

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6804830号  
(P6804830)

(45) 発行日 令和2年12月23日(2020.12.23)

(24) 登録日 令和2年12月7日(2020.12.7)

(51) Int. Cl.	F I				
<b>G O 2 B</b>	<b>5/02</b>	<b>(2006.01)</b>	G O 2 B	5/02	C
<b>G O 2 B</b>	<b>3/00</b>	<b>(2006.01)</b>	G O 2 B	3/00	A
<b>G O 3 B</b>	<b>21/62</b>	<b>(2014.01)</b>	G O 3 B	21/62	
<b>G O 3 B</b>	<b>21/60</b>	<b>(2014.01)</b>	G O 3 B	21/60	

請求項の数 4 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2015-122332 (P2015-122332)	(73) 特許権者	000001085 株式会社クラレ
(22) 出願日	平成27年6月17日(2015.6.17)		岡山県倉敷市酒津1621番地
(65) 公開番号	特開2017-9669 (P2017-9669A)	(72) 発明者	内田 厚
(43) 公開日	平成29年1月12日(2017.1.12)		茨城県神栖市東和田36番地 株式会社クラレ内
審査請求日	平成29年12月27日(2017.12.27)	(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	池田 博一

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 拡散板

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

光入射面または光出射面の少なくとも一方の面に、複数のマイクロレンズからなるマイクロレンズアレイが形成された透過型の拡散板において、それぞれのマイクロレンズからの透過光の拡散角度分布が同一であって、互いに異なるマイクロレンズの位相差が設定された範囲内に分布し、前記マイクロレンズアレイを構成するそれぞれのマイクロレンズは凸レンズであって、その配置が規則的に繰り返され、最密に充填されており、前記マイクロレンズは透過光の拡散角度分布が同一の凸レンズ部と前記凸レンズ部に連続して形成された凸曲面からなり、前記凸曲面の傾斜は、前記マイクロレンズの頂点を通る断面プロファイルを見たときに、前記凸レンズ部の傾斜よりも大きく、基準面からの前記マイクロレンズの凸部最大高さ $H$ と最小高さとの差  $H$  [  $\mu\text{m}$  ] は、
$$0.2 \leq \frac{1000 \times H \times (n - 1)}{\lambda}$$
 (  $n$  : マイクロレンズの屈折率、  $\lambda$  : 光の波長 [  $\text{nm}$  ] ) の関係を満たし、前記マイクロレンズのそれぞれにおいて、その頂点を通る断面プロファイルを見たときに、拡散角度分布が同一のレンズ部の比率がそれぞれのレンズ全体の70%以上であるように制御されていることを特徴とする拡散板。

【請求項2】

光入射面または光出射面の少なくとも一方の面に、複数のマイクロレンズからなるマイクロレンズアレイが形成された透過型の拡散板において、  
 それぞれのマイクロレンズからの透過光の拡散角度分布が同一であって、互いに異なるマイクロレンズの位相差が設定された範囲内に分布し、  
 前記マイクロレンズアレイを構成するそれぞれのマイクロレンズは凹レンズであって、その配置が規則的に繰り返され、最密に充填されており、  
 前記マイクロレンズは透過光の拡散角度分布が同一の凹レンズ部と前記凹レンズ部に連続して形成された凹曲面からなり、  
 前記凹曲面の傾斜は、前記マイクロレンズの頂点を通る断面プロファイルで見たときに、前記凹レンズ部の傾斜よりも大きく、  
 基準面からの前記マイクロレンズの凹部最大深さと凹部の最小深さの差  $D$  [  $\mu\text{m}$  ] は、  

$$0.2 \leq \frac{1000 \times D}{\lambda} \leq 1000 \times D \div \lambda \quad (n: \text{マイクロレンズの屈折率、} \lambda: \text{光の波長 [ nm ]})$$

10

の関係を満たし、  
 前記マイクロレンズのそれぞれにおいて、その頂点を通る断面プロファイルを見たときに、拡散角度分布が同一のレンズ部の比率がそれぞれのレンズ全体の70%以上であるように制御されているように制御されていることを特徴とする拡散板。

【請求項3】

入射した光の全部または一部を反射する機能を有する面に複数のマイクロレンズからなるマイクロレンズアレイが形成された反射型の拡散板において、  
 それぞれのマイクロレンズからの反射光の拡散角度分布が同一であって、互いに異なるマイクロレンズの位相差が設定された範囲内に分布し、  
 前記マイクロレンズアレイを構成するそれぞれのマイクロレンズは凸レンズであって、その配置が規則的に繰り返され、最密に充填されており、  
 前記マイクロレンズは透過光の拡散角度分布が同一の凸レンズ部と前記凸レンズ部に連続して形成された凸曲面からなり、  
 前記凸曲面の傾斜は、前記マイクロレンズの頂点を通る断面プロファイルで見たときに、前記凸レンズ部の傾斜よりも大きく、  
 基準面からの前記マイクロレンズの凸部最大高さと凸部最小高さの差  $H$  [  $\mu\text{m}$  ] は、  

$$0.1 \leq \frac{1000 \times H}{\lambda} \leq 1000 \times H \div \lambda \quad (\lambda: \text{光の波長 [ nm ]})$$

20

30

の関係を満たし、  
 前記マイクロレンズのそれぞれにおいて、その頂点を通る断面プロファイルを見たときに、拡散角度分布が同一のレンズ部の比率がそれぞれのレンズ全体の70%以上であるように制御されているように制御されていることを特徴とする拡散板。

