

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号

特許第7109367号

(P7109367)

(45)発行日 令和4年7月29日(2022.7.29)

(24)登録日 令和4年7月21日(2022.7.21)

(51)国際特許分類

F I

G 0 2 B 5/02 (2006.01)

G 0 2 B 5/02

C

G 0 2 B 3/00 (2006.01)

G 0 2 B 3/00

A

G 0 2 B 27/01 (2006.01)

G 0 2 B 27/01

G 0 3 B 21/14 (2006.01)

G 0 3 B 21/14

Z

G 0 3 B 21/62 (2014.01)

G 0 3 B 21/62

請求項の数 13 (全24頁)

(21)出願番号 特願2018-543884(P2018-543884)

(86)(22)出願日 平成29年10月2日(2017.10.2)

(86)国際出願番号 PCT/JP2017/035802

(87)国際公開番号 WO2018/066501

(87)国際公開日 平成30年4月12日(2018.4.12)

審査請求日 令和2年8月11日(2020.8.11)

(31)優先権主張番号 特願2016-195461(P2016-195461)

(32)優先日 平成28年10月3日(2016.10.3)

(33)優先権主張国・地域又は機関

日本国(JP)

前置審査

(73)特許権者 000001085

株式会社クラレ

岡山県倉敷市酒津1621番地

(74)代理人 100103894

弁理士 家入 健

(72)発明者 内田 厚

茨城県神栖市東和田36番地 株式会社

クラレ内

(72)発明者 唐井 賢

茨城県神栖市東和田36番地 株式会社

クラレ内

審査官 森内 正明

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 拡散板、投写式画像表示装置、及び拡散板の設計方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

投射光学系で使用される拡散板であって、
 投射光を投射される投射側主面と、
 出射光を出射させる出射側主面と、
 前記投射側主面、及び前記出射側主面の少なくとも一方に、レンズ機能を有する微細構造体と、を備え、

前記投射光の開口数NAが、0を超過し、0.140以下であり、
 前記微細構造体は、マイクロレンズ状の形状を有するマイクロレンズ形状部を複数備え、
 前記マイクロレンズ形状部における前記投射光の光軸と、前記投射側主面の法線とが交差してなす入射角度 θ_i は、0度～50度の範囲内であり、

前記マイクロレンズ形状部の複数のうち少なくとも一つは、前記マイクロレンズ形状部における前記出射光の光軸と、前記投射側主面の法線とが交差してなす出射角度 θ_o で、前記出射光を出射させ、

出射角度 θ_o は、前記入射角度 θ_i と異なり、
 前記出射光は、所望の拡散角度の範囲内において、実質的に均一な輝度を有し、
 前記マイクロレンズ形状部のマイクロレンズ基準面に実質的に垂直な断面における、前記マイクロレンズ形状部の断面形状は、前記投射光の光軸周りに非対称な断面形状を持っており、

前記投射光の光軸と前記出射光の光軸とが交差してなす角度の差分の絶対値が、0～40

10

20

度以内で変化しており、

拡散角度に対する測定輝度分布において、

前記出射光の光軸の位置に相当する拡散角度を、光軸拡散角度 θ_a とすると、

前記拡散角度の所定範囲における最小角度 θ_{min} から前記光軸拡散角度 θ_a までの測定輝度の積算値 T_o が、拡散角度の全範囲における測定輝度の積算値 T_a の 50 % であり、

所定の拡散角度 θ_s における輝度 L_s と、前記所定の拡散角度 θ_b における輝度 L_b とが、いずれも前記出射光の光軸での光軸輝度 L_o の 70 % に相当し、

前記所定の拡散角度 θ_s が、前記光軸拡散角度 θ_a よりも小さく、

前記所定の拡散角度 θ_b が、前記光軸拡散角度 θ_a よりも大きいとき、

前記拡散角度 θ_s から前記光軸拡散角度 θ_a までの各輝度から $L_o * 0.7$ を減算した輝度の積算値 T_s と、前記光軸拡散角度 θ_a から前記所定の拡散角度 θ_b までの輝度の積算値 T_b との比である均一性評価指標 T_s / T_b は、

$$D < T_s / T_b < 1 / D$$

を満たし、

均一性評価指標 T_s / T_b の許容範囲の下限値 D は、

$$D = 0.63 * \exp(0.45 * ((90 - (\theta_s + \theta_b)) / 90)^2)$$

を満たす、

ことを特徴とする拡散板。

【請求項 2】

投射光学系で使用される拡散板であって、

投射光を投射される投射側主面と、

出射光を出射させる出射側主面と、

前記投射側主面、及び前記出射側主面の少なくとも一方に、レンズ機能を有する微細構造体と、を備え、

前記投射光の開口数 NA が、0 を超過し、0.140 以下であり、

前記微細構造体は、マイクロレンズ状の形状を有するマイクロレンズ形状部を複数備え、

前記マイクロレンズ形状部における前記投射光の光軸と、前記投射側主面の法線とが交差してなす入射角度 θ_i は、0 度を超過し、50 度以下であり、

前記マイクロレンズ形状部の複数のうち少なくとも一つは、前記マイクロレンズ形状部における前記出射光の光軸と、前記投射側主面の法線とが交差してなす出射角度 θ_o で、前記出射光を出射させ、

前記出射角度 θ_o は、前記入射角度 θ_i と同じであり、

前記出射光は、所望の拡散角度の範囲内において、実質的に均一な輝度を有し、

前記マイクロレンズ形状部のマイクロレンズ基準面に実質的に垂直な断面における、前記マイクロレンズ形状部の断面形状は、前記投射光の光軸周りに非対称な断面形状を持っており、

前記投射光の光軸と前記出射光の光軸とが交差してなす角度の差分の絶対値が、0 ~ 40 度以内で変化しており、

拡散角度に対する測定輝度分布において、

前記出射光の光軸の位置に相当する拡散角度を、光軸拡散角度 θ_a とすると、

前記拡散角度の所定範囲における最小角度 θ_{min} から前記光軸拡散角度 θ_a までの測定輝度の積算値 T_o が、拡散角度の全範囲における測定輝度の積算値 T_a の 50 % であり、

所定の拡散角度 θ_s における輝度 L_s と、前記所定の拡散角度 θ_b における輝度 L_b とが、いずれも前記出射光の光軸での光軸輝度 L_o の 70 % に相当し、

前記所定の拡散角度 θ_s が、前記光軸拡散角度 θ_a よりも小さく、

前記所定の拡散角度 θ_b が、前記光軸拡散角度 θ_a よりも大きいとき、

前記拡散角度 θ_s から前記光軸拡散角度 θ_a までの各輝度から $L_o * 0.7$ を減算した輝度の積算値 T_s と、前記光軸拡散角度 θ_a から前記所定の拡散角度 θ_b までの輝度の積算値 T_b との比である均一性評価指標 T_s / T_b は、

$$D < T_s / T_b < 1 / D$$

を満たし、

均一性評価指標 T_s / T_b の許容範囲の下限値 D は、

$$D = 0.63 * \exp(0.45 * ((90 - (\theta_s + \theta_b)) / 90)^2)$$

を満たす、

ことを特徴とする拡散板。

【請求項 3】

請求項 1 又は 2 に記載の拡散板であって、

前記マイクロレンズ形状部の底面形状は、長方形であり、

前記マイクロレンズ形状部は、格子状に周期的に配列されている、

ことを特徴とする拡散板。

10

【請求項 4】

請求項 3 に記載の拡散板であって、

前記マイクロレンズ形状部の最深部から最頂部までの高さ $H_1 [\mu m]$ は、

$$0 < H_1 < 75$$

を満たす、

ことを特徴とする拡散板。

【請求項 5】

請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 項に記載された拡散板と、

前記投射光を前記拡散板に投射する投射装置と、を備える投写式画像表示装置。

【請求項 6】

20

投射光を投射される投射側主面と、出射光を出射させる出射側主面と、を備える拡散板の光拡散パターンを設計する拡散板の設計方法であって、

前記拡散板の前記投射側主面に垂直に光を投射させることを仮定したときにおいて所望の光拡散特性を有するように、基準マイクロレンズを準備する基準マイクロレンズ設計工程と、

前記拡散板の前記投射側主面の各位置における前記投射光の光軸の傾きと、前記拡散板の前記出射側主面の各位置における前記出射光の光軸の傾きと、前記出射光の配光特性とに基づいて、前記基準マイクロレンズの形状に対して、前記投射光の光軸の傾きと前記出射光の光軸の傾きとに対応するための傾斜対応レンズ設計工程と、を備え、

前記傾斜対応レンズ設計工程では、

30

レンズ設計パラメータは、レンズの中心位置をずらす中心位置ずらし量を含み、

前記投射光の光軸と前記出射光の光軸とが交差してなす角度の差分の絶対値が、 $0 \sim 40$ 度以内で変化しており、

拡散角度に対する測定輝度分布において、

前記出射光の光軸の位置に相当する拡散角度を、光軸拡散角度 θ_a とすると、

前記拡散角度の所定範囲における最小角度 θ_{min} から前記光軸拡散角度 θ_a までの測定輝度の積算値 T_o が、拡散角度の全範囲における測定輝度の積算値 T_a の 50% であり、

所定の拡散角度 θ_s における輝度 L_s と、前記所定の拡散角度 θ_b における輝度 L_b とが、いずれも前記出射光の光軸での光軸輝度 L_o の 70% に相当し、

前記所定の拡散角度 θ_s が、前記光軸拡散角度 θ_a よりも小さく、

40

前記所定の拡散角度 θ_b が、前記光軸拡散角度 θ_a よりも大きいとき、

前記拡散角度 θ_s から前記光軸拡散角度 θ_a までの各輝度から $L_o * 0.7$ を減算した輝度の積算値 T_s と、前記光軸拡散角度 θ_a から前記所定の拡散角度 θ_b までの輝度の積算値 T_b との比である均一性評価指標 T_s / T_b は、

$$D < T_s / T_b < 1 / D$$

を満たし、

均一性評価指標 T_s / T_b の許容範囲の下限値 D は、

$$D = 0.63 * \exp(0.45 * ((90 - (\theta_s + \theta_b)) / 90)^2)$$

を満たす、

拡散板の設計方法。

50

【請求項 7】

前記傾斜対応レンズ設計工程では、前記レンズ設計パラメータは、さらに、レンズの傾き量を含む、
ことを特徴とする請求項 6 に記載の拡散板の設計方法。

【請求項 8】

前記傾斜対応レンズ設計工程では、前記レンズ設計パラメータは、さらに、レンズの曲率半径を拡大させる、又は、縮小するレンズ曲率半径の変化量を含む、
ことを特徴とする請求項 6 又は 7 に記載の拡散板の設計方法。

