場合(条件[1]参照)、0次回折光と4つの1次回折光の回折効率を合計した回折効率はそれぞれ「0.3965」で等しく、これらの合計の回折効率は「0.793」となり、残りの微小な回折効率は奇数次で3次以上の高次回折光に配分される。この場合には、図4(C)及び図5(C)で説明したように、0次回折光の斜め4方向のそれぞれに1次回折光が照射されるため、回折光間の隙間を好適に埋めることができる。

[0068] また、光路長差 Δ が「 $(N \pm 0.377)\lambda$ 」となる場合(条件[2]参照)には、0次回折光の回折効率と1次回折光の個々の回折効率がそれぞれ「0.141」で等しく、これらの合計回折効率は、「0.705」となり、残りの微小な回折効率は奇数次で3次以上の高次回折光に配分される。

[0069] また、光路長差 Δ が「 $(N \pm 0.5)\lambda$ 」となる場合(条件[3]参照)には、0次回折光の回折効率は「0」となり、4つある1次回折光の回折効率はそれぞれ「0.164」で合計「0.657」となり、残りの微小な回折効率は奇数次で3次以上の高次回折光に配分される。

[0070] 図7は、光路長差 Δ が「 $(N \pm 0.5)\lambda$ 」となる場合の基準面Ptagでの回折光の強度分布を示す。

[0071] 光路長差 Δ が「 $(N \pm 0.5)\lambda$ 」となる場合、0次回折光の強度は「0」となる。そして、図7の例では、基準面Ptagは、1次回折光により略均等に隙間なく埋められているが、凹凸周期PCがレンズ周期PLの2倍に設定されている場合は、凹凸周期PCによる回折光間隔がレンズ周期PLによる回折光間隔の半分となるため、レンズ周期PLによる回折光のそれぞれ

に対して発生する凹凸周期 PC による 1 次回折光が同一位置で重なってしまう。この結果、見かけ上の回折光の数は、段差がない場合と同じになり、回折光間隔も、段差がない場合と同一になる。よって、この例では、回折光間の隙間に起因した輝度ムラを抑制することができないため、好ましくない。従って、本実施例のように、レンズ周期 PL に対して凹凸周期 PC を 2 倍とした場合は、光路長差 Δ を「 $N \pm 0.283\lambda$ 」として、凹凸周期 PC で発生する 0 次光の回折効率と、重なった 4 つの 1 次回折光の回折効率を合計した回折効率を等しくすることが好適である。

[0072] (4) 波長と周期構造との関係

光源部 1 は、R、G、B のそれぞれ異なる波長の光を出射するため、RGB のいずれの波長を基準として低段マイクロレンズ 21L と高段マイクロレンズ 21H との段差 Δ を設計するかが問題となる。これについて説明する。

[0073] 一般に、マイクロレンズアレイ 20 で発生する回折光の回折角は、波長が長いほど大きくなるため、波長が長いほど回折光間隔 (図 5 (A) 参照) が広がる。また、回折光サイズは、光源部 1 の開口数で決まり、波長には依存しない。以上のことから、波長が長い光ほど、回折光間隔は広がる。

[0074] 図 8 (A) は、青色光 (波長 435.8 nm) の場合の基準面 $Ptag$ における回折光の強度分布を示し、図 8 (B) は、緑色光 (546.1 nm) の場合の基準面 $Ptag$ における強度分布を示し、図 8 (C) は、赤色光 (700 nm) の場合の基準面 $Ptag$ における強度分布を示す。図 8 (A) ~ (C) に示すように、波長が最も短い青色光の場合に、回折光間隔が最も短くなり、波長が最も長い赤色光の場合に、回折光間隔が最も長くなる。

[0075] 以上を勘案し、第 1 の好適な例では、回折光間隔が最も長くなる波長 (即ち赤色光の波長) に応じて段差 Δ を設定する。これにより、R、G、B のいずれのレーザ光においても回折光の強度分布に隙間が生じるのを防ぎ、輝度ムラを好適に抑制することができる。

[0076] 一方、回折光間隔が波長ごとに大差ない場合には、第 2 の好適な例として、視感度の最も高い波長 (即ち緑色光の波長) に応じて段差 Δ を設定すると

よい。また、第3の好適な例として、回折光間隔と視感度の両方を勘案し、最も長い波長と最も視感度の高い波長の中間の波長に応じて段差 Δ を設定してもよい。

[0077] ここで、段差（光路長差） Δ を規定する整数 N の設定方法について説明する。段差 Δ は整数 N が大きいほど大きくなる。また、式（16）の回折効率の定義を参照すると、段差 Δ が大きいほど、RGBごとの0次回折光と1次回折光との回折効率比が大きく変わることがわかる。即ち、段差 Δ を大きくするほど、波長変動に伴う回折効率の変化が大きくなる。以上を勘案し、整数 N を「0」または「1」に設定し、段差 Δ をなるべく短くすることが好ましい。

[0078] 以上説明したように、本実施例に係るスクリーン2のマイクロレンズアレイ20は、スクリーン2の入射面上に形成された、有効径が同一であって透過光に対し光路長差 Δ を生じさせる構造を有する高段マイクロレンズ21H及び低段マイクロレンズ21Lを有する。ここで、高段マイクロレンズ21H及び低段マイクロレンズ21Lは、上記有効径に基づく間隔で配置されることにより、レンズ周期 PL の基本周期構造を構成する。また、高段マイクロレンズ21H及び低段マイクロレンズ21Lは、光路長差を生じさせる構造を有するレンズの組合せによる基本ブロックを構成する。基本ブロックに基づく凹凸周期 PC は、レンズ周期 PL の整数倍となる。この構成により、マイクロレンズアレイ20は、各レンズの有効径を変えることによる解像度低下を防ぎつつ好適に輝度ムラを抑制することができる。

[変形例]

次に、上述の実施例に好適な変形例について説明する。以下に示す変形例は、組み合わせて上述の実施例に適用されてもよい。

[0079] （変形例1）

図3に示すスクリーン2の正面図では、低段マイクロレンズ21Lと高段マイクロレンズ21Hとが1つずつ交互に配置されていた。これに代えて、

低段マイクロレンズ 2 1 L と高段マイクロレンズ 2 1 H とが所定個数ずつ交互に配置されていてもよい。

[0080] 図 9 (A) は、変形例に係るスクリーン 2 A の X Y 平面での側面図を示す。また、図 9 (B) は、高段マイクロレンズ 2 1 H を「高」、低段マイクロレンズ 2 1 L を「低」として表したスクリーン 2 A の正面図を示す。さらに、図 9 (C) は、図 9 (A)、(B) の場合のマイクロレンズアレイ 2 0 の基本ブロックを示す。

[0081] 図 9 の例では、高段マイクロレンズ 2 1 H と低段マイクロレンズ 2 1 L とは、それぞれ、縦 2 列横 2 列の塊ごとに交互に並べられており、当該塊の各々は、千鳥配置されている。そして、図 9 (C) 示す基本ブロックは、実施例と同様に、X 軸及び Y 軸に対して非対称、かつ、中心に対して点対称となっている。そして、図 9 (A) に示すように、この場合の凹凸周期 P C は、レンズ周期 P L の整数倍である 4 倍となっている。よって、スクリーン 2 A は、スクリーン 2 と同様に、マイクロレンズアレイ 2 0 により発生させる回折光よりも回折角の小さい回折光を好適に発生させることができる。

[0082] 次に、変形例 1 が、より好適である理由を図 1 0 および図 1 1 を用いて説明する。

[0083] 図 1 0 (A) は、実施例 1 に相当する構成であって、マイクロレンズアレイ 2 0 に、レンズ周期 P L に対して 2 倍周期となる凹凸周期 P C で段差を設けた場合の Y Z 平面における回折光を、また、図 1 1 (A) は、基準面 P t a g における回折光の光強度分布を示す。この場合、凹凸周期 P C により発生する 1 次回折光が、レンズ周期 P L により発生する回折光のちょうど中間に発生してビームの隙間を埋めることで輝度ムラを低減している。しかしながら、この場合、図 1 1 (B) に示すように、レンズ周期 P L により発生する互いに隣接した回折光に対して各々発生する凹凸周期 P C による 1 次回折光が同一位置で重なってしまうため、本来は、レンズ周期 P L により発生する回折光の個々に対して、凹凸周期 P C により、例えば 1 次回折光として、(+ 1、+ 1 次光)、(- 1、+ 1 次光)、(- 1、- 1 次光)、(- 1、

+ 1 次光) といった合計 4 個の回折光が発生しているのに対して、見かけ上の回折光の数が少なく見えてしまい、より多くの回折光を敷き詰めて基準面 P t a g の光強度分布を均一にするという効果が半減してしまっている。凹凸周期 P C により発生する 1 次回折光が重なることを防ぐためには、凹凸周期 P C をレンズ周期 P L の 3 倍以上として、1 次回折光の回折角度をレンズ周期 P L により発生する回折光の角度間隔に対して $1/3$ 以下とすることが好ましい。

このような課題を考慮し、変形例 1 では、レンズ周期 P L に対して 4 倍周期となる凹凸周期 P C で段差を設け、より多くの回折光を基準面 P t a g に敷き詰めることとした。

図 10 (B) は、マイクロレンズアレイ 20 に、レンズ周期 P L に対して 4 倍周期となる凹凸周期 P C で段差を設けた場合の Y Z 平面での回折光を示し、図 12 (A) は、その際の基準面 P t a g における回折光の光強度分布を示す。この場合、図 12 (B) に示すように、レンズ周期 P L により発生する互いに隣接した回折光に対して各々発生する凹凸周期 P C による 1 次回折光の位置をずらすことができる。すなわち、基準面 P t a g において、より多くの回折光を敷き詰めることができるため、好ましい。

ここで、レンズ周期 P L に対して 4 倍周期となる凹凸周期 P C を設けることが好適な理由について説明する。輝度ムラを低減するには凹凸周期 P C によって生じる 1 次回折光の回折光強度が同一であることが望ましいが、そのためには低段部分と高段部分の面積を同一とすることが好ましい。またここで、凹凸周期 P C をレンズ周期 P L の奇数倍として設計を行うと、図 10 (C) に示すように、段差がレンズ面内に入る設計となる。段差を含むレンズでは、段差のダレや製造誤差等により、段差の無いレンズ部との特性に差が出てしまい、それが輝度ムラの原因となるため、好ましくない。すなわち、変形例 1 の凹凸周期 P C は、レンズ周期 P L の偶数倍である必要があり、かつ先に述べているように 3 倍以上である必要があるため、両者の条件を勘案して 4 倍とすることで、段差がレンズ面内に入ることなく、かつ、凹凸周期 P

Cにより発生する1次回折光が同一位置で重ならないようにすることが可能となる。さらに、凹凸周期PCを6倍や8倍としても同様の効果を得ることができるが、その場合は、図13に示すように、凹凸周期PCにより発生する1次回折光が、レンズ周期PLにより発生する回折光に近接して発生してしまうため、回折光全体でみた場合に、回折の間隔が不均一になってしまう。すなわち、凹凸周期PCの周期はレンズ周期PLの4倍程度が好ましい。また、段差で発生する光路長差 Δ は、レンズ周期PLや、光源部1から投影される光の集光角度 α の大きさに応じて設計の条件を使い分けることが望ましい。

レンズ周期PLを細かくする必要がある場合や、光源部1から投影される光の集光角度 α を比較的小さくする必要がある場合に対しては、段差で発生する光路長差 Δ を「 $N \pm 0.377\lambda$ 」とすること（図6、条件[2]参照）が好適である。この場合、段差周期PCにより発生する0次回折光の回折効率と、1次回折光の個々の回折効率が「0.141」で等しくなるため、0次回折光と4つの1次回折光を利用して、より多くの均一な強度の回折光を敷き詰めることができという点で好ましい。

さらに、レンズ周期PLを比較的大きくできる場合や、光源部1から投影される光の集光角度 α を比較的大きくできる場合に対して好適な例が存在する。説明のため、X軸とY軸の交点を原点Oとし、凹凸周期PCにより発生する0次回折光の中心を基準としたときに、(+1, +1)次光および(-1, -1)次光が発生する方向をR軸として設定し、(+1, +1)次光が発生する方向を正とする。同様に、(-1, +1)次光および(+1, -1)次光が発生する方向をS軸として設定し、(-1, +1)次光が発生する方向を正とする。図10(D)は、回折光の最大隙間がゼロとなるように、光源部1の集光角度 α を比較的大きく設定した場合におけるRZ平面上での回折光を示し、図14(A)はその際の、視点位置Pt agにおける光強度分布を示す。

