

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7705235号
(P7705235)

(45)発行日 令和7年7月9日(2025.7.9)

(24)登録日 令和7年7月1日(2025.7.1)

(51)国際特許分類	F I
G 0 2 B 5/02 (2006.01)	G 0 2 B 5/02 C
F 2 1 V 3/00 (2015.01)	F 2 1 V 3/00 3 2 0
F 2 1 V 5/00 (2018.01)	F 2 1 V 3/00 5 3 0
F 2 1 V 5/04 (2006.01)	F 2 1 V 5/00 3 2 0
G 0 2 B 3/00 (2006.01)	F 2 1 V 5/00 5 3 0

請求項の数 10 (全38頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願2020-175853(P2020-175853)	(73)特許権者 000108410 デクセリアルズ株式会社 栃木県下野市下坪山1724
(22)出願日 令和2年10月20日(2020.10.20)	(74)代理人 110000936 弁理士法人青海国際特許事務所
(65)公開番号 特開2021-71721(P2021-71721A)	(72)発明者 有馬 光雄 東京都品川区大崎一丁目11番2号 ゲートシティ大崎イーストタワー8階 デクセリアルズ株式会社内
(43)公開日 令和3年5月6日(2021.5.6)	(72)発明者 石渡 正之 東京都品川区大崎一丁目11番2号 ゲートシティ大崎イーストタワー8階 デクセリアルズ株式会社内
審査請求日 令和5年9月25日(2023.9.25)	(72)発明者 金杉 駿介 東京都品川区大崎一丁目11番2号 ゲートシティ大崎イーストタワー8階 デクセリアルズ株式会社内
(31)優先権主張番号 特願2019-194363(P2019-194363)	
(32)優先日 令和1年10月25日(2019.10.25)	
(33)優先権主張国・地域又は機関 日本国(JP)	
前置審査	

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 拡散板、表示装置、投影装置及び照明装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

マイクロレンズアレイ型の拡散板であって、
 基材と、
 前記基材の少なくとも一方の表面におけるXY平面上に、相互に異なる3つ以上の格子間隔を有する不規則な矩形格子を基準として規則的に配列された複数のマイクロレンズから構成されるマイクロレンズアレイと、
 を備え、
 前記矩形格子のX方向に配列された3つ以上の前記マイクロレンズの前記X方向の格子間隔 W_x は、ランダムに変動して相互に異なり、
 前記矩形格子のY方向に配列された3つ以上の前記マイクロレンズの前記Y方向の格子間隔 W_y は、ランダムに変動して相互に異なり、
 前記複数のマイクロレンズの表面形状は、相互に異なり、
 前記X方向の格子間隔 W_x は、基準格子間隔 $W_x _ k$ を基準として、 $\pm 10\%$ 以内の変動率 W_x でランダムに変動しており、
 前記Y方向の格子間隔 W_y は、基準格子間隔 $W_y _ k$ を基準として、 $\pm 10\%$ 以内の変動率 W_y でランダムに変動しており、
 前記X方向の曲率半径 R_x は、基準曲率半径 $R_x _ k$ を基準として、 $\pm 10\%$ 以内の変動率 R_x でランダムに変動しており、
 前記Y方向の曲率半径 R_y は、基準曲率半径 $R_y _ k$ を基準として、 $\pm 10\%$ 以内の変

動率 R_y でランダムに変動しており、

前記マイクロレンズの表面形状は、前記基準曲率半径 R_{x_k} 、 R_{y_k} 及び前記基準格子間隔 W_{x_k} 、 W_{y_k} が下記関係式 (A) 及び (B) を満足する非球面形状であり、

$$R_{x_k} / W_{x_k} = 1.85 \dots (A)$$

$$R_{y_k} / W_{y_k} = 1.85 \dots (B)$$

前記拡散板による拡散角 (半値全幅) が 20° 以下である、拡散板。

【請求項 2】

前記 X 方向及び前記 Y 方向に配列された前記マイクロレンズの頂点の平面位置は、前記矩形格子の中心点から偏心している、請求項 1 に記載の拡散板。

【請求項 3】

前記矩形格子の中心点から、前記偏心されたマイクロレンズの頂点の平面位置までの前記 X 方向、前記 Y 方向の距離をそれぞれ偏心量 E_{cx} 、 E_{cy} とし、前記矩形格子の格子間隔 W_x 、 W_y に対する前記偏心量 E_{cx} 、 E_{cy} の割合をそれぞれ偏心率 E_{cx} 、 E_{cy} としたとき、

前記マイクロレンズの頂点の平面位置は、 $\pm 10\% \sim \pm 50\%$ 以内の偏心率 E_{cx} 、 E_{cy} でランダムに偏心している、請求項 2 に記載の拡散板。

【請求項 4】

前記 X 方向及び前記 Y 方向に配列された前記複数のマイクロレンズの頂点の高さ位置は、相互に異なる、請求項 1 ~ 3 のいずれか一項に記載の拡散板。

【請求項 5】

前記 X 方向及び前記 Y 方向に配列された前記マイクロレンズは、相互に隙間なく連続的に配置されている、請求項 1 ~ 4 のいずれか一項に記載の拡散板。

【請求項 6】

相互に隣接する前記マイクロレンズの境界線は、直線及び曲線を含む、請求項 1 ~ 5 のいずれか一項に記載の拡散板。

【請求項 7】

前記マイクロレンズアレイは、前記マイクロレンズの基本配置パターンである複数の単位セルからなり、

前記複数の単位セル間の境界部分における前記マイクロレンズの連続性を保ちながら、前記複数の単位セルを隙間なく配列することにより、前記マイクロレンズアレイが構成される、請求項 1 ~ 6 のいずれか一項に記載の拡散板。

【請求項 8】

請求項 1 ~ 7 のいずれか 1 項に記載の拡散板を備える、表示装置。

【請求項 9】

請求項 1 ~ 7 のいずれか 1 項に記載の拡散板を備える、投影装置。

【請求項 10】

請求項 1 ~ 7 のいずれか 1 項に記載の拡散板を備える、照明装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、拡散板、表示装置、投影装置及び照明装置に関する。

【背景技術】

【0002】

光の拡散特性を変化させるために、入射光を所望の方向に拡散させる拡散板が用いられている。拡散板は、例えば、ディスプレイ等の表示装置、プロジェクタ等の投影装置、又は各種の照明装置等といった様々な装置に広く利用される。拡散板の表面形状に起因する光の屈折を利用して、入射光を所望の拡散角で拡散させるタイプの拡散板がある。当該タイプの拡散板として、数十 μm 程度の大きさのマイクロレンズが複数配置されたマイクロレンズアレイ型の拡散板が知られている。

【0003】

10

20

30

40

50

かかるマイクロレンズアレイ型の拡散板では、各マイクロレンズからの光の波面が干渉した結果、マイクロレンズ配列の周期構造による回折波が生じ、拡散光の強度分布にむらが生じるという問題がある。このため、マイクロレンズの配置や、レンズ面の形状、開口の形状をばらつかせることにより、干渉や回折による拡散光の強度分布のむらを低減する技術が提案されている。

【0004】

例えば、特許文献1には、主面上に複数のマイクロレンズが矩形格子状に規則的に配置された拡散板において、断面形状が互いに相違し、かつ、対称軸を有さない複数のマイクロレンズを用いることが記載されている。また、特許文献2には、矩形格子状に配列された複数のマイクロレンズのレンズ頂点位置を、基準格子の格子点からずらして配置することが記載されている。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【文献】国際公開第2016/051785号

【文献】国際公開第2015/182619号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、上記特許文献1に記載のように、対象軸がなく、かつ、互いに異なる断面形状を有する複数のマイクロレンズが矩形格子状に規則的に配列されたアレイ構造では、互いに隣接するマイクロレンズ間の光の位相変化のみにより、拡散光の強度分布のむらを低減することになる。このため、矩形格子の相互に直交する2つの方向に拡散光を均質に配光する効果が限定的であった。また、特許文献2に記載のように、矩形格子状に規則的に配列されたアレイ構造において、各マイクロレンズの頂点位置をずらすことのみによっては、矩形格子の2つの方向に均質性の高い配光制御を実現することはできなかった。

20

【0007】

そこで、本発明は、上記事情に鑑みてなされたものであり、本発明の目的とするところは、矩形格子状に配列されるマイクロレンズの2つの方向において、輝度分布のむらを抑制し、配光の均質性を向上させることにある。

30

【課題を解決するための手段】

【0008】

上記課題を解決するために、本発明のある観点によれば、

マイクロレンズアレイ型の拡散板であって、

基材と、

前記基材の少なくとも一方の表面におけるXY平面上に、相互に異なる3つ以上の格子間隔を有する不規則な矩形格子を基準として規則的に配列された複数のマイクロレンズから構成されるマイクロレンズアレイと、

を備え、

前記矩形格子のX方向に配列された3つ以上の前記マイクロレンズの前記X方向の格子間隔 W_x は、ランダムに変動して相互に異なり、

40

前記矩形格子のY方向に配列された3つ以上の前記マイクロレンズの前記Y方向の格子間隔 W_y は、ランダムに変動して相互に異なり、

前記複数のマイクロレンズの表面形状は、相互に異なり、

前記X方向の格子間隔 W_x は、基準格子間隔 $W_x _ k$ を基準として、 $\pm 10\%$ 以内の変動率 W_x でランダムに変動しており、

前記Y方向の格子間隔 W_y は、基準格子間隔 $W_y _ k$ を基準として、 $\pm 10\%$ 以内の変動率 W_y でランダムに変動しており、

前記X方向の曲率半径 R_x は、基準曲率半径 $R_x _ k$ を基準として、 $\pm 10\%$ 以内の変動率 R_x でランダムに変動しており、

50

前記 Y 方向の曲率半径 R_y は、基準曲率半径 R_{y_k} を基準として、 $\pm 10\%$ 以内の変動率 R_y でランダムに変動しており、

前記マイクロレンズの表面形状は、前記基準曲率半径 R_{x_k} 、 R_{y_k} 及び前記基準格子間隔 W_{x_k} 、 W_{y_k} が下記関係式 (A) 及び (B) を満足する非球面形状であり、

$$R_{x_k} / W_{x_k} = 1.85 \dots (A)$$

$$R_{y_k} / W_{y_k} = 1.85 \dots (B)$$

前記拡散板による拡散角 (半値全幅) が 20° 以下である、拡散板が提供される。

【0013】

前記 X 方向及び前記 Y 方向に配列された前記マイクロレンズの頂点の平面位置は、前記矩形格子の中心点から偏心しているようにしてもよい。

10

【0014】

前記矩形格子の中心点から、前記偏心されたマイクロレンズの頂点の平面位置までの前記 X 方向、前記 Y 方向の距離をそれぞれ偏心量 E_{cx} 、偏心量 E_{cy} とし、前記矩形格子の格子間隔 W_x 、 W_y に対する前記偏心量 E_{cx} 、 E_{cy} の割合をそれぞれ偏心率 E_{cx} 、偏心率 E_{cy} としたとき、

前記マイクロレンズの頂点の平面位置は、 $\pm 10\% \sim \pm 50\%$ 以内の偏心率 E_{cx} 、 E_{cy} でランダムに偏心しているようにしてもよい。

【0015】

前記 X 方向及び前記 Y 方向に配列された前記複数のマイクロレンズの頂点の高さ位置は、相互に異なるようにしてもよい。

20

【0016】

前記 X 方向及び前記 Y 方向に配列された前記マイクロレンズは、相互に隙間なく連続的に配置されているようにしてもよい。

【0017】

相互に隣接する前記マイクロレンズの境界線は、直線及び曲線を含むようにしてもよい。

【0018】

前記マイクロレンズアレイは、前記マイクロレンズの基本配置パターンである複数の単位セルからなり、

前記複数の単位セル間の境界部分における前記マイクロレンズの連続性を保ちながら、前記複数の単位セルを隙間なく配列することにより、前記マイクロレンズアレイが構成されるようにしてもよい。

30

【0020】

上記課題を解決するために、本発明の別の観点によれば、上記の拡散板を備える、表示装置が提供される。

【0021】

上記課題を解決するために、本発明の別の観点によれば、上記の拡散板を備える、投影装置が提供される。

【0022】

上記課題を解決するために、本発明の別の観点によれば、上記の拡散板を備える、照明装置が提供される。

40

【発明の効果】

【0023】

以上説明したように本発明によれば、矩形格子状に配列されるマイクロレンズの 2 つの方向において、輝度分布のむらを抑制し、配光の均質性を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【0024】

【図 1】本発明の一実施形態に係る拡散板を模式的に示した説明図である。

【図 2】同実施形態に係る拡散板の構成を模式的に示す拡大平面図及び拡大断面図である。

【図 3】同実施形態に係るマイクロレンズの境界近傍を模式的に示す拡大断面図である。

【図 4】同実施形態に係るマイクロレンズの平面形状 (外形) を模式的に示す平面図であ

50

る。

【図 5】同実施形態に係る不規則な矩形格子状のマイクロレンズの配置を模式的に示す平面図である。

【図 6】図 5 の状態からマイクロレンズの表面形状を変動させた例を示す説明図である。

【図 7】図 6 の状態からマイクロレンズの頂点の位置を偏心させた例を示す説明図である。

【図 8】同実施形態に係るアナモルフィック形状のマイクロレンズの平面形状を示す説明図である。

【図 9】同実施形態に係るアナモルフィック形状のマイクロレンズの立体形状を示す斜視図である。

【図 10】同実施形態に係るアナモルフィック形状の曲面を示す斜視図である。

10

【図 11】同実施形態に係るトーラス形状のマイクロレンズの平面形状を示す説明図である。

【図 12】同実施形態に係るトーラス形状のマイクロレンズの立体形状を示す斜視図である。

【図 13】同実施形態に係るトーラス形状の曲面を示す斜視図である。

【図 14】同実施形態に係るマイクロレンズの設計方法を示すフローチャートである。

【図 15】同実施形態に係るグリッド生成ステップにおいて生成された矩形格子を示す説明図である。

【図 16】同実施形態に係るグリッド偏心ステップにおいて生成された矩形格子を示す説明図である。

20

【図 17】同実施形態に係るレンズ生成ステップにおいて生成された複数のマイクロレンズを示す説明図である。

【図 18】同実施形態に係る設計方法で設計されたレンズパターンを表す画像である。

【図 19】同実施形態に係る拡散板の製造方法を示すフローチャートである。

【図 20】比較例 1 に係る拡散板に関する説明図である。

【図 21】比較例 2 に係る拡散板に関する説明図である。

【図 22】比較例 3 に係る拡散板に関する説明図である。

【図 23】実施例 1 に係る拡散板に関する説明図である。

【図 24】実施例 2 に係る拡散板に関する説明図である。

【図 25】実施例 3 に係る拡散板に関する説明図である。

30

【図 26】実施例 4 に係る拡散板に関する説明図である。

【図 27】実施例 5 に係る拡散板に関する説明図である。

【図 28】実施例 6 に係る拡散板に関する説明図である。

【図 29】実施例 7 に係る拡散板に関する説明図である。

【図 30】実施例 7 に係る拡散板に関する説明図である。

【図 31】比較例 4 に係る拡散板に関する説明図である。

【図 32】実施例 8 に係る拡散板に関する説明図である。

【図 33】実施例 9 に係る拡散板に関する説明図である。

【発明を実施するための形態】

【0025】

40

以下に添付図面を参照しながら、本発明の好適な実施の形態について詳細に説明する。なお、本明細書及び図面において、実質的に同一の機能構成を有する構成要素については、同一の符号を付することにより重複説明を省略する。

【0026】

1. 拡散板の概要

まず、本発明の実施形態に係る拡散板の概要について説明する。

【0027】

以下に詳述する本実施形態に係る拡散板は、光の均質拡散機能を備えたマイクロレンズアレイ型の拡散板である。かかる拡散板は、基材の少なくとも一方の表面（主面）における X Y 平面上に形成されたマイクロレンズアレイを有する。マイクロレンズアレイは、矩

50

形格子状に配列及び展開された複数のマイクロレンズから構成される。当該マイクロレンズは、光拡散機能を有する凸構造（凸レンズ）又は凹構造（凹レンズ）からなり、数十 μ m程度のレンズ径を有する。

【0028】

そして、本実施形態に係る拡散板では、不規則性を有する矩形格子を基準として、複数のマイクロレンズが矩形格子状（行列状）に配列される。この不規則性を有する矩形格子では、X方向（行方向）の複数の格子間隔 W_x が、ランダムに変動して相互に異なるとともに、Y方向（列方向）の複数の格子間隔 W_y も、ランダムに変動して相互に異なっている。さらには、X及びY方向に配列された複数のマイクロレンズの曲率半径 R_x 、 R_y が、相互に異なるように、ランダムに（不規則に）変動している。また、各マイクロレンズの頂点の平面位置は、矩形格子の中心点からずれるようにランダムに変動（偏心）している。また、複数のマイクロレンズの頂点のZ方向の高さ位置（拡散板の厚み方向の位置）も、ランダムに変動し、相互に異なっている。このように格子間隔 W_x 、 W_y 、曲率半径 R_x 、 R_y 、レンズ頂点の平面位置及び高さ位置等を、ランダムに変動させることにより、矩形格子状に展開された複数のマイクロレンズの表面形状は、ランダムに変動して、相互に異なる形状となっている。

10

【0029】

このように、本実施形態に係る拡散板によれば、複数のマイクロレンズの各変動要素をランダムに変動させることにより、ランダム性の高いマイクロレンズアレイの3次元表面構造を実現している。これにより、各マイクロレンズから発散される光の位相の重合状態を制御することができる。この結果、高透過性の輝度特性を有するとともに、相互に直交する2つの方向（X及びY方向）の配光の均質性を満足しつつ、十分な配光の異方性と、拡散光の強度分布のカットオフ性を制御し得る、拡散板の表面構造体を提供することができる。