【請求項 9】

前記傾斜対応レンズ設計工程では、前記レンズ設計パラメータは、さらに、三次関数またはそれに類する関数でレンズ形状を調整する調整量を含む、
ことを特徴とする請求項 6 ~ 8 のいずれか 1 項に記載の拡散板の設計方法。

10

【請求項 10】

前記基準マイクロレンズが、前記投射側主面または前記出射側主面の法線方向を含み、異なる 2 つの断面において、2 つの断面形状をそれぞれ制御するレンズ形状を有し、
前記基準マイクロレンズの前記 2 つの断面形状について、レンズ設計をする、
ことを特徴とする請求項 6 ~ 9 のいずれか 1 項に記載の拡散板の設計方法。

【請求項 11】

前記基準マイクロレンズが、トロイダル形状を有する、又はバイコーニック面を有する、
ことを特徴とする請求項 10 に記載の拡散板の設計方法。

20

【請求項 12】

投射光を投射されて、反射光を反射する主面と、
前記主面にミラー機能を有する微細構造体と、を備え、
前記投射光の開口数 NA が、0 を超過し、0.140 以下であり、
前記微細構造体は、マイクロレンズ状の形状を有するマイクロレンズ形状ミラー部を複数備え、
前記マイクロレンズ形状ミラー部における前記投射光の光軸と、前記主面の法線とが交差してなす入射角度 θ_i は、0 度 ~ 50 度の範囲内であり、
前記マイクロレンズ形状ミラー部の複数のうち少なくとも一つは、前記マイクロレンズ形状ミラー部における前記反射光の光軸と、前記主面の法線とが交差してなす反射角度で、
前記反射光を反射し、
前記反射光は、前記入射角度 θ_i と異なり、
前記反射光は、所望の拡散角度の範囲内において、実質的に均一な輝度を有し、
前記マイクロレンズ形状ミラー部のマイクロレンズ基準面に実質的に垂直な断面における、前記マイクロレンズ形状ミラー部の断面形状は、前記投射光の光軸周りに非対称な断面形状を持っており、
前記投射光の光軸と前記反射光の光軸とが交差してなす角度の差分の絶対値が、0 ~ 40 度以内で変化しており、

30

拡散角度に対する測定輝度分布において、

前記反射光の光軸の位置に相当する拡散角度を、光軸拡散角度 θ_a とすると、

40

前記拡散角度の所定範囲における最小角度 θ_{min} から前記光軸拡散角度 θ_a までの測定輝度の積算値 T_o が、拡散角度の全範囲における測定輝度の積算値 T_a の 50 % であり、

所定の拡散角度 θ_s における輝度 L_s と、前記所定の拡散角度 θ_b における輝度 L_b とが、いずれも前記反射光の光軸での光軸輝度 L_o の 70 % に相当し、

前記所定の拡散角度 θ_s が、前記光軸拡散角度 θ_a よりも小さく、

前記所定の拡散角度 θ_b が、前記光軸拡散角度 θ_a よりも大きいとき、

前記拡散角度 θ_s から前記光軸拡散角度 θ_a までの各輝度から $L_o * 0.7$ を減算した輝度の積算値 T_s と、前記光軸拡散角度 θ_a から前記所定の拡散角度 θ_b までの輝度の積算値 T_b との比である均一性評価指標 T_s / T_b は、

$D < T_s / T_b < 1 / D$

50

を満たし、

均一性評価指標 T_s / T_b の許容範囲の下限值 D は、

$$D = 0.63 * \exp(0.45 * ((90 - (\theta_s + \theta_b)) / 90)^2)$$

を満たす、

拡散板。

【請求項 13】

投射光を投射されて、反射光を反射する主面と、

前記主面にミラー機能を有する微細構造体と、を備え、

前記投射光の開口数 NA が、0 を超過し、0.140 以下であり、

前記微細構造体は、マイクロレンズ状の形状を有するマイクロレンズ形状ミラー部を複数備え、

前記マイクロレンズ形状ミラー部における前記投射光の光軸と、前記主面の法線とが交差してなす入射角度 θ_i は、0 度を超過し、50 度以下であり、

前記マイクロレンズ形状ミラー部の複数のうち少なくとも一つは、前記マイクロレンズ形状ミラー部における前記反射光の光軸と、前記主面の法線とが交差してなす反射角度で、前記反射光を反射し、

前記反射光は、前記入射角度 θ_i と同じであり、

前記反射光は、所望の拡散角度の範囲内において、実質的に均一な輝度を有し、

前記マイクロレンズ形状ミラー部のマイクロレンズ基準面に実質的に垂直な断面における、前記マイクロレンズ形状ミラー部の断面形状は、前記投射光の光軸周りに非対称な断面形状を持っており、

前記投射光の光軸と前記反射光の光軸とが交差してなす角度の差分の絶対値が、0 ~ 40 度以内で変化しており、

拡散角度に対する測定輝度分布において、

前記反射光の光軸の位置に相当する拡散角度を、光軸拡散角度 θ_a とすると、

前記拡散角度の所定範囲における最小角度 θ_{min} から前記光軸拡散角度 θ_a までの測定輝度の積算値 T_o が、拡散角度の全範囲における測定輝度の積算値 T_a の 50 % であり、

所定の拡散角度 θ_s における輝度 L_s と、前記所定の拡散角度 θ_b における輝度 L_b とが、いずれも前記反射光の光軸での光軸輝度 L_o の 70 % に相当し、

前記所定の拡散角度 θ_s が、前記光軸拡散角度 θ_a よりも小さく、

前記所定の拡散角度 θ_b が、前記光軸拡散角度 θ_a よりも大きいとき、

前記拡散角度 θ_s から前記光軸拡散角度 θ_a までの各輝度から $L_o * 0.7$ を減算した輝度の積算値 T_s と、前記光軸拡散角度 θ_a から前記所定の拡散角度 θ_b までの輝度の積算値 T_b との比である均一性評価指標 T_s / T_b は、

$$D < T_s / T_b < 1 / D$$

を満たし、

均一性評価指標 T_s / T_b の許容範囲の下限值 D は、

$$D = 0.63 * \exp(0.45 * ((90 - (\theta_s + \theta_b)) / 90)^2)$$

を満たす、

拡散板。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、拡散板及び投写式画像表示装置に関する。

【背景技術】

【0002】

ヘッドアップディスプレイやレーザプロジェクタなどのスクリーンとして、マイクロレンズアレイを用いた拡散板が使用されている。マイクロレンズアレイを用いた場合、乳半板やすりガラスなどの拡散板を用いる場合と比較して、レーザ光のスペckルノイズを抑制できる利点がある。

10

20

30

40

50

【 0 0 0 3 】

特許文献 1 には、レーザ光を光源とし、複数画素の配列で形成される映像を投影する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用いた拡散板を有する画像形成装置が記載されている。マイクロレンズアレイを用いた場合、入射された光を適切に拡散させることができると共に、必要な拡散角を自由に設計することができる。

【 0 0 0 4 】

特許文献 2 には、垂直な側面を有するピストン形状（嵩上げ部）をマイクロレンズに設けた拡散板が開示されている。また、同文献には、マイクロレンズを含む微細構造の形状又は位置を定義するパラメータの少なくとも一つを予め定められた確率密度関数に従ってランダム分布させた拡散板が開示されている。さらに、同文献には、このような拡散板において、個々の微細構造を回転させることで、光ビームをコリメートさせることが開示されている。個々のマイクロレンズは、スクリーン全体の光軸に平行ではない光軸を有する。マイクロレンズから出射する光ビームの光軸は、マイクロレンズに入射した光ビームの光軸に対して、傾いており、平行ではない。

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 0 5 】

【 文献 】特開 2 0 1 0 - 1 4 5 7 4 5 号公報

特表 2 0 0 4 - 5 0 5 3 0 6 号公報

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 6 】

本出願の発明者等は、以下の課題を見出した。

出射光の光軸が入射光の光軸に対して傾いており、その出射光が所定の拡散範囲において拡散し、その輝度が均一となることが要求されている。また、入射光が拡散板に対して傾いて入射する場合においても、その輝度が均一となることが要求されている。さらに、この要求された出射光を出射するマイクロレンズを備える拡散板が望まれている。

【 0 0 0 7 】

特許文献 2 に開示される拡散板は、入射光の光軸に対して傾いた光軸を有する出射光を個々のマイクロレンズからそれぞれ出射する。しかし、出射光の拡散分布が偏ったり、拡散光の投影形状が歪んだりする等して、その輝度が均一でないことがあった。入射光が拡散板に対して傾いて入射する場合においても、その輝度が均一でないことがあった。

【 0 0 0 8 】

本発明は、出射光の輝度が拡散範囲において均一な拡散板を提供するものとする。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 0 9 】

本発明に係る拡散板は、

投射光学系で使用される拡散板であって、

投射光を投射される投射側主面（例えば、主面 1 a ）と、

出射光を出射させる出射側主面（例えば、主面 1 b ）と、

前記投射側主面、及び前記出射側主面の少なくとも一方に、レンズ機能を有する微細構造体と、を備え、

前記投射光の開口数 NA が、0 を超過し、0.140 以下であり、

前記微細構造体は、マイクロレンズ状の形状を有するマイクロレンズ形状部を複数備え、

前記マイクロレンズ形状部における前記投射光の光軸と、前記投射側主面の法線とが交差してなす入射角度 θ_i は、0 度 ~ 50 度の範囲内であり、

前記マイクロレンズ形状部の複数のうち少なくとも一つは、前記マイクロレンズ形状部における前記出射光の光軸と、前記投射側主面の法線とが交差してなす出射角度 θ_o で、前記出射光を出射させ、