図14(B)は、レンズ周期PLによる回折光の1つに対して発生する凹凸

周期PCによる4つの1次回折光を示す。図14(B)では、4つの1次回折光に隙間が発生しないよう、R軸、S軸方向に相対する1次回折光が接するようにプロジェクタの集光角度が決められている。このような設計を行うことで、視点位置Pt a gにおいて、光が存在しない領域を無くすることができる。

ここで、図14(B)において、4つの1次回折光で形成されるビーム群のR軸、S軸方向における幅が、レンズ周期PLにより発生する回折光サイズに対して、ちょうど2倍になっていることから、

[0084] [数19]

$$\sin\alpha = \frac{\lambda}{4} \sqrt{\left(\frac{1}{P_{Lx}}\right)^2 + \left(\frac{1}{P_{Ly}}\right)^2} \quad \text{式(19)}$$

を満たす関係にあることがわかる。この際にはさらに、段差で発生する光路長差 Δ を「 $N \pm 0.5\lambda$ 」とし（図6、条件[3]参照）、図14(A)、図14(B)で示すように、凹凸周期PCによる0次回折光の回折効率をゼロとして0次回折光を消し去ることにより、1次回折光を均等間隔で、かつ光が存在しない領域が存在しないように整列させることができるので、より好適である。

以上の内容は、段差以外の手段で周期構造を適用した場合でも同様である。

(変形例2)

マイクロレンズ21は、2段階にZ軸方向の高さが設定されていた。これに代えて、マイクロレンズ21は、3段階以上にZ軸方向の高さが設定されていてもよい。

[0085] 図15(A)は、3段階にマイクロレンズ21のZ軸方向の高さが設定された場合の基本ブロックの一例である。図15(A)において、「高」の領域はZ軸方向の高さが最も高いマイクロレンズ21を示し、「低」の領域はZ軸方向の高さが最も低いマイクロレンズ21を示し、「中」の領域はZ軸

方向の高さが2番目に高く（低く）設定されたマイクロレンズ21を示す。この基本ブロックの場合、凹凸周期PCは、レンズ周期PLの整数倍である3倍となる。よって、スクリーン2は、図15（A）に示す基本ブロックを有する場合であっても、マイクロレンズアレイ20により発生させる回折光よりも回折角の小さい回折光を好適に発生させることができる。

[0086] 図15（B）は、5段階にマイクロレンズ21のZ軸方向の高さが設定された場合の基本ブロックの一例である。図15（B）では、各マイクロレンズ21のZ軸方向の高さが「1」～「5」により示されている。この基本ブロックの場合、凹凸周期PCは、レンズ周期PLの整数倍である5倍となる。よって、スクリーン2は、図15（B）に示す基本ブロックを有する場合であっても、マイクロレンズアレイ20により発生させる回折光よりも回折角の小さい回折光を好適に発生させることができる。

（変形例3）

マイクロレンズ21の段差によりレンズ周期PLの整数倍となる凹凸周期PCを設ける代わりに、マイクロレンズ21の曲率半径を異ならせることでレンズ周期PLの整数倍となる凹凸周期PCを設けてもよい。

[0087] 図16（A）は、変形例3に係るスクリーン2BのXY平面での側面図を示す。図16（A）に示すように、この例では、曲率半径が大きいマイクロレンズ21Baと、マイクロレンズ21Baと有効径が同一であって曲率半径が小さいマイクロレンズ21Bbとが交互に並べられたマイクロレンズアレイ20Bがスクリーン2Bの入射面に形成されている。マイクロレンズ21Bbは、マイクロレンズ21Baよりも頂点位置が高い。そして、この場合、マイクロレンズ21Bb及びマイクロレンズ21Baに基づく凹凸周期PCは、レンズ周期PLの2倍となる。

[0088] 図16（B）は、マイクロレンズ21Baを「大」、マイクロレンズ21Bbを「小」として表現した場合のスクリーン2Bの正面図である。また、図16（C）は、マイクロレンズアレイ20Bの基本ブロックを示す。図1

6 (B)、(C) に示すように、この場合、マイクロレンズ 21 B a とマイクロレンズ 21 B b は、X Y 軸の各々に対して非対象に配置されている。また、基本ブロックは、実施例と同様、田の字状に四分割され、基本ブロックの対角する領域は同一構造となり、隣接する領域は異なる構造となる。

[0089] このように、曲率半径が異なるマイクロレンズ 21 B a、21 B b を用いてレンズ周期 P L の整数倍となる凹凸周期 P C を形成することによっても、マイクロレンズアレイ 20 により発生させる回折光よりも回折角の小さい回折光を好適に発生させることができる。また、図 16 の例では、マイクロレンズアレイ 20 B に段差を設けていないため、段差で光が散乱することによる光量損失とコントラスト低下を好適に抑制することができる。

(変形例 4)

マイクロレンズアレイ 20 に段差を設ける代わりに、曲率の符号が異なる凹レンズと凸レンズをマイクロレンズ 21 として並べて配置してもよい。

[0090] 図 17 (A) は、変形例 3 に係るスクリーン 2 C の X Y 平面での側面図を示す。図 17 (A) に示すように、この例では、凸レンズ 21 C a と、凸レンズ 21 C a と同一の有効径を有する凹レンズ 21 C b とが交互に並べられたマイクロレンズアレイ 20 C がスクリーン 2 C の入射面に形成されている。マイクロレンズ 21 C b は、マイクロレンズ 21 C a よりも頂点位置が Z 軸方向において低い。そして、この場合、マイクロレンズ 21 C b 及びマイクロレンズ 21 C a に基づく凹凸周期 P C は、レンズ周期 P L の 2 倍となる。

[0091] 図 17 (B) は、マイクロレンズ 21 C a を「凸」、マイクロレンズ 21 B b を「凹」と表記した場合のスクリーン 2 C の正面図である。また、図 17 (C) は、マイクロレンズアレイ 20 C の基本ブロックを示す。図 17 (B)、(C) に示すように、この場合、マイクロレンズ 21 C a とマイクロレンズ 21 C b は、それぞれ千鳥配置されている。また、基本ブロックは、実施例と同様、田の字状に四分割され、基本ブロックの対角する領域は同一

構造となり、隣接する領域は異なる構造となる。

- [0092] 図17の例では、凸レンズ21Caと凹レンズ21Cbとを千鳥配置することで、レンズ周期PLの整数倍となる凹凸周期PCを形成する。これによっても、マイクロレンズアレイ20により発生させる回折光よりも回折角の小さい回折光を好適に発生させることができる。また、図17の例では、マイクロレンズアレイ20Cに段差を設けていないため、段差での光量損失を好適に抑制することができる。

(変形例5)

マイクロレンズアレイ20に対し、レンズ周期PLの整数倍となるような複数の異なる周期構造を付加してもよい。

- [0093] 図18(A)は、段差に基づく二重の周期構造を付加したマイクロレンズアレイ20Dの正面図を示し、図18(B)は、マイクロレンズアレイ20Dの基本ブロックを示す。図18に示すように、マイクロレンズアレイ20Dの基本ブロックは、縦2列及び横2列に並べられた4つのマイクロレンズ21から構成される矩形領域(「中間ブロック」とも呼ぶ。)がさらに縦横2列に並べられて構成された周期構造となっている。ここで、各中間ブロックでは、当該中間ブロック内での各マイクロレンズ21の高さの平均に基づき2種類に分けられており、図18では、平均高が高い方の中間ブロックの中央には「高」と表記され、他方の中間ブロックの中央には「低」と表記されている。また、中間ブロック内の4つのマイクロレンズ21は、Z軸方向の高さが2段階に分かれており、属する中間ブロック内で高い方のマイクロレンズ21の中央には「高」と表記され、他のマイクロレンズ21の中央には「低」と表記されている。そして、中間ブロックは、実施例の基本ブロックと同様に、田の字状に4分割された構造を有し、対角する領域は同一構造となり、隣接する領域は異なる構造となる。また、基本ブロックについても同様に、4つの中間ブロックからなる基本ブロックと見なした場合、田の字状に4分割された構造を有し、対角する領域は同一構造となり、隣接する領

域は異なる構造となる。

[0094] このような構成では、中間ブロックの位相構造によりマイクロレンズアレイ 20D への入射光が 0 次回折光と 1 次回折光に分かれ、さらにこれらの各回折光が基本ブロックの位相構造により 0 次回折光と 1 次回折光に分かれる。よって、この場合、中間ブロック及び基本ブロックを加味しない場合の回折光間隔が大きい場合であっても、中間ブロック及び基本ブロックに基づき回折光を発生させ、基準面 P t a g における回折光強度分布の隙間を好適に埋めることができる。

[0095] なお、上述したような中間ブロックと基本ブロックは、マイクロレンズ 21 の段差構造のみに基づいて形成されてもよく、変形例 3 や変形例 4 に基づき、曲率半径の違い等に基づき形成されてもよい。

(変形例 6)

マイクロレンズアレイ 20 は、スクリーン 2 の入射面に形成されるのに代えて、スクリーン 2 の入射面と反対側の面に形成されていてもよく、スクリーン 2 の両面に形成されていてもよい。

(変形例 7)

マイクロレンズアレイ 20 は、図 19 (A) に示すような、レンズアレイ面の反対側の面に反射膜が施されている反射型レンズアレイであってもよい。

(変形例 8)

変形例 7 の構成では、光がレンズ面を 2 回通過する。反射型レンズアレイの場合、レンズに対して斜入射で光を入射する場合があります、1 回目に光が通過するレンズ面の位置と、反射後に光が通過するレンズ面の位置がずれてしまうことがある。この場合、位置ずれのある 2 枚のマイクロレンズアレイを通過した場合と同様に、モアレ縞が発生してしまうので、好ましくない。そこで、変形例 8 では、マイクロレンズアレイ 20 は、図 19 (B) に示すように、レンズアレイ面に反射膜が施されており、反対側の面に反射防止膜が

施されている構成となっている。この場合、光はレンズ面自体で反射されるため、透過型レンズアレイの場合と同様に、レンズアレイによる周期的な位相変調を１回だけ受けることになる。これにより、変形例７で問題となるモアレ縞の発生を防ぐことができるため、好適である。また、凸凹形状のレンズ面は、付着した汚れを除去することが困難であるが、変形例８の構成では、露出しているレンズ面に汚れ等が付着しても、光に影響を与えることがない。すなわち、レンズアレイ面の汚れによる画質劣化を防ぐことができるので、好適である。

（変形例９）

変形例９では、マイクロレンズアレイ２０は、図１９（Ｃ）に示すように、レンズ面に反射膜が施されており、かつ、レンズ面を光側に配置している。この場合、光がレンズ面内部を通過しないため、材料の吸収による光量の損出や、材料の複屈折や透過率ムラなどに起因する画質の劣化を防ぐことができるため、好適な構成である。さらに、反対側の面に反射防止膜を施す必要がなくなるので、部品のコストを下げることもできるため好適である。また、この反対側の面は、レンズアレイの性能に影響を与えないので、光学部品に要求される高い面精度を必要としなくなるため、部品の製造難易度を緩和できるため好ましい。さらに、形状の自由度があるので、周辺の部品形状に合わせた設計も可能となり、部品形状の設計自由度が高くなるため、好ましい。

[0096] 変形例６～９のマイクロレンズアレイ２０は、例えば、図１（Ｂ）に示すヘッドアップディスプレイのスクリーン２として利用可能である。

符号の説明

- [0097] １ 光源部
 ２ スクリーン
 ３ 凹面鏡
 ２０、２０Ａ～２０Ｄ マイクロレンズアレイ
 ２１ マイクロレンズ

請求の範囲

- [請求項1] 有効径が同一であって透過光または反射光に対し光路長差を生じさせる構造を有する複数のレンズと、を有し、
前記複数のレンズの各々は、前記有効径に基づく間隔で配置されることにより、2次元の基本周期構造を構成し、
前記複数のレンズのうちの一部のレンズは、前記光路長差を生じさせる構造を有するレンズの組合せによる基本ブロックを構成し、
前記基本ブロックは、繰り返して配列されることにより、前記基本周期構造よりも周期が長い2次元の第2周期構造を構成し、
前記第2周期構造が示す周期は、前記基本周期構造が示す周期の整数倍であることを特徴とするレンズアレイ。
- [請求項2] 前記基本ブロックは、前記一部のレンズが格子状に組合せられると共に、当該レンズが異なる構造ごとに千鳥配置されていることを特徴とする請求項1に記載のレンズアレイ。
- [請求項3] 前記第2周期構造が示す周期は、前記基本周期構造が示す周期の4倍であることを特徴とする請求項1または2に記載のレンズアレイ。
- [請求項4] 前記基本ブロックは、前記一部のレンズが格子状に組み合わせられると共に、前記光路長差を生じさせる少なくとも3種類のレンズの組合せにより構成されることを特徴とする請求項1に記載のレンズアレイ。
- [請求項5] 前記複数のレンズは、当該複数のレンズ間で同一の曲率を有し、段差を設けて配置されることにより、前記光路長差を生じさせることを特徴とする請求項1～4のいずれか一項に記載のレンズアレイ。
- [請求項6] 前記光路長差は、前記レンズアレイの0次の回折光と、前記レンズアレイの1次の回折光との回折効率が略同一となるように設定されることを特徴とする請求項1～5のいずれか一項に記載のレンズアレイ。
- [請求項7] 前記光路長差は、前記レンズアレイの0次の回折光の回折効率が略