【請求項4】

入射した光の全部または一部を反射する機能を有する面に複数のマイクロレンズからなるマイクロレンズアレイが形成された反射型の拡散板において、  
 それぞれのマイクロレンズからの反射光の拡散角度分布が同一であって、互いに異なるマイクロレンズの位相差が設定された範囲内に分布し、  
 前記マイクロレンズアレイを構成するそれぞれのマイクロレンズは凹レンズであって、その配置が規則的に繰り返され、最密に充填されており、  
 前記マイクロレンズは透過光の拡散角度分布が同一の凹レンズ部と前記凹レンズ部に連続して形成された凹曲面からなり、  
 前記凹曲面の傾斜は、前記マイクロレンズの頂点を通る断面プロファイルで見たときに、前記凹レンズ部の傾斜よりも大きく、  
 基準面からの前記マイクロレンズの凹部最大高深さと凹部最小深さの差  $D$  [  $\mu\text{m}$  ] は、  

$$0.1 \leq \frac{1000 \times D}{\lambda} \leq 1000 \times D \div \lambda \quad (\lambda: \text{光の波長 [ nm ]})$$

40

の関係を満たし、  
 前記マイクロレンズのそれぞれにおいて、その頂点を通る断面プロファイルを見たときに、拡散角度分布が同一のレンズ部の比率がそれぞれのレンズ全体の70%以上であるよう

50

に制御されているように制御されていることを特徴とする拡散板。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は拡散板に関し、より具体的には、スクリーンや照明に用いられる拡散板の拡散パターンの形状および配置に関する。

10

【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ープロジェクタなどに、マイクロレンズアレイを用いた拡散板をスクリーンとして適用する技術が提案されている。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、スペckルノイズを抑制できるといったメリットがある。

【0003】

例えば特許文献1には、レーザー光を光源とし、複数画素の配列で形成される映像を投影するレーザー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提案されている。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。

20

【0004】

特許文献2および3並びに非特許文献1には、2枚のマイクロレンズアレイを用いてスクリーンを構成することが提案されている。

【0005】

特許文献4では、(a)基板表面に形成されたマイクロレンズなどの微細構造の形状を定義し、(b)選択された微細構造の配列位置を指定し、(c)拡散光の強度分布を計算し、(d)所望の拡散光強度分布が得られるまで(a)~(c)の工程を繰り返す光学設計方法が記載されている。さらに、特許文献4では、微細構造の形状また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ることで、微細構造の周期性により生じる回折スポットによる輝度むらや色むらを改善するための方法が提案されている。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開2010-145745

【特許文献2】特開2012-226300

【特許文献3】特表2007-523369

【特許文献4】特表2004-505306

40

【非特許文献1】H. Urey and K. D. Powell, "Microlens-array-based exit-pupil expander for full-color displays", APPLIED OPTICS Vol. 44, No. 23, p. 4930-4936

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

特許文献2および3並びに非特許文献1には、1枚のマイクロレンズアレイのみを用いた場合には輝度ムラや色ムラが発生する傾向にあるが、2枚のマイクロレンズアレイを用いることで、このような輝度ムラの発生を抑制できることが記載されている。しかしなが

50

ら、2枚のマイクロレンズを使う方法では、2枚のマイクロレンズ間の位置あわせに手間がかかるとともに、2枚のマイクロレンズを使うことによるコストアップの問題がある。さらに2枚のマイクロレンズを使うと1枚の場合よりも透過率が低下するために、透過光の輝度が低下するという問題点がある。また2枚のマイクロレンズを用いた場合には、反射型の拡散板として使用することができない。

【0008】

特許文献3の段落0102には、異なる特性を有するマイクロレンズを配列した1枚のマイクロレンズアレイにより輝度ムラの発生が抑制できることが記載されている。しかしながら、特許文献3には具体的な形状や配列が示されていない。また、レンズ形状や配置を不規則に並べてなるマイクロレンズアレイの場合、個々のマイクロレンズの拡散角度分布が異なるため、マイクロレンズアレイによる拡散特性を設計するのが容易でない。例えば、個々のマイクロレンズがトップハット形状の拡散角度分布を持っていたとしても、それぞれのマイクロレンズの拡散角が異なるため、マイクロレンズアレイの拡散角度分布は個々のマイクロレンズの拡散角度分布とは一致しないものになってしまう。さらに、例えば微細構造の曲率と配置位置など複数のパラメータと同時にランダム分布を与えると、拡散板をスクリーンとして用いた場合に、スペckルを生じ易く画質が悪化するという問題がある。

10

【0009】

特許文献4はレンズ形状とその配置から光学特性を計算する設計方法の発明であるが、この方法では繰り返し計算が必要なため、計算結果が所望の結果に収束するまでに何度も計算をする必要があり、作業負荷が大きい場合がある。また、特許文献4の図1に示すようなピストン形状によりマイクロレンズ部分を嵩上げした場合は、嵩上げ部分の形状から成形性が悪く、製造時に離型不良などの成形欠陥を生じやすい。

20

【0010】

これら従来技術の課題に対して、本発明では、1枚のマイクロレンズにより透過光または反射光の輝度ムラや色ムラを抑制するとともに、所望の拡散角度分布を容易に実現でき、かつ、成形性が良好な拡散板を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0011】