10

20

30

40

50

出射角度 θ_o は、前記入射角度 θ_i と異なり、
 前記出射光は、所望の拡散角度の範囲内において、実質的に均一な輝度を有し、
 前記マイクロレンズ形状部のマイクロレンズ基準面に実質的に垂直な断面における、前記マイクロレンズ形状部の断面形状は、前記投射光の光軸周りに非対称な断面形状を持つ。

【0010】

また、本発明に係る拡散板は、
 投射光学系で使用される拡散板であって、
 投射光を投射される投射側主面と、
 出射光を出射させる出射側主面と、
 前記投射側主面、及び前記出射側主面の少なくとも一方に、レンズ機能を有する微細構造体と、を備え、

10

前記投射光の開口数 NA が、0を超過し、0.140以下であり、
 前記微細構造体は、マイクロレンズ状の形状を有するマイクロレンズ形状部を複数備え、
 前記マイクロレンズ形状部における前記投射光の光軸と、前記投射側主面の法線とが交差してなす入射角度 θ_i は、0度を超過し、50度以下であり、
 前記マイクロレンズ形状部の複数のうち少なくとも一つは、前記マイクロレンズ形状部における前記出射光の光軸と、前記投射側主面の法線とが交差してなす出射角度 θ_o で、
 前記出射光を出射させ、

前記出射角度 θ_o は、前記入射角度 θ_i と同じであり、
 前記出射光は、所望の拡散角度の範囲内において、実質的に均一な輝度を有し、
 前記マイクロレンズ形状部のマイクロレンズ基準面に実質的に垂直な断面における、前記マイクロレンズ形状部の断面形状は、前記投射光の光軸周りに非対称な断面形状を持つ。

20

【0011】

また、拡散角度に対する測定輝度分布において、前記出射光の光軸の位置に相当する拡散角度を、光軸拡散角度 θ_a とすると、前記拡散角度の所定範囲における最小角度 θ_{min} から前記光軸拡散角度 θ_a までの測定輝度の積算値 T_o が、拡散角度の全範囲における測定輝度の積算値 T_a の50%であり、前記投射光の光軸と前記出射光の光軸とが交差してなす角度の差分の絶対値が、0~40度以内で変化しており、所定の拡散角度 θ_s における輝度 L_s と、前記所定の拡散角度 θ_b における輝度 L_b とが、いずれも前記出射光の光軸での光軸輝度 L_o の70%に相当し、前記所定の拡散角度 θ_s が、前記光軸拡散角度 θ_a よりも小さく、前記所定の拡散角度 θ_b が、前記光軸拡散角度 θ_a よりも大きいとき、前記拡散角度 θ_s から前記光軸拡散角度 θ_a までの各輝度から $L_o * 0.7$ を減算した輝度の積算値 T_s と、前記光軸拡散角度 θ_a から前記所定の拡散角度 θ_b までの輝度の積算値 T_b との比である均一性評価指標 T_s / T_b は、 $D < T_s / T_b < 1 / D$ を満たし、均一性評価指標 T_s / T_b の許容範囲の下限値 D は、 $D = 0.63 * \exp(0.45 * ((90 - (\theta_s + \theta_b)) / 90) ^ 2)$ を満たす、ことを特徴としてもよい。

30

また、前記マイクロレンズ形状部の底面形状は、長方形であり、前記マイクロレンズ形状部は、格子状に周期的に配列されている、ことを特徴としてもよい。

また、前記マイクロレンズ形状部の最深部から最頂部までの高さ $H_1 [\mu m]$ は、 $0 < H_1 \leq 75$ を満たす、ことを特徴としてもよい。

40

【0012】

一方、本発明に係る投写式画像表示装置は、上記された拡散板と、前記投射光を前記拡散板に投射する投射装置と、を備える。

【0013】

他方、本発明に係る拡散板の設計方法は、
 投射光を投射される投射側主面と、出射光を出射させる出射側主面と、を備える拡散板の光拡散パターンを設計する拡散板の設計方法であって、
 前記拡散板の前記投射側主面に垂直に光を投射させることを仮定したときにおいて所望の光拡散特性を有するように、基準マイクロレンズを準備する基準マイクロレンズ設計工程と、

50

前記拡散板の前記投射側主面の各位置における前記投射光の光軸の傾きと、前記拡散板の前記投射側主面の各位置における前記投射光の光軸の傾きと、前記出射光の配光特性とに基づいて、前記基準マイクロレンズの形状に対して、前記投射光の光軸の傾きと前記出射光の光軸の傾きとに対応するための傾斜対応レンズ設計工程と、を備え、

前記傾斜対応レンズ設計工程では、

レンズ設計パラメータは、レンズの中心位置をずらす中心位置ずらし量を含む。

【0014】

また、前記傾斜対応レンズ設計工程では、前記レンズ設計パラメータは、さらに、レンズの傾き量を含む、ことを特徴としてもよい。

また、前記傾斜対応レンズ設計工程では、前記レンズ設計パラメータは、さらに、レンズの曲率半径を拡大させる、又は、縮小するレンズ曲率半径の変化量を含む、ことを特徴としてもよい。

10

また、前記傾斜対応レンズ設計工程では、前記レンズ設計パラメータは、さらに、三次関数またはそれに類する関数でレンズ形状を調整する調整量を含む、ことを特徴としてもよい。

また、前記基準マイクロレンズが、前記投射側主面または前記出射側主面の法線方向を含み、異なる2つの断面において、2つの断面形状をそれぞれ制御するレンズ形状を有し、前記基準マイクロレンズの前記2つの断面形状について、レンズ設計をする、ことを特徴としてもよい。

また、前記基準マイクロレンズが、トロイダル形状を有する、又はバイコーニック面を有する、ことを特徴としてもよい。

20

【0015】

ところで、本発明にかかる拡散板は、

投射光を投射されて、反射光を反射する主面と、

前記主面にミラー機能を有する微細構造体と、を備え、

前記投射光の開口数NAが、0を超過し、0.140以下であり、

前記微細構造体は、マイクロレンズ状の形状を有するマイクロレンズ形状ミラー部を複数備え、

前記マイクロレンズ形状ミラー部における前記投射光の光軸と、前記主面の法線とが交差してなす入射角度 θ_i は、0度～50度の範囲内であり、

30

前記マイクロレンズ形状ミラー部の複数のうち少なくとも一つは、前記マイクロレンズ形状ミラー部における前記反射光の光軸と、前記主面の法線とが交差してなす反射角度で、前記反射光を反射し、

前記反射光は、前記入射角度 θ_i と異なり、

前記反射光は、所望の拡散角度の範囲内において、実質的に均一な輝度を有し、

前記マイクロレンズ形状ミラー部のマイクロレンズ基準面に実質的に垂直な断面における、前記マイクロレンズ形状ミラー部の断面形状は、前記投射光の光軸周りに非対称な断面形状を持つ。

ところで、本発明にかかる拡散板は、

投射光を投射されて、反射光を反射する主面と、

前記主面にミラー機能を有する微細構造体と、を備え、

前記投射光の開口数NAが、0を超過し、0.140以下であり、

前記微細構造体は、マイクロレンズ状の形状を有するマイクロレンズ形状ミラー部を複数備え、

40

前記マイクロレンズ形状ミラー部における前記投射光の光軸と、前記主面の法線とが交差してなす入射角度 θ_i は、0度を超過し、50度以下であり、

前記マイクロレンズ形状ミラー部の複数のうち少なくとも一つは、前記マイクロレンズ形状ミラー部における前記反射光の光軸と、前記主面の法線とが交差してなす反射角度で、前記反射光を反射し、

前記反射光は、前記入射角度 θ_i と同じであり、

50

前記反射光は、所望の拡散角度の範囲内において、実質的に均一な輝度を有し、

前記マイクロレンズ形状ミラー部のマイクロレンズ基準面に実質的に垂直な断面における、前記マイクロレンズ形状ミラー部の断面形状は、前記投射光の光軸周りに非対称な断面形状を持つ。

【発明の効果】

【0016】

本発明によれば、出射光の輝度が拡散範囲において均一な拡散板を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0017】

【図1】実施の形態1に係る拡散板の構成を示す模式上面図である。

【図2】実施の形態1に係る投写式画像装置を示す模式図である。

【図3】実施の形態1に係る拡散板の一具体例から出射された出射光の拡散角度に対する輝度を示すグラフである。

【図4】実施の形態1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5】実施の形態1に係るマイクロレンズアレイの設計工程を示すフローチャートである。

【図6】出射光の拡散特性の均一性の評価方法を説明するための図である。

【図7】垂直方向の入射角度の定義を説明するための図である。

【図8】水平方向の入射角度の定義を説明するための図である。

【図9A】実施の形態1に係る拡散板のマイクロレンズに係る基準マイクロレンズを示す図である。

【図9B】実施の形態1に係る拡散板のマイクロレンズを示す図である。

【図10】拡散板のマイクロレンズの各位置のレンズ面高さを示すグラフである。

【図11】拡散板のマイクロレンズの各位置のレンズ面高さを示すグラフである。

【図12】出射光の拡散角度に対する輝度を示すグラフである。

【図13】拡散板のマイクロレンズの各位置のレンズ面高さを示すグラフである。

【図14】出射光の拡散角度に対する輝度を示すグラフである。

【図15】出射光の拡散角度に対する輝度を示すグラフである。

【図16】拡散板から出射された出射光の拡散角度に対する輝度を示すグラフである。

【図17】出射光の拡散特性の均一性の評価方法を説明するための図である。

【発明を実施するための形態】

【0018】

(実施の形態1)

図1～図3を参照して、実施の形態1に係る拡散板について説明する。図1は、実施の形態1に係る拡散板の構成を示す模式上面図である。図2は、実施の形態1に係る投写式画像装置を示す模式図である。図3は、実施の形態1に係る拡散板の一具体例から出射された出射光の拡散角度に対する輝度を示すグラフである。なお、図1では、拡散板の主面を原点とする x - y 座標系を規定した。図2では、右手系 x - y - z 座標系を規定したが、見易さのため、拡散板10の主面1aから、離れた箇所に記載した。