0となるように設定されることを特徴とする請求項1～5のいずれか一項に記載のレンズアレイ。

[請求項8] 前記光路長差は、前記回折効率に関する条件を満たす長さのうち、最も短い長さまたは2番目に短い長さに設定されることを特徴とする請求項6または7に記載のレンズアレイ。

[請求項9] 少なくとも1以上のレーザ光源を有する映像投影装置の前記レーザ光源が射出するレーザにより照射されることを特徴とする請求項1～8のいずれか一項に記載のレンズアレイ。

[請求項10] 前記光路長差は、前記レーザ光源が射出するレーザ光のうち最も長い波長に基づき設定されることを特徴とする請求項9に記載のレンズアレイ。

[請求項11] 前記光路長差は、前記レーザ光源が射出するレーザ光のうち最も視感度の高い波長に基づき設定されることを特徴とする請求項9に記載のレンズアレイ。

[請求項12] 前記光路長差は、前記レーザ光源が射出するレーザ光のうち、最も長い波長と、最も視感度の高い波長との間の波長に基づき設定されることを特徴とする請求項9に記載のレンズアレイ。

[請求項13] 前記複数のレンズは、全て開口数が略同一であることを特徴とする請求項1～12のいずれか一項に記載のレンズアレイ。

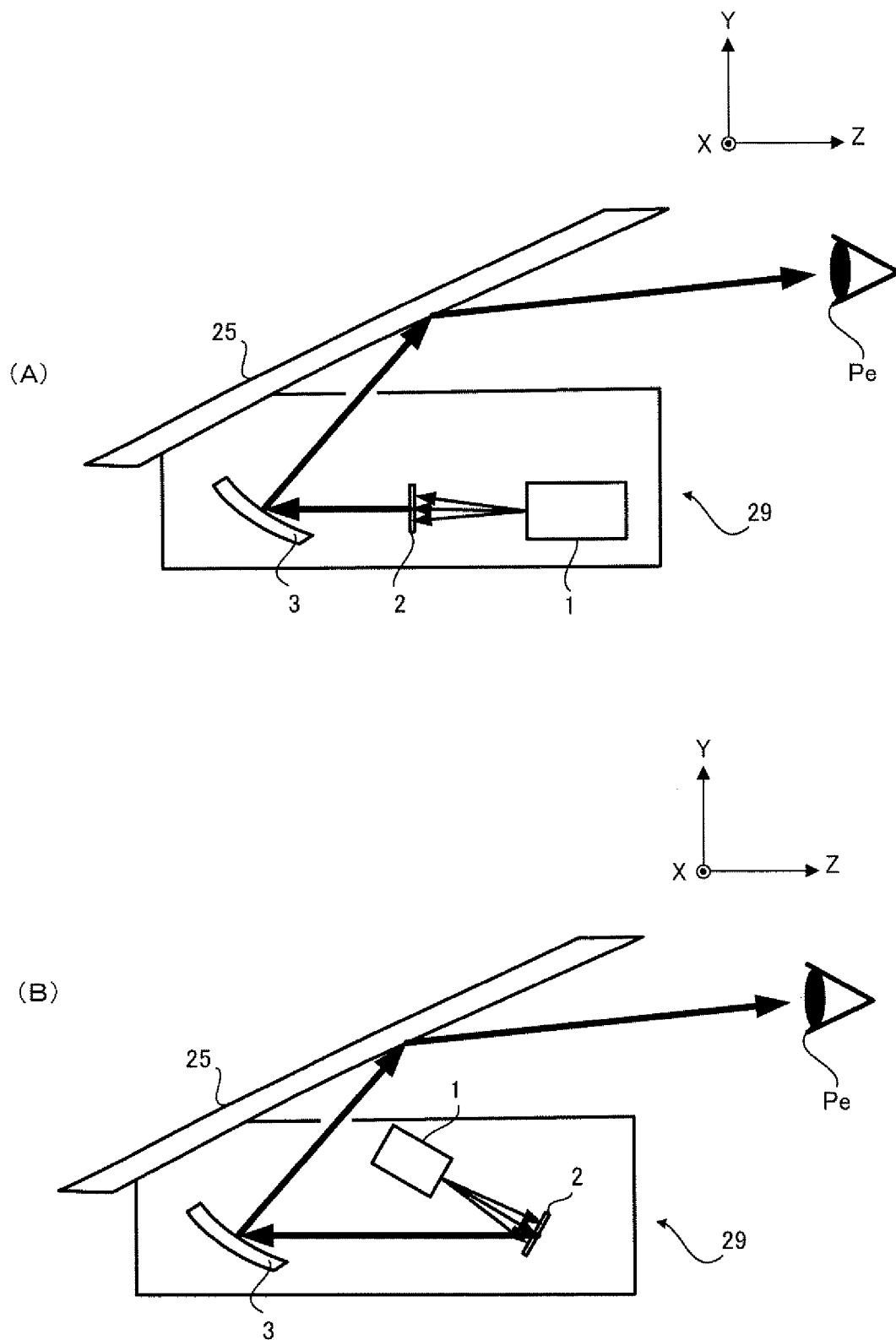
[請求項14] 前記複数のレンズは、曲率の違いに基づき前記光路長差を生じさせることを特徴とする請求項1～13のいずれか一項に記載のレンズアレイ。

[請求項15] 前記複数のレンズは、曲率の符号の違いに基づき前記光路長差を生じさせることを特徴とする請求項1～14のいずれか一項に記載のレンズアレイ。

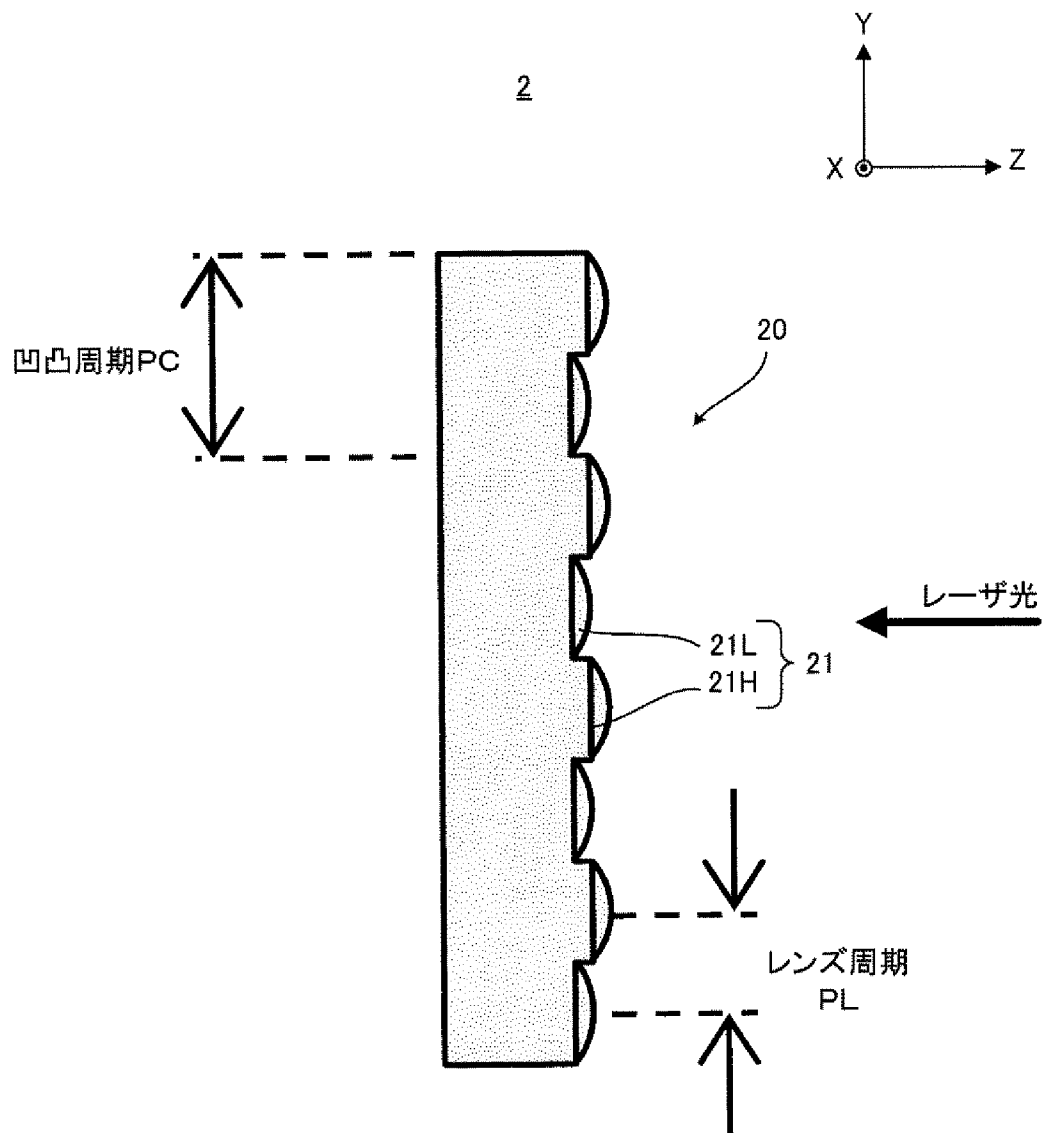
[請求項16] 前記レンズアレイは、レンズアレイ面に反射膜が施されている反射型レンズアレイであることを特徴とする請求項1～15のいずれか一項に記載のレンズアレイ。

[請求項17] 請求項1～16のいずれか一項に記載のレンズアレイを搭載することを特徴とする映像投影装置。

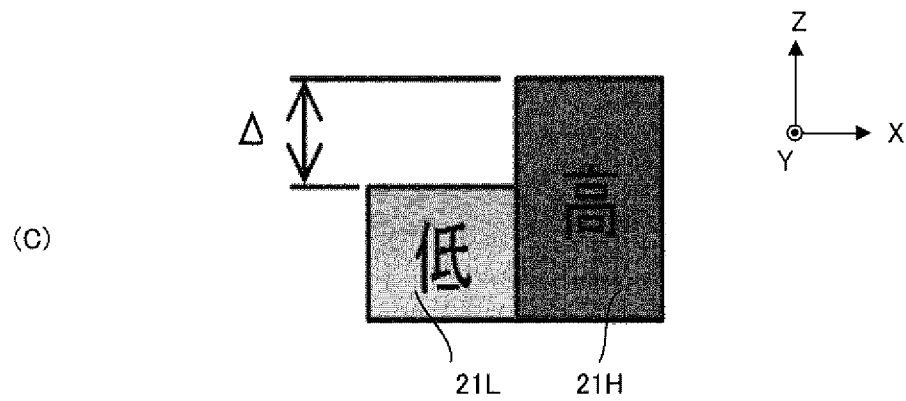
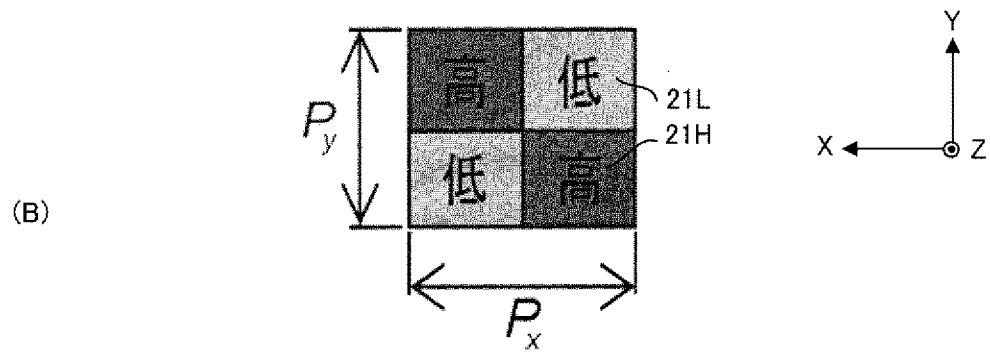
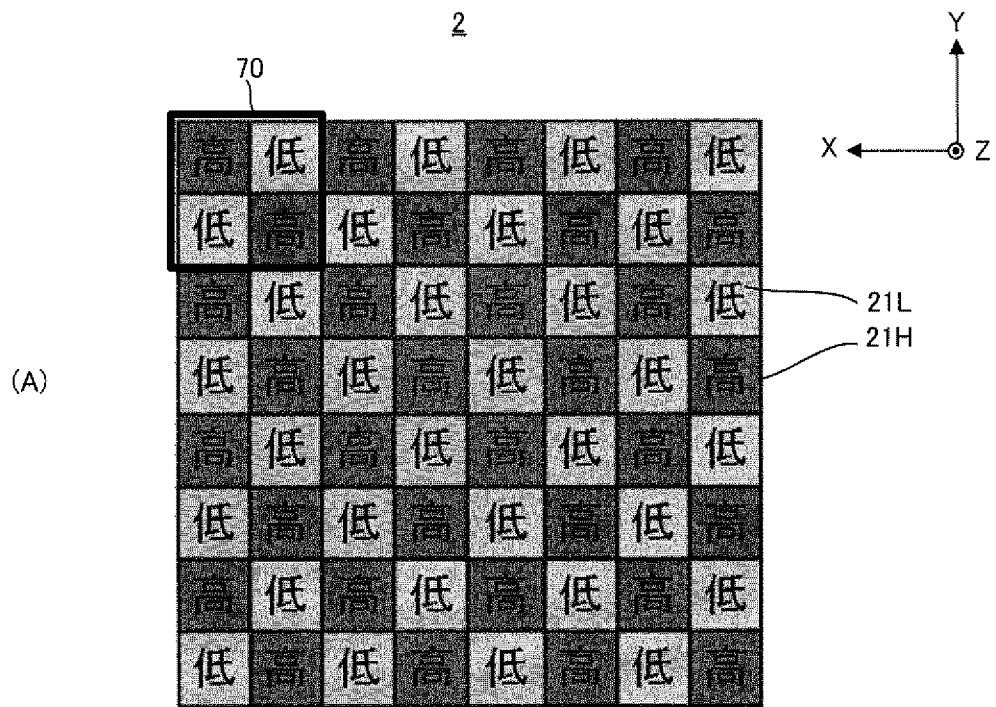
[図1]