20

【0030】

さらに、本実施形態によれば、相互に異なる格子間隔 W_x 、 W_y を有する不規則な矩形格子を基準として、XY平面上に複数のマイクロレンズを配列する。これにより、個々のマイクロレンズの表面形状のランダム性を確保しつつ、拡散板の表面上に複数のマイクロレンズアレイを相互に隙間なく連続的に配置することができる。したがって、隣接するマイクロレンズの境界部分に平坦部が極力存在しないようにできるので、拡散光の強度分布のむらをさらに低減して、2つの方向（X及びY方向）の配光の均質性をさらに向上できる。

30

【0031】

以下では、以上のような特徴を有する本実施形態に係る拡散板について、詳細に説明する。

【0032】

2. 拡散板の全体構成

まず、図1を参照して、本発明の一実施形態に係る拡散板の全体構成と、マイクロレンズのレイアウトパターンについて説明する。図1は、本実施形態に係る拡散板1を模式的に示した説明図である。

40

【0033】

本実施形態に係る拡散板1は、基板上に複数のマイクロレンズ（単レンズ）からなるマイクロレンズアレイが配置された、マイクロレンズアレイ型の拡散板である。かかる拡散板1のマイクロレンズアレイは、図1に示すように、複数の単位セル3から構成されている。単位セル3は、マイクロレンズの基本配置パターンである。個々の単位セル3の表面には、所定のレイアウトパターン（配置パターン）で複数のマイクロレンズが配置されている。

【0034】

ここで、図1では、拡散板1を構成する単位セル3の形状が矩形、特に正方形である例を示している。しかしながら、単位セル3の形状は、図1に示した例に限定されるもので

50

はなく、例えば、正三角形状や正六角形状などのように、拡散板 1 の表面 (X Y 平面) 上に隙間なく埋めることが可能であれば、任意の形状であってもよい。

【 0 0 3 5 】

図 1 の例では、拡散板 1 の表面上において、正方形の複数の単位セル 3 が、縦横に繰り返し配列されている。本実施形態に係る拡散板 1 を構成する単位セル 3 の個数は、特に限定されるものではなく、拡散板 1 が 1 つの単位セル 3 から構成されていてもよいし、複数の単位セル 3 から構成されていてもよい。本実施形態に係る拡散板 1 においては、互いに異なる表面構造を有する単位セル 3 が繰り返し配置されていてもよいし、互いに同一の表面構造を有する単位セル 3 が繰り返し配置されていてもよい。

【 0 0 3 6 】

また、単位セル 3 間では、図 1 中の右側の拡大図に模式的に示したように、単位セル 3 内に設けられた複数のマイクロレンズのレイアウトパターン (配置パターン) が、単位セル 3 の配列方向 (換言すれば、アレイ配列方向) に連続している。複数の単位セル 3 間の境界部分においてマイクロレンズの連続性を保ちながら、単位セル 3 を隙間なく配列することにより、マイクロレンズアレイが構成されている。ここで、マイクロレンズの連続性とは、相互に隣接する 2 つの単位セル 3 のうち、一方の単位セル 3 の外縁に位置するマイクロレンズと、他方の単位セル 3 の外縁に位置するマイクロレンズとが、平面形状のずれや高さ方向の段差がなく、連続的に接続されていることを意味する。

【 0 0 3 7 】

このように、本実施形態に係る拡散板 1 では、マイクロレンズアレイの単位セル 3 (基本構造) が、境界の連続性を保って隙間なく配列されることで、マイクロレンズアレイが構成されている。これにより、単位セル 3 間の境界部分において、光の回折、反射、散乱等の意図しない不具合の発生を防止して、拡散板 1 による所望の配光特性を得ることができる。

【 0 0 3 8 】

3 . 拡散板の構成

次に、図 2 ~ 図 4 を参照して、本実施形態に係る拡散板 1 の構成についてより詳細に説明する。図 2 は、本実施形態に係る拡散板 1 の構成を模式的に示す拡大平面図及び拡大断面図である。図 3 は、本実施形態に係るマイクロレンズ 2 1 の境界近傍を模式的に示す拡大断面図である。図 4 は、基材 1 0 の表面に対して垂直な方向からマイクロレンズ 2 1 を平面視した場合のマイクロレンズ 2 1 の平面形状 (外形) を模式的に示す平面図である。

【 0 0 3 9 】

図 2 に示すように、本実施形態に係る拡散板 1 は、基材 1 0 と、基材 1 0 の表面に形成されたマイクロレンズアレイ 2 0 と、を備える。

【 0 0 4 0 】

まず、基材 1 0 について説明する。基材 1 0 は、マイクロレンズアレイ 2 0 を支持するための基板である。かかる基材 1 0 は、フィルム状であってもよく、板状であってもよい。図 2 に示す基材 1 0 は、例えば矩形平板状を有するが、かかる例に限定されない。基材 1 0 の形状や厚さは、拡散板 1 が実装される装置の形状に応じて、任意の形状及び厚さであってもよい。

【 0 0 4 1 】

基材 1 0 は、光を透過することが可能な透明基材である。基材 1 0 は、拡散板 1 に入射する光の波長帯域において透明とみなすことが可能な材質で形成される。例えば、基材 1 0 は、可視光に対応する波長帯域において光透過率が 7 0 % 以上の材質にて形成されてもよい。

【 0 0 4 2 】

基材 1 0 は、例えば、ポリメチルメタクリレート (p o l y m e t h y l m e t h a c r y l a t e : P M M A)、ポリエチレンテレフタレート (P o l y e t h y l e n e t e r e p h t h a l a t e : P E T)、ポリカーボネート (p o l y c a r b o n a t e : P C)、環状オレフィン・コポリマー (C y c l o O l e f i n C o p o l y m e

10

20

30

40

50

r : COC)、環状オレフィンポリマー (Cyclo Olefin Polymer : COP)、トリアセチルセルロース (Triacetylcellulose : TAC) 等といった公知の樹脂で形成されてもよい。あるいは、基材 10 は、石英ガラス、ホウケイ酸ガラス、白板ガラス等といった公知の光学ガラスで形成されてもよい。

【0043】

次に、マイクロレンズアレイ 20 について説明する。マイクロレンズアレイ 20 は、基材 10 の少なくとも一方の表面 (主面) に設けられる。マイクロレンズアレイ 20 は、基材 10 の表面上に配列された複数のマイクロレンズ 21 (単レンズ) の集合体である。本実施形態では、図 2 に示すように、マイクロレンズアレイ 20 が、基材 10 の一方の表面上に形成されている。しかし、かかる例に限定されず、基材 10 の両方の主面 (表面と裏面) に、マイクロレンズアレイ 20 が形成されてもよい。

10

【0044】

マイクロレンズ 21 は、例えば数十 μm オーダーの微細な光学レンズである。マイクロレンズ 21 は、マイクロレンズアレイ 20 の単レンズを構成する。マイクロレンズ 21 は、拡散板 1 の厚み方向に陥没するように形成された凹構造 (凹レンズ) であってもよいし、拡散板 1 の厚み方向に突出するように形成された凸構造 (凸レンズ) であってもよい。本実施形態では、図 2 に示すようにマイクロレンズ 21 が凹構造 (凹レンズ) である例について説明するが、かかる例に限定されない。拡散板 1 の所望の光学特性に応じて、マイクロレンズ 21 は凸構造 (凸レンズ) であってもよい。

【0045】

各マイクロレンズ 21 の表面形状は、曲面成分を含む曲面形状であれば、特に限定されない。マイクロレンズ 21 の表面形状は、例えば、球面成分のみを含む球面形状であってもよいし、球面成分と非球面成分を含む非球面形状であってもよいし、あるいは、非球面成分のみを含む非球面形状であってもよい。

20

【0046】

図 2 に示すように、複数のマイクロレンズ 21 は、互いに隙間なく隣接するように密集して配置されることが好ましい。換言すると、互いに隣接するマイクロレンズ 21 間の境界部分に隙間 (平坦部) が存在しないように、複数のマイクロレンズ 21 が連続的に配置されることが好ましい。基材 10 上にマイクロレンズ 21 を隙間なく配置する (換言すれば、マイクロレンズ 21 の充填率が 100% となるように配置する) ことで、入射光のうち拡散板 1 の表面で散乱せずにそのまま透過してしまう成分 (以下、「0 次透過光成分」ともいう。) を抑制することが可能となる。その結果、複数のマイクロレンズ 21 が互いに隙間なく隣接するように配置されたマイクロレンズアレイ 20 により、拡散性能を更に向上させることが可能となる。

30

【0047】

なお、0 次透過光成分を抑制するためには、基材 10 の上のマイクロレンズ 21 の充填率は、90% 以上であることが好ましく、100% であることがより好ましい。ここで、充填率とは、基材 10 の表面上において複数のマイクロレンズ 21 が占める部分の面積の割合である。充填率が 100% であれば、マイクロレンズアレイ 20 の表面は、曲面成分で形成され、平坦面成分をほぼ含まないことになる。

40

【0048】

ただし、実際のマイクロレンズアレイ 20 の製造上では、複数のマイクロレンズ 21 の曲面を連続的に接続するために、隣接するマイクロレンズ 21 間の境界における変曲点近傍が略平坦となることがあり得る。このような場合、マイクロレンズ 21 間の境界において、略平坦となる変曲点近傍領域の幅 (マイクロレンズ 21 間の境界線の幅) は、1 μm 以下であることが好ましい。これにより、0 次透過光成分を十分に抑制できる。

【0049】

また、本実施形態に係るマイクロレンズアレイ 20 においては、複数のマイクロレンズ 21 は、ランダムに (不規則に) 配置されるのではなく、図 2 に示すように、X 方向及び Y 方向に格子間隔 W_x 、 W_y が変動した不規則な矩形格子 (図 5 参照。) を基準として、

50

ある程度規則的（以下、「準規則的」という。）に配置される。ここで、「ランダム」とは、マイクロレンズアレイの任意の領域において、マイクロレンズの配置に実質的な規則性が存在しないことを表す。ただし、微小領域においてマイクロレンズの配置に何らかの規則性が存在したとしても、任意の領域全体としてマイクロレンズの配置に規則性が存在しないものは、「不規則」に含まれるものとする。

【0050】

本実施形態では、複数のマイクロレンズ21は、不規則性を有する矩形格子を基準として、準規則的に配置される。その上で、マイクロレンズ21の表面形状や平面形状がランダムに変動している。図2及び図4に示すように、マイクロレンズ21の平面形状（外形）は、全体的には略矩形形状に近い形状を有するが、矩形格子に対応した完全な矩形形状（正方形又は長方形）ではない。具体的には、マイクロレンズ21の平面形状は、略四角形、略五角形、略六角形など、4つ以上の頂点を有する略多角形に近い形状を有している。そして、複数のマイクロレンズ21の表面形状（立体的な曲面形状）及び平面形状（基材10のXY平面に投影した形状）は、相互に異なる。このように、各々のマイクロレンズ21が矩形形状から不規則に崩れた形状を有している理由は、各マイクロレンズ21の曲率半径 R_x 、 R_y 、開口径 D_x 、 D_y 、及びレンズ頂点の平面位置及び高さ位置などが、所定の変動率の範囲内でランダムに変動しているからである。なお、本実施形態に係る矩形格子を基準としたマイクロレンズ21の準規則的な配置方法の詳細については、後述する（図5～図7参照。）。

【0051】

このように、本実施形態では、各マイクロレンズ21の曲率半径 R_x 、 R_y 及び開口径 D_x 、 D_y はそれぞれランダムに変動し、ばらつきを有している。なお、マイクロレンズ21の開口径 D_x 、 D_y は、単レンズのレンズ径に相当する。各々のマイクロレンズ21の光学開口の位相分布は、方位によって異なる。複数のマイクロレンズ21が基材10の表面上に互いに重なり合うように連続的に配置され、かつ各々のマイクロレンズ21の曲率半径 R_x 、 R_y 及び開口径 D_x 、 D_y （レンズ径）がばらつきを有する。これにより、複数のマイクロレンズ21の形状（表面形状及び平面形状）は、互いに同一形状とならなくなる。したがって、複数のマイクロレンズ21は、図2に示したように様々な形状を有するようになり、対称性を有しないものが多くなる。

【0052】

この結果、図3に示すように、マイクロレンズ21Aの曲率半径が R_A である一方、当該マイクロレンズ21Aに隣接するマイクロレンズ21Bの曲率半径が R_B （ R_A ）であるという状態が生じるようになる。互いに隣接するマイクロレンズ21の曲率半径 R_A 、 R_B が互いに異なる場合、互いに隣接するマイクロレンズ21の間の境界線は、直線のみで構成されず、少なくとも一部に曲線を含んで構成されるようになる。

【0053】

具体的には、図4に示すように、基材10の表面に対して垂直なZ方向からマイクロレンズ21を平面視した場合、マイクロレンズ21の平面形状の外形線（当該マイクロレンズ21と、隣接する他の複数のマイクロレンズ21との間の境界線）は、互いに曲率が異なる複数の曲線と、直線とを含むことになる。マイクロレンズ21の境界線が互いに曲率が異なる複数の曲線を含む場合、マイクロレンズ21の間の境界の規則性がさらに崩れるため、拡散光の回折成分をさらに低減することができる。

【0054】

4. マイクロレンズの配置方法

次に、図5～図7を参照して、本実施形態に係るマイクロレンズ21の配置方法について、詳細に説明する。図5は、本実施形態に係る不規則な矩形格子状のマイクロレンズ21の配置を模式的に示す平面図である。図6は、図5の状態からマイクロレンズ21の表面形状を変動させた例を示す説明図である。図7は、図6の状態からマイクロレンズ21の頂点22の平面位置を偏心させた例を示す説明図である。

【0055】

上記のような特徴を有する複数のマイクロレンズ 2 1 が配列されたマイクロレンズアレイ 2 0 は、以下に述べる本実施形態に係る配置方法により実現することが可能である。

【 0 0 5 6 】

まず、図 5 に示すように、基準形状を有する複数のマイクロレンズ 2 1 を、矩形格子状に準規則的に配列した基準状態（以下、「初期配列状態」ともいう。）をひとまず設定する。次いで、かかる初期配列状態から、図 6、図 7 に示すように、マイクロレンズ 2 1 の形状（即ち、曲率半径 R_x 、 R_y 、開口径 D_x 、 D_y 等）と、マイクロレンズ 2 1 の頂点 2 2 の位置をランダムに変動させた状態（以下、「変動配列状態」ともいう。）に変更する。以下、このようなマイクロレンズ 2 1 の配置方法を、「基準配置方法」と称する。

【 0 0 5 7 】

この基準配置方法では、準規則的なマイクロレンズ 2 1 の配列（図 5 参照。）を経た上で、マイクロレンズ 2 1 の形状及び配置にランダム性を付与する（図 6、図 7 参照。）。このため、最終的な変動配列状態のマイクロレンズアレイ 2 0（図 2、図 7 参照。）を、ある程度マクロ的に俯瞰すると、準規則的な初期配列状態（図 5 参照。）をある程度推定できるようなマイクロレンズ 2 1 の配置となる。以下に、この基準配置方法について詳述する。

【 0 0 5 8 】

（ 1 ）不規則な矩形格子を基準にしたマイクロレンズ 2 1 の初期配列状態（図 5 ）

本実施形態に係る基準配置法では、まず、マイクロレンズ 2 1 の配置の基準となる初期配列状態を設定する。具体的には、図 5 に示すように、初期配列状態では、複数のマイクロレンズ 2 1 が、基準面の XY 平面上に、不規則性を有する矩形格子を基準として、ある程度規則的（準規則的）に配列される。

【 0 0 5 9 】

本実施形態に係る矩形格子は、長方形の格子であってもよいし、正方形の格子であってもよい。図 5 に示すように、矩形格子は、第 1 方向（ X 方向）に延びる複数の格子線 3 2 と、第 2 方向（ Y 方向）に延びる複数の格子線 3 1 からなる。第 1 方向（ X 方向）と第 2 方向（ Y 方向）は相互に直交する。かかる矩形格子において、 X 方向の格子間隔 W_x は、第 2 方向（ Y 方向）に延びる複数の格子線 3 1 の間隔である。 Y 方向の格子間隔 W_y は、第 1 方向（ X 方向）に延びる複数の格子線 3 2 の間隔である。

【 0 0 6 0 】

ここで、上記不規則な矩形格子とは、図 5 に示すように、 X 方向の格子間隔 W_x が、ランダムに変動して相互に異なり、かつ Y 方向の格子間隔 W_y が、ランダムに変動して相互に異なるような矩形格子である。図 5 の矩形格子の例では、 X 方向の 3 つの格子間隔 W_{x1} 、 W_{x2} 、 W_{x3} は相互に異なり、 Y 方向の 3 つの格子間隔 W_{y1} 、 W_{y2} 、 W_{y3} も相互に異なる。格子間隔 W_x と格子間隔 W_y は、相互に相関なく、それぞれ独立的にランダムに変動してもよい。この結果、例えば、 X 方向及び Y 方向の格子間隔 W_{x1} 、 W_{x2} 、 W_{x3} 、 W_{y1} 、 W_{y2} 、 W_{y3} が相互に異なってもよい。

【 0 0 6 1 】

格子間隔 W_x と格子間隔 W_y をランダムに変動させる方法は、例えば、次のとおりである。まず、 X 方向及び Y 方向の格子間隔 W_x 、 W_y の変動の基準となる一定の基準値 W_{x_k} 、 W_{y_k} （以下、基準格子間隔 W_{x_k} 、 W_{y_k} という。）を設定する。次いで、基準格子間隔 W_{x_k} 、 W_{y_k} を所定の変動率 W_x 、 W_y [\pm %] の範囲内でランダムに変動させて、格子間隔 W_x 、 W_y を設定する（ $W_x = W_{x_k} \times (100 \pm W_x [\%])$ ）、 $W_y = W_{y_k} \times (100 \pm W_y [\%])$ ）。これを矩形格子の格子数分だけ繰り返して、 X 方向及び Y 方向の複数の格子間隔 W_{x1} 、 W_{x2} 、 W_{x3} 、 \dots 、 W_{y1} 、 W_{y2} 、 W_{y3} 、 \dots をそれぞれ設定する。