【0019】

図1及び図2に示すように、拡散板10は、基板1と、基板1に配列されている複数のマイクロレンズ2とを備える。具体的には、基板1は、主面1a、1bを備え、複数のマイクロレンズ2は、主面1aに格子状に配列されている。例えば、拡散板10及び基板1は、水平方向Hに沿う長さ H_L の長辺と、垂直方向Vに沿う長さ V_L の短辺との長方形の板状体である。なお、水平方向H及び垂直方向Vは、出射光が拡散板10に当たって、映像等を物体に映し出す際、映像等の方向に相当するものである。この例では、拡散板10は、所定の向きに固定されており、水平方向Hは、X方向に沿い、垂直方向VはY方向に沿う。複数のマイクロレンズ2の形状は、出射光の光軸が入射光の光軸に対して所望の傾斜角度で傾くように制御されている。また、複数のマイクロレンズ2の形状は、出射光

10

20

30

40

50

が所望の拡散形状及び拡散範囲を有するように制御されている。

【 0 0 2 0 】

図 1 に示すマイクロレンズ 2 の一例は矩形格子状に配置されているが、マイクロレンズ 2 の格子状の配置は矩形格子に限定されるものではなく、正方格子、正三角格子、斜方格子、平行体格子などであってもよい。複数のマイクロレンズ 2 の底面の形状は、正方形又は長方形のような矩形に限定されるものではなく、四角形、六角形、その他の多角形としてもよい。複数のマイクロレンズ 2 は、基板 1 の主面 1 a 上に周期的に配列されていることが好ましい。また、拡散板 1 0 は、マイクロレンズ 2 ではなく、レンズ機能を有する微細構造体（図示略）を備えてもよい。この微細構造体は、マイクロレンズ状の形状を有するマイクロレンズ形状部（図示略）を複数備える。マイクロレンズ形状部の最深部から最

10

頂部までの高さ H_1 [μm] は、

$$0 < H_1 \leq 75$$

を満たすと好ましい。投射式画像表示装置に用いられる拡散板においては、マイクロレンズ形状部の高さ H_1 が重要である。高さ H_1 が $75 \mu\text{m}$ 以下であるとき、個々のマイクロレンズが視認されにくくなる。そのため、投射式画像表示装置により表示される画像において粒状感が生じにくくなる。したがって、マイクロレンズ形状部の高さ H_1 は、 $75 \mu\text{m}$ 以下であると好ましい。なお、高さ H_1 は、 $0 \mu\text{m}$ より大きいとよい。

また、マイクロレンズ形状部のマイクロレンズ基準面（図示略）に実質的に垂直な断面における、マイクロレンズ形状部の断面形状は、投射光 L_1 の光軸 A_1 周りに非対称な断面形状を持つとよい。ここで、マイクロレンズ基準面は、マイクロレンズ 2 の底面に相当

20

【 0 0 2 1 】

拡散板 1 0 は、投写式画像表示装置の一構成要素として、使用することができる。図 2 に示すように、投写式画像表示装置 1 0 0 は、拡散板 1 0 と、投射光 L_1 を投射する投射装置 2 0 とを備える。投射光 L_1 を拡散板 1 0 に投射すると、画像や映像を拡散板 1 0 に映し出されるものである。具体的には、投写式画像表示装置 1 0 0 を車載ヘッドアップディスプレイとして用いた場合、投射光 L_1 を拡散板 1 0 に投射すると、画像や映像が拡散板 1 0 に映し出される。続いて、この画像や映像が、必要に応じてミラー（図示略）や車のフロントウインドウ（図示略）等を経て、ユーザに視認される。

【 0 0 2 2 】

30

投射装置 2 0 は、拡散板 1 0 に向かって投射光 L_1 を投射し、拡散させることのできる位置に配置されている。なお、図 2 に示す投写式画像表示装置 1 0 0 では、投射装置 2 0 は、拡散板 1 0 の基板 1 の主面 1 a 側に配置されているが、投射装置 2 0 は、拡散板 1 0 の基板 1 の主面 1 b 側に配置されていてもよい。

【 0 0 2 3 】

ここで、投射装置 2 0 が拡散板 1 0 に向かって投射光 L_1 を投射する。拡散板 1 0 の投射光 L_1 はマイクロレンズ 2 及び主面 1 a に入射する。主面 1 a に関して実質的に垂直な軸 A_0 がある。軸 A_0 と、投射光 L_1 の光軸 A_1 とのなす角度が、投射光 L_1 の拡散板 1 0 への入射角度 θ_i である。ここで、入射角度 θ_i が、0 度から 50 度までの範囲内であると好ましい。なお、この明細書では、角度の単位として、「度」と「deg」を用いたが、

40

いずれも同じ意味の単位を指し示すものである。表面に微細な凹凸（レンズ）がついた構造を持つ拡散板においては、50 度を超える入射光では、拡散板内部で内部全反射が生じ、輝度ムラが悪化する場合がある。このため入射角度 θ_i は 50 度以下が好ましい。

投射光 L_1 は拡散板 1 0 に入射した後、拡散板 1 0 を透過し、拡散板 1 0 の主面 1 b から出射光 L_2 として出射する。出射光 L_2 は、拡散範囲 R_d 内に拡散しつつ、光軸 A_2 に沿って進む。ここで、投射装置 2 0 から拡散板 1 0 に投射された投射光 L_1 の、光軸 A_1 に対する最大角度を θ_{na} とすると、投射光 L_1 の開口数 NA は、下記の式 1 で表現される。

【 数 1 】

50

$$NA = \sin(\theta_{na}) \quad \dots(\text{式 } 1)$$

ここで、開口数 NA が、0.140以下であると好ましい。投射光の光源としては一般的にLEDやレーザが用いられる。これらの光源を用いて映像を投影するには投射光の NA を0.140以下にすることで高精細な映像が得られる。なお、開口数 NA は、0より大きいとよい。

【0024】

(出射光の光軸の定義の一具体例)

ここで、図3及び図16を参照して、出射光 $L2$ の光軸 $A2$ の定義の一具体例について説明する。図3は、実施の形態1に係る拡散板の一具体例から出射された出射光の拡散角度に対する輝度を示すグラフである。図16は、拡散板から出射された出射光の拡散角度に対する輝度を示すグラフである。図3及び図16に示すように、評価したい測定断面における、配光特性において、左側から積算していったときに全輝度の積算値の半分となる角度を出射光の光軸と定義する。具体的には、拡散角度の所定範囲に対する測定輝度分布において、出射光の光軸の位置に相当する拡散角度を、光軸拡散角度 θ_a とする。拡散角度の所定範囲における最小角度 θ_{min} から光軸拡散角度 θ_a までの測定輝度の積算値 T_o が、拡散角度の全範囲における測定輝度の積算値 T_a の50%であると、定義する。

【0025】

再び、図2を参照して、拡散板10を備える投写式画像表示装置100について説明する。

拡散板10全体の軸 $A0$ と、出射光 $L2$ の光軸 $A2$ とのなす角度が、出射光 $L2$ の拡散板10への出射角度 θ_o である。出射角度 θ_o は、入射角度 θ_i と異なり、言い換えると、大きいか又は小さい。出射光 $L2$ の光軸 $A2$ は、投射光 $L1$ の光軸 $A1$ に対して、所定の角度で傾いている。つまり、光軸 $A2$ は、光軸 $A1$ と同じ方向に延びておらず、平行でもない。出射光 $L2$ の光軸 $A2$ は、投射光 $L1$ の光軸 $A1$ に対して、光軸ズレ角度 θ_v で曲がることになる。言い換えると、光軸 $A2$ と、光軸 $A1$ とのなす角度は、光軸ズレ角度 θ_v である。また、出射角度 θ_o と入射角度 θ_i との差分の絶対値が光軸ズレ角度 θ_v であり、光軸ズレ角度 θ_v が0~40度以内であると好ましい。光軸ズレ角度 θ_v が大きくなるほど微細凹凸の斜面角度が大きくなる傾向にある。光軸ズレ角度 θ_v が40度以下であるとき、投射板に入射した光が、内部で全反射し難くなる。そのため、この入射した光が、安定して投射板から出射し、画像における輝度が安定する等の良好な影響が多くなる。このため、光軸ズレ角度 θ_v は40度以下にすることが好ましい。

【0026】

出射光 $L2$ は、光軸 $A2$ を中心に均一に拡散する。具体的には、出射光 $L2$ の輝度は、光軸 $A2$ と実質的に垂直な面上において、光軸 $A2$ を中心に対称となるように分布する。出射光 $L2$ の輝度は、光軸 $A2$ と実質的に垂直な面上において、光軸 $A2$ からの距離に応じて減少してもよいし、光軸 $A2$ からの距離によることなく一定であってもよい。

【0027】

従って、投写式画像表示装置100は、光軸 $A2$ を投射光 $L1$ の光軸 $A1$ に対して傾けて、出射光 $L2$ を出射することができる。また、投写式画像表示装置100は、出射光 $L2$ が光軸 $A2$ を中心に均一な輝度を有するように、投射光 $L1$ を拡散しつつ出射する。そのため、投写式画像表示装置100は、ヘッドアップディスプレイ用のスクリーンとして、好適である。

【0028】

(拡散板の製造方法)

図4及び図5を参照して、実施の形態1に係る拡散板の製造方法について説明する。図4は拡散板の製造方法の手順を示すフローチャートである。図5は、実施の形態1に係るマイクロレンズアレイの設計工程を示すフローチャートである。

【0029】

図4に示すように、拡散板の製造方法は、所望の光拡散特性を発現するマイクロレンズ

アレイを設計する工程（S100）と、そのマイクロレンズアレイの金型を作製する工程（S200）と、金型を用いて樹脂にマイクロレンズアレイの形状を転写する工程（S300）と、を備える。

以下、各工程を順に説明する。

【0030】

図5を参照して、マイクロレンズアレイを設計する工程（S100）について説明する。まず、拡散板の仕様を決定する（ST110）。具体的には、拡散板に用いる材料の光学物性（特に屈折率）、使用波長、及び必要な拡散特性の仕様を決定する。