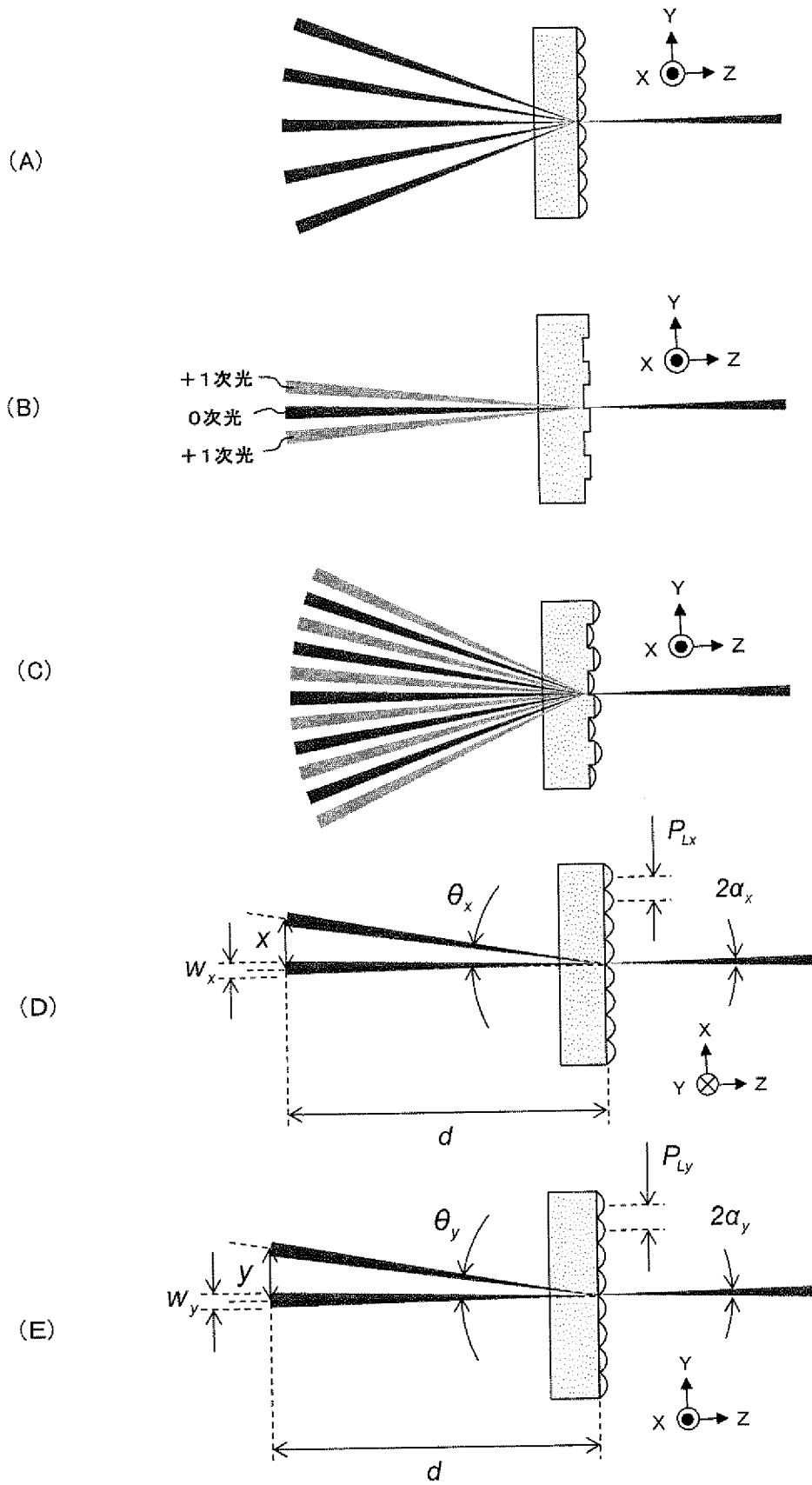
[図2]



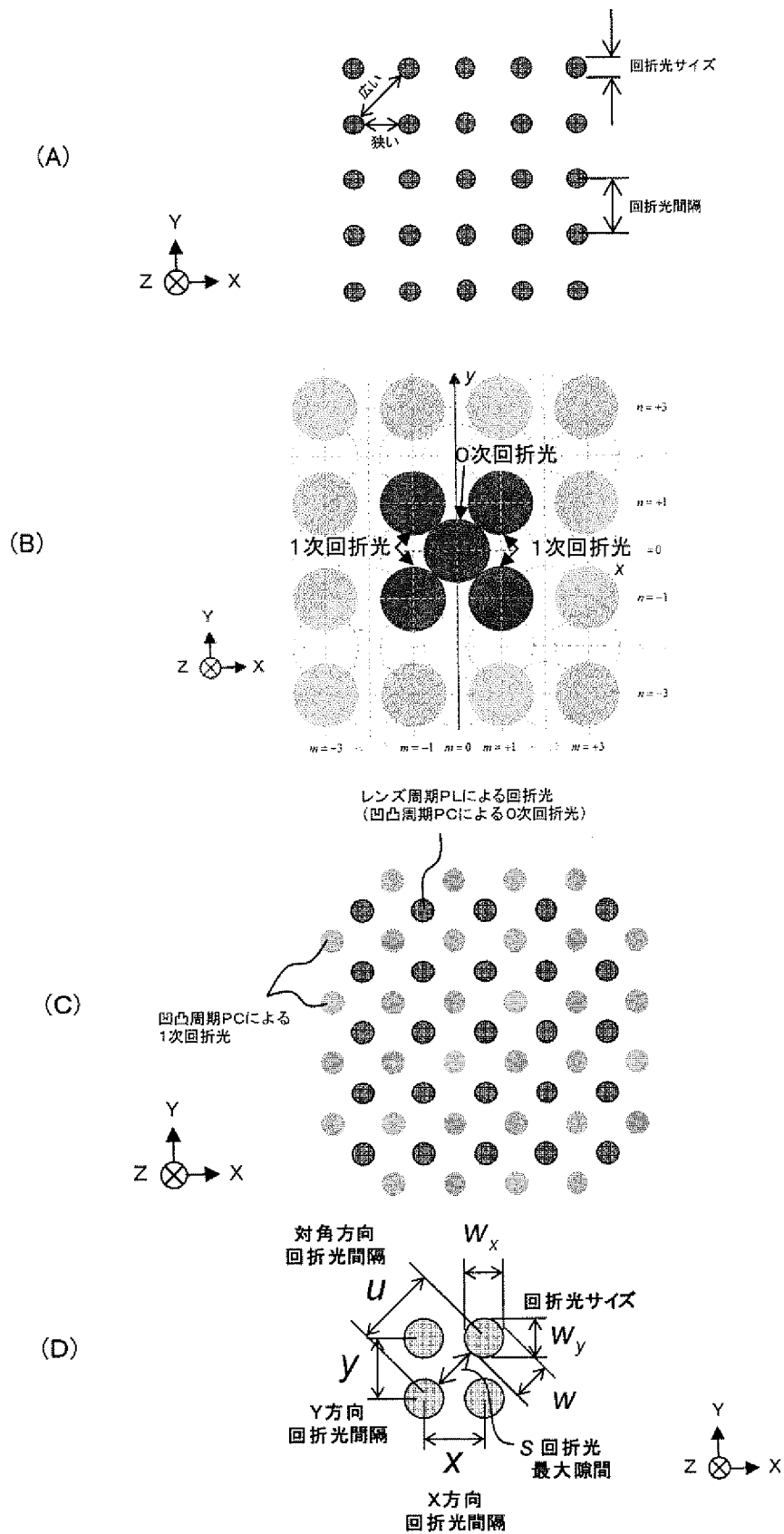
[図3]



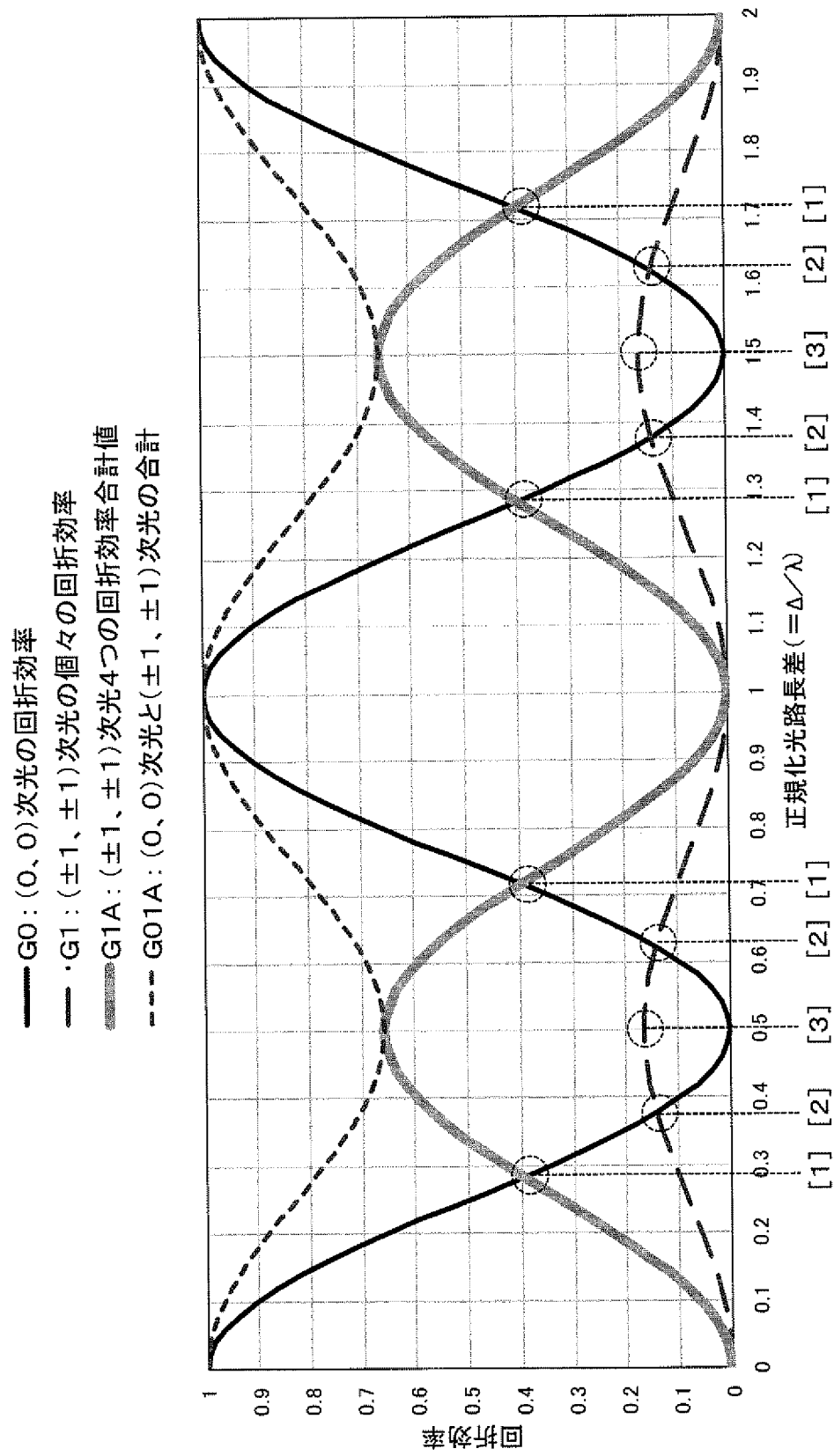
[図4]