【 0 0 6 2 】

ここで、変動率 W_x 、 W_y は、 $\pm 10\% \sim \pm 50\%$ の範囲内であることが好ましい。変動率 W_x 、 W_y を $\pm 10\%$ 未満に設定すると、格子間隔 W_x 、 W_y の変動が不十分となり、マイクロレンズアレイ 2 0 に十分な非周期性を付与することが困難になり、マ

10

20

30

40

50

マイクロレンズアレイ 20 による拡散光の均質性が低下するおそれがある。一方、変動率 W_x 、 W_y を $\pm 50\%$ 超に設定すると、格子間隔 W の変動が過度に大きくなり、 XY 平面上に複数のマイクロレンズ 21 を隙間なく連続的に配列することが困難になるおそれがある。

【0063】

例えば、変動率 W_x 、 W_y が「 $\pm 10\%$ 」に設定された場合、格子間隔 W_x 、 W_y は、基準格子間隔 W_{x_k} 、 W_{y_k} を基準として「 $\pm 10\%$ 」以下の範囲内（つまり、 W_{x_k} 、 W_{y_k} の 90% の値以上、 110% の値以下）で、基準格子間隔 W_{x_k} 、 W_{y_k} からランダムにずれた値に設定される。

【0064】

以上のようにして、本実施形態では、 X 方向及び Y 方向の複数の格子間隔 W_{x1} 、 W_{x2} 、 W_{x3} 、 \dots 、 W_{y1} 、 W_{y2} 、 W_{y3} 、 \dots を相互に異なる値にランダムに設定する。そして、当該格子間隔 W_{x1} 、 W_{x2} 、 W_{x3} 、 \dots 、 W_{y1} 、 W_{y2} 、 W_{y3} 、 \dots を用いて、格子間隔 W_x 、 W_y が相互に異なる不規則な矩形格子（図 5 参照。）を設定する。

【0065】

次いで、上記不規則な矩形格子を基準として、図 5 に示すように、 XY 平面上に複数のマイクロレンズ 21 を配列する。この状態が、マイクロレンズ 21 の配置の基準となる初期配列状態である。初期配列状態では、各マイクロレンズ 21 の平面形状は矩形格子に対応する矩形形状であり、マイクロレンズ 21 の平面形状の外形線は、 X 方向及び Y 方向の格子線 31、32 に一致している。また、各マイクロレンズ 21 の頂点 22 の位置は、格子線 31、32 で囲まれる各矩形格子の中心点 23 に一致している。また、この初期配列状態では、各マイクロレンズ 21 の X 方向及び Y 方向の開口径 D_x 、 D_y は、 X 方向及び Y 方向の格子間隔 W_x 、 W_y にそれぞれ一致している。ここで、格子間隔 W_x 、 W_y が相互に異なる値に変動しているため、開口径 D_x 、 D_y も相互に異なる値に変動している。

【0066】

また、初期配列状態における各マイクロレンズ 21 の表面形状は、予め設定された所定の基準形状（例えば、非球面形状の基準形状）を、各マイクロレンズ 21 に対応する矩形格子で切り出した形状となっている。ここで、各マイクロレンズ 21 に対応する格子間隔 W_x 、 W_y が相互に異なるため、複数のマイクロレンズ 21 の開口径 D_x 、 D_y や表面形状は、相互に異なる。つまり、上記不規則な矩形格子を基準として複数のマイクロレンズ 21 を配列することにより、初期配列状態では、マイクロレンズ 21 の開口径 D_x 、 D_y や表面形状が相互に異なるように、複数のマイクロレンズ 21 を配置することができる。

【0067】

(2) 曲率半径 R_x 、 R_y を変動させたマイクロレンズ 21 の第 1 の変動配列状態（図 6）

上記のように初期配列状態を設定した後、図 6 に示すように、マイクロレンズ 21 の曲率半径 R_x 、 R_y をランダムに変動させることにより、マイクロレンズ 21 の表面形状を変動させた第 1 の変動配列状態を設定する。図 6 は、マイクロレンズ 21 の表面形状が、 X 方向の異方性を有する非球面形状である場合に、当該非球面形状の曲率半径 R_x 、 R_y を変動させた例を示す。

【0068】

曲率半径 R は、 X 方向の断面で切断したマイクロレンズ 21 の断面形状の曲率半径 R_x と、 Y 方向の断面で切断したマイクロレンズ 21 の断面形状の曲率半径 R_y とを含む。マイクロレンズ 21 の表面形状が球面形状である場合、 R_x と R_y は同一の値となる。一方、マイクロレンズ 21 の表面形状が、異方性を有する非球面形状である場合、 R_x と R_y は異なる値となり得る。

【0069】

上記の初期配列状態のマイクロレンズ 21 の曲率半径 R_x 、 R_y をランダムに変動させる方法は、例えば、次のとおりである。まず、 X 方向及び Y 方向の曲率半径 R_x 、 R_y の

10

20

30

40

50

変動の基準となる一定の基準値 R_{x_k} 、 R_{y_k} （以下、基準曲率半径 R_{x_k} 、 R_{y_k} という。）を設定する。次いで、基準曲率半径 R_{x_k} 、 R_{y_k} を所定の変動率 R_x 、 R_y [%] の範囲内でランダムに変動させて、曲率半径 R_x 、 R_y を設定する（ $R_x = R_{x_k} \times (100 \pm R_x [\%])$ 、 $R_y = R_{y_k} \times (100 \pm R_y [\%])$ ）。これを各マイクロレンズ 21 の個数分だけ繰り返して、各マイクロレンズ 21 について、X 方向及び Y 方向の曲率半径 R_{x11} 、 R_{y11} 、 R_{x21} 、 R_{y21} 、 \dots 、 R_{xnm} 、 R_{ynm} をそれぞれ設定する。なお、 n は、X 方向に配列されるマイクロレンズ 21 の個数であり、 m は、Y 方向に配列されるマイクロレンズ 21 の個数である。

【0070】

ここで、変動率 R_x 、 R_y は、 $\pm 10\% \sim \pm 50\%$ の範囲内であることが好ましい。変動率 R_x 、 R_y を $\pm 10\%$ 未満に設定すると、曲率半径 R_x 、 R_y の変動が不十分となり、マイクロレンズアレイ 20 に十分な非周期性を付与することが困難になり、マイクロレンズアレイ 20 による拡散光の均質性が低下するおそれがある。一方、変動率 R_x 、 R_y を $\pm 50\%$ 超に設定すると、曲率半径 R_x 、 R_y の変動が過度に大きくなり、XY 平面上に複数のマイクロレンズ 21 を隙間なく連続的に配列することが困難になるおそれがある。

10

【0071】

以上のようにして、初期配列状態の各マイクロレンズ 21 の曲率半径 R_x 、 R_y をランダムに変動させる（第 1 の変動配列状態）。この結果、図 6 に示すように、X 方向に配列されたマイクロレンズ 21 の X 方向の曲率半径 R_x は、相互に異なる値となる。同様に、Y 方向に配列されたマイクロレンズ 21 の Y 方向の曲率半径 R_y は、相互に異なる値となる。詳細には、曲率半径 R_x は、基準曲率半径 R_{x_k} を基準として、 $\pm 10\% \sim \pm 50\%$ 以内の変動率 R_x でランダムに変動している。また、曲率半径 R_y は、基準曲率半径 R_{y_k} を基準として、 $\pm 10\% \sim \pm 50\%$ 以内の変動率 R_y でランダムに変動している。

20

【0072】

かかる第 1 の変動配列状態では、図 6 に示すように、各マイクロレンズ 21 の平面形状は矩形格子からずれた形状となり、マイクロレンズ 21 の平面形状の外形線は、X 方向及び Y 方向の格子線 31、32 と一致しない場合もある。ただし、各マイクロレンズ 21 の頂点 22 の位置は、各矩形格子の中心点 23 に一致している。また、第 1 の変動配列状態では、各マイクロレンズ 21 の X 方向及び Y 方向の開口径 D_x 、 D_y は、X 方向及び Y 方向の格子間隔 W_x 、 W_y からずれる。

30

【0073】

このように、マイクロレンズ 21 の曲率半径 R_x 、 R_y をランダムに変動させた第 1 の変動配列状態では、マイクロレンズ 21 の開口径 D_x 、 D_y や表面形状が、初期配列状態よりもさらに相互に異なるように、複数のマイクロレンズ 21 を配置することができる。

【0074】

（3）レンズ頂点位置を変動させたマイクロレンズ 21 の第 2 の変動配列状態（図 7）

上記のように第 1 の変動配列状態を設定した後、図 7 に示すように、マイクロレンズ 21 の頂点 22 の平面位置を、上記矩形格子の中心点 23 からランダムに偏心させた第 2 の変動配列状態を設定する。ここで、偏心とは、XY 平面上においてマイクロレンズ 21 の頂点 22 の平面位置を、矩形格子の中心点 23 からずれるように変動させることを意味する。なお、矩形格子の中心点 23 は、矩形格子の 2 つの対角線の交点である（図 4 参照）。

40

【0075】

上記の第 1 の変動配列状態のマイクロレンズ 21 の頂点 22 の平面位置をランダムに偏心させる方法は、例えば、次のとおりである。

【0076】

まず、マイクロレンズ 21 の頂点 22 の平面位置（以下、レンズ頂点位置 22 という場合もある。）の偏心量 E_c を設定する。偏心量 E_c は、矩形格子の中心点 23 からのレン

50

ズ頂点位置 2 2 のずれ量（距離）である。偏心量 E_c は、X 方向の偏心量 E_{cx} と Y 方向の偏心量 E_{cy} で表される。偏心量 E_{cx} は、矩形格子の中心点 2 3 からのレンズ頂点位置 2 2 の X 方向のずれ量であり、偏心量 E_{cy} は、矩形格子の中心点 2 3 からのレンズ頂点位置 2 2 の Y 方向のずれ量である。

【 0 0 7 7 】

次いで、X 方向及び Y 方向の偏心率 E_{cx} 、 E_{cy} を設定する。X 方向の偏心率 E_{cx} は、上記矩形格子の格子間隔 W_x に対する偏心量 E_{cx} の割合（百分率）である。Y 方向の偏心率 E_{cy} は、上記矩形格子の格子間隔 W_y に対する偏心量 E_{cy} の割合（百分率）である。偏心率 E_{cx} 、 E_{cy} は以下の式で表される。

$$E_{cx} [\%] = E_{cx} / W_x \times 100$$

$$E_{cy} [\%] = E_{cy} / W_y \times 100$$

10

【 0 0 7 8 】

次いで、上記設定した偏心率 E_{cx} 、 E_{cy} に基づいて、レンズ頂点位置を偏心させる。詳細には、各マイクロレンズ 2 1 のレンズ頂点位置 2 2 を、 $\pm 10\% \sim \pm 50\%$ 以内の偏心率 E_{cx} 、 E_{cy} でランダムに偏心させる。

【 0 0 7 9 】

ここで、偏心率 E_{cx} 、 E_{cy} は、 $\pm 10\% \sim \pm 50\%$ の範囲内であることが好ましい。偏心率 E_{cx} 、 E_{cy} を $\pm 10\%$ 未満に設定すると、レンズ頂点位置 2 2 の偏心量 E_{cx} 、 E_{cy} が不十分となり、マイクロレンズアレイ 2 0 に十分な非周期性を付与することが困難になり、マイクロレンズアレイ 2 0 による X 方向及び Y 方向の拡散光の均質性が低下するおそれがある。一方、偏心率 E_{cx} 、 E_{cy} を $\pm 50\%$ 超に設定すると、レンズ頂点の偏心量 E_{cx} 、 E_{cy} が過度に大きくなり、XY 平面上に複数のマイクロレンズ 2 1 を隙間なく連続的に配列することが困難になるおそれがある。

20

【 0 0 8 0 】

以上のようにして、第 1 の変動配列状態の各マイクロレンズ 2 1 の頂点 2 2 の平面位置を、矩形格子の中心点 2 3 からランダムに変動させる（第 2 の変動配列状態）。この結果、図 7 に示すように、各マイクロレンズ 2 1 の頂点 2 2 の平面位置は、XY 平面上においてランダムな方向に、ランダムな偏心量 E_{cx} 、 E_{cy} でずれる。

【 0 0 8 1 】

この結果、図 4 及び図 7 に示すように、第 2 の変動配列状態では、上記第 1 の変動配列状態（図 6 参照。）よりもさらに、各マイクロレンズ 2 1 の平面形状は矩形格子に対応する矩形からずれた形状となる。また、第 2 の変動配列状態では、各マイクロレンズ 2 1 の X 方向及び Y 方向の開口径 D_x 、 D_y は、X 方向及び Y 方向の格子間隔 W_x 、 W_y からさらにずれる。

30

【 0 0 8 2 】

このように、マイクロレンズ 2 1 の頂点 2 2 の平面位置をランダムに偏心させた第 2 の変動配列状態では、マイクロレンズ 2 1 の表面形状や開口径 D_x 、 D_y が、第 1 の変動配列状態よりもさらに相互に異なるように、複数のマイクロレンズ 2 1 を配置することができる。

【 0 0 8 3 】

また、上記第 2 の変動配列状態では、複数のマイクロレンズ 2 1 の頂点 2 2 の高さ位置（拡散板 1 の厚み方向の位置）は、相互に変動している。詳細には、図 2 に示すように、X 方向に配列された複数のマイクロレンズ 2 1 の頂点 2 2（凹レンズの最深点）の高さ位置は、相互に異なり、Y 方向に配列された複数のマイクロレンズ 2 1 の頂点 2 2（凹レンズの最深点）の高さ位置も、相互に異なる。これにより、複数のマイクロレンズ 2 1 の形状及び配置のランダム性をさらに高めて、マイクロレンズアレイ 2 0 に十分な非周期性を付与することができる。

40

【 0 0 8 4 】

以上のように、本実施形態に係るマイクロレンズ 2 1 の配置方法によれば、まず、相互に異なる格子間隔 W_x 、 W_y を有する不規則な矩形格子を基準として、複数のマイクロレ

50

レンズ 2 1 を準規則的に配列する（初期配列状態：図 5）。これにより、各マイクロレンズ 2 1 の平面形状の外形線が当該不規則な矩形格子の格子線 3 1、3 2 に沿うようにして、マイクロレンズ 2 1 が X Y 平面内に準規則的に配列される。

【 0 0 8 5 】

その後、当該配列された複数のマイクロレンズ 2 1 の曲率半径 R_x 、 R_y や表面形状、レンズ頂点位置 2 2 をランダムに変動させる（第 1、第 2 の変動配列状態：図 6、図 7）。これにより、準規則的に配列されたマイクロレンズ 2 1 の表面形状（立体形状）や開口形状（平面形状）、開口径 D_x 、 D_y 、配置などを、ランダムにばらつかせることができる。このため、準規則的なマイクロレンズ 2 1 の配列を実現しつつ、ランダム性の高いマイクロレンズアレイ 2 0 の 3 次元表面構造を実現できる。

10

【 0 0 8 6 】

したがって、本実施形態に係るマイクロレンズアレイ 2 0 によれば、各マイクロレンズ 2 1 から発散される光の位相の重合状態を好適に制御できる。よって、各マイクロレンズ 2 1 からの拡散光の干渉や、マイクロレンズ配列の周期構造による回折を好適に抑制できる。それ故、拡散光の強度分布のむらを低減して、相互に直交する X 及び Y 方向の配光の均質性を向上できる。さらに、X 及び Y 方向の配光の異方性と、拡散光の強度分布のカットオフ性を制御することも可能となる。

【 0 0 8 7 】

なお、カットオフ性とは、マイクロレンズアレイ 2 0 からの拡散光が、いわゆるトップハット型の拡散特性を有することを意味する。トップハット型の拡散特性とは、可視光領域のコリメート光や、コリメート性のある主光線を有して一定の開口を持つテレセントリック光に対して、一定領域における角度成分内でエネルギー分布の均質性が非常に高く、この角度成分の一定領域を超過するとエネルギーが急激に減少し得る光学機能をいう。かかるトップハット型の拡散特性が実現されることで、マイクロレンズアレイ 2 0 に入射した光の拡散光の輝度分布が、所定の拡散角度範囲で略均一となり、所定の拡散角度範囲内で、拡散光の輝度値がピークレベルの平均値を中心として例えば $\pm 20\%$ の範囲内に収まっている状態が実現される。

20

【 0 0 8 8 】

本実施形態に係るマイクロレンズアレイ 2 0 によれば、上記の配置方法で複数のマイクロレンズ 2 1 を矩形格子状に配列し、各マイクロレンズ 2 1 の曲率半径 R_x 、 R_y 、レンズ頂点位置 2 2 等を適切に制御したり、マイクロレンズ 2 1 の表面形状に非球面形状を導入したりする。これによって、マイクロレンズアレイ 2 0 の所望の拡散特性を実現することができるので、トップハット型の拡散特性をより確実に実現させることが可能となる。

30

【 0 0 8 9 】

さらに、本実施形態によれば、相互に異なる格子間隔 W_x 、 W_y を有する不規則な矩形格子を基準として、X Y 平面上に複数のマイクロレンズ 2 1 を準規則的に配列した上で（初期配列状態）、曲率半径 R_x 、 R_y や、レンズ頂点位置 2 2 を変動させる（第 1、第 2 の変動配列状態）。これにより、個々のマイクロレンズ 2 1 の表面形状のランダム性を確保しつつ、拡散板 1 の表面上に複数のマイクロレンズ 2 1 を相互に隙間なく連続的に配置することができる。したがって、隣接するマイクロレンズ 2 1 の境界部分に平坦部が極力存在しないようにできるので、入射光のうち拡散板表面で散乱せずにそのまま透過してしまう成分（0 次透過光成分）を抑制することが可能となる。その結果、相互に直交する X 及び Y 方向の配光の均質性と、拡散性能を更に向上させることが可能となる。

