(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2017年11月2日(02.11.2017)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2017/188225 A1

(51) 国際特許分類:
G02B 3/00 (2006.01)　*G02B 5/10* (2006.01)
G02B 5/02 (2006.01)　*G03B 21/00* (2006.01)

(21) 国際出願番号：　PCT/JP2017/016306

(22) 国際出願日：　2017年4月25日(25.04.2017)

(25) 国際出願の言語：　日本語

(26) 国際公開の言語：　日本語

(30) 優先権データ：
特願 2016-088904　2016年4月27日(27.04.2016)　JP

(71) 出願人:株式会社クラレ(KURARAY CO., LTD.) [JP/JP]; 〒7100801 岡山県倉敷市酒津１６２１番地 Okayama (JP).