【0031】

続いて、拡散板に求められる拡散特性と材料の光学特性とから基準マイクロレンズの設計を行う（ST120）。これは投射式画像表示装置に求められる配光特性から、拡散形状、例えばトップハットやガウシアン分布、を設定し、さらに拡散の広がり角度を設定すればよい。基準マイクロレンズの設計段階では、レンズ主面に実質的に垂直に、光が入射し、出射光は同じ光軸であると仮定して設計しておけばよい。基準マイクロレンズの設計は、光線追跡でもよく、回折計算によってでもよく、必要に応じて使い分ければよい。基準マイクロレンズ設計を回折計算で行い、傾斜対応レンズ設計は光線追跡を用いて行ってもよいし、両方回折計算でもよく、両方光線追跡を用いて設計してもよい。本発明の説明においては、両工程とも光線追跡法を用いて説明を行う。なお、本実施例では、光線追跡については照明設計解析ソフトウェアLightTools（登録商標）を用いて解析した。

【0032】

続いて、拡散板の凹凸パターン部の屈折率、基材フィルムの材料や屈折率を基に設計する（基準マイクロレンズ設計工程ST120）。基準マイクロレンズの数は1つでもよく、必要に応じて2つ以上でもよい。特にレンズサイズが100 μ m以下では回折光の強度が高い結果となった場合には、2種類以上用いたり、ランダムなレンズ形状を用いたり、位相に変調を加える形状を用いたりしてもよい。基準マイクロレンズ設計の段階では、同一の基準マイクロレンズが拡散板の基板の主面の全面に様に敷き詰められていると、仮定していると考えてよい。基準マイクロレンズは、例えば、トロイダル形状、又はバイコーニック面を有する。

【0033】

続いて、拡散板の各位置における、入射光の光軸の傾きと、出射光の光軸の傾きと、必要な拡散特性の設定をする（光設定工程ST130）。

【0034】

続いて、設計した基準マイクロレンズを基に、傾斜対応レンズ設計工程ST140に進む。当工程では、光設定工程ST130で設定した拡散板の各位置における、入射光の光軸の傾きと、出射光の光軸の傾きと、及び必要な拡散特性の設定をインプットデータとして、拡散板の各位置における、レンズ形状の設計を行う。傾斜対応レンズ設計は、全ての個々のレンズについて光線追跡や回折計算を行って設計を行ってもよいし、変化させるレンズパラメータを選択し、そのパラメータを変化させてもよい。

【0035】

ところで、一般的なマイクロレンズアレイを含む拡散板では、マイクロレンズの数は100万個を超えることもあるため個々のレンズに対して個別に設計することは多くの労力を要する。そこで、傾斜対応レンズ設計工程ST140では、設計レンズのパラメータとして、曲率半径、円錐係数、三次補正係数、レンズの中心位置のずらし量、レンズの傾きを選んだ。そして、例えば、入射光が最低角度で入射される部分と、入射光が最高角度で入射される部分で、前述のパラメータ調整により傾斜対応を行うことで、それぞれのパラメータの上下限を設定し、その間について内挿法を用いることで個々のレンズ設計を省略した。この最低角度は、入射光の光軸と、拡散板に実質的に垂直な仮想軸との交差する角度の、最低値である。また、この最高角度は、入射光の光軸と、拡散板に実質的に垂直な仮想軸との交差する角度の、最高値である。この方法により限定されたパラメータを元に拡

10

20

30

40

50

散板全面の各々の位置の傾斜対応レンズ設計を行うことと同じ設計効果が得られる。

【 0 0 3 6 】

(出射光の拡散特性の均一性)

次に、図 6 及び図 1 7 を用いて、出射光の拡散特性の均一性を定量的に評価する方法について説明する。図 6 及び図 1 7 は、出射光の拡散特性の均一性の評価方法を説明するための図である。

【 0 0 3 7 】

出射光の拡散分布において、出射光の光軸の位置に相当する光軸拡散角度 θ_a での光軸輝度 L_o を基準に、図 6 及び図 1 7 の紙面に向かって左側、すなわち、光軸拡散角度 θ_a よりも小さい角度の領域で、光軸輝度 L_o の 70% に相当する輝度値に対応する拡散角度 θ_s がある。また、図 6 及び図 1 7 の紙面に向かって右側、すなわち、光軸拡散角度 θ_a よりも大きい角度の領域で、光軸輝度 L_o の 70% に相当する輝度値に対応する拡散角度 θ_b がある。次に、拡散角度 θ_s から拡散角度 θ_b までの範囲において、光軸輝度 L_o を基準とし、その後、各輝度から光軸輝度 $L_o \times 0.7$ を減算し、拡散角度 θ_s から光軸拡散角度 θ_a までの積算輝度 T_s と、光軸拡散角度 θ_a から拡散角度 θ_b までの積算輝度 T_b とを計算する。そして積算輝度 T_s と積算輝度 T_b の比である均一性評価指標 T_s / T_b を計算し、均一性評価指標 T_s / T_b と、出射光の拡散範囲 $\theta_s + \theta_b$ とに基づいて、出射光の拡散特性の均一性の評価を行う。

具体的には、拡散範囲 $\theta_s + \theta_b$ の広さに応じて、均一性評価指標 T_s / T_b の許容範囲 $D \sim 1 / D$ は変化する。これは、均一性評価指標 T_s / T_b が同じ値であっても、拡散範囲 $\theta_s + \theta_b$ が狭い場合、出射光の拡散特性の均一性が低いと視認される傾向にあるのに対して、拡散範囲 $\theta_s + \theta_b$ が広い場合、均一性が高いと視認される傾向が有る。これを元に以下のように拡散範囲 $\theta_s + \theta_b$ に応じて均一性評価指標の許容範囲 $D \sim 1 / D$ を決定する。均一性の許容範囲の下限值 D は、以下の式で表される。

$$D = 0.63 * \exp(0.45 * ((90 - (\theta_s + \theta_b)) / 90)^2)$$

均一性の許容範囲の下限值 D と、その上限値 $1 / D$ を用いて、均一性評価指標 T_s / T_b の範囲は以下の範囲にあれば、出射光の拡散特性の均一性は良好と判断されて、良い。

$$D < T_s / T_b < 1 / D$$

具体的には、拡散範囲 $\theta_s + \theta_b$ が 10 度であれば、均一性の許容範囲の下限值 D が 0.90 であり、その上限値 $1 / D$ が 1.11 である。均一性評価指標 T_s / T_b が、均一性の許容範囲の下限值 $D 0.90$ を超えて、且つ、その上限値 $1 / D 1.11$ 未満であれば、拡散板は、出射光を均一な拡散分布で拡散させるため、好ましい。拡散範囲 $\theta_s + \theta_b$ が 20 度であれば、均一性評価指標 T_s / T_b が、均一性の許容範囲の下限值 $D 0.83$ を超えて、且つ、その上限値 $1 / D 1.21$ 未満であれば、拡散板は、出射光を均一な拡散分布で拡散させるため、好ましい。

具体的には、図 6 に示す例では、拡散範囲 $\theta_s + \theta_b$ が 10 度であり、均一性評価指標 T_s / T_b は、0.99 であるため、均一性の許容範囲の下限值 $D 0.9$ から上限値 $1 / D 1.11$ までの範囲内にある。すなわち、図 6 に示す例では、出射光の拡散特性は均一であると認定される。

一方、図 1 7 に示す例では、拡散範囲 $\theta_s + \theta_b$ が 10 度であり、均一性評価指標 T_s / T_b は、約 0.86 であるため、均一性の許容範囲の下限值 $D 0.9$ を下回る。すなわち、図 1 7 に示す例では、出射光の拡散特性は均一でないと認定される。

【 0 0 3 8 】

(発明の効果の一例)

本発明に係る拡散板及び投写式画像表示装置によれば、入射光によらず出射光の拡散特性を均一にできることから映像を隅まで明るく視認できたり、高品位な映像を提供したりすることができる。また、出射光の光軸を入射光の光軸に対して曲げることで、拡散板に映像範囲の拡大などの機能を持たせた拡散板を提供することができ、装置の小型化や、映像表示装置の設計自由度を向上させることができる。

【 実施例 】

【 0 0 3 9 】

次に、実施の形態 1 に係る拡散板の製造方法の一具体例を用いて、製造した実施例 1 ~ 4 について説明する。まず、実施の形態 1 に係る拡散板の製造方法の一具体例について説明する。

【 0 0 4 0 】

(実施例 1 ~ 4 の共通の設計事項)

まず、基準マイクロレンズ設計工程 S T 1 2 0 では、具体的に、基準マイクロレンズの形状について説明をする。基準マイクロレンズのレンズ形状は、一般的な回転対称形状を用いてもよく、その場合、基準マイクロレンズの断面形状、具体的には、基準マイクロレンズの中心とレンズ面との交点を基準としたサグ量 z [μm] は、下記の式 2 で表される。ここで、 C は曲率 [$1 / \mu\text{m}$] であり、 K は円錐係数、 r は中心からの距離 [μm] である。曲率 C は、曲率半径 R [μm] を用いて、 $C = 1 / R$ と表される。

10

【 数 2 】

$$z = \frac{-Cr^2}{1 + \sqrt{1 - (K + 1)C^2r^2}} \quad \dots(\text{式 } 2)$$

【 0 0 4 1 】

本実施例の拡散板で用いた基準マイクロレンズの断面形状は、下記の式 3 で表される。ここでは、基準マイクロレンズは、長方形の底面を有するトロイダルレンズである。XYZ 3 次元座標を用いて、基準マイクロレンズにおける各位置を規定する。具体的には、その底面が XY 平面に沿い、底面に関して実質的に垂直な仮想軸を Z とする。X 方向及び Y 方向にそれぞれ基準マイクロレンズのレンズ凸面の曲率が定義されている。ここで、基準マイクロレンズの中心を原点として、基準マイクロレンズの中心軸からの X 方向の距離 r_x と、基準マイクロレンズの中心軸からの Y 方向の距離 r_y と、X 方向 (XZ 平面) の曲率 C_x [$1 / \mu\text{m}$] と、Y 方向の曲率 C_y [$1 / \mu\text{m}$] と、X 方向 (XZ 平面) の円錐係数 K_x と、Y 方向 (YZ 平面) の円錐係数 K_y との関係は、式 3 を用いて、表すことができる。また、斜め入射対応設計では、式 3 に示されるように、3 次関数による補正係数 A_x 、 A_y を有する 3 次関数の補正式が加わる。