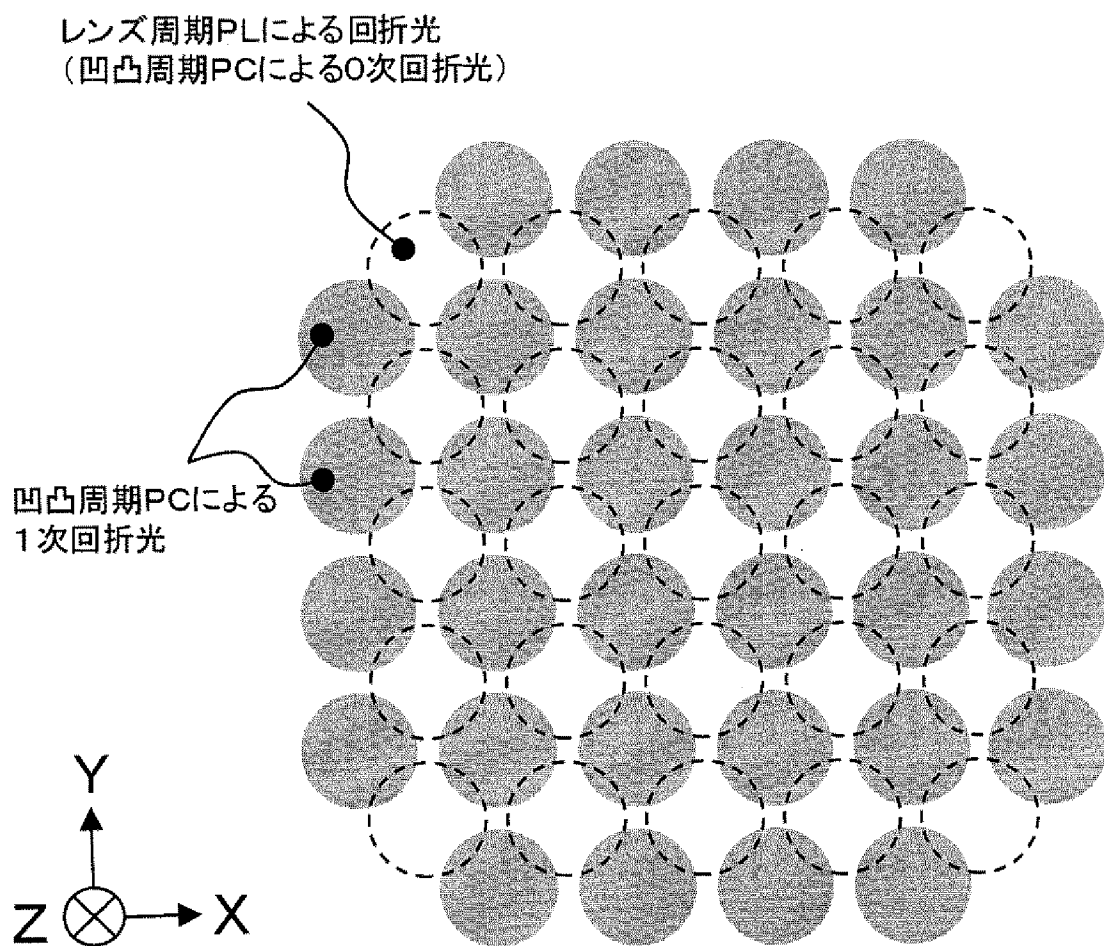
[図5]



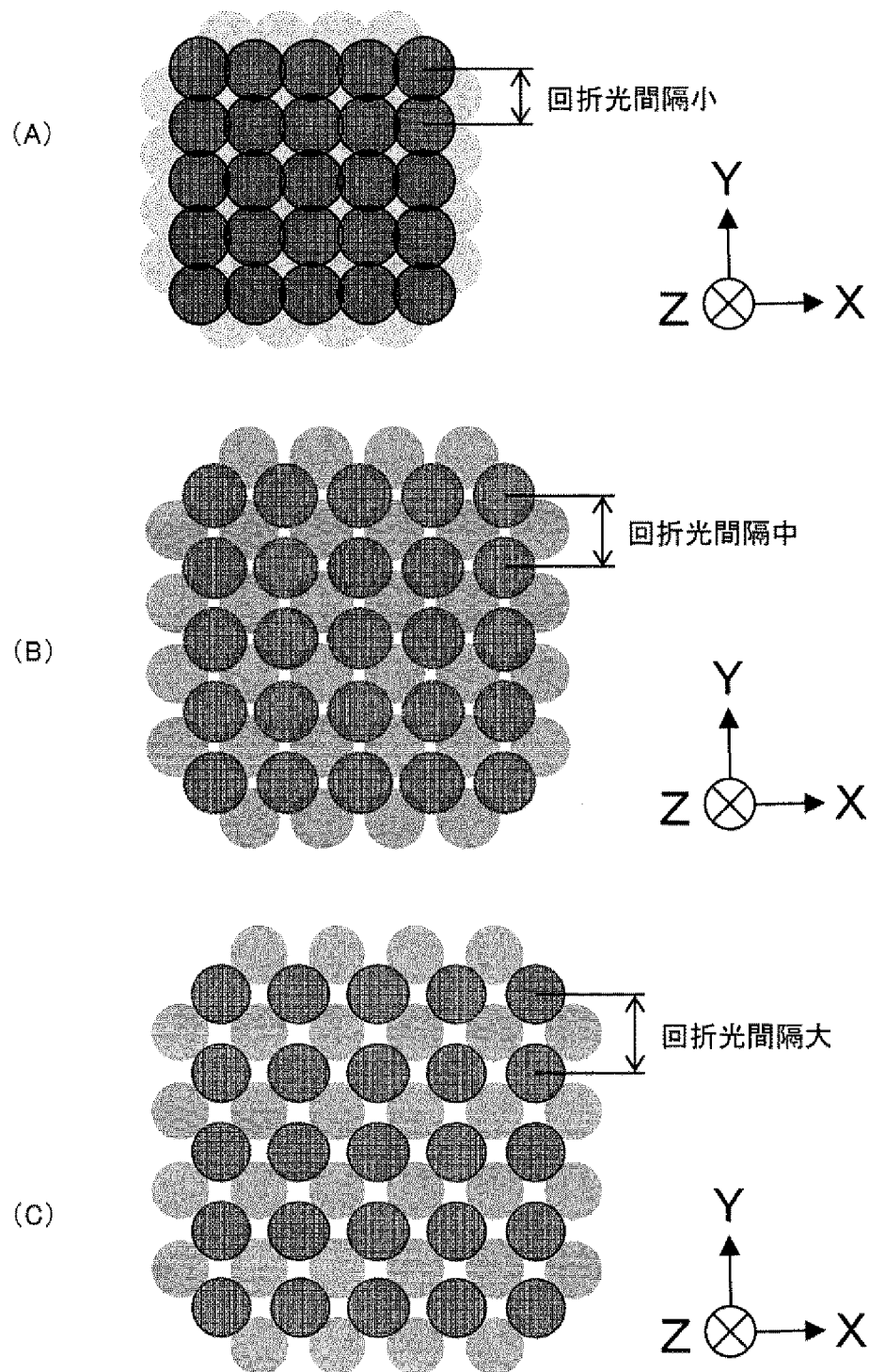
[図6]



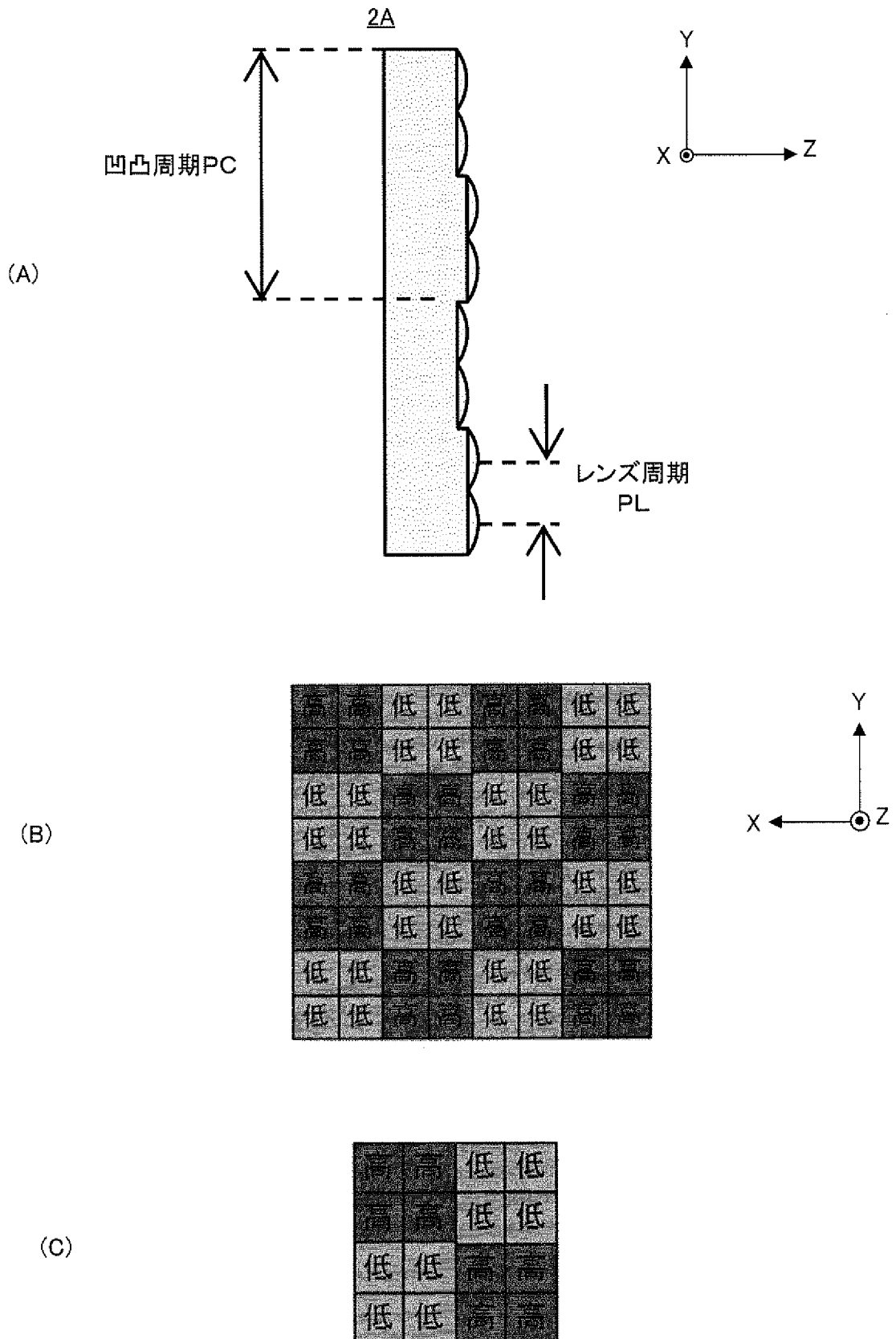
[図7]