40

【 0 0 9 0 】

5 . マイクロレンズの非球面形状の例

次に、本実施形態に係るマイクロレンズ 2 1 の表面形状が、異方性を有する非球面形状である例について説明する。

【 0 0 9 1 】

本実施形態では、マイクロレンズアレイ 2 0 の全体に亘って、共通の方向に異方性を有する複数のマイクロレンズ 2 1 を、矩形格子状に配列してもよい。異方性を有するマイク

50

ロレンズ 2 1 は、例えば、一方向（長手方向）の長さが該一方向と直交する他方向（短手方向）の長さよりも長い平面形状を有するマイクロレンズである。基材 1 0 の X Y 平面上において、各マイクロレンズ 2 1 の長手方向が同じ方向に向くように、異方性を有する複数のマイクロレンズ 2 1 を配列する。

【 0 0 9 2 】

これにより、投射面における拡散光の異形状を制御することが可能になる。例えば、拡散板 1 において、マイクロレンズ 2 1 の長手方向の光の拡散幅を小さくし、短手方向の光の拡散幅を大きくする。これにより、拡散板 1 により拡散される光の異形状を、投射面の形状に合わせて制御することができる。

【 0 0 9 3 】

以下では、図 8 ~ 図 1 1 を参照して、個々のマイクロレンズ 2 1 の表面形状（三次元立体形状）が異方性を有する非球面形状である場合について、より詳細に説明する。マイクロレンズ 2 1 は、所定の方向に延伸した異方性を有する非球面形状を有する。この非球面形状としては、例えば、以下で説明する第 1 の非球面形状例（アナモルフィック形状）や、第 2 の非球面形状例（トーラス形状）などを用いることができる。

【 0 0 9 4 】

（ 1 ）第 1 の非球面形状例（アナモルフィック形状）

まず、図 8 ~ 図 1 1 を参照して、マイクロレンズ 2 1 の非球面形状の例（アナモルフィック形状）について説明する。図 8 は、アナモルフィック形状のマイクロレンズ 2 1 の平面形状を示す説明図である。図 9 は、アナモルフィック形状のマイクロレンズ 2 1 の立体形状を示す斜視図である。図 1 0 は、アナモルフィック形状の曲面を示す斜視図である。

【 0 0 9 5 】

図 8 及び図 9 に示すマイクロレンズ 2 1 は、いわゆるアナモルフィックレンズであり、その表面形状は、アナモルフィック形状の曲面を含む非球面形状である。図 8 に示すように、当該マイクロレンズ 2 1 の平面形状は、異方性を有する楕円形状である。当該楕円形状の Y 軸方向の長径が D y であり、X 軸方向の短径が D x である。これら D x、D y は、マイクロレンズ 2 1 の X 方向及び Y 方向の開口径に相当する。図 9 に示すように、当該マイクロレンズ 2 1 の立体形状は、楕円形状の長軸方向及び短軸方向の各々に所定の曲率半径 R x、R y を有する非球面形状の曲面からなる。かかるマイクロレンズ 2 1 は、Y 軸方向に異方性を有する非球面形状となっている。

【 0 0 9 6 】

ここで、図 1 0 及び下記数式（ 1 ）を参照して、アナモルフィック形状のマイクロレンズ 2 1 の表面形状の設定方法について説明する。図 1 0 は、下記数式（ 1 ）で表される、アナモルフィック形状の曲面（非球面）を示す斜視図である。下記数式（ 1 ）は、アナモルフィック形状の曲面（非球面）を表す式の一例である。

【 0 0 9 7 】

【数 1】

$$Z = \frac{C_x x^2 + C_y y^2}{1 + \sqrt{1 - (1 + K_x) C_x^2 x^2 - (1 + K_y) C_y^2 y^2}} + A_{x4} x^4 + A_{y4} y^4 + A_{x6} x^6 + A_{y6} y^6 \dots (1)$$

【 0 0 9 8 】

なお、数式 1 において、各パラメータは以下のとおりである。

C x = 1 / R x

C y = 1 / R y

R x : X 方向の曲率半径

R y : Y 方向の曲率半径

K x : X 方向のコーニック係数

K y : Y 方向のコーニック係数

10

20

30

40

50

A_{x4}, A_{x6} : X方向の4次、6次の非球面係数

A_{y4}, A_{y6} : Y方向の4次、6次の非球面係数

【0099】

図10に示すように、上記数式(1)で規定されるアナモルフィック形状の曲面から、XY平面上の楕円形状のX方向の短径が D_x となり、Y方向の長径が D_y となるように、曲面を切り出す。この切り出した一部の曲面形状を、マイクロレンズ21の曲面形状(アナモルフィック形状)に設定する。ここで、楕円形状の長径 D_y 、短径 D_x 、Y方向(長軸方向)の曲率半径 R_y 、及びX方向(短軸方向)の曲率半径 R_x を、マイクロレンズ21ごとに、所定の変動率の範囲内でランダムに変動させて、ばらつかせる。これにより、相互に異なるアナモルフィック形状からなる複数のマイクロレンズ21の表面形状を設定できる。

10

【0100】

(2)第2の非球面形状例(トーラス形状)

次に、図11~図13を参照して、マイクロレンズ21の非球面形状の別の例(トーラス形状)について説明する。図11は、トーラス形状のマイクロレンズ21の平面形状を示す説明図である。図12は、トーラス形状のマイクロレンズ21の立体形状を示す斜視図である。図13は、トーラス形状の曲面を示す斜視図である。

【0101】

図11~図13に示すように、第2の非球面形状例に係るマイクロレンズ21の表面形状は、トーラス形状の一部の曲面を含む非球面形状である。トーラスは、円を回転して得られる回転面である。具体的には、図13に示すように、小円(半径: r)の外側に配置された回転軸(X軸)を中心として、大円(半径: R)の円周に沿って当該小円を回転させることにより、いわゆるドーナツ型の円環体を得られる。この円環体の表面(トーラス面)の曲面形状がトーラス形状である。このトーラス形状の外側部分を切り出すことにより、図12に示すようなトーラス形状のマイクロレンズ21の立体形状が得られる。

20

【0102】

図11に示すように、トーラス形状のマイクロレンズ21の平面形状は、異方性を有する楕円形状である。当該楕円形状のY軸方向の長径が R であり、X軸方向の短径が r である。これら r 、 R は、マイクロレンズ21のX方向及びY方向の開口径 D_x 、 D_y に相当する。図12に示すように、当該マイクロレンズ21の立体形状は、楕円形状の長軸方向及び短軸方向の各々に所定の曲率半径 R 、 r を有する非球面形状の曲面からなる。かかるマイクロレンズ21は、Y軸方向に異方性を有する非球面形状となっている。

30

【0103】

ここで、図13及び下記数式(2)を参照して、トーラス形状のマイクロレンズ21の表面形状の設定方法について説明する。図13は、下記数式(2)で表される非球面の曲面を示す斜視図である。なお、数式2において、 R は大円半径であり、 r は小円半径である。

【0104】

【数2】

$$Z = \sqrt{\left(R \pm \sqrt{r^2 - x^2}\right)^2 - y^2} \quad \dots (2)$$

40

【0105】

図13に示すように、上記数式(2)で規定されるトーラス形状の曲面から、XY平面上の楕円形状のX方向の短径が r となり、Y方向の長径が R となるように、曲面を切り出す。この切り出した一部の曲面形状を、マイクロレンズ21の曲面形状(トーラス形状)に設定する。ここで、楕円形状の長径 D_y 、短径 D_x 、Y方向(長軸方向)の曲率半径 R (レンズの曲率半径 R_y に相当。)、及びX方向(短軸方向)の曲率半径 r (レンズの曲率半径 R_x に相当。)を、マイクロレンズ21ごとに、所定の変動率の範囲内でランダム

50

ムに変動させて、ばらつかせる。これにより、相互に異なるトーラス形状からなる複数のマイクロレンズ 2 1 の表面形状を設定できる。

【 0 1 0 6 】

なお、本実施形態に係るマイクロレンズ 2 1 の表面形状（異方性を有する非球面形状）として、上記第 1 及び第 2 の非球面形状の例以外にも、例えば、楕円球体から切り出した非球面形状を用いることができる。

【 0 1 0 7 】

6 . マイクロレンズの設計方法

次に、図 1 4 ~ 図 1 8 を参照して、本実施形態に係るマイクロレンズの設計方法について説明する。図 1 4 は、本実施形態に係るマイクロレンズの設計方法を示すフローチャートである。

10

【 0 1 0 8 】

(S 1 0) グリッドパラメータの設定

図 1 4 に示すように、まず、複数のマイクロレンズ 2 1 を X Y 平面上に配列する基準となる矩形格子（グリッド）に関する各種のパラメータ（グリッドパラメータ）を設定する（ S 1 0 ）。グリッドパラメータは、例えば、以下のパラメータを含む。

$W x _ k [\mu m]$: X 方向の格子間隔 $W x$ の基準値（X 方向のグリッドサイズ）

$W y _ k [\mu m]$: Y 方向の格子間隔 $W y$ の基準値（Y 方向のグリッドサイズ）

$W x [\pm \%]$: X 方向の格子間隔 $W x$ の変動率（X 方向の $W x$ の許容変動範囲）

$W y [\pm \%]$: Y 方向の格子間隔 $W y$ の変動率（Y 方向の $W y$ の許容変動範囲）

20

$E c x [\pm \%]$: X 方向のレンズ頂点位置の偏心率（X 方向の偏心率範囲）

$E c y [\pm \%]$: Y 方向のレンズ頂点位置の偏心率（Y 方向の偏心率範囲）

【 0 1 0 9 】

具体的には、グリッドパラメータの設定値は、例えば以下の数値に設定することができる。

$W x _ k : 1 2 0 \mu m$

$W y _ k : 9 0 \mu m$

$W x : \pm 2 0 \%$

$W y : \pm 1 0 \%$

$E c x : \pm 1 0 \%$

$E c y : \pm 1 0 \%$

30

【 0 1 1 0 】

(S 1 2) グリッドの生成

次いで、 S 1 0 で設定されたグリッドパラメータに基づいて、X 及び Y 方向に配列される複数の矩形格子を生成する（ S 1 2 ）。図 1 5 は、本ステップ S 1 2 において生成された矩形格子を示す説明図である。図 1 5 に示すように、X 及び Y 方向の格子間隔 $W x$ 、 $W y$ がランダムに変動した不規則な矩形格子が設定される。X 方向の格子間隔 $W x$ は、X 方向に隣接する格子線 3 1 の間隔である。Y 方向の格子間隔 $W y$ は、Y 方向に隣接する格子線 3 2 の間隔である。

【 0 1 1 1 】

40

X 方向の格子間隔 $W x$ は、基準格子間隔 $W x _ k [\mu m]$ を変動率 $W x [\pm \%]$ でランダムに変動させた値に設定される。同様に、Y 方向の格子間隔 $W y$ は、基準格子間隔 $W y _ k [\mu m]$ を変動率 $W y [\pm \%]$ でランダムに変動させた値に設定される。例えば、グリッドパラメータの設定値が上記具体例の数値である場合（ $W x _ k = 1 2 0 \mu m$ 、 $W x = \pm 2 0 \%$ ）、格子間隔 $W x$ は、 $1 2 0 \mu m$ （ $W x _ k$ ）を中心として、 $9 6 \mu m \sim 1 4 4 \mu m$ （ $1 2 0 \mu m$ の $8 0 \% \sim 1 2 0 \%$ の値）の範囲内でランダムな値に設定される。格子間隔 $W y$ についても同様に設定される。この結果、図 1 5 に示すように、X 及び Y 方向に配列される複数の矩形格子の格子間隔 $W x$ 、 $W y$ は、相互に異なる値に設定される。

【 0 1 1 2 】

50

(S 1 4) グリッド中心の偏心処理

その後、各矩形格子の中心点（以下、「グリッド中心」という。）の位置をランダムに変動させる偏心処理を実行する（ S 1 4 ）。図 1 6 は、本ステップ S 1 4 においてグリッド中心が偏心された矩形格子を示す説明図である。

【 0 1 1 3 】

図 1 6 に示すように、偏心処理前のグリッド中心は、各矩形格子の 2 つの対角線の交点の座標位置（前述の矩形格子の中心点 2 3 ）に配置されている。偏心処理により、グリッド中心は、偏心率 E_{cx} 、偏心率 E_{cy} を用いてランダムに計算された偏心量 E_{cx} 、 E_{cy} に対応する X、Y 座標位置に移動する。例えば、グリッドパラメータの設定値が上記具体例の数値である場合（ $E_{cx} = \pm 10\%$ 、 $E_{cy} = \pm 10\%$ ）、偏心量 E_{cx} 、 E_{cy} は、各格子間隔 W_x 、 W_y の 90% ~ 110% の範囲内の値に設定される。そして、この偏心量 E_{cx} 、 E_{cy} に相当する距離だけ、X 方向及び Y 方向にグリッド中心を移動させる。移動後のグリッド中心の位置は、前述のマイクロレンズ 2 1 の頂点 2 2 の平面位置（レンズ頂点位置 2 2 ）に相当する。この偏心処理を各矩形格子について繰り返すことにより、各矩形格子のグリッド中心は、各矩形格子内において偏心率 E_{cx} 、偏心率 E_{cy} の範囲内でランダムな位置に偏心される。

10

【 0 1 1 4 】

(S 1 6 ~ S 2 4) マイクロレンズの生成

次いで、上記 S 1 2 で生成された矩形格子と、S 1 4 で偏心されたグリッド中心に基づいて、各矩形格子に対応するマイクロレンズ 2 1 を配置する。具体的には、まず、マイクロレンズ 2 1 の表面形状（レンズ面）の基本形状を選択する（ S 1 6 ）。次いで、選択された基本形状に関するパラメータ（レンズパラメータ）を設定する（ S 1 8、S 2 0 ）。その後、設定されたレンズパラメータに基づいて、各矩形格子におけるマイクロレンズ 2 1 の形状を決定し、マイクロレンズ 2 1 の形状を表す Z 座標位置を計算して、マイクロレンズ 2 1 を生成する（ S 2 2、S 2 4 ）。

20

【 0 1 1 5 】

具体的には、本実施形態では、マイクロレンズ 2 1 の基本形状（以下、レンズ形状という。）として、例えば、アナモルフィック形状又はトーラス形状を選択する（ S 1 6 ）。しかし、かかる例に限定されず、レンズ形状として、他の種類の非球面形状又は球面形状を選択できるようにしてもよい。

30

【 0 1 1 6 】

S 1 6 においてアナモルフィック形状が選択された場合、アナモルフィック形状に関する各種のレンズパラメータを設定する（ S 1 8 ）。アナモルフィック形状のレンズパラメータは、例えば、以下のパラメータを含む。

R_{x_k} [μm] : X 方向の曲率半径 R_x の基準値

R_{y_k} [μm] : Y 方向の曲率半径 R_y の基準値

R_x [$\pm\%$] : X 方向の曲率半径 R_x の変動率（X 方向の R_x の許容変動範囲）

R_y [$\pm\%$] : Y 方向の曲率半径 R_y の変動率（Y 方向の R_y の許容変動範囲）

【 0 1 1 7 】

具体的には、アナモルフィック形状のレンズパラメータの設定値は、例えば以下の数値に設定することができる。

40

R_{x_k} : 240 μm

R_{y_k} : 200 μm

R_x : $\pm 10\%$

R_y : $\pm 10\%$

【 0 1 1 8 】

次いで、S 1 8 で設定されたレンズパラメータに基づいて、アナモルフィック形状のマイクロレンズ 2 1 の表面形状を生成する（ S 2 2 ）。詳細には、レンズパラメータに基づいて、各マイクロレンズ 2 1 の表面形状を決定し、各矩形格子上に各マイクロレンズ 2 1 を配置する。即ち、アナモルフィック形状のレンズ表面の各点の Z 座標値を計算する。

50

【 0 1 1 9 】

図 1 7 は、本ステップ S 2 2 において生成された複数のマイクロレンズ 2 1 を示す説明図である。図 1 7 に示すように、S 1 4 で偏心されたグリッド中心位置にレンズ頂点位置 2 2 が一致するように、各マイクロレンズ 2 1 が各矩形格子上に配置される。また、各マイクロレンズ 2 1 の X 及び Y 方向の曲率半径 R_x 、 R_y は、ランダムに変動している。このため、相互に異なる表面形状（アナモルフィック形状）を有する複数のマイクロレンズ 2 1 が、XY 平面上に相互に重なり合うように配置される。

【 0 1 2 0 】

X 方向の曲率半径 R_x は、基準曲率半径 R_{x_k} [μm] を変動率 R_x [$\pm\%$] でランダムに変動させた値に設定される。同様に、Y 方向の曲率半径 R_y は、基準曲率半径 R_{y_k} [μm] を変動率 R_y [$\pm\%$] でランダムに変動させた値に設定される。例えば、レンズパラメータの設定値が上記具体例の数値である場合（ $R_{x_k} = 240 \mu\text{m}$ 、 $R_x = \pm 10\%$ ）、曲率半径 R_x は、 $240 \mu\text{m}$ (R_{x_k}) を中心として、 $216 \mu\text{m} \sim 264 \mu\text{m}$ ($240 \mu\text{m}$ の $90\% \sim 110\%$ の値) の範囲内でランダムな値に設定される。曲率半径 R_y についても同様に設定される。この結果、図 1 7 に示すように、X 及び Y 方向に配列される複数のマイクロレンズ 2 1 の表面形状（アナモルフィック形状）は、相互に異なる形状になる。