20

【 数 3 】

$$z = \frac{-C_x^2 r_x^2}{1 + \sqrt{1 - (K_x + 1)C_x^2 r_x^2}} + \frac{-C_y^2 r_y^2}{1 + \sqrt{1 - (K_y + 1)C_y^2 r_y^2}} + A_x r_x^3 + A_y r_y^3 \quad \dots(\text{式 } 3)$$

30

【 0 0 4 2 】

(実施例 1 ~ 4 のインプット事項とその共通設計事項)

続いて、実施例 1 ~ 4 のインプット事項とその共通設計事項について説明する。拡散板のパターン部分の屈折率は 1.52 とし、拡散板の基材としてポリカーボネートを用いて、基材の屈折率は 1.59 とする。拡散板から出射される出射光の拡散特性では、拡散形状は長方形とする。さらに、水平方向 H、(例えば、図 1 に示す拡散板 10 の長辺側の外縁に沿う方向) において、出射光の拡散角度は全角で 20 度とし、垂直方向 V (例えば、図 1 に示す拡散板 10 の短辺側の外縁に沿う方向) において、出射光の拡散角度は全角で 10 度とする。

40

また、各方向での配光形状はトップハットに近い形状とした。投射装置からの映像は、拡散板の微細凹凸面 (パターン面、具体的には、マイクロレンズアレイ、より具体的には、図 2 に示すマイクロレンズ 2) に入射され、基材面の平坦面 (例えば、図 2 に示す主面 1 b) から映像光が拡散するとともに出射される。

【 0 0 4 3 】

また、図 1 に示す拡散板 10 の一具体例がある。この一具体例は長形状板であり、そ

50

の水平方向Hにおける長辺の長さ H_L を $60\text{mm}(\pm 30\text{mm})$ 、垂直方向Vにおける長辺の長さ V_L を $30\text{mm}(\pm 15\text{mm})$ とする。この一具体例に投射光を投射すると、投射光に含まれる光線がこの拡散板の一具体例の原点に相当する箇所に垂直に入射する。また、図7に示すように、垂直方向Vにおいてこの拡散板の一具体例の両端では、 ± 5 度に傾いた光線が入射する。また、図8に示すように、水平方向Hにおいてこの拡散板の一具体例の両端では、 ± 10 度に傾いた光線が入射する。図7及び図8に示すように、基準マイクロレンズ各位置におけるx、y軸方向それぞれの入射光の光軸角度を $\theta_{ih}(x,y)$ 、 $\theta_{iv}(x,y)$ とする。また、出射方向の光軸角度を $\theta_{oh}(x,y)$ 、 $\theta_{ov}(x,y)$ とする。ここでそれぞれの角度は場所の関数としてあらわされる。また、出射光の光軸の入射光軸からのズレを、x,y軸方向にそれぞれ $D\theta_{oh}(x,y)$ 、 $D\theta_{ov}(x,y)$ とする。

10

【0044】

これらの情報を基に、投射光を垂直(この場合、 $\theta_{ih} = 0$ 、 $\theta_{iv} = 0$)に入射させる場合の条件で基準マイクロレンズの設計を行った。基準マイクロレンズの諸条件は、水平方向ピッチ $P_x 30[\mu\text{m}]$ 、曲率半径 $R_x 44.6[\mu\text{m}]$ 、円錐係数 $k_x -0.75$ 、垂直方向ピッチ $P_y 30[\mu\text{m}]$ 、曲率半径 $R_y 89.3[\mu\text{m}]$ 、円錐係数 $k_y -0.75$ と設定した。水平方向ピッチ P_x は、隣り合う基準マイクロレンズ同士の境界間の距離である。垂直方向ピッチ P_y は、隣り合う基準マイクロレンズ同士の境界間の距離である。

【0045】

続いて、傾斜対応レンズ設計では、各傾斜に対応するためのパラメータとして、XY座標の各位置において、レンズ中心位置のずらし量を D_h 、 $D_v[\mu\text{m}]$ 、レンズ曲率半径係数を α_x 、 α_y 、3次関数による補正係数を A_x 、 A_y とする。

20

【0046】

XY座標のとある位置において、図9Bに示すマイクロレンズ2での中心位置 R_o は、図9Aに示す基準マイクロレンズ21での中心位置 R_o から所定の距離だけずれた位置にある。具体的には、マイクロレンズ2での中心位置 R_o は、基準マイクロレンズ21での中心位置 R_o から、X方向に距離 D_h 、Y方向において距離 D_v ずれている。言い換えると、X方向におけるレンズ中心位置のずらし量 D_h は、基準マイクロレンズ21の中心位置 R_o からマイクロレンズ2の中心位置 R_o までのX方向における距離である。Y方向におけるレンズ中心位置のずらし量 D_v は、基準マイクロレンズ21の中心位置 R_o からマイクロレンズ2の中心位置 R_o までのY方向における距離である。

30

【0047】

(実施例1)

前述の共通設計事項を基に、拡散板の出射光について、条件を決める。拡散板の出射光が各入射光の光軸に対して、垂直方向Vにおいて、全て-2度光軸を傾けるものとする(ここで、 $D\theta_{ov} = -2\text{deg}$)。その他の拡散特性は同一のものとする。

【0048】

ここで、拡散板において垂直方向Vのみに光軸を曲げるため、レンズ設計についても垂直方向に沿う断面(V断面)のみ行えばよい。垂直方向V全域で有効な傾斜対応レンズ設計を行うため、垂直方向Vに延びる直線にある位置V1、V2、V3のそれぞれにおいてパラメータ設計を行う。XY直交座標を用いると、位置V1(0mm, 0mm)、位置V2(0mm, +15mm)、位置V3(0mm, -15mm)と表現される。

40

【0049】

まず、位置V1(0mm, 0mm)において、配光特性は、垂直方向Vにおける、レンズ基板の主面に対する入射光の光軸の角度が $0[\text{deg}]$ であり、レンズ基板の主面に対する出射光軸の角度は $-2[\text{deg}]$ 、出射配光角は $-7 \sim +3[\text{deg}]$ の範囲内であればよい。これを実現するためには、レンズ中心位置のずらし量 D_v は $-6[\mu\text{m}]$ とする。本設計による位置V1におけるマイクロレンズの断面形状を、図10に示す。また、垂直方向Vにおける配光特性を、図6に示す。なお、図10では、投射光L1及び出射光L2の進む方向を示す矢印を記載した。後述する図11、13でも、図10と同様に、この矢印を記載した。また、ここでは、拡散範囲 $\theta_s + \theta_b$ が10度であるので、均一性評価指標 T_s / T_b が、均一性の許容範

50

図の下限値Dである0.90を超過し、且つ、その上限値である $1/D$ 1.11未満であれば、出射光の拡散分布は、均一とされる。均一性評価指標 T_s/T_b は0.99であり、均一性の許容範囲の下限値Dを超過しており、且つ、その上限値 $1/D$ 未満なので、均一である。

【0050】

続いて、位置V2(0mm, +15mm)において、垂直方向Vにおける、レンズ基板の主面に対する入射光の光軸の角度が5[deg]であり、レンズ基板の主面に対する出射光の光軸の角度は、3[deg](=5[deg]-2[deg])であればよく、出射配光角は-2~+8[deg]であればよい。これを実現する設計として、Y方向におけるレンズ中心位置のずらし量 $D_v=-6[\mu m]$ 、Y方向におけるレンズ曲率半径係数 $\alpha_y=1-0.01$ 、つまり0.99、Y方向における3次関数補正量 $A_y=0.02/15^3(=5.926E-06)$ とした。本設計による位置V2におけるマイクロレンズの断面形状を、図11に示す。また、垂直方向Vにおける配光特性を、図12に示す。また、均一性評価指標 T_s/T_b は1.01であり、均一性の許容範囲の下限値Dを超過し、且つ、その上限値 $1/D$ 未満なので、均一である。

10

【0051】

続いて、位置V3(0mm, -15mm)において設計を行う。垂直方向Vにおける、レンズ基板の主面に対する入射光の光軸の角度が-5[deg]であり、レンズ基板の主面に対する出射光の光軸の角度は、-7[deg](=-5[deg]-2[deg])、出射配光角は-12~-2[deg]であればよい。これを実現する設計として、Y方向におけるレンズ中心のずらし量 $D_v=-6[\mu m]$ 、レンズ曲率半径係数 $\alpha_y=1+0.01$ 、つまり1.01、3次関数補正量 $A_y=-0.02/15^3(=5.926E-06)$ とした。本設計による位置V3におけるマイクロレンズの断面形状を、図13に示す。また、垂直方向Vにおける配光特性を、図14に示す。また、均一性評価指標 T_s/T_b は0.98であり、均一性の許容範囲の下限値Dを超過しており、且つ、その上限値 $1/D$ 未満なので、均一である。

20

【0052】

この位置V1~V3の3点の設計値より、Y座標の各位置における各パラメータ、3次関数補正量 A_y と、レンズ曲率半径係数 α_y とは、下記の式で表現される。

$$A_y = 0.02 / (15^3) \times (Y / 15)$$

$$\alpha_y = 1 - 0.01 \times (Y / 15)$$

これにより拡散板内のY座標における任意の位置において上記設計を適用することで、所望の出射光特性を得ることができる。

30

【0053】

(実施例2)