本発明は、以下によって前記目的を達成される。

30

【0012】

[1] 光入射面または光出射面の少なくとも一方の面に、複数のマイクロレンズからなるマイクロレンズアレイが形成された透過型の拡散板において、それぞれのマイクロレンズからの透過光の拡散角度分布が略同一であって、互いに異なるマイクロレンズの位相差が設定された範囲内に分布し、前記マイクロレンズアレイを構成するそれぞれのマイクロレンズは凸レンズであって、その配置が規則的に繰り返されており、前記マイクロレンズは透過光の拡散角度分布が同一の凸レンズ部と前記凸レンズ部に連続して形成された凸曲面からなり、前記凸曲面の傾斜は、前記マイクロレンズの頂点を通る断面プロファイルで見たときに、前記凸レンズ部の傾斜よりも大きく、基準面からの前記マイクロレンズの凸部最大高さ $H$ と最小高さとの差  $H$  [  $\mu\text{m}$  ] は、
$$0.2 \leq H \leq 1000 \times \lambda \times (n - 1) \div \lambda$$
 (  $n$  : マイクロレンズの屈折率、  $\lambda$  : 光の波長 [  $\text{nm}$  ] ) の関係を満たすように制御されていることを特徴とする拡散板。

40

【0013】

[2] 光入射面または光出射面の少なくとも一方の面に、複数のマイクロレンズからなるマイクロレンズアレイが形成された透過型の拡散板において、それぞれのマイクロレンズからの透過光の拡散角度分布が略同一であって、互いに異なるマイクロレンズの位相差が設定された範囲内に分布し、

50

前記マイクロレンズアレイを構成するそれぞれのマイクロレンズは凹レンズであって、その配置が規則的に繰り返されており、

前記マイクロレンズは透過光の拡散角度分布が同一の凹レンズ部と前記凹レンズ部に連続して形成された凹曲面からなり、

前記凹曲面の傾斜は、前記マイクロレンズの頂点を通る断面プロファイルで見たときに、前記凹レンズ部の傾斜よりも大きく、

基準面からの前記マイクロレンズの凹部最大深さと凹部の最小深さの差  $D$  [  $\mu\text{m}$  ] は、  
 $0.2 \leq D \leq 1000 \times \lambda \div (n - 1)$

( $n$ : マイクロレンズの屈折率、 $\lambda$ : 光の波長 [  $\text{nm}$  ] )

の関係を満たすように制御されていることを特徴とする拡散板。

10

#### 【0014】

[ 3 ] 入射した光の全部または一部を反射する機能を有する面に複数のマイクロレンズからなるマイクロレンズアレイが形成された反射型の拡散板において、

それぞれのマイクロレンズからの反射光の拡散角度分布が略同一であって、互いに異なるマイクロレンズの位相差が設定された範囲内に分布し、

前記マイクロレンズアレイを構成するそれぞれのマイクロレンズは凸レンズであって、その配置が規則的に繰り返されており、

前記マイクロレンズは透過光の拡散角度分布が同一の凸レンズ部と前記凸レンズ部に連続して形成された凸曲面からなり、

前記凸曲面の傾斜は、前記マイクロレンズの頂点を通る断面プロファイルで見たときに、前記凸レンズ部の傾斜よりも大きく、

20

基準面からの前記マイクロレンズの凸部最大高さと凸部最小高さの差  $H$  [  $\mu\text{m}$  ] は、

$0.1 \leq H \leq 1000 \times \lambda \div (n - 1)$  (  $\lambda$ : 光の波長 [  $\text{nm}$  ] )

の関係を満たすように制御されていることを特徴とする拡散板。

#### 【0015】

[ 4 ] 入射した光の全部または一部を反射する機能を有する面に複数のマイクロレンズからなるマイクロレンズアレイが形成された反射型の拡散板において、

それぞれのマイクロレンズからの反射光の拡散角度分布が略同一であって、互いに異なるマイクロレンズの位相差が設定された範囲内に分布し、

前記マイクロレンズアレイを構成するそれぞれのマイクロレンズは凹レンズであって、その配置が規則的に繰り返されており、

30

前記マイクロレンズは透過光の拡散角度分布が同一の凹レンズ部と前記凹レンズ部に連続して形成された凹曲面からなり、

前記凹曲面の傾斜は、前記マイクロレンズの頂点を通る断面プロファイルで見たときに、前記凹レンズ部の傾斜よりも大きく、

基準面からの前記マイクロレンズの凹部最大高深さと凹部最小深さの差  $D$  [  $\mu\text{m}$  ] は、

$0.1 \leq D \leq 1000 \times \lambda \div (n - 1)$  (  $\lambda$ : 光の波長 [  $\text{nm}$  ] )

の関係を満たすように制御されていることを特徴とする拡散板。

#### 【0016】

[ 5 ] [ 1 ] から [ 4 ] のいずれかに記載の拡散板において、

40

前記マイクロレンズのそれぞれにおいて、その頂点を通る断面プロファイルを見たときに、拡散角度分布が同一のレンズ部の比率がそれぞれのレンズ全体の70%以上であることを特徴とする拡散板。

#### 【発明の効果】

#### 【0017】

本発明では、拡散板の光学特性がマイクロレンズアレイを構成する一つのマイクロレンズの光学特性により代表されるので、光学設計が容易になる。また個々のマイクロレンズに設定された範囲の位相差を与えることにより、マイクロレンズのピッチが数百  $\mu\text{m}$  以下に狭まったときに顕著になる回折現象による輝度ムラや色ムラを低減させることができる。