【 0 1 2 1 】

一方、上記 S 1 6 においてトーラス形状が選択された場合、トーラス形状に関する各種のレンズパラメータを設定する（S 2 0）。トーラス形状のレンズパラメータは、例えば、以下のパラメータを含む。なお、小円半径 r 及び大円半径 R は、図 1 1 ~ 図 1 3 に示すトーラス形状を規定する曲率半径である。

r_k [μm] : 小円半径 (X 方向の曲率半径 R_x) の基準値

R_k [μm] : 大円半径 (Y 方向の曲率半径 R_y) の基準値

R_x [$\pm\%$] : 小円半径 (X 方向の曲率半径 R_x) の変動率 (X 方向の r の許容変動範囲)

R_y [$\pm\%$] : 大円半径 (Y 方向の曲率半径 R_y) の変動率 (Y 方向の R の許容変動範囲)

【 0 1 2 2 】

具体的には、トーラス形状のレンズパラメータの設定値は、例えば以下の数値に設定することができる。

$R_{x_k} : 240 \mu\text{m}$

$R_{y_k} : 200 \mu\text{m}$

$R_x : \pm 10\%$

$R_y : \pm 10\%$

【 0 1 2 3 】

次いで、S 2 0 で設定されたレンズパラメータに基づいて、トーラス形状のマイクロレンズ 2 1 の表面形状を生成する（S 2 4）。詳細には、レンズパラメータに基づいて、各マイクロレンズ 2 1 の表面形状を決定し、各矩形格子上に各マイクロレンズ 2 1 を配置する。即ち、トーラス形状のレンズ表面の各点の Z 座標値を計算する。本ステップ S 2 4 のトーラス形状のレンズ生成処理は、上記 S 2 2 のアナモルフィック形状のレンズ生成処理と同様であるので、詳細説明は省略する。

【 0 1 2 4 】

(S 2 6) レンズパターン出力

その後、上記 S 2 0 又は S 2 4 で生成されたマイクロレンズ 2 1 の形状及び配置を表すレンズパターンを出力する（S 2 6）。例えば、当該レンズパターンを表す XYZ 座標値のファイルや、当該レンズパターンの Z 座標値を濃淡階調で表現する画像ファイルが出力される。

【 0 1 2 5 】

図 1 8 は、本実施形態に係る設計方法で設計されたレンズパターンを表す画像である。

図 18 に示すように、XY 平面上に複数のマイクロレンズ 21 が、不規則な矩形格子状に配列されている。各マイクロレンズ 21 のレンズ頂点位置 22 はランダムに偏心しており、かつ、各マイクロレンズ 21 の曲率半径 R_x 、 R_y もランダムに変動している。

【0126】

このため、複数のマイクロレンズ 21 は相互に異なる非球面形状（例えば、アナモルフィック形状又はトーラス形状）を有していることがわかる。また、複数のマイクロレンズ 21 は相互に異なる平面形状を有している。各マイクロレンズ 21 の平面形状は、概略的には、上記矩形格子に沿った略矩形形状を有するが、個々にばらついた形状となっている。マイクロレンズ 21 間の境界線のうち四辺部分は概ね直線で構成されているが、4つのコーナー部分は曲線で構成されている。

10

【0127】

さらに、複数のマイクロレンズ 21 は、相互に隙間なく重なり合うように配置されており、相隣接するマイクロレンズ 21 間の境界部分に平坦部が存在していない。

【0128】

以上のように、本実施形態に係るマイクロレンズ 21 の設計方法によれば、上述した不規則な矩形格子を基準として複数のマイクロレンズ 21 を準規則的に配置し、かつ、マイクロレンズ 21 の各変動要素（格子間隔 W_x 、 W_y 、曲率半径 R_x 、 R_y 、レンズ頂点位置 22 等）をランダムに変動させる。これにより、XY 平面上に複数のマイクロレンズアレイ 20 を、相互に隙間なく連続的に配列しつつ、各マイクロレンズ 21 に対して相互に異なる拡散特性を付与することができる。かかる構成のマイクロレンズアレイ 20 は、レンズ表面構造に依存するマクロ光量変動や、回折光による光量変化が小さく、均質性の高い多様な配光制御性を有する。

20

【0129】

7. マイクロレンズの製造方法

次に、図 19 を参照して、本実施形態に係る拡散板 1 の製造方法について説明する。図 19 は、本実施形態に係る拡散板 1 の製造方法を示すフローチャートである。

【0130】

図 19 に示すように、本実施形態に係る拡散板 1 の製造方法では、まず、基材（マスタ原盤の基材又は拡散板 1 の基材 10）が洗浄される（ステップ S101）。基材は、例えば、ガラスロールのようなロール状の基材であってもよいし、ガラスウェハ又はシリコンウェハのような平板状の基材であってもよい。

30

【0131】

次いで、洗浄後の基材の表面上にレジストが形成される（ステップ S103）。例えば、金属酸化物を用いたレジストにより、レジスト層を形成することができる。具体的には、ロール形状の基材に対しては、レジストをスプレイ塗布又はディッピング処理することにより、レジスト層を形成することができる。一方、平板状の基材に対しては、レジストを各種コーティング処理することにより、レジスト層を形成することができる。なお、レジストとしては、ポジ型光反応レジストを用いてもよいし、ネガ型光反応レジストを用いてもよい。また、基材とレジストとの密着性を高めるために、カップリング剤を使用してもよい。

40

【0132】

さらに、マイクロレンズアレイ 20 の形状に対応するパターンを用いて、レジスト層が露光される（ステップ S105）。かかる露光処理は、例えば、グレイスケールマスクを用いた露光、複数のグレイスケールマスクの重ね合わせによる多重露光、又は、ピコ秒パルスレーザもしくはフェムト秒パルスレーザ等を用いたレーザ露光など、公知の露光方法を適宜適用すればよい。

【0133】

その後、露光後のレジスト層が現像される（S107）。かかる現像処理により、レジスト層にパターンが形成される。レジスト層の材質に応じて適切な現像液を用いることで、現像処理を実行することができる。例えば、レジスト層が金属酸化物を用いたレジスト

50

で形成されている場合、無機又は有機アルカリ溶液を用いることで、レジスト層をアルカリ現像することができる。

【0134】

次いで、現像後のレジスト層を用いてスパッタ処理又はエッチング処理することにより（S109）、表面にマイクロレンズアレイ20の形状が形成されたマスク原盤が完成する（S111）。具体的には、パターンが形成されたレジスト層をマスクとして、ガラス基材をガラスエッチングすることで、ガラスマスクを製造することができる。または、パターンが形成されたレジスト層にNiスパッタ又はニッケルめっき（NED処理）を行い、パターンが転写されたニッケル層を形成した後、基材を剥離することで、メタルマスクを製造することができる。例えば、膜厚50nm程度のNiスパッタ、又は膜厚100μm～200μmのニッケルめっき（例えば、スルファミン酸Ni浴）等によって、レジストのパターンが転写されたニッケル層を形成することで、メタルマスク原盤を製造することができる。

10

【0135】

さらに、上記S111で完成したマスク原盤（例えば、ガラスマスク原盤、メタルマスク原盤）を用いて、樹脂フィルム等にパターンを転写（インプリント）することで、表面にマイクロレンズアレイ20の反転形状が形成されたソフトモールドが作成される（S113）。

【0136】

その後、ソフトモールドを用いて、ガラス基板又はフィルム基材等に対して、マイクロレンズアレイ20のパターンを転写し（S115）、さらに、必要に応じて保護膜、反射防止膜等を成膜することにより（S117）、本実施形態に係る拡散板1が製造される。

20

【0137】

なお、上記では、マスク原盤（S111）を用いてソフトモールドを製造（S113）した後に、当該ソフトモールドを用いた転写により拡散板1を製造（S115）する例について説明した。しかし、かかる例に限定されず、マイクロレンズアレイ20の反転形状が形成されたマスク原盤（例えば無機ガラス原盤）を製造し、当該マスク原盤を用いたインプリントにより拡散板1を製造してもよい。例えば、PET（Polyethylene Terephthalate）又はPC（Polycarbonate）からなる基材に、アクリル系光硬化樹脂を塗布し、塗布したアクリル系光硬化樹脂にマスク原盤のパターンを転写し、アクリル系光硬化樹脂をUV硬化させることで、拡散板1を製造することができる。

30

【0138】

一方、ガラス基材自体に対して直接加工を施して、拡散板1を製造する場合には、ステップS107における現像処理に引き続き、CF₄等の公知の化合物を用いて基材10に対してドライエッチング処理を施し（S119）、その後、必要に応じて保護膜、反射防止膜等を成膜する（S121）ことにより、本実施形態に係る拡散板1が製造される。

【0139】

なお、図19に示した製造方法は、あくまでも一例であって、拡散板の製造方法は、上記の例に限定されない。

40

【0140】

8. 拡散板1の適用例

次に、本実施形態に係る拡散板1の適用例について説明する。

【0141】

以上説明したような拡散板1は、その機能を実現するために光を拡散させる必要がある装置に対して、適宜実装することが可能である。かかる装置としては、例えば、各種のディスプレイ（例えば、LED、有機ELディスプレイ）等の表示装置や、プロジェクタ等の投影装置、各種の照明装置を挙げることができる。

【0142】

例えば、拡散板1は、液晶表示装置のバックライト、拡散板一体化レンズ等に適用する

50

ことも可能であり、光整形の用途にも適用可能である。また、拡散板 1 は、投影装置の透過スクリーン、フレネルレンズ、反射スクリーン等にも適用可能である。また、拡散板 1 は、スポット照明やベース照明等に利用される各種の照明装置や、各種の特殊ライティングや、中間スクリーンや最終スクリーン等の各種のスクリーン等に適用することも可能である。さらに、拡散板 1 は、光学装置における光源光の拡散制御などの用途にも適用可能であり、LED 光源装置の配光制御、レーザー光源装置の配光制御、各種ライトバルブ系への入射配光制御等にも適用できる。

【0143】

なお、拡散板 1 が適用される装置は、上記の適用例に限定されず、光の拡散を利用する装置であれば、任意の公知の装置に対しても適用可能である。

10

【実施例】

【0144】

次に、本発明の実施例に係る拡散板について説明する。なお、以下の実施例は、あくまでも本発明に係る拡散板の効果や実施可能性を示すための一例にすぎず、本発明は以下の実施例に限定されるものではない。

【0145】

マイクロレンズアレイの表面構造を変更しつつ、以下で説明する製造方法により、実施例及び比較例に係る拡散板を製造した。

【0146】

具体的には、まず、ガラス基材を洗浄した後、ガラス基材の一方の表面（主面）に、光反応レジストを $2\ \mu\text{m} \sim 15\ \mu\text{m}$ のレジスト厚で塗布した。光反応レジストとしては、例えば、P M E R - L A 9 0 0（東京応化工業社製）、又は A Z 4 6 2 0（登録商標）（A Z エレクトロニックマテリアルズ社製）などのポジ型光反応レジストを用いた

20

【0147】

次に、波長 $405\ \text{nm}$ のレーザーを用いるレーザー描画装置にて、ガラス基材上のレジストにパターンを描画して、レジスト層を露光した。なお、g 線を用いたステッパ露光装置にて、ガラス基材上のレジストにマスク露光を行うことで、レジスト層を露光してもよい。

【0148】

続いて、レジスト層を現像することで、レジストにパターンを形成した。現像液としては、例えば、N M D - W（東京応化工業社製）、又は P M E R P 7 G（東京応化工業社製）などの水酸化テトラメチルアンモニウム（T e t r a m e t h y l a m m o n i u m h y d r o x i d e : T M A H）溶液を用いた。

30

【0149】

次に、パターンが形成されたレジストを用いて、ガラス基材をエッチングすることにより、拡散板を製造した。具体的には、Ar ガス又は CF_4 ガスを用いたガラスエッチングによって、レジストのパターンをガラス基材に形成することで、拡散板を製造した。

【0150】

表 1 は、上記のように製造した実施例及び比較例に係る拡散板に関し、マイクロレンズアレイの表面構造の設計条件と、当該拡散板による配光の均質性の評価結果を示す。

【0151】

40

【表 1】

No.	レンズ形状	アレイ形状	基準格子間隔 W _k (μm)		格子間隔の変動率 δW (±%)		基準曲率半径 R _k (μm)		曲率半径の変動率 δR (±%)		レンズ頂点の 偏心率 δEc		評価
			W _{x_k}	W _{y_k}	δW _x	δW _y	R _{x_k}	R _{y_k}	δR _x	δR _y	δEc _x	δEc _y	
比較例1	球面	正方	60	60	0	0	110	110	0	0	0	0	C
比較例2	球面	正方	60	60	0	0	110	110	0	0	10	10	C
比較例3	球面	正方	60	60	0	0	110	110	10	10	0	0	C
実施例1	球面	正方	60	60	10	10	110	110	0	0	0	0	B
実施例2	球面	正方	60	60	10	10	110	110	10	10	0	0	A
実施例3	球面	正方	60	60	10	10	110	110	0	0	10	10	A
実施例4	球面	正方	60	60	10	10	110	110	10	10	10	10	A
実施例5	非球面	正方	60	60	10	10	110	110	10	10	0	0	A
実施例6	非球面	正方	60	60	10	10	110	110	10	10	10	10	A
実施例7	非球面	正方	80	80	10	10	150	150	10	10	10	10	A
比較例4	球面	矩形	50	40	0	0	70	70	0	0	0	0	C
実施例8	球面	矩形	50	40	10	10	70	70	10	10	10	10	A
実施例9	球面	矩形	50	40	15	15	70	70	15	15	15	15	A

<表1>

10

20

30

40

【 0 1 5 2 】

表 1 に示す各実施例及び比較例では、上述した図 1 4 ~ 図 1 8 で示す設計方法により、マイクロレンズアレイを設計した。この際、表 1 に示すグリッドパラメータ (W_{x_k}、 W_{y_k}、 W_x、 W_y、 E_{c x}、 E_{c y}) やレンズパラメータ (R_{x_k}、 R_{y_k}、 R_x、 R_y) 等の各種パラメータを適宜変更して、相異なるマイクロレンズの表面形状のパターンを生成した。そして、各実施例及び比較例に係るマイクロレンズの形状及び配置を表すレンズパターンを出力した。このレンズパターンを用いて、上記製造方法により各実施例及び比較例に係る拡散板を製造した。

【 0 1 5 3 】

50

表 1 に示すように、実施例 1 ~ 9 では、マイクロレンズアレイの表面構造を設計するとき、各マイクロレンズの格子間隔 W_x 、 W_y をランダムに変動させた。これに対し、比較例 1 ~ 4 では、格子間隔 W_x 、 W_y を変動させず、全てのマイクロレンズの格子間隔を一定の基準格子間隔 W_{x_k} 、 W_{y_k} とした。

【0154】

また、曲率半径 R_x 、曲率半径 R_y については、表 1 に示すとおり、各実施例及び比較例ごとに、固定値又はランダムな変動値とした。変動率 R_x 、 $R_y = \pm 0\%$ である場合は、各マイクロレンズの曲率半径 R_x 、 R_y を変動させずに固定値とし、変動率 R_x 、 $R_y = \pm 10\%$ 、 $\pm 15\%$ である場合は、当該曲率半径 R_x 、 R_y を当該変動率 R_x 、 R_y の範囲内でランダムに変動させたことを意味する。また、XY 平面におけるレンズ頂点位置の偏心については、偏心率 E_{cx} 、 $E_{cy} = \pm 0\%$ である場合は、レンズ頂点位置を偏心させず、偏心率 E_{cx} 、 $E_{cy} = \pm 10\%$ 、 $\pm 15\%$ である場合は、当該偏心率 E_{cx} 、 E_{cy} の範囲内で、レンズ頂点位置をランダムに偏心させたことを意味する。

10

【0155】

また、マイクロレンズの表面形状については、実施例 1 ~ 4、8、9 及び比較例 1 ~ 3 では球面形状とし、実施例 5 ~ 7 では非球面形状（例えばアナモルフィック形状）とした。また、マイクロレンズアレイの平面形状については、実施例 1 ~ 7 及び比較例 1 ~ 3 では正方形形状とし、実施例 8、9 及び比較例 4 では矩形形状（X 方向に長い長方形形状）とした。

【0156】

上記のように製造した実施例 1 ~ 9 及び比較例 1 ~ 4 に係る拡散板のマイクロレンズアレイの表面形状をレーザ顕微鏡にて観察した。さらに、当該各拡散板の配光パターンは、Virtual-Lab (Light Trans 社製) にてシミュレーションし、当該各拡散板の配光特性は、配光特性測定器 Mini-Diff (Light Tec 社製) にて測定した。また、拡散板の配光特性を測定するために、レーザ光強度の撮像画像から拡散光の強度分布を計測した（後述するファースフィールドパターン計測）。

20

【0157】

実施例 1 ~ 9 及び比較例 1 ~ 4 に係る拡散板のマイクロレンズアレイの表面形状のパターン、拡散光の配光特性や輝度分布等のシミュレーション結果及び実測結果を、図 20 ~ 図 33 にそれぞれ示す。

30

【0158】

図 20 ~ 図 33（実施例 1 ~ 9 及び比較例 1 ~ 4）において、(a) は、マイクロレンズアレイの表面形状のパターンを示す画像 (BMP) 又は共焦点レーザ顕微鏡画像（倍率 50 倍）である。(b) は、電磁場解析による配光のシミュレーション結果を示す画像である。(c) は、拡散光の輝度分布のシミュレーション結果を示すグラフ（横軸：座標位置、縦軸：輝度）である。(d) は、上記 (c) の輝度分布における拡散角（半値全幅 (FWHM)。Screen Z = 100 mm) を示す。

【0159】

また、図 30（実施例 7）において、(e) は、実際に製造された拡散板を用いてレーザ光源の拡散光のファースフィールドパターン (FFP) を計測した実測結果を示すグラフである（横軸：拡散角度、縦軸：輝度）。(f) は、当該 (e) の FFP における X 及び Y 方向の拡散角（半値全幅 (FWHM)）を示す。(g) は、当該 (e) の実測結果を示す FFP 画像である。