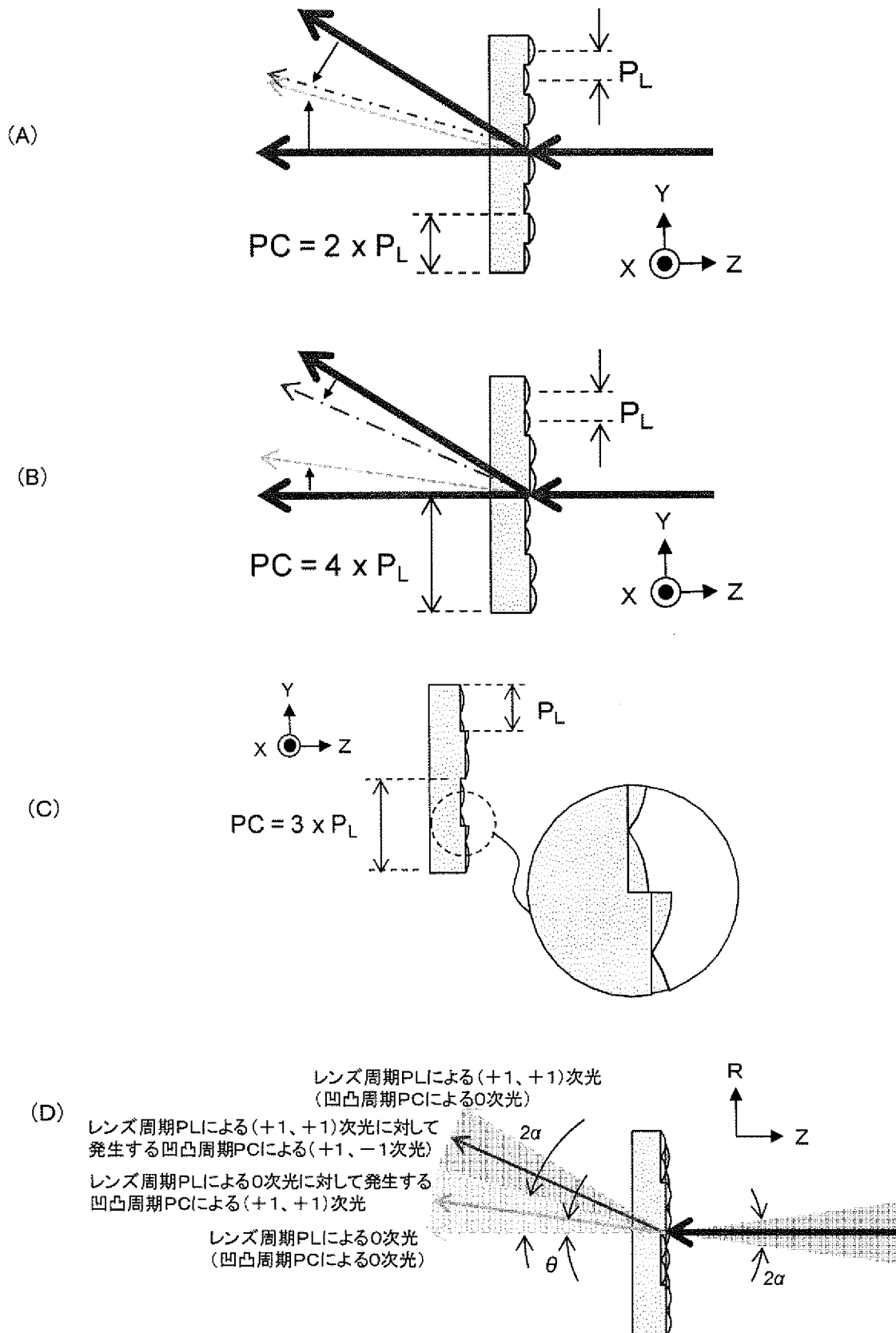
[図8]



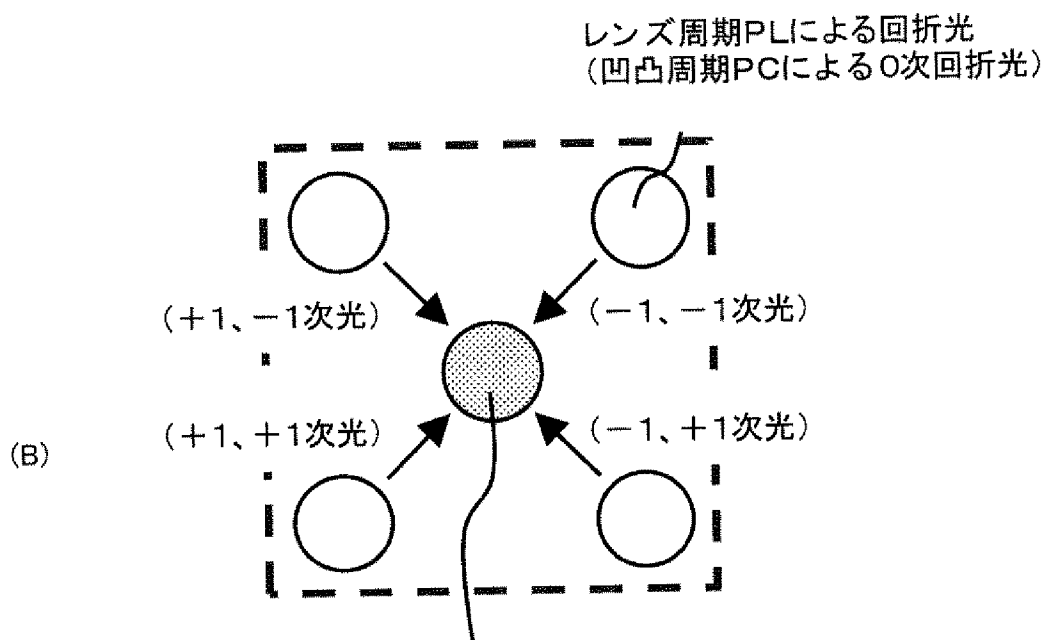
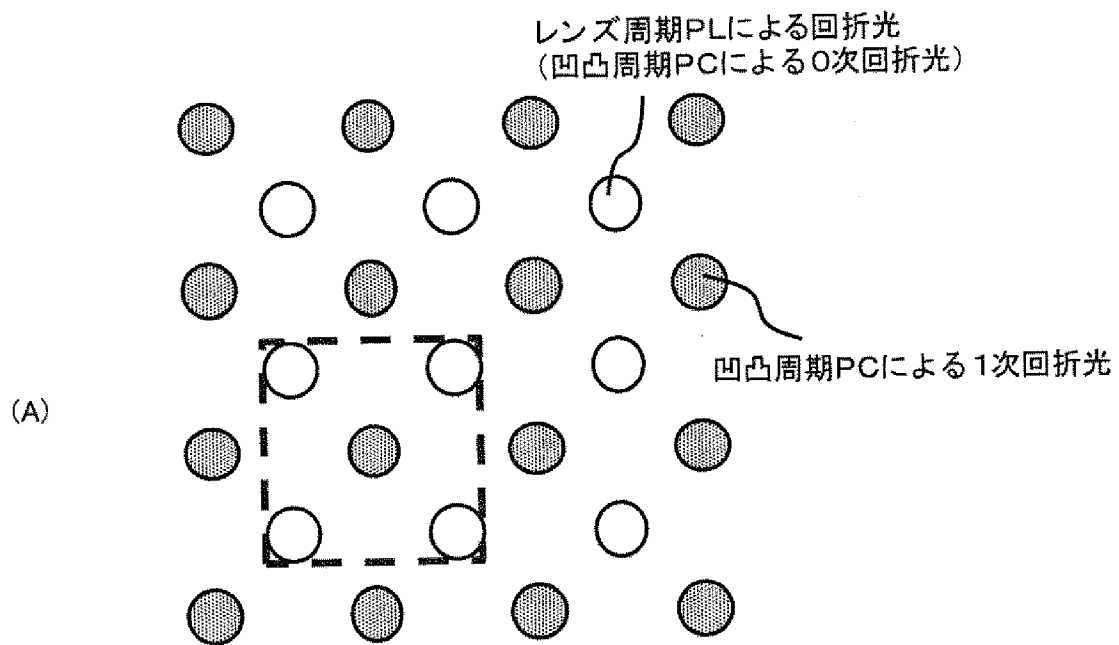
[図9]



[図10]

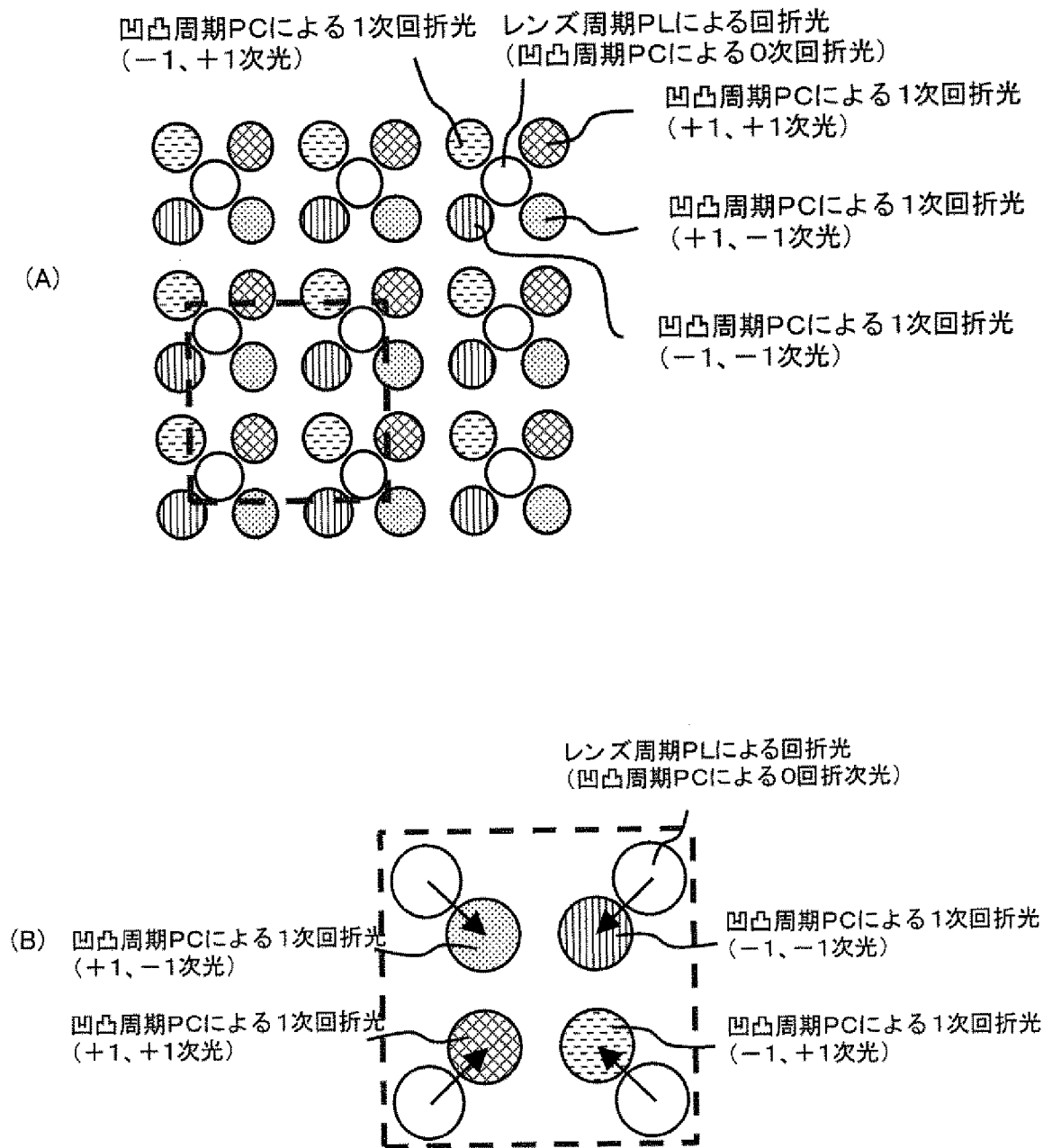


[図11]