また、各マイクロレンズの拡散特性が略同一であるために、各マイクロレンズの位相差に

50

不規則性を与えてもスペックルが少ない良質なスクリーン画像が得られる。さらにマイクロレンズに位相差を与える嵩上げ部分をレンズ部に連続した曲面とし、嵩上げ部の割合を一定値以下とすることにより、良好な成形性を得るとともに、光学設計値と実際に製造された部材の光学特性との差を小さくすることができる。

【図面の簡単な説明】

【0018】

【図1】本発明におけるマイクロレンズアレイの断面プロファイルの例

【図2】本発明におけるマイクロレンズアレイの設計例

【図3】本発明におけるマイクロレンズアレイの設計データの例

【図4】本発明による拡散板（凸レンズが形成されたスタンプ）のSEM観察像 10

【図5】本発明による拡散板の凸レンズの断面プロファイル測定結果の例（曲率半径42 $\mu$ m、ピッチ13 $\mu$ m、 $H = 1.5\mu$ mの場合）

【図6】本発明による拡散板の凸レンズの断面プロファイル測定結果の例（曲率半径42 $\mu$ m、ピッチ24 $\mu$ m、 $H = 1.5\mu$ mの場合）

【図7】図5のマイクロレンズアレイの拡散角度分布と光学設計値との比較

【図8】図6のマイクロレンズアレイの拡散角度分布と光学設計値との比較

【図9a】本発明による拡散板の白色LED光の透過像観察結果

【図9b】従来技術による拡散板の白色LED光の透過像観察結果

【図10】本発明による拡散板の拡散角度分布特性（従来技術との比較）

【図11a】本発明によるマイクロレンズアレイの反射拡散像の観察結果 20

【図11b】従来技術によるマイクロレンズアレイの反射拡散像の観察結果

【発明を実施するための形態】

【0019】

本発明の実施形態を図示するとともに図中の各要素に付した符号を参照して説明する。

【0020】

（マイクロレンズアレイの設計方法）

本発明のマイクロレンズアレイの設計方法について説明する。

まず拡散板に用いる材料の光学物性（特に屈折率）と所望の拡散角度分布とから、基準に成るレンズ形状を設計する。レンズ形状は球面でも非球面でも構わない。光学設計は光線追跡法などの従来技術を用いて行う。拡散板においてはレンズが最密に充填されているほうが良いため、レンズ底面を正六角形とした三角格子配置を採用すればよい。ただし、拡散角度特性に異方性を持たせたい場合はこの限りではなく、レンズの縦横比を任意に設定できる。底面形状も六角形が必須というわけでは無く、底面が四角のレンズで正方格子状に並べても良い。

【0021】

次に位相差の設定方法について述べる。本発明において、位相差はマイクロレンズを透過または反射した光の光路長の差を波長で規格化して表す。位相差を変化させるには、レンズ高さや曲率、ピッチ、配置、屈折率など様々な因子を選択可能である。本発明では個々のレンズに位相差を与えるために、レンズの嵩上げ高さのみを変化させており、個々のレンズの曲率が略同一であるところに特徴がある。

【0022】

透過型拡散板に用いるマイクロレンズアレイについて具体的に説明する。

図1に示すように、個々のレンズの断面プロファイルは同一とし、網掛け部分に示すレンズの嵩上げ部分の高さを制御することでマイクロレンズの凸部最大高さに変化を与える。つまり、マイクロレンズの凸部最大高さは、光学設計によって決定されるレンズ高さや嵩上げ部分の高さとの和によって決定される。本発明では、レンズ高さは固定値であり、嵩上げ部分の高さに一定範囲内で分布を持たせることで、各マイクロレンズに位相差を生じさせ、回折因で発生する輝度ムラや色ムラの改善を図っている。マイクロレンズの嵩上げ部分の高さの分布としては、各マイクロレンズの凸部最大高さの最大高低差  $H$  に設定し、その範囲内で嵩上げ部分の高さを一様ランダムや擬似ランダムなど任意の分布に設定す

れば良い。ここで  $H$  に対応する位相差は、マイクロレンズアレイを構成する材料の屈折率を  $n$ 、使用する光源の波長  $[\text{nm}]$  とすると、

$$1000 \times H \times (n - 1) \div$$

と表される。輝度ムラや色ムラの改善効果を生じさせるには、位相差は  $0.2$  以上に設定する必要があるが、 $0.5$  以上とすることがさらに好ましい。ここで、光源が複数の波長からなる場合は、使用する波長の中で最も長い波長で代表して計算すれば良い。

#### 【0023】

ここまでは透過型の凸レンズを例として説明したが、凹レンズの場合は  $H$  の代わりに、各マイクロレンズの凹部最大深さの最大高低差  $D$  と置き換えて考えれば良い。

#### 【0024】

反射型拡散板として用いるマイクロレンズアレイで、凸レンズの場合、凸部最大高さに分布を持ったマイクロレンズの表面で入射光が反射され、空气中を通過する光路差が生じて、各マイクロレンズ間の位相差が発生する。このときの各マイクロレンズ間の凸部最大高さの最大高低差  $H$  に対応する位相差は、

$$1000 \times 2 \times H \div$$

と表される。輝度ムラや色ムラの改善効果を生じさせるには、透過型の場合と同様に、位相差は  $0.2$  以上に設定する必要があるが、 $0.5$  以上とすることがさらに好ましい。