40

【0160】

また、図 32 及び図 33（実施例 8、9）において、(e) は、拡散光の X 及び Y 方向の配光特性のシミュレーション結果を示すグラフであり（横軸：拡散角度、縦軸：輝度）、(f) は、上記 (c) の輝度分布における X 及び Y 方向の拡散角（半値全幅 (FWHM)）を示す。

【0161】

上記のような実施例 1 ~ 9 及び比較例 1 ~ 3 に係る拡散板の配光特性（配光の均質性等

50

)を、次のような評価基準により3段階(評価A、B、C)で評価した。かかる評価結果を表1に示す。

評価A：拡散光のX方向及びY方向の均質性が十分に高く、矩形格子に沿った輝度分布のむらは観察されなかった。拡散光の輝度分布が、所定の拡散角度範囲で略均一であり、当該所定の拡散角度範囲内で、拡散光の輝度値がピークレベルの平均値を中心として $\pm 20\%$ の範囲内に収まっていた。

評価B：拡散光のX方向及びY方向の均質性が高く、矩形格子に沿って多少の輝度分布のむらはあるが、大きなむらは観察されなかった。拡散光の輝度分布が、所定の拡散角度範囲で略均一であり、当該所定の拡散角度範囲内で、拡散光の輝度値がピークレベルの平均値を中心として $\pm 40\%$ の範囲内に収まっていた。

評価C：拡散光のX方向及びY方向の均質性が不十分であり、矩形格子に沿って大きな輝度分布のむらが観察された。拡散光の輝度分布が、所定の拡散角度範囲でばらつき、当該所定の拡散角度範囲内で、拡散光の輝度値がピークレベルの平均値を中心として $\pm 40\%$ の範囲内に収まっていなかった。

【0162】

以下に、実施例1～9及び比較例1～4の評価結果について対比説明する。

【0163】

(1) 実施例1～9と比較例1～4の対比(格子間隔の不規則性の効果)

比較例1～4では、図20～図22及び図31に示すように、拡散光の輝度分布において輝度が周期的に大きく増減し、拡散光の輝度分布に矩形格子状のむらが発生しており、拡散光の配光の均質性は不十分であった。この理由は、次のとおりであると考えられる。

【0164】

比較例1～4では、マイクロレンズの配列の基準となる矩形格子が、規則的な矩形格子であり、X及びY方向の格子間隔が一定値 W_x 、 W_y に固定されている(W_x 、 $W_y = \pm 0\%$)。このため、規則的な矩形格子状のマイクロレンズ配列の周期構造により、各マイクロレンズからの拡散光に回折が生じてしまうので、輝度分布にむらが生じ、配光の均質性が低下したと考えられる。

【0165】

この点、比較例2のようにレンズ頂点位置を偏心させたり、比較例3のように曲率半径 R_x 、 R_y をランダムに変動させたりすることで、輝度分布の均質性を多少は向上することができる。しかし、比較例1～4のように格子間隔 W_x 、 W_y が一定である場合、この格子間隔の周期性に起因する回折による輝度むらが、レンズ頂点位置や曲率半径 R_x 、 R_y の変動による均質性の向上効果を上回ってしまい、配光の均質性が阻害されたと考えられる。

【0166】

これに対し、実施例1～9では、拡散光の輝度分布において輝度は変動するものの、周期的な増減や、周期的なピークは観察されず、拡散光の輝度分布のむらは十分に抑制されており、拡散光の配光の均質性は良好であった。この理由は、次のとおりであると考えられる。

【0167】

実施例1～9では、矩形格子を基準としてマイクロレンズがXY平面上に配列される。ここで、実施例1～9の矩形格子は、比較例のような規則的な矩形格子ではなく、格子間隔 W_x 、 W_y の不規則性を有する準規則的な矩形格子である。つまり、図15に示したように、実施例1～9の矩形格子の格子間隔 W_x 、 W_y は、相互に異なる値になるようにランダムに変動しており、その変動率 W_x 、 W_y は $\pm 10\%$ 以上である。かかる不規則性を有する矩形格子を基準として複数のマイクロレンズを配列することで、マイクロレンズの開口径 D_x 、 D_y や平面形状をランダムにばらつかせ、隣接するマイクロレンズ間の境界線の位置もランダムにずらすことができる。

【0168】

この結果、例えば図2、図4、図18等に示したように、マイクロレンズの平面形状の

10

20

30

40

50

外形線（マイクロレンズ間の境界線）は、任意の曲率半径の曲線と、直線との組合せで構成されるようになる。これにより、マイクロレンズ間の境界での配置の規則性が更に崩れることとなり、回折成分を更に低減することが可能となる。したがって、複数のマイクロレンズ間で拡散光が相互に回折することを抑制して、マイクロレンズアレイ全体の拡散光の配光の均質性を向上することができる。

【0169】

以上の結果から、本発明の拡散板を用いることで、相互に直交する2つの方向（X及びY方向）において、輝度分布のむらを抑制し、配光の均質性を十分に向上できることがわかる。

【0170】

（2）実施例1と実施例2～9との対比（曲率半径の変動やレンズ頂点の偏心の効果）

表1に示すように、実施例1では、格子間隔 W_x 、 W_y のみを変動させている。これに対し、実施例2～9では、格子間隔 W_x 、 W_y に加え、曲率半径 R_x 、 R_y を変動させたり、レンズ頂点位置を偏心させたりしている。

【0171】

この結果、実施例2～9（評価A）は実施例1（評価B）よりも効果的に、輝度分布のむらを抑制でき、拡散光の配光の均質性を向上することができた。これにより、配光の均質性の向上の観点からは、格子間隔 W_x 、 W_y に加え、曲率半径 R_x 、 R_y を変動させたり、レンズ頂点位置を偏心させたりすることが有効であることがわかる。

【0172】

さらに、実施例2、3、5では、曲率半径 R_x 、 R_y を変動させるか、あるいは、レンズ頂点位置を偏心させている。これに対し、実施例4、6～9では、曲率半径 R_x 、 R_y を変動させ、かつ、レンズ頂点位置も偏心させている。この結果、図24～図29、図32、図33の（b）電磁場解析画像や（c）輝度分布のグラフに示すように、実施例4、6～9では、輝度分布のむらをより一層抑制でき、拡散光の配光の均質性をさらに向上することができた。これにより、配光の均質性の向上の観点からは、格子間隔 W_x 、 W_y に加え、曲率半径 R_x 、 R_y の変動と、レンズ頂点位置の偏心の双方を行うことが、さらに有効であることがわかる。

【0173】

（3）実施例1～4と実施例5～7との対比（非球面レンズ形状の効果）

表1に示すように、マイクロレンズの基本形状として、実施例1～4では球面レンズを使用した。これに対し、実施例5～7では非球面レンズ（例えば、図8～図10に示したアナモルフィック形状のレンズ）を使用した。実施例5～7の非球面レンズの場合、上述したアナモルフィック形状の曲面を規定する数式（1）の右辺の4次項の非球面係数 A_4 を補正して、レンズ形状を規定した。

【0174】

この結果、図23～図29の（b）電磁場解析画像や（c）輝度分布のグラフに示すように、実施例1～4の球面レンズよりも実施例5～7の非球面レンズの方が、輝度分布のむらを抑制でき、よりきめの細かい配光均質性を実現できた。これにより、配光の均質性の向上の観点からは、球面レンズよりも非球面レンズを用いることが有効であることがわかる。さらに、異方性を有する非球面レンズを用いれば、拡散板から投射される拡散光の異方性を制御できる。よって、拡散光の高い均質性を実現しつつ、X方向とY方向の間で配光角が異方性を有するように制御できる。

【0175】

（4）実施例7の拡散特性（優れた配光均質性とカットオフ性）

表1に示すように、実施例7では、基準曲率半径 R_{x_k} 、 R_{y_k} を比較的大きい値（ $150\ \mu\text{m}$ ）に設定し、曲率半径 R_x 、 R_y を、 R_{x_k} 、 R_{y_k} の $\pm 10\%$ の範囲内で変動させ、かつ、レンズ頂点位置を、偏心率 E_{c_x} 、 $E_{c_y} = \pm 10\%$ の範囲内で偏心させている。

【0176】

10

20

30

40

50

さらに、実施例7のマイクロレンズの表面形状は、基準曲率半径 R_{x_k} 、 R_{y_k} [μm] 及び基準格子間隔 W_{x_k} 、 W_{y_k} [μm] との比が以下の関係式 (A) 及び (B) を満足する非球面形状である。実施例7では、 $(R_{x_k} / W_{x_k}) = (R_{y_k} / W_{y_k}) = (150 / 80) = 1.875$ である。

$$R_{x_k} / W_{x_k} = 1.875 \dots (A)$$

$$R_{y_k} / W_{y_k} = 1.875 \dots (B)$$

【0177】

実施例7に係るマイクロレンズの表面形状が上記のような異方性を有する非球面形状であり、かつ、表1に示す条件で格子間隔 W_x 、 W_y 、曲率半径 R_x 、 R_y を変動させ、レンズ頂点位置を偏心させ、上記関係式 (A) 及び (B) を満足するように、基準曲率半径 R_{x_k} 、 R_{y_k} [μm] 及び基準格子間隔 W_{x_k} 、 W_{y_k} [μm] を調整する。さらに、拡散板から出射される拡散光の拡散角 (半値全幅 (FWHM)) が 20° 以下の範囲内である。これにより、いわゆるトップハット型の拡散特性をより確実に実現できる。

10

【0178】

図30(e)のFFP計測結果のグラフに示すように、実施例7の拡散特性は、トップハット型の拡散特性を実現している。即ち、マイクロレンズアレイに入射した光の拡散光の輝度分布が、所定の拡散角度範囲 (半値全幅で 20° 以下の範囲。図10の例では、 $-5 \sim +5^\circ$) で略均一となり、当該拡散角度範囲内で、拡散光の輝度値がピークレベルの平均値を中心として $\pm 20\%$ の範囲内に収まっている状態が実現される。

【0179】

20

以上の結果から、上記実施例7と同様な拡散板を用いることで、拡散角 (半値全幅) が 20° 以下の範囲内で、相互に直交する2つの方向 (X及びY方向) において配光の均質性を十分に向上しつつ、X及びY方向の配光の異方性と、拡散光の強度分布のカットオフ性を適切に制御可能であることがわかる。

【0180】

(7) 実施例8、9と比較例4との対比 (矩形非球面レンズ形状の効果)

実施例8、9と比較例4に係る拡散板は、X方向に長く延びる矩形形状のマイクロレンズアレイを使用した。基準格子間隔 $W_{x_k} = 50 \mu\text{m}$ 、 $W_{y_k} = 40 \mu\text{m}$ であり、マイクロレンズアレイの長手方向 (X方向) の基準格子間隔 W_{x_k} を、短手方向 (Y方向) の基準格子間隔 W_{y_k} よりも大きく設定した ($W_{x_k} > W_{y_k}$)。

30

【0181】

かかる矩形形状のマイクロレンズアレイにおいて、比較例4では、格子間隔 W_x 、 W_y を変動させなかった。一方、実施例8、9では、格子間隔 W_x 、 W_y を $\pm 10\%$ 又は $\pm 15\%$ の範囲内でランダムに変動させるとともに、曲率半径 R_x 、 R_y を $\pm 10\%$ 又は $\pm 15\%$ の範囲内でランダムに変動させた。さらに、実施例8、9では、レンズ頂点位置も $\pm 10\%$ 又は $\pm 15\%$ の範囲内でランダムに偏心させた。

【0182】

この結果、比較例4では、図31に示すように、拡散光の輝度分布が周期的に大きく増減し、矩形格子状のむらが顕著に発生し、拡散光の配光の均質性は不十分であった。一方、実施例8、9では、拡散光の輝度分布に周期的な増減やピークは観察されず、拡散光の輝度分布のむらは十分に抑制されており、拡散光の配光の均質性は良好であった。

40

【0183】

以上の結果から、実施例8、9のように矩形形状のマイクロレンズアレイを用いた場合でも、相互に直交する2つの方向 (X及びY方向) において配光の均質性を十分に向上させることがわかる。

【0184】

以上、添付図面を参照しながら本発明の好適な実施形態について詳細に説明したが、本発明はかかる例に限定されない。本発明の属する技術の分野における通常の知識を有する者であれば、特許請求の範囲に記載された技術的思想の範疇内において、各種の変更例または修正例に想到し得ることは明らかであり、これらについても、当然に本発明の技術的