前述の共通設計事項を基に、拡散板の出射光について、条件を加える。拡散板の出射光の光軸が各入射光の光軸に対して、水平方向Hにおいて、全て-3deg傾くように設定した(ここで、 $D_{\theta oh}=-3deg$)。その他の拡散特性は、実施例1と同一の条件に設定した。X座標の各位置における各パラメータ、レンズ中心位置のずらし量 D_h と、レンズ曲率半径係数 α_x と、3次関数による補正係数 A_x とは、下記の式で表現される。

$$D_h = -4.45 - 0.1 \times (X / 30)$$

$$\alpha_x = 1 - 0.02 \times |(X / 30)| \quad (X \neq 0)$$

$$\alpha_x = 1 + 0.05 \times |(X / 30)| \quad (X = 0)$$

$$A_x = 0.15 / (15^3) \times (X / 30)$$

また均一性評価指標 T_s/T_b は $X=-30mm$ の位置で1.03、 $X=+30mm$ の位置で1.00であり、均一である。

40

これにより拡散板内のX座標における任意の位置において上記設計を適用することで、所望の出射光の配光特性を得ることができる。

【0054】

(実施例3)

実施例1と実施例2との設計を同時にそれぞれの垂直方向V、又は水平方向Hに沿う断面形状について適用すると、出射光の光軸を入射光の光軸に対して、垂直方向Vに-2[deg]

50

]、水平方向Hに-3[deg]同時に曲げることができる。このように出射光の光軸を2次元方向に曲げる設計をも行うことができる。

【0055】

(実施例4)

実施例1では、出射光の光軸を入射光の光軸に対して一定の変化を与えたが、実施例4では、垂直方向Vについて拡散板面内におけるY座標の位置-15mmから+15mmまで範囲において、入射光の入射角度 θ_{iv} が-5degから+5degまで変化する条件で、Yの各位置で、出射光の光軸を、入射光の光軸に対してY方向における出射角度 $D\theta_{ov}$ [deg]だけ変化させる。つまりY方向に沿って連続的な光軸変化を可変させる。入射光軸の変化は最大2degとし、 $D\theta_{ov} = 2 \cdot Y / 15$ [deg]

10

とした。

Y方向における出射角度 θ_{ov} [deg]を定義すれば、各Y位置における出射角度 θ_{ov} は以下の式となる。

$$\theta_{ov} = \theta_{iv} + D\theta_{ov}$$

実施例1と同様に、実施例4に係る拡散板の3点で設計を行ったところ次のパラメータにより目標の特性を得られる。レンズ中心のずらし量 D_v と、3次関数補正量 A_y とを以下の式で表現されるよう、設定した。

$$D_v = -6.0 \cdot Y / 15$$

$$A_y = -0.02 / 15^3 (= 5.926 \text{E-}06) \cdot Y / 15$$

$$\alpha_x = 1 + 0.02 \times |(Y/15)|$$

20

また均一性評価指標 T_s / T_b は $Y = -15\text{mm}$ の位置で0.98、 $Y = +15\text{mm}$ の位置で0.98であり、均一である。これにより各位置で光軸を変化させつつ、配光特性の幅はほぼ固定でき、強度分布もフラットとなり配光特性の断面形状を維持できる。

【0056】

(比較例)

次に、比較例1及び2について説明する。

比較例1では、実施例1で用いた拡散板のマイクロレンズアレイの基準マイクロレンズと同一構成の基準マイクロレンズを有する拡散板を用いた。この拡散板に、5度に傾けた光を入射させた場合の配光特性を図17に示す。出射光の光軸 θ_a は5degであり、拡散範囲 $\theta_s + \theta_b$ は10degであり、均一性評価指標 T_s / T_b の許容範囲 $D \sim 1 / D$ は、0.90を超過し、1.11未満である。しかし、均一性評価指標 T_s / T_b は0.86であり、許容範囲 $D \sim 1 / D$ に含まれないため、均一性が良好でないと判断した。このように従来のマイクロレンズアレイを有する拡散板では、斜めに光を入射させると、光軸は入射光とほとんど変わらずに、配光分布が傾いており輝度ムラが生じることがわかる。

30

【0057】

比較例2では、実施例1で用いた拡散板のマイクロレンズアレイの基準マイクロレンズと同一構成の基準マイクロレンズ自体を10度傾けた傾斜レンズを有する拡散板を用いた。この傾斜レンズは、簡易的に $y \cdot \tan(10\text{deg})$ だけ基準レンズ形状を変化させることで10度傾けた形状と同一の形状を有する。このときの配光特性を図15に示す。出射光の光軸 $\theta_a = 5.2\text{deg}$ であり、拡散範囲 $\theta_s + \theta_b$ は9.7degであり、均一性評価指標 T_s / T_b の許容範囲 $D \sim 1 / D$ は、0.90を超過し、1.11未満である。しかし、均一性評価指標 T_s / T_b は、0.87であり、許容範囲 $D \sim 1 / D$ に含まれないため、均一性が良好でないと判断した。

40

この拡散板を傾け、垂直に光を入射させると出射光の光軸が曲げることができるが、出射光の配光分布が傾いており輝度ムラが生じてしまうことがわかる。

【0058】

なお、本発明は上記実施の形態に限られたものではなく、趣旨を逸脱しない範囲で適宜変更することが可能である。例えば、実施の形態1に係る拡散板10は、透過型の拡散板であったが、反射型の拡散板であってもよい。具体的には、反射型の拡散板は、投射光を投射されて、反射光を反射する主面と、この主面にミラー機能を有する微細構造体とを備

50

える。また、投射光の開口数 NA が、0 を超過し、0.140 以下である微細構造体は、マイクロレンズ状の形状を有するマイクロレンズ形状ミラー部を複数備える。マイクロレンズ形状ミラー部における投射光の光軸と、主面の法線とが交差してなす入射角度 θ_i は、0 度 ~ 50 度の範囲内である。マイクロレンズ形状ミラー部の複数のうち少なくとも一つは、マイクロレンズ形状ミラー部における反射光の光軸と、主面の法線とが交差してなす反射角度で、反射光を反射する。この反射光を入射角度 θ_i よりも異なる。反射光は、所望の拡散角度の範囲内において、実質的に均一な輝度を有する。マイクロレンズ形状ミラー部のマイクロレンズ基準面に実質的に垂直な断面における、マイクロレンズ形状ミラー部の断面形状は、投射光の光軸周りに非対称な断面形状を持つ。

また、上記した反射型の拡散板では、マイクロレンズ形状ミラー部における投射光の光軸と、主面の法線とが交差してなす入射角度 θ_i は、0 度を超過し、50 度以下であり、反射光が入射角度 θ_i と同じであってもよい。