#### 【0025】

反射型で凹レンズを用いる場合は、 $H$  の代わりに、各マイクロレンズの凹部最大深さの最大高低差  $D$  と置き換えて考えれば良い点も透過型の場合と同様である。

#### 【0026】

マイクロレンズの最大高低差  $H$  の範囲の設定方法については、それはマイクロレンズアレイのパターン領域全域で設定しても良いし、ある単位領域を定めてそれを周期的またはランダムに繰り返しても良い。

#### 【0027】

図2にマイクロレンズアレイの設計例を示す。この例では約  $200 \mu\text{m} \times 200 \mu\text{m}$  の領域を単位領域とし、これを周期的に繰り返すことで必要とされるパターン領域を埋めることができる。単位領域をより大きい面積とし、さらに  $\nearrow$  または、複数種類の単位領域をランダムに配置すると、輝度むらや色ムラをより効果的に軽減させることができる。また、このように単位領域を定め、それをランダムに並べることで、このようなマイクロレンズの加工に要するデータ量を抑制し、データ作成の負荷を低減させる効果も得られる。もちろん、加工機側で大容量データを扱うのに支障がなければ、マイクロアレイ全面を含む大面積のランダム領域のデータを一括で準備してもよい。

#### 【0028】

設計データからマイクロレンズアレイを加工する方法は、機械加工、マスクを用いたフォトリソグラフィ、マスクレスリソグラフィ、エッチング、レーザアブレーションなど多くの加工方法を使うことができる。これらの技術を用いて金型を製造し、樹脂を成形してマイクロレンズアレイを有する拡散板部材を製造する。前記金型を直接反射型の拡散板として使っても良い。成形方法は、ロールトゥロール成形、熱プレス成形、紫外線硬化性樹脂を用いた成形、射出成形など数多くの成形方法の中から適宜選択すれば良い。反射型の拡散部材として用いる場合は、表面または裏面に  $\text{Al}$  などの反射膜を成膜して用いれば良い。

#### 【0029】

ここまでは、嵩上げ部の形状はレンズ曲面に連続する円筒形、つまり嵩上げ部の斜面が基板に垂直として説明してきた。このような形状の場合、一般に成形性が悪く、離型不良などの成形不良が発生しやすいという問題がある。本発明は成形性を改善するために、例えば凸レンズからなるマイクロレンズの場合、嵩上げ部は凸レンズ部に連続して形成された凸曲面とし、凸曲面の傾斜を凸レンズ部よりも大きく設定することにより成形性を改善しつつ、嵩上げ部の斜面の影響による上述してきた円筒型の嵩上げ部による光学設計結果からの差異を小さくしている。さらに、レンズ部に対する嵩上げ部の比率を  $70\%$  以下に

10

20

30

40

50

下げることにより、上記光学設計結果からの差異をより小さくすることが可能である。なお、凹レンズの場合は嵩上げ部を凹曲面とし同様な対処をすれば良い。このような形状の嵩上げ部を実現するには、上述のいくつかの加工方法のうち、マスクレスリソグラフィ法が好適である。

#### 【0030】

(金型製造および成形工程)

以下、レーザ走査型のマスクレスリソグラフィと電鍍により金型を作製し、その金型を用いた熱プレス成形により拡散板を成形する方法についてより詳細に説明する。

#### 【0031】

マスクレスリソグラフィは、基板上にフォトレジストを塗布するレジスト塗布工程、微細パターンをフォトレジストに露光する露光工程、露光後のフォトレジストを現像して微細パターンを有する原盤を得る現像工程からなる。レジスト塗布工程では、基板上にポジ型のフォトレジストを塗布する。フォトレジストの塗布膜の膜厚は、微細パターンの高さ以上の厚さであれば良い。塗布膜に対しては70～110のベーク処理を施すことが好ましい。露光工程では、前記塗布工程で塗布されたフォトレジストに対して、レーザービームを走査しながら照射してフォトレジストを露光する。レーザービームの波長はフォトレジストの種類に応じて選定すればよく、例えば351nm、364nm、458nm、488nm(Ar<sup>+</sup>レーザーの発振波長)、351nm、406nm、413nm(Kr<sup>+</sup>レーザーの発振波長)、352nm、442nm(He-Cdレーザーの発振波長)、355nm、473nm(半導体励起固体レーザーのパルス発振波長)、375nm、405nm、445nm、488nm(半導体レーザー)などを選択することができる。

10

20

#### 【0032】

嵩上げ部付きのマイクロレンズの露光工程では、レーザパワーをレンズ形状とレジスト感度から決まる値に変調させながら、レジスト上にレーザを走査させる。あるマイクロレンズとその隣のマイクロレンズでは嵩上げ高さが異なるので、それらの境界でレーザパワーを階段状に変化させる。レーザ露光に用いられるレーザは対物レンズで集光してレジストに焦点を結ばせている。そのレーザスポットは一般に有限の径を有するガウス分布であるため、レーザパワーを階段状に変化させてもレジストに露光された光量分布は階段状にはならず、マイクロレンズ境界部でも一定の傾斜を持つ露光量分布となる。レーザ露光のこのような性質を利用することで、嵩上げ部に一定の傾斜を持たせることができる。