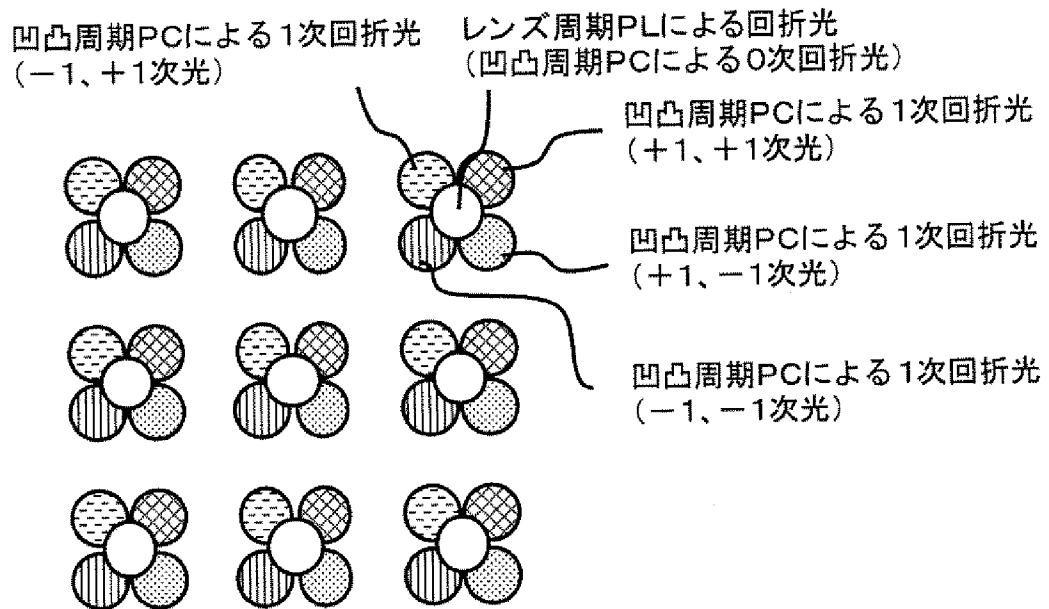


レンズ周期PLにより発生する互いに隣接した回折光に対して各々発生する4つの1次回折光が重なった状態

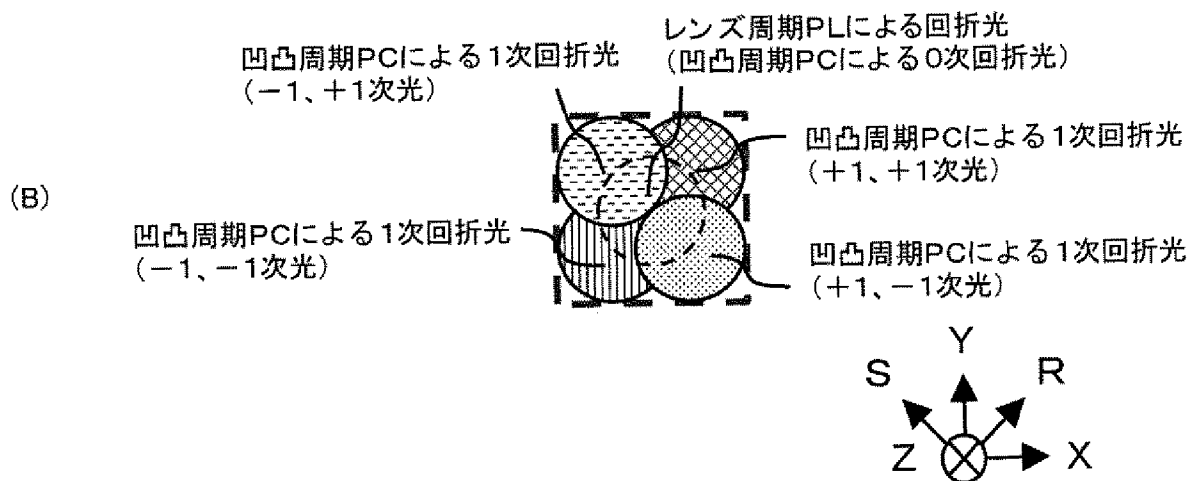
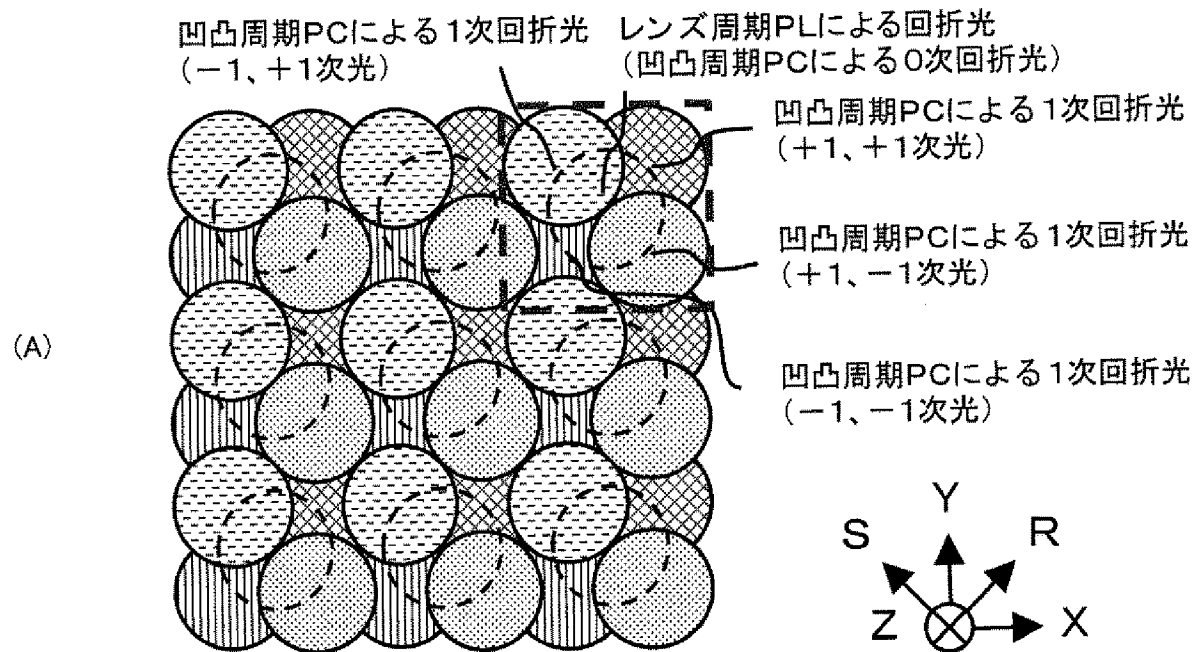
[図12]



[図13]

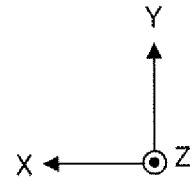
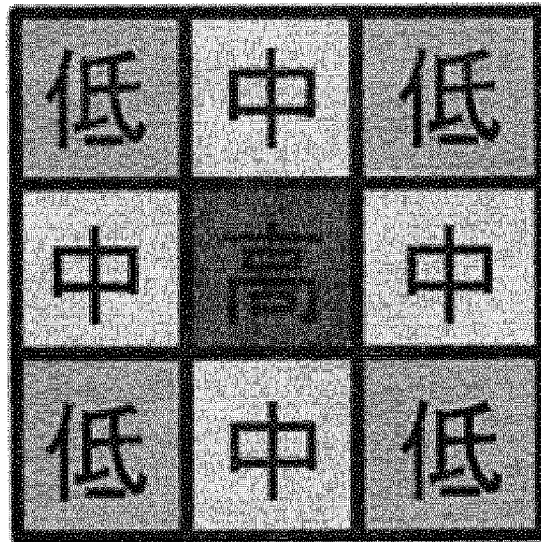


[図14]

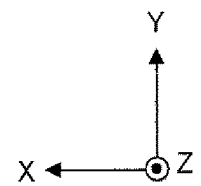
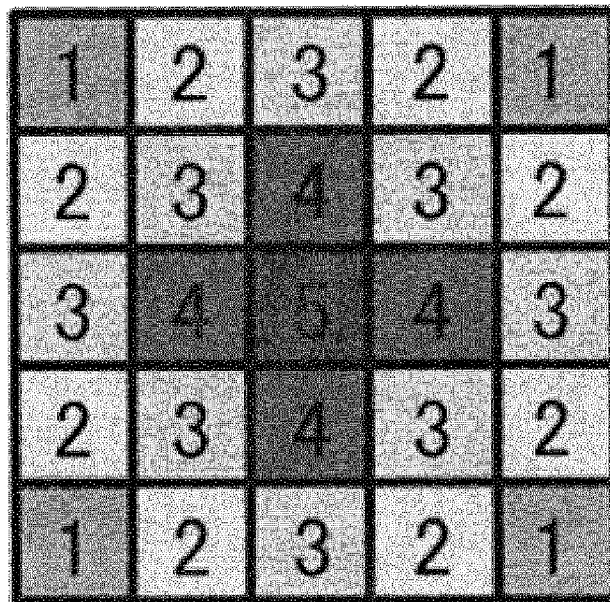


[図15]

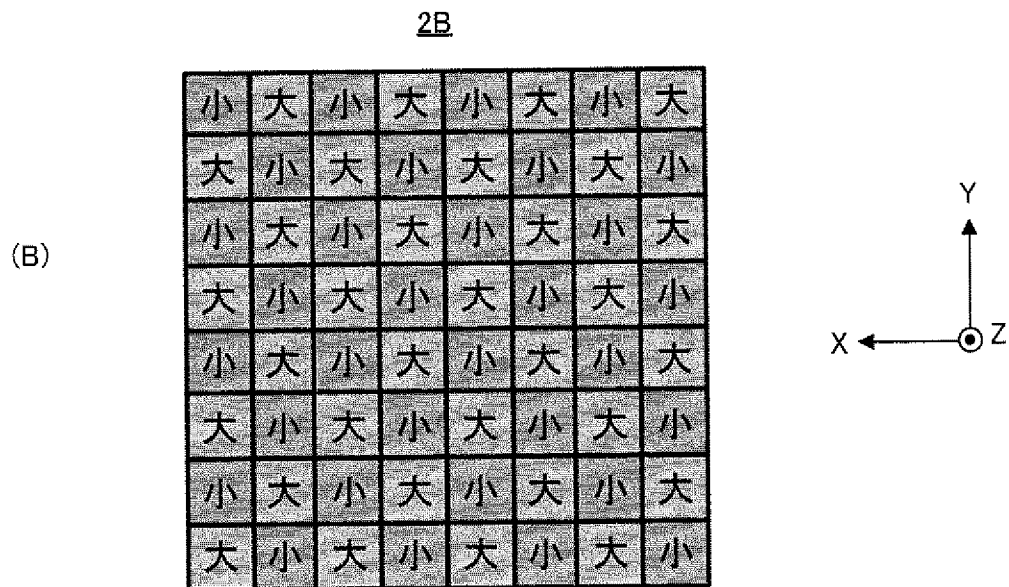
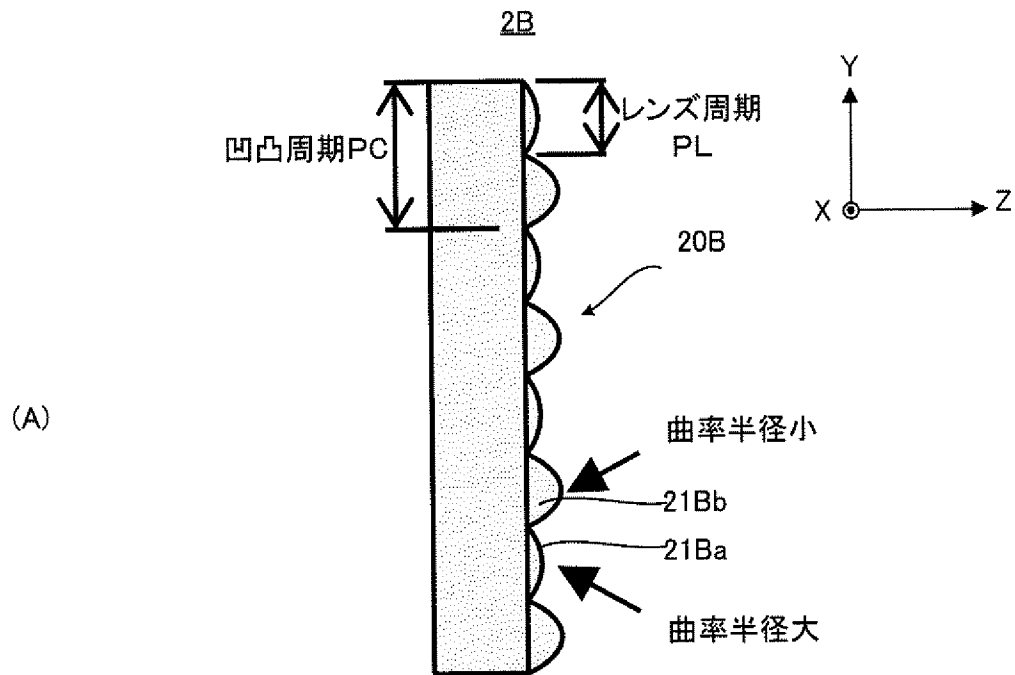
(A)