50

範囲に属するものと了解される。

【符号の説明】

【0185】

1 拡散板

3 単位セル

10 基材

20 マイクロレンズアレイ

21 マイクロレンズ

22 マイクロレンズの頂点

23 矩形格子の中心点

W_x 、 W_y 格子間隔

R_x 、 R_y 曲率半径

E_{cx} 、 E_{cy} 偏心率

W_{x_k} 、 W_{y_k} 基準格子間隔

R_{x_k} 、 R_{y_k} 基準曲率半径

W_x 、 W_y 変動率

R_x 、 R_y 変動率

E_{cx} 、 E_{cy} 偏心率

R 大円半径

r 小円半径

10

20

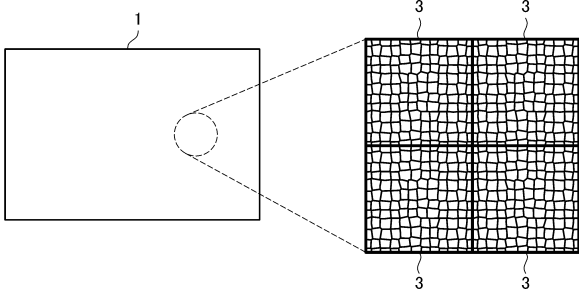
30

40

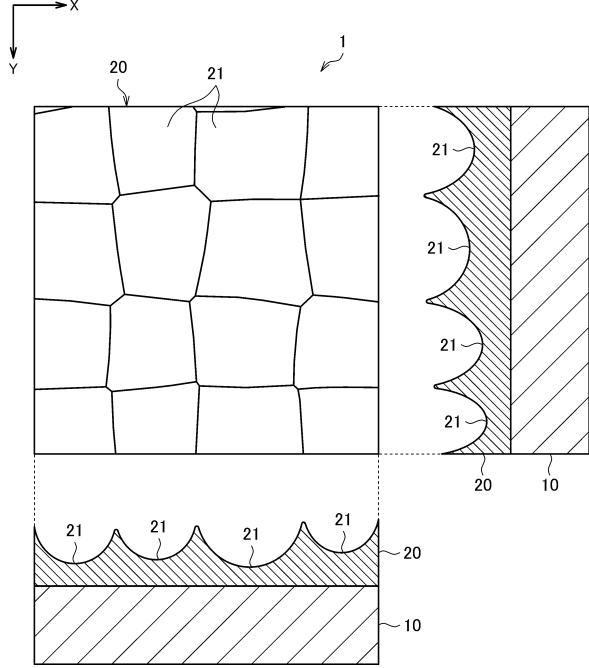
50

【図面】

【図 1】



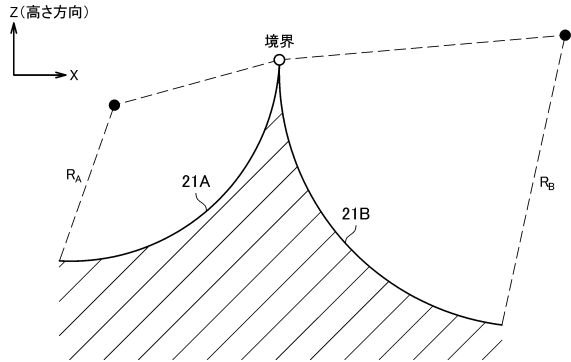
【図 2】



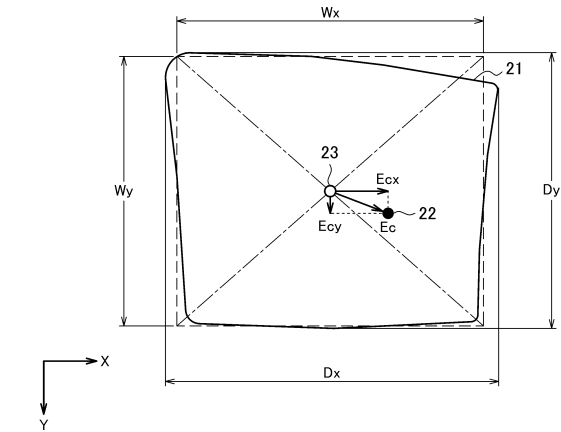
10

20

【図 3】



【図 4】

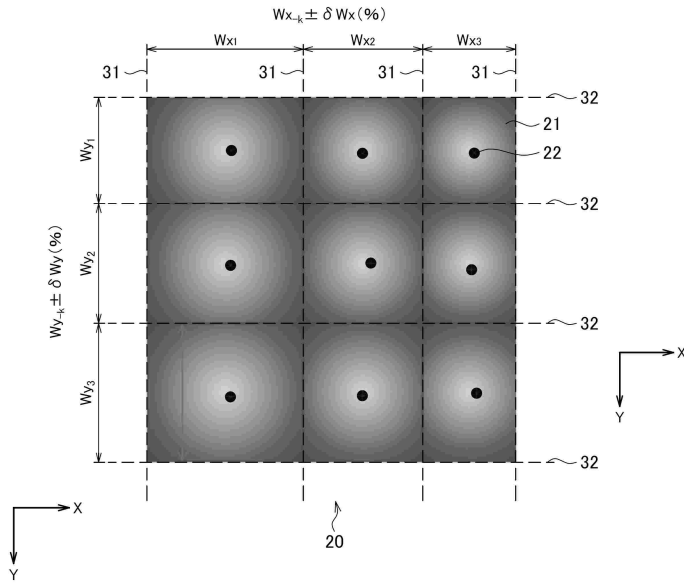


30

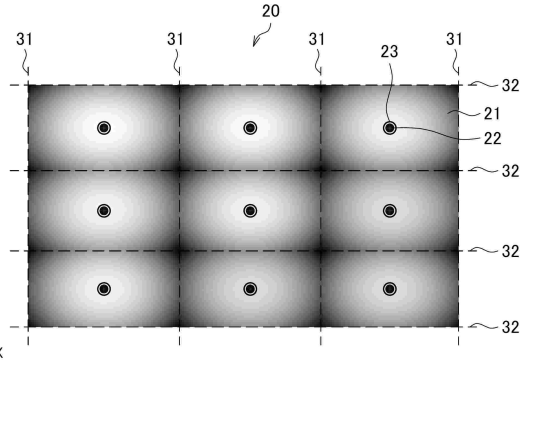
40

50

【図 5】

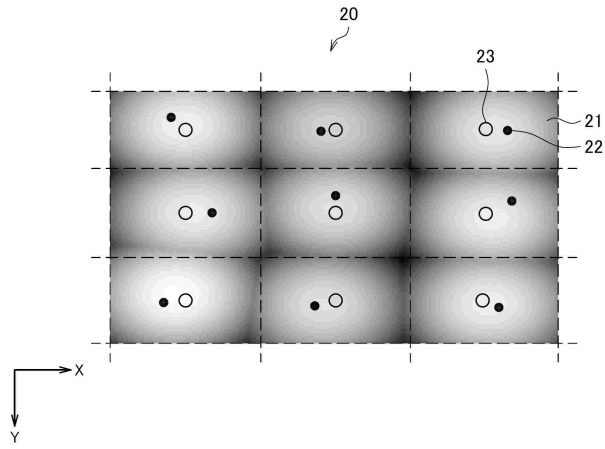


【図 6】

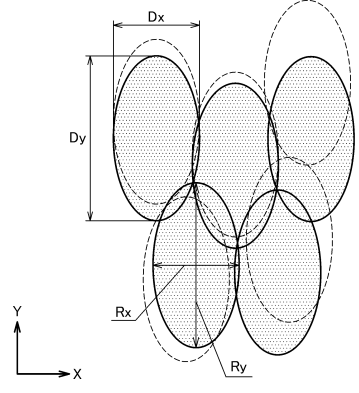


10

【図 7】



【図 8】



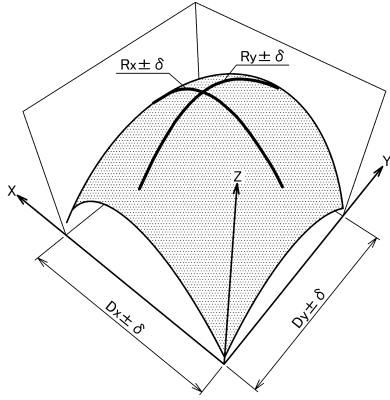
20

30

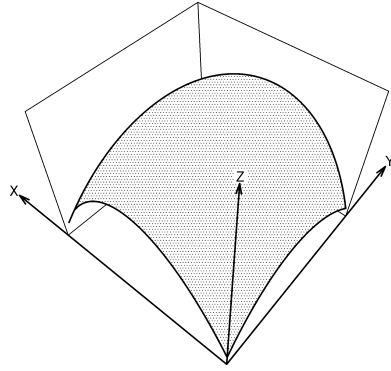
40

50

【 図 9 】

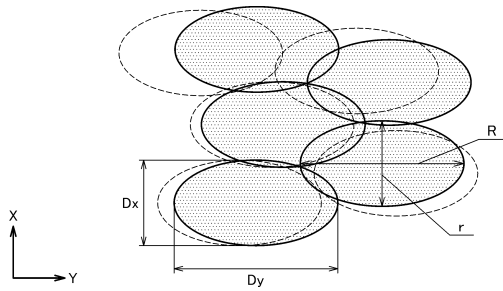


【 図 10 】

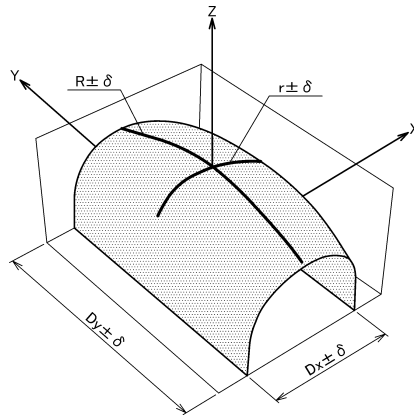


10

【 図 11 】



【 図 12 】



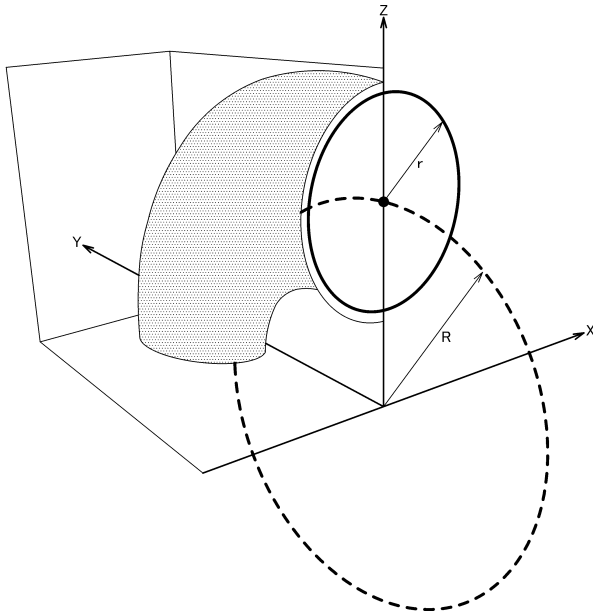
20

30

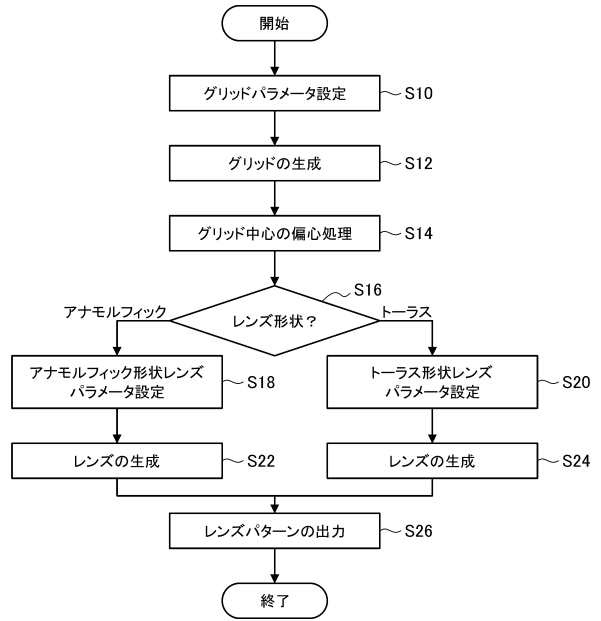
40

50

【図 1 3】



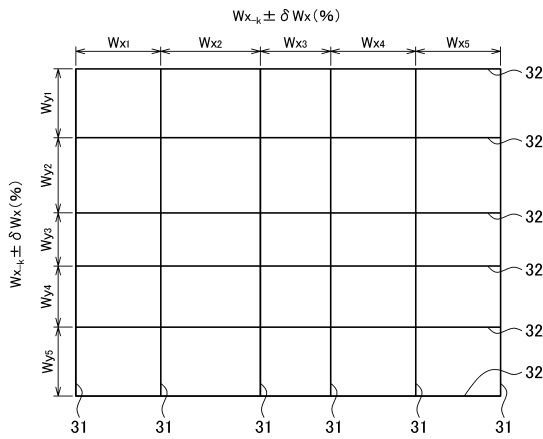
【図 1 4】



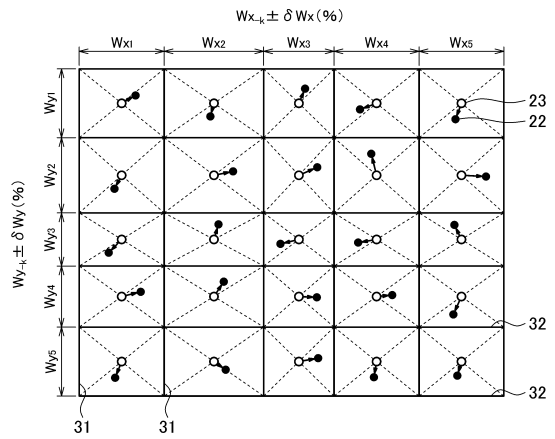
10

20

【図 1 5】



【図 1 6】

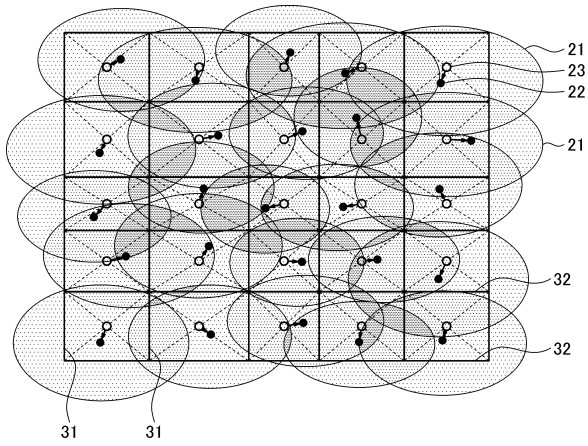


30

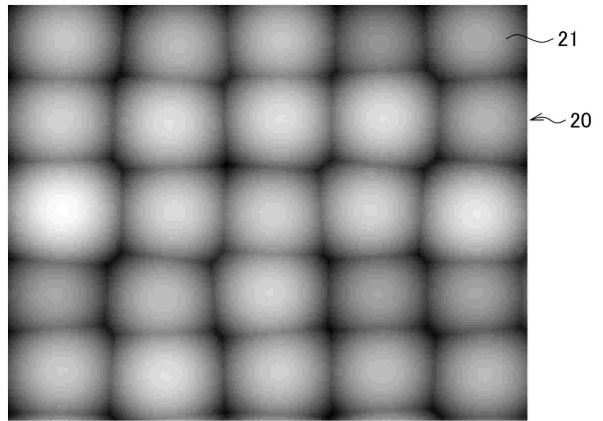
40

50

【図17】

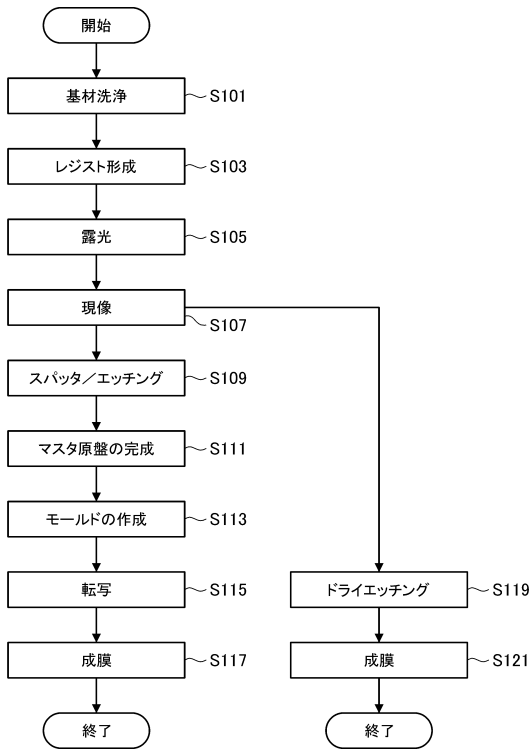


【図18】

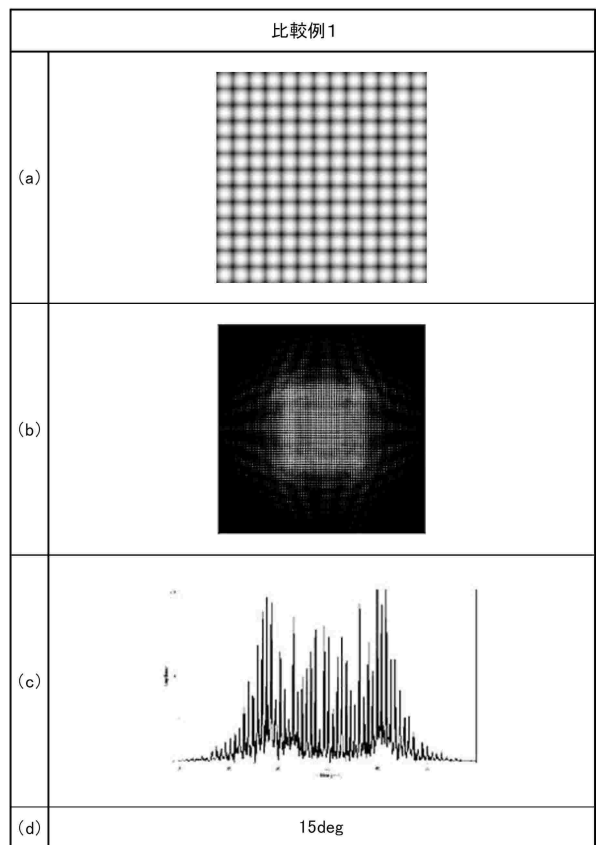


10

【図19】



【図20】



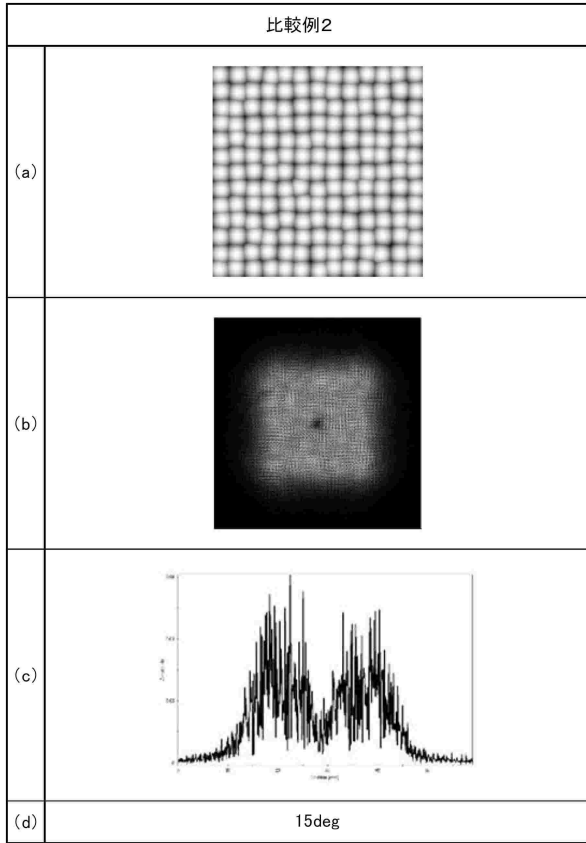
20

30

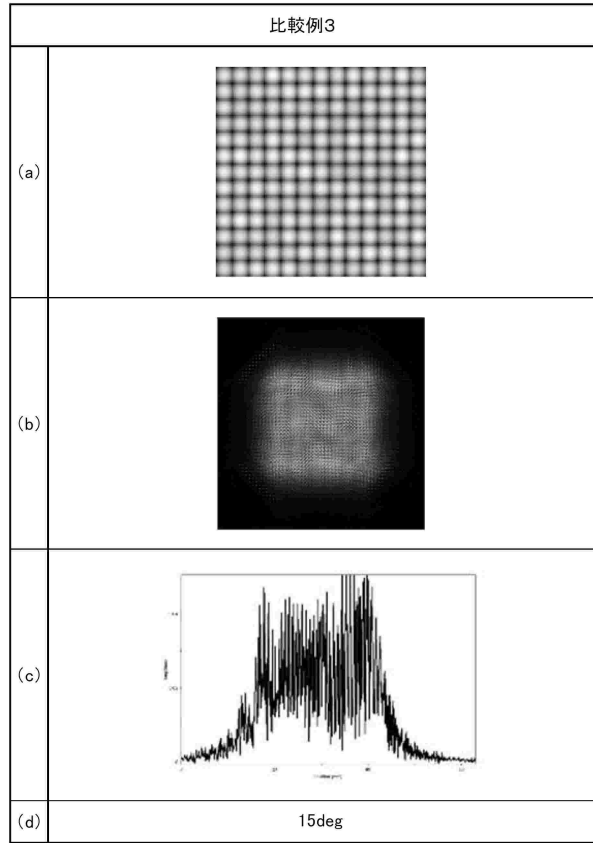
40

50

【 図 2 1 】