30

#### 【0033】

あるマイクロレンズとそれに隣接するマイクロレンズとの嵩上げ高さの差を大きくするには、隣接するマイクロレンズ間のレーザパワーの差を大きくとれば良い。しかし、レーザパワーの差を大きくとり過ぎると、隣接するレンズ境界に近い部分のレンズ形状が光学設計から設定された形状からはずれる領域が増え、拡散角度分布が他のレンズと同一なレンズ部の比率が低下する。したがって、光学設計とできるだけ同じ拡散角度分布を得るためには、隣接するマイクロレンズ間の嵩上げ部の高さの差を一定の範囲内に収めたほうが好ましい。本発明では各マイクロレンズのレンズ部の高さは一定であるため、各マイクロレンズの凸部最大高さの最大高低差Hは、嵩上げ高さの最大高低差と一致する。前述した波長で規格化した位相差を1とし、嵩上げ高さを一様なランダム分布とした場合、各マイクロレンズ間の位相差の平均が0.5となる。これはマイクロレンズアレイが平均的に1/2波長の位相差を持つことになり、回折の影響がより有効に抑えられるという観点でより好ましい。

40

#### 【0034】

現像工程では、露光後のフォトレジストを現像する。フォトレジストの現像は公知の方法により実施することができる。現像液としては特に制限なく、テトラメチルアンモニウムハイドロオキシド(TMAH)等のアルカリ現像液を用いることができる。現像工程では露光量に応じてフォトレジストが除去され、フォトレジストの微細パターン形状が形成される。露光工程でポジレジストを用い、凹レンズによるマイクロレンズの形状に応じ

50

たレーザーパワーで露光した場合、フォトリソに凹レンズが形成されたマイクロレンズ原盤が得られることになる。

【0035】

次に電鍍工程では、露光、現像により形成された前記微細パターンを有するフォトリソ表面にニッケル金属の蒸着などの方法により導電化処理を施す。さらに、電鍍により前記蒸着膜表面にニッケルを板状に所望の厚みまで堆積させ、このニッケル板をフォトリソ原盤から剥離すると、フォトリソの凹レンズ形状が反転転写された凸レンズによるマイクロレンズアレイが形成された金型（スタンプ）が得られる。

【0036】

成形工程では、前記スタンプを用いてアクリルシートを加熱しつつプレスする熱プレス法により、凸レンズ形状の微細パターンがアクリルシートに転写される。この結果、凹レンズによるマイクロレンズアレイ部材を製造することができる。両面にスタンプを配置した両面成形を採用すれば、両面にマイクロレンズアレイを形成した部材を成形することも可能である。成形に使用する樹脂はアクリルに限らず、成形条件に応じて、拡散板に使用可能な樹脂を選定すれば良い。凸レンズによるマイクロレンズアレイ部材を得るには、前記電鍍工程で得たスタンプ（凸レンズ）を型として複製電鍍を行い、凹レンズによるマイクロレンズアレイが形成されたスタンプを作製し、このスタンプを用いて熱プレス成形すればよい。マスクレスリソグラフィの露光工程で、凸レンズに応じた露光パワーの変調によりレジストを露光する方法ももちろん採用可能であるが、電鍍工程でスタンプを複製電鍍する上記方法のほうがより簡便である。

【0037】

反射型の拡散板として用いる場合は、例えばマイクロレンズアレイが形成された部材の表面にアルミニウム反射膜を真空蒸着させ、入射光をアルミニウム面で反射させれば良い。また、マイクロレンズアレイが基板の片面のみに形成された部材の場合に、基板の鏡面側から入光させ、アルミニウム反射膜を成膜したマイクロレンズアレイ面で反射させる構成でもよい。一方、反射膜を形成しないマイクロレンズアレイ面から入光して、反射膜を形成した鏡面側で反射させた構成でも拡散板として利用できる。さらに、両面にマイクロレンズアレイを成形した基板で、入射側の反射膜の膜厚を調整してハーフミラーとし、裏面側は反射率をほぼ100%とする構成とすることで、表裏両面の二つのマイクロレンズアレイによる拡散板とすることも可能である。また、必要であればアルミニウム反射膜を保護するために保護層をコートしても良い。

【実施例】

【0038】

以下、本発明の実施例に基づいて、本発明をさらに詳細に説明する。

【0039】

（実施例1）

本実施例は、ピッチ  $P_x = 20 \mu\text{m}$ 、曲率半径が  $19 \mu\text{m}$  の底面が正六角形のマイクロレンズアレイによる透過型拡散板である。嵩上げ高さについては、部材屈折率  $n = 1.5$ 、使用波長  $\lambda = 750 \text{nm}$  とし、 $1000 \times H \times (n - 1) \div \lambda = 1$  より、 $H = 1.5 \mu\text{m}$  とした。

【0040】

図3に約  $400 \mu\text{m} \times 400 \mu\text{m}$  の単位領域の設計結果を示す。この単位領域を並べて、約  $30 \text{mm} \times 30 \text{mm}$  のマイクロレンズアレイ領域を設計した。この設計データを用い、前述のマスクレスリソグラフィ工程、電鍍工程を経て、凸レンズによるマイクロレンズアレイが形成されたスタンプを得た。

【0041】

図4にこのスタンプのレンズ形状のSEM観察像を示す。各レンズとも略均一なレンズ曲面を持ち、三角格子配列で最密充填されている。

【0042】

図5は、本発明によるNiスタンプのマイクロレンズアレイの一部のマイクロレンズの

10

20

30

40

50

断面プロファイルをレーザ顕微鏡で計測した結果である。この例では、レンズは曲率半径  $42\ \mu\text{m}$  の球面レンズであり、レンズピッチ  $13\ \mu\text{m}$ 、 $H = 1.5\ \mu\text{m}$  である。各マイクロレンズには、レンズ間で曲率が一定のレンズ部と、それに連続して形成される凸曲面からなる嵩上げ部が形成されている。