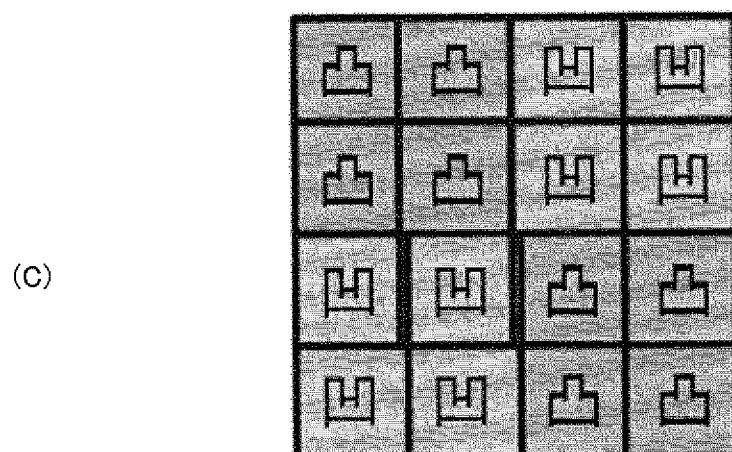
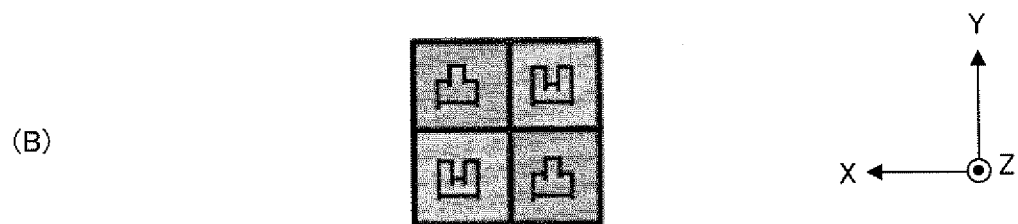
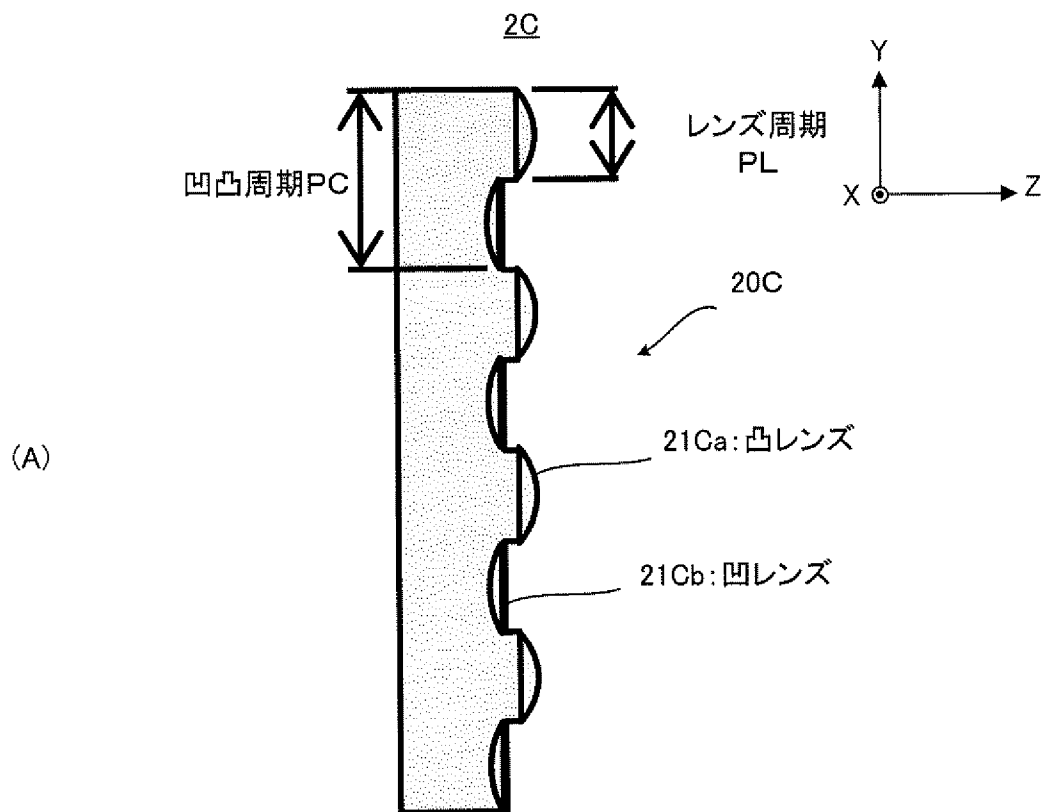
(B)



[図16]



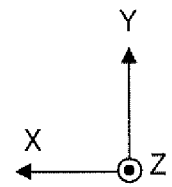
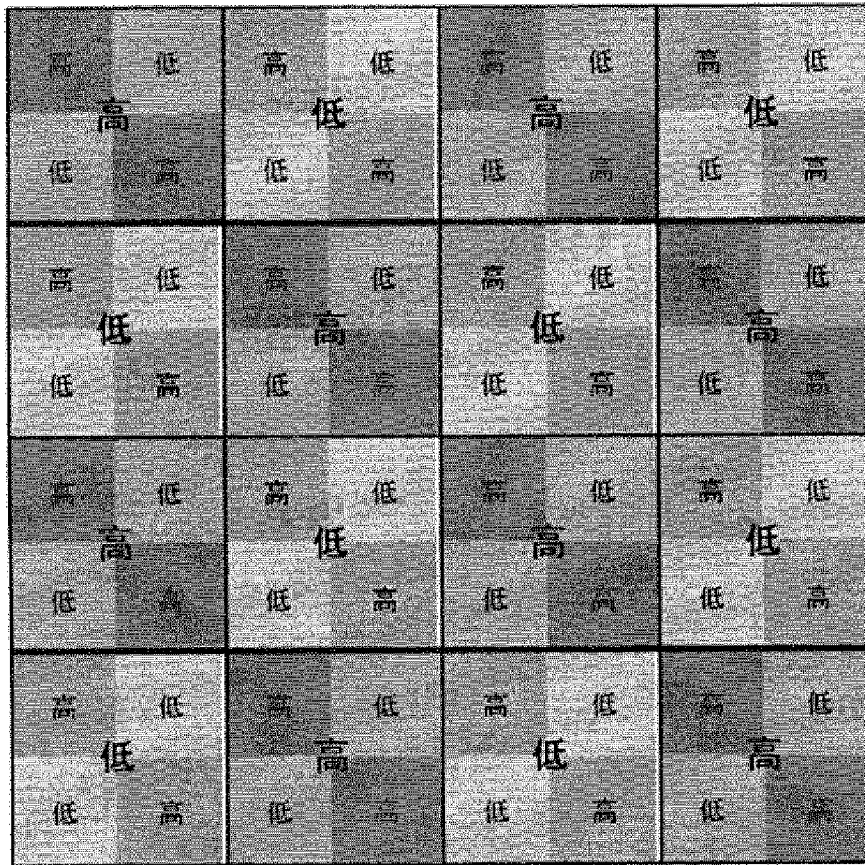
[図17]



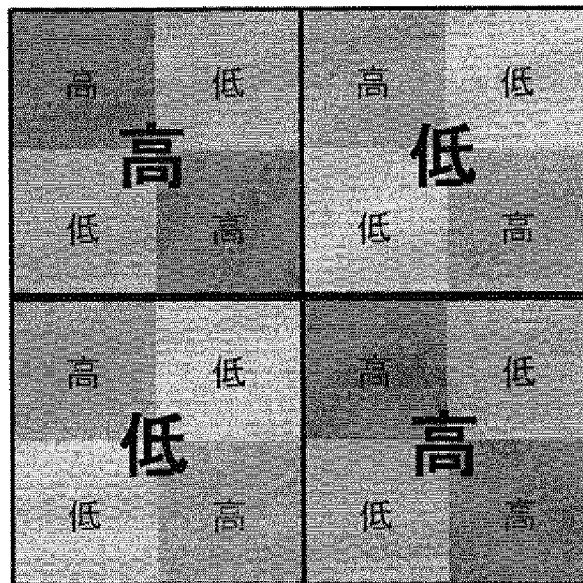
[図18]

20D

(A)

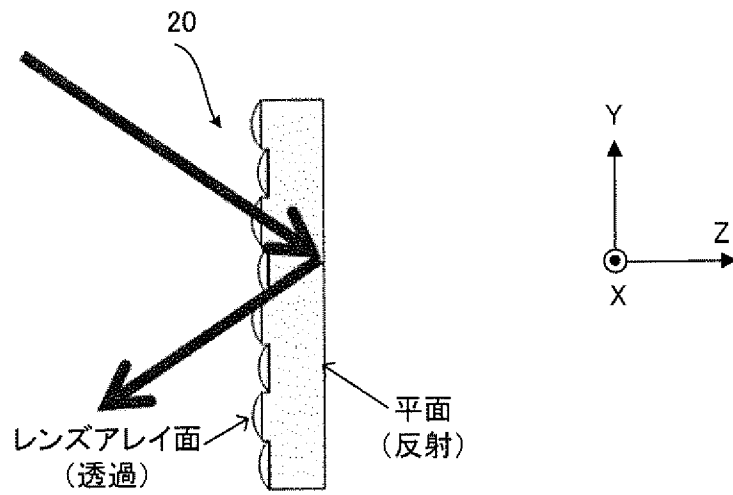


(B)

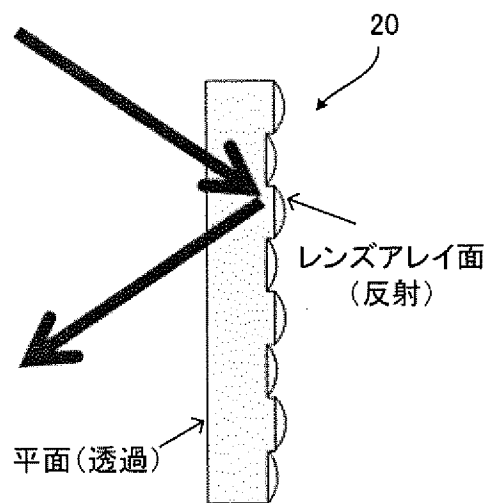


[図19]

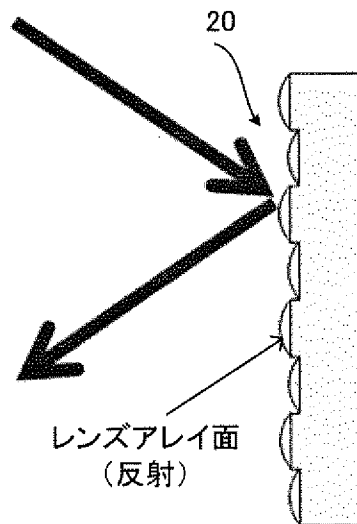
(A)



(B)



(C)



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/056311

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02B3/00(2006.01)i, G02B27/01(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)

G02B3/00, G02B27/01

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	1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2015	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2015

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 A	JP 2004-144873 A (Pioneer Corp.), 20 May 2004 (20.05.2004), paragraphs [0045] to [0056], [0067], [0068], [0073], [0074]; fig. 1, 3, 8, 11, 12 & US 2006/0050016 A1 & WO 2004/038486 A1 & AU 2003280573 A	1-5, 13-14 6-12, 15-17
X	JP 2012-203089 A (Canon Inc.), 22 October 2012 (22.10.2012), paragraphs [0024] to [0039]; fig. 1 to 15 (Family: none)	1-4, 6-8, 13-14
X	JP 8-335043 A (Omron Corp.), 17 December 1996 (17.12.1996), paragraphs [0015], [0030]; fig. 1, 4 (Family: none)	1-2, 13, 15, 17

☐ 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
21 April 2015 (21.04.15)

Date of mailing of the international search report
28 April 2015 (28.04.15)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G02B3/00(2006.01)i, G02B27/01(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（I P C））

Int.Cl. G02B3/00, G02B27/01

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 5 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 5 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 5 年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X	JP 2004-144873 A（パイオニア株式会社）2004.05.20, 段落 [0045] ~ [0056] [0067] [0068] [0073] [0074], 図1、3、8、11、12 & US 2006/0050016 A1 & WO 2004/038486 A1 & AU 2003280573 A	1-5, 13-14 6-12, 15-17
A		
X	JP 2012-203089 A（キヤノン株式会社）2012.10.22, 段落 [0024] ~ [0039]、図1~15（ファミリーなし）	1-4, 6-8, 13-14

☒ 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

2 1 . 0 4 . 2 0 1 5

国際調査報告の発送日

2 8 . 0 4 . 2 0 1 5

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

藤岡 善行

20

9225

電話番号 03-3581-1101 内線 3271

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X	JP 8-335043 A (オムロン株式会社) 1996. 12. 17, 段落 [0 0 1 5] [0 0 3 0]、図 1、4 (ファミリーなし)	1-2, 13, 15, 17