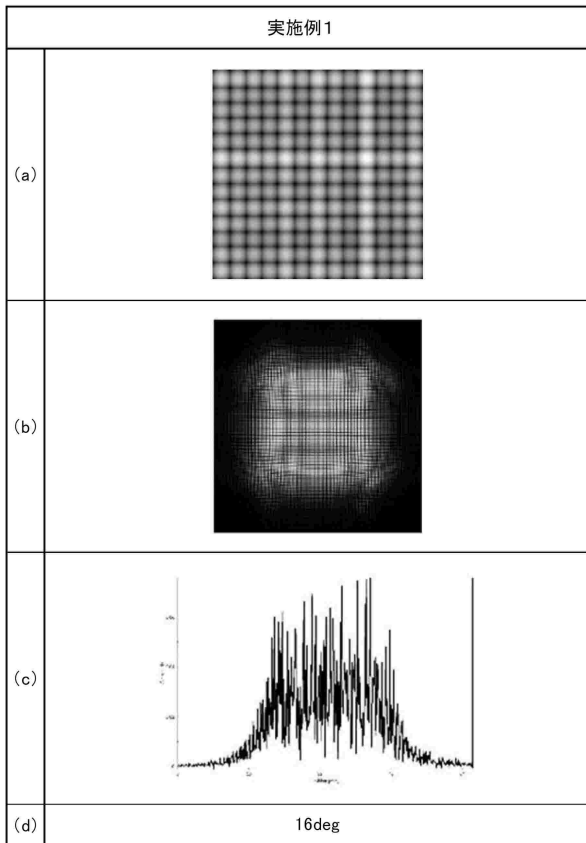
【 図 2 2 】



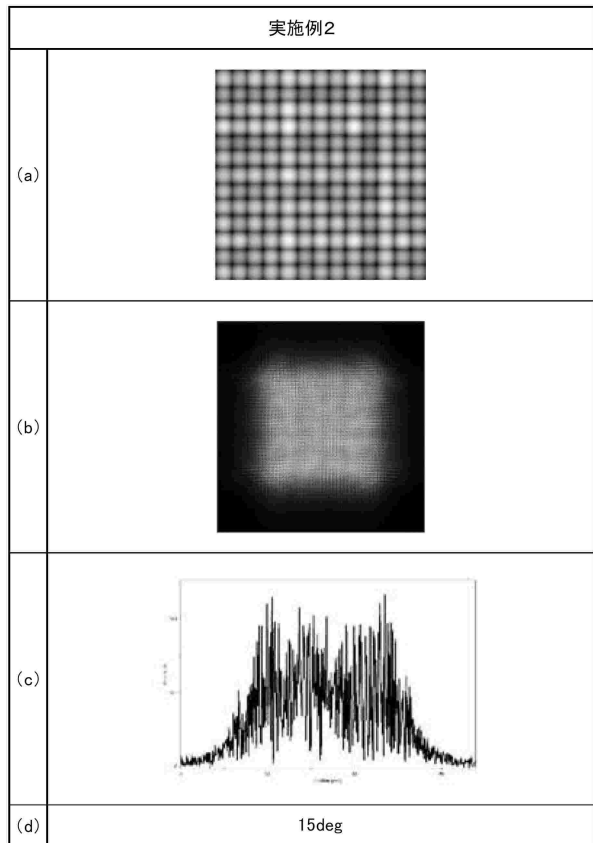
10

20

【 図 2 3 】



【 図 2 4 】

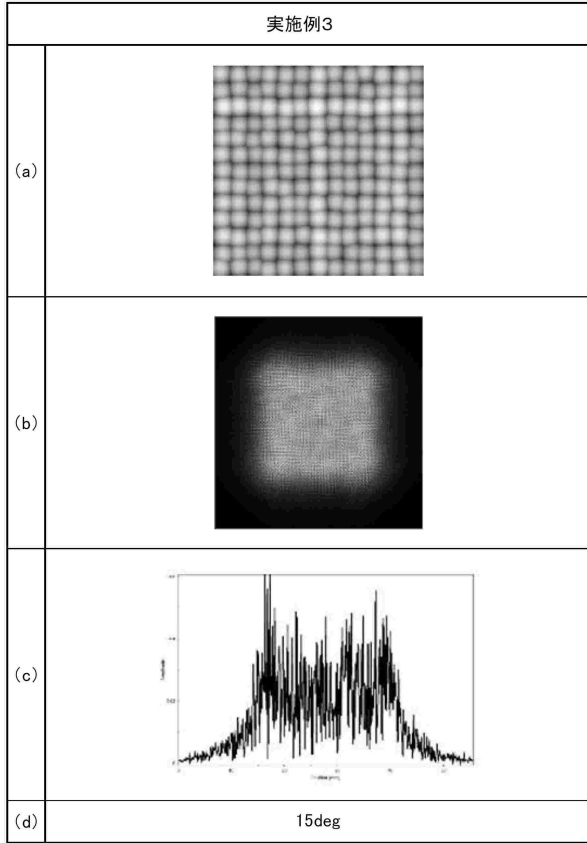


30

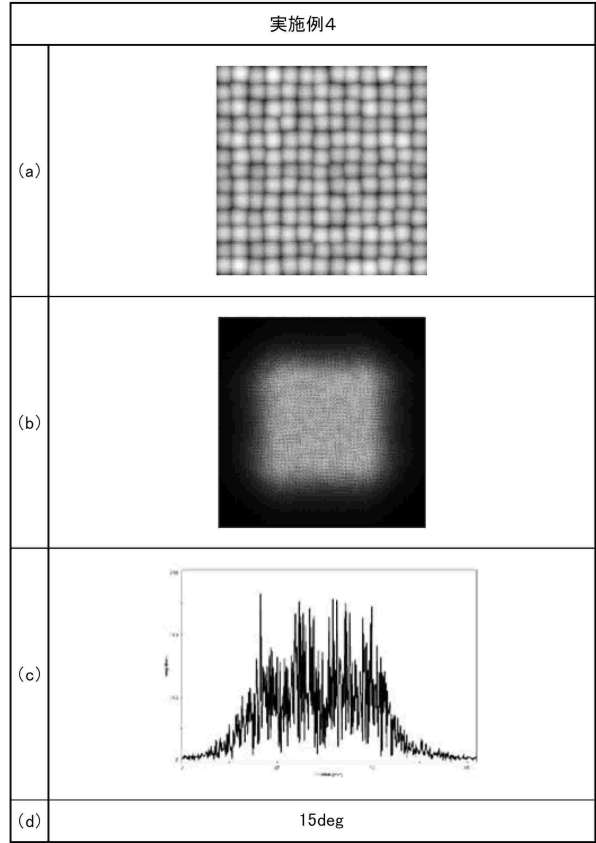
40

50

【 図 2 5 】



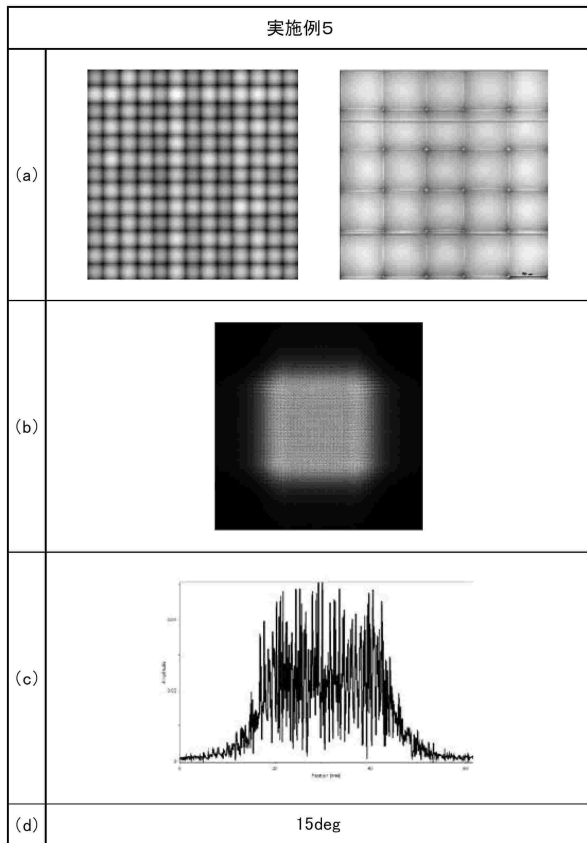
【 図 2 6 】



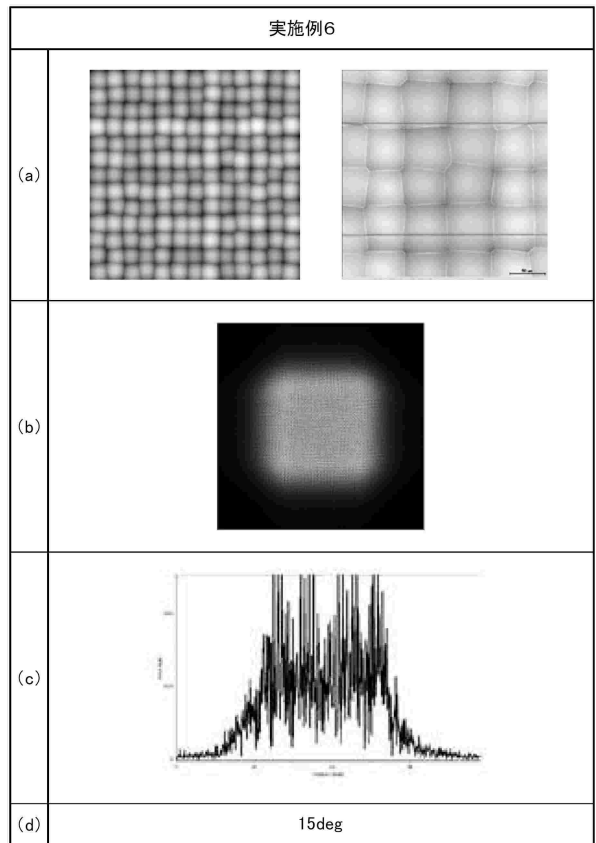
10

20

【 図 2 7 】



【 図 2 8 】

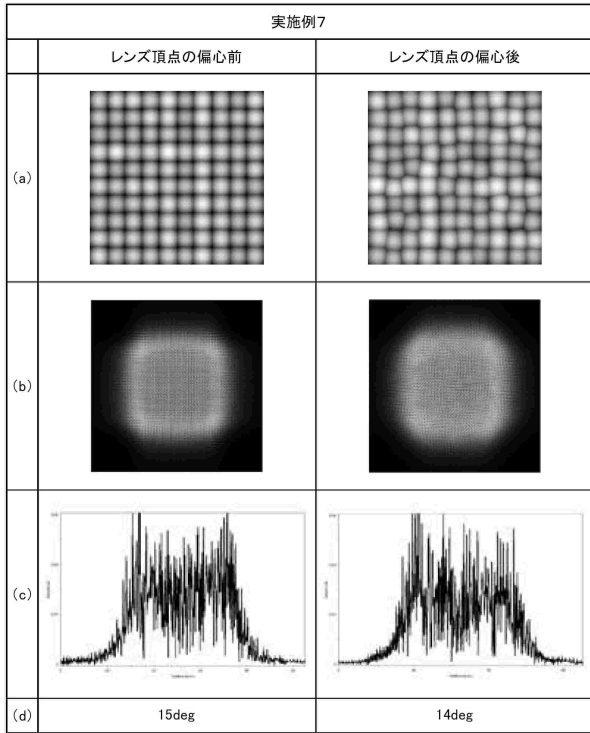


30

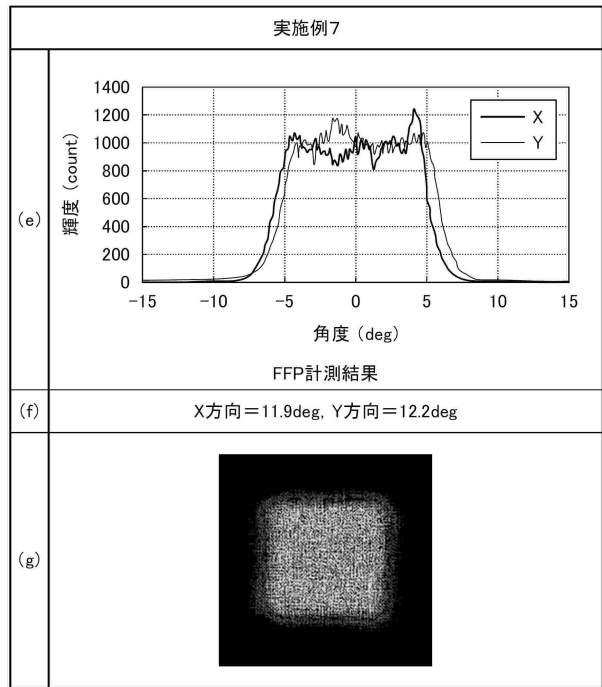
40

50

【 図 2 9 】



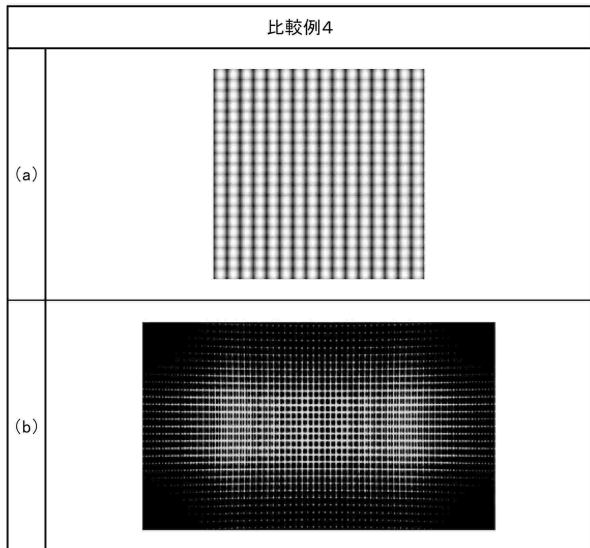
【 図 3 0 】



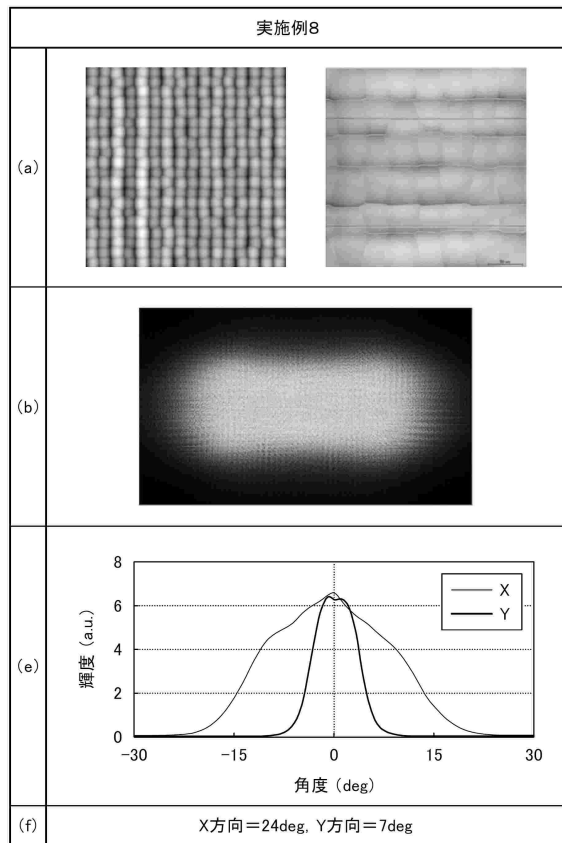
10

20

【 図 3 1 】



【 図 3 2 】

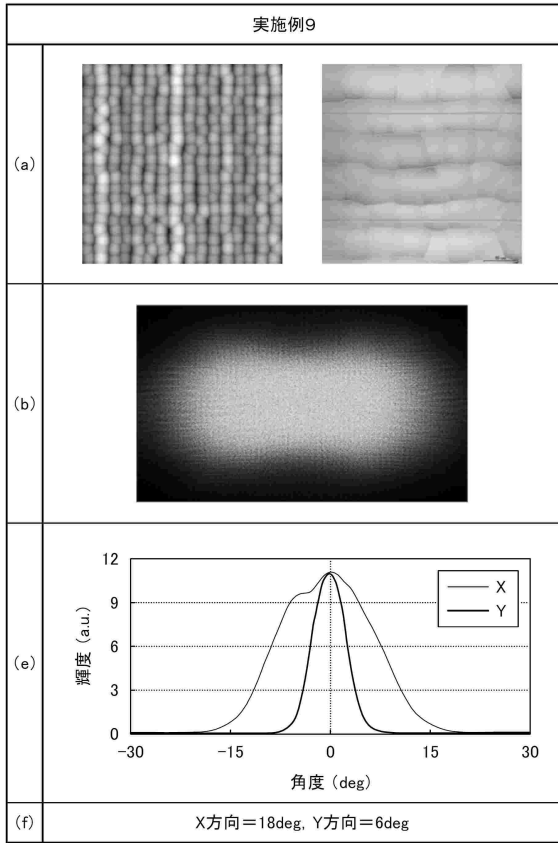


30

40

50

【 3 3 】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

(51)国際特許分類	F I			
G 0 3 B 3/06 (2021.01)	F 2 1 V	5/04	2 0 0	
F 2 1 Y 115/10 (2016.01)	F 2 1 V	5/04	3 5 0	
F 2 1 Y 115/30 (2016.01)	G 0 2 B	3/00		A
	G 0 3 B	3/06		
	F 2 1 Y	115:10		
	F 2 1 Y	115:30		

ートシティ大崎イーストタワー 8階 デクセリアルズ株式会社内

審査官 辻本 寛司

- (56)参考文献
- 特開 2 0 1 7 - 0 6 8 2 1 6 (J P , A)
 - 国際公開第 2 0 1 8 / 0 6 1 8 1 6 (W O , A 1)
 - 国際公開第 2 0 1 7 / 0 4 3 0 6 3 (W O , A 1)
 - 国際公開第 2 0 1 8 / 1 5 1 0 9 7 (W O , A 1)
 - 特開 2 0 1 5 - 1 6 9 8 0 4 (J P , A)
 - 国際公開第 2 0 1 6 / 1 1 7 4 5 2 (W O , A 1)
 - 特開 2 0 1 8 - 1 0 9 6 7 0 (J P , A)
 - 国際公開第 2 0 1 9 / 0 6 3 7 3 3 (W O , A 1)
 - 特開 2 0 1 5 - 0 5 7 7 6 5 (J P , A)
 - 特開 2 0 1 6 - 2 2 4 2 1 2 (J P , A)

- (58)調査した分野 (Int.Cl., D B 名)
- G 0 2 B 5 / 0 2
 - F 2 1 V 3 / 0 0
 - F 2 1 V 5 / 0 0
 - F 2 1 V 5 / 0 4
 - G 0 2 B 3 / 0 0
 - G 0 3 B 3 / 0 6
 - F 2 1 Y 1 1 5 / 1 0
 - F 2 1 Y 1 1 5 / 3 0