【0043】

図6は、図5のマイクロレンズアレイに対して、レンズピッチのみ  $24\ \mu\text{m}$  に広げたレンズの断面プロファイルである。曲率半径  $42\ \mu\text{m}$  と  $H = 1.5\ \mu\text{m}$  は変更していない。図5と同様に、レンズ間で曲率一定のレンズ部とそれに連続して形成される凸曲面からなる嵩上げ部が形成されているが、ピッチが広い隣接するレンズ間のレーザ露光の影響が相対的に少なくなり、曲率一定のレンズ部の比率が大きいたことが分かる。

10

【0044】

図5のマイクロレンズアレイの各レンズについて、拡散角度分布が他のレンズと同一の光学設計形状と一致しないレンズ部の比率の最大値が断面プロファイルの約30%であった。一方、図6のマイクロレンズアレイの同比率は最大で約10%である。図5および図6のレーザ顕微鏡で実測したレンズ形状と各々の光学設計形状とから、透過光の拡散角度分布を計算で求めると図7および図8となる。図7と8より、各マイクロレンズにおける光学設計形状と一致しないレンズ部の比率の最大値が断面プロファイルの30%以下であれば、得られる角度分布は光学設計の結果と比べて、実用上問題ない差の範囲内に収まっている。

【0045】

20

次に、図4のスタンプを用いて、熱プレス法（加熱  $150^\circ\text{C}$ 、圧力  $0.9\ \text{MPa}$ 、加圧時間  $300\ \text{秒}$ ）にて厚み  $1\ \text{mm}$  のアクリルシートにマイクロレンズアレイの微細パターンを転写した。成形は離型不良などの問題もなく実施することができ、凹レンズによるマイクロレンズアレイが片面に形成された拡散板の部材を得ることができた。

【0046】

図9は、成形により得られた拡散板に、白色LEDからの光をパターン面側から約  $4\ \text{cm}$  の距離を隔てて入射させたときの透過像をデジタルカメラにて撮像した結果である。図9(a)は本発明の拡散板であり、図9(b)は従来の嵩上げ部のない ( $H = 0\ \mu\text{m}$ ) マイクロレンズアレイからなる拡散板の結果である。従来技術による拡散板では回折による輝度ムラと色ムラが発生しているが、本発明の拡散板図では輝度ムラと色ムラが大幅に改善されていることが分かる。

30

【0047】

図10では、輝度計とゴニオステージにより、透過光強度の拡散角度分布を計測した結果である。光源はハロゲンライトによる白色光である。従来技術による嵩上げ部のない拡散板では0度付近に回折スポットに起因する大きな輝度変動が観察されている。一方、本発明の拡散板では回折が緩和され、輝度ムラが改善しており、設計値に近い特性が得られていることが確認される。

【0048】

(実施例2)

次に反射型拡散板の例を説明する。実施例1と同様にして、ピッチ  $P_x = 20\ \mu\text{m}$ 、曲率半径が  $19\ \mu\text{m}$  の底面が正六角形のマイクロレンズアレイで、 $H = 0.5\ \mu\text{m}$  の反射型拡散板を作製し、白色LEDの光を照射して、その反射拡散光を観察した。

40

【0049】

図11(a)には本発明による反射型拡散板からの反射像、図11(b)は従来技術による嵩上げ部のない反射型拡散板からの反射像を示す。従来技術による拡散板では、反射像に回折により分光した色ムラや輝度ムラが顕著に観察される、一方、本発明によるマイクロレンズアレイによるものは色ムラや輝度ムラが改善し、良好な反射像が得られている。

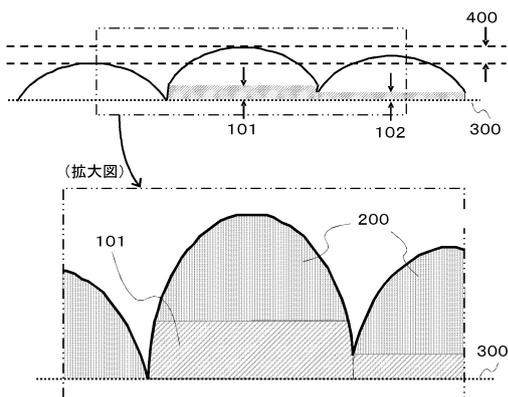
【符号の説明】

【0050】

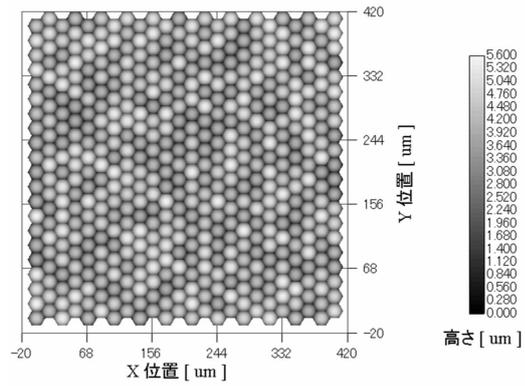
50

- 1 0 0 - 1 0 2 ... 嵩上げ部
- 1 1 0 ... 嵩上げ部の凸曲面
- 1 2 0 ... 設計上の嵩上げ部
- 1 3 0 ... 嵩上げ高さ
- 2 0 0 ... レンズ部
- 3 0 0 ... 基準面
- 4 0 0 ... H ( レンズ頂部高さの差の最大値 )