なお、マイクロレンズ形状ミラー部は、上記した拡散板 10 の設計方法を用いて設計されてもよい。

【0059】

この出願は、2016 年 10 月 3 日に出願された日本出願特願 2016 - 195461 を基礎とする優先権を主張し、その開示の全てをここに取り込む。

【符号の説明】

【0060】

10 拡散板

1 基板

1a、1b 主面

2 マイクロレンズ

100 投写式画像表示装置

20 投射装置

A0 軸

A1、A2 光軸

Ax 3 次関数による補正係数

Dh、Dv レンズ中心位置のずらし量

H 水平方向

L1 投射光

L2 出射光

Lb、Ls 輝度

Lo 光軸輝度

Rd 拡散範囲

Ro 中心位置

Ta、Tb、To、Ts 積算値

V 垂直方向

V1-V3 位置

α_x 、 α_y レンズ曲率半径係数

θ_b 、 θ_s 拡散角度

θ_i 入射角度

θ_a 光軸拡散角度

θ_o 、 θ_{oy} 出射角度

θ_v 光軸ズレ角度

10

20

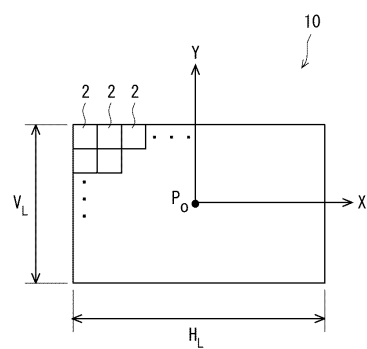
30

40

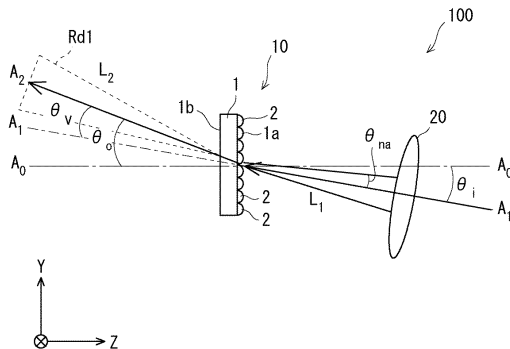
50

【図面】

【図 1】

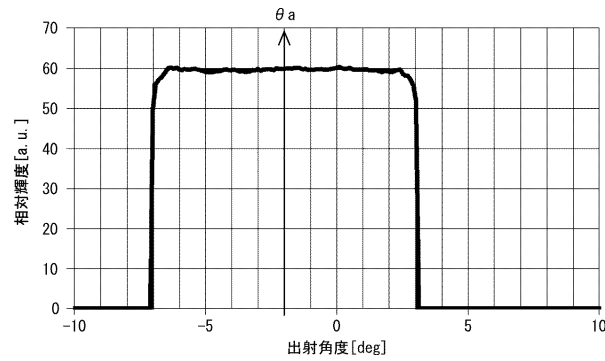


【図 2】

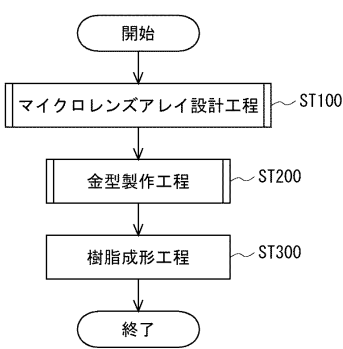


10

【図 3】



【図 4】



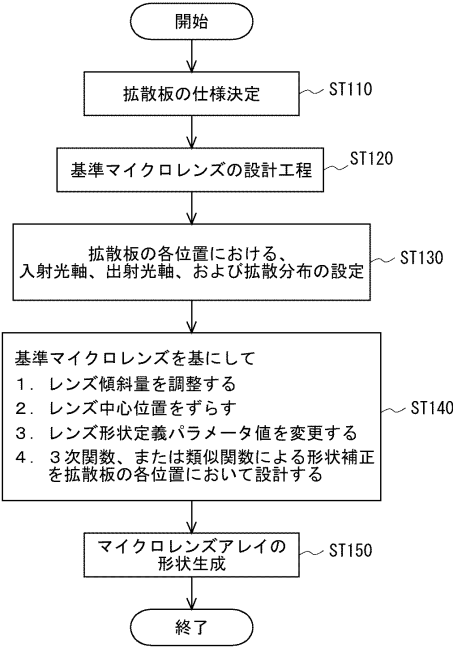
20

30

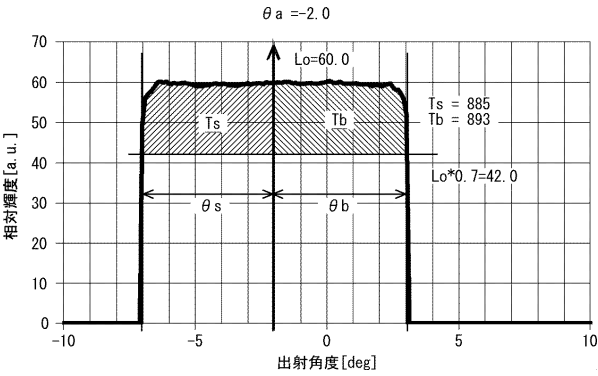
40

50

【図 5】



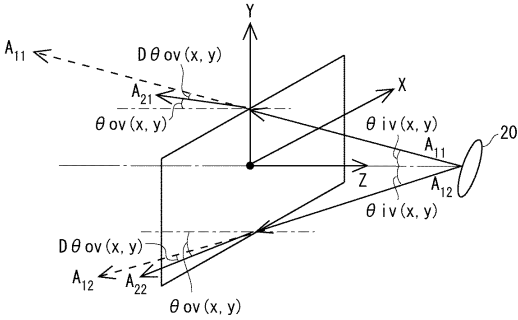
【図 6】



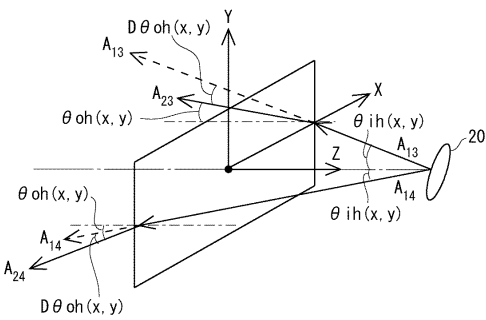
10

20

【図 7】



【図 8】

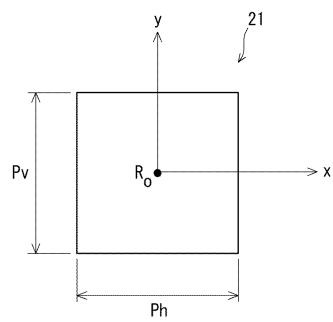


30

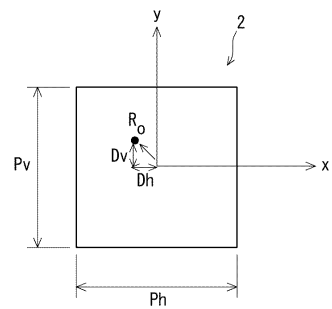
40

50

【図 9 A】

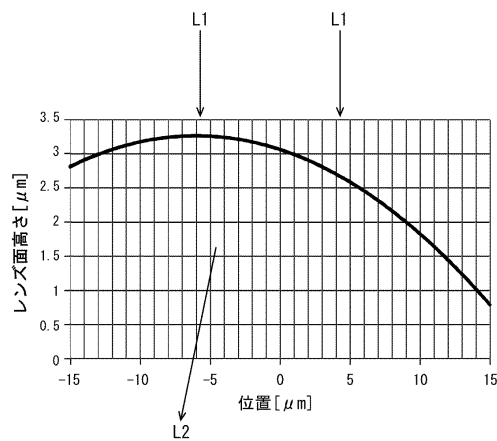


【図 9 B】

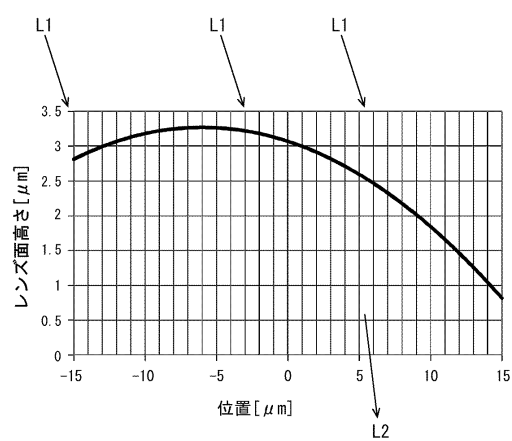


10

【図 1 0】



【図 1 1】



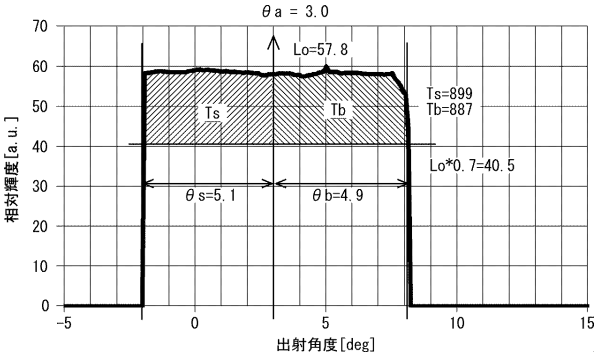
20

30

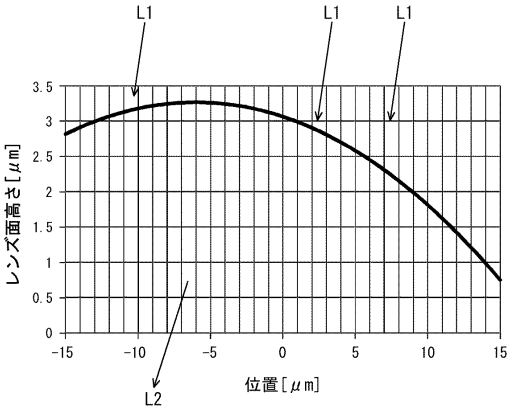
40

50

【図 1 2】

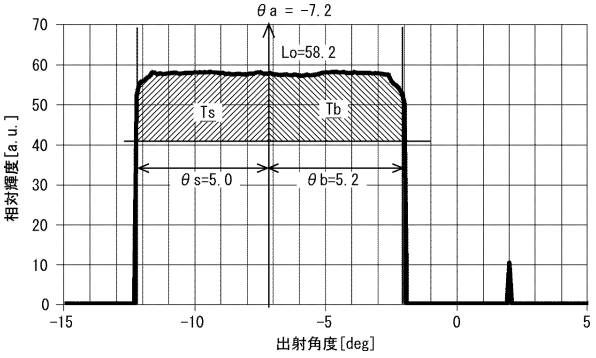


【図 1 3】

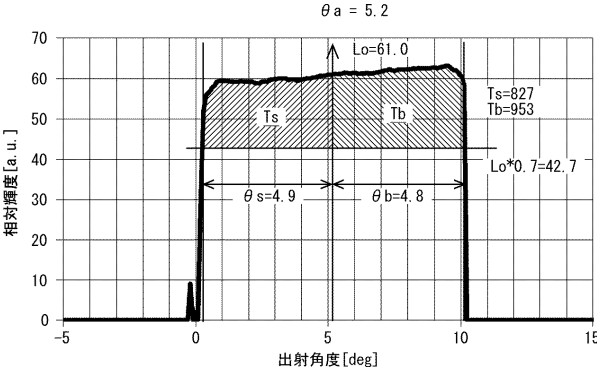


10

【図 1 4】



【図 1 5】



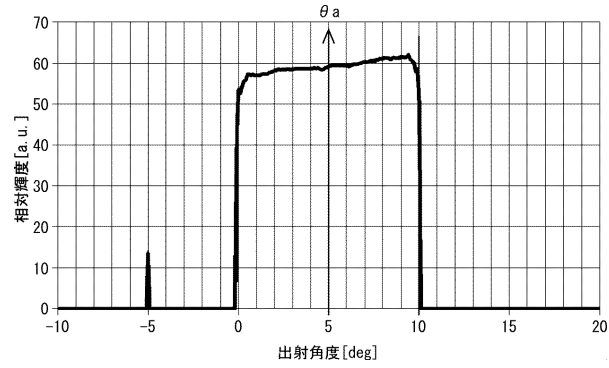
20

30

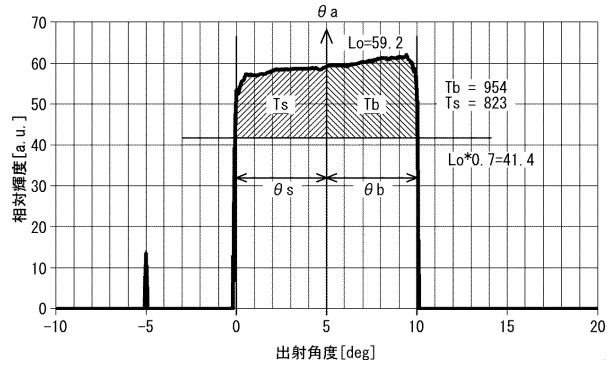
40

50

【 図 1 6 】



【 図 1 7 】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開 2 0 0 7 - 1 8 3 4 9 8 (J P , A)
 国際公開第 2 0 1 6 / 0 5 1 7 6 6 (W O , A 1)
 特開 2 0 0 5 - 3 5 1 9 5 2 (J P , A)
 特開 2 0 0 5 - 7 0 6 3 1 (J P , A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)
- | | | | |
|---------|-----------|---|-----------|
| B 6 0 K | 3 5 / 0 0 | | |
| G 0 2 B | 3 / 0 0 | - | 3 / 1 4 |
| G 0 2 B | 5 / 0 0 | - | 5 / 1 3 6 |
| G 0 2 B | 2 7 / 0 1 | | |
| G 0 3 B | 2 1 / 0 0 | - | 2 1 / 6 4 |