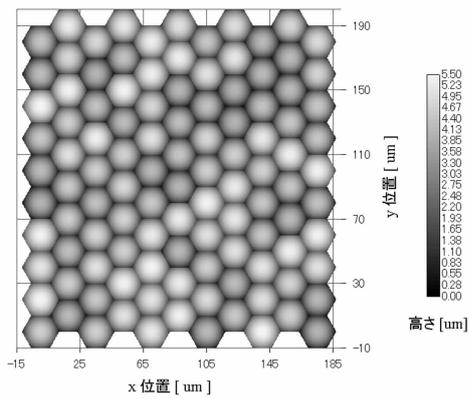
【 図 1 】



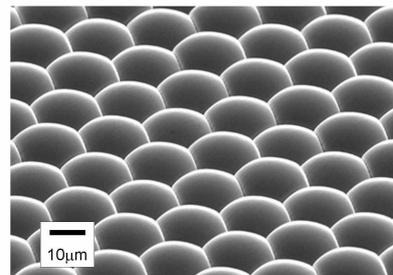
【 図 3 】



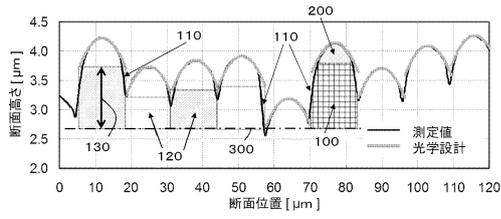
【 図 2 】



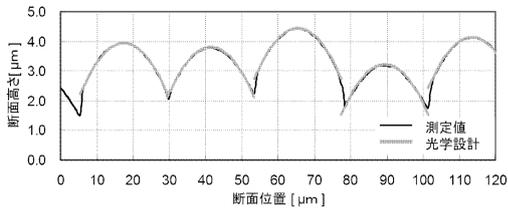
【 図 4 】



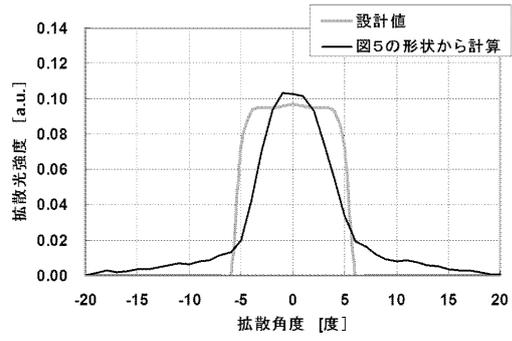
【図5】



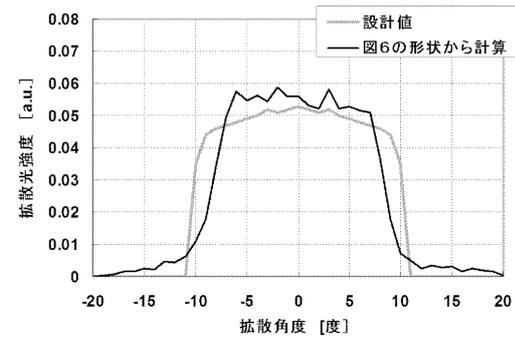
【図6】



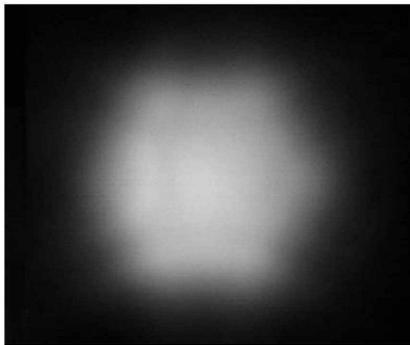
【図7】



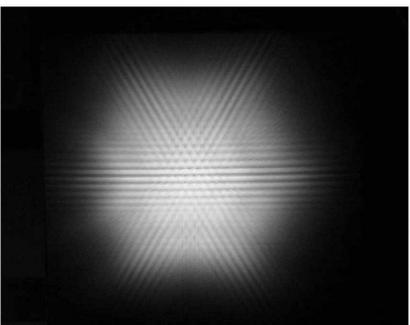
【図8】



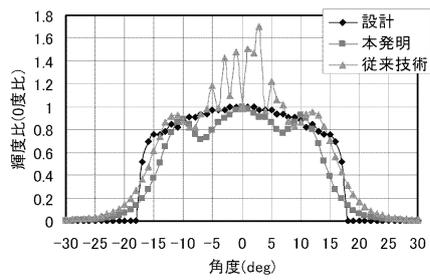
【図9 a】



【図9 b】



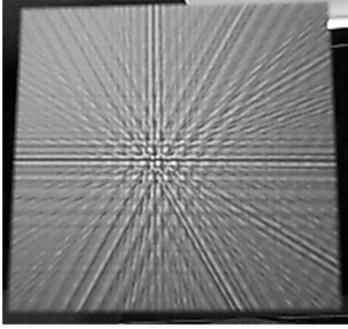
【図10】



【図11 a】



【 1 1 b】



---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特表2004-505306(JP,A)  
国際公開第2014/104106(WO,A1)  
特開2000-048613(JP,A)  
特開2011-018014(JP,A)  
米国特許出願公開第2009/0034082(US,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 5/02  
G02B 3/00  
G03B 21/60  
G03B 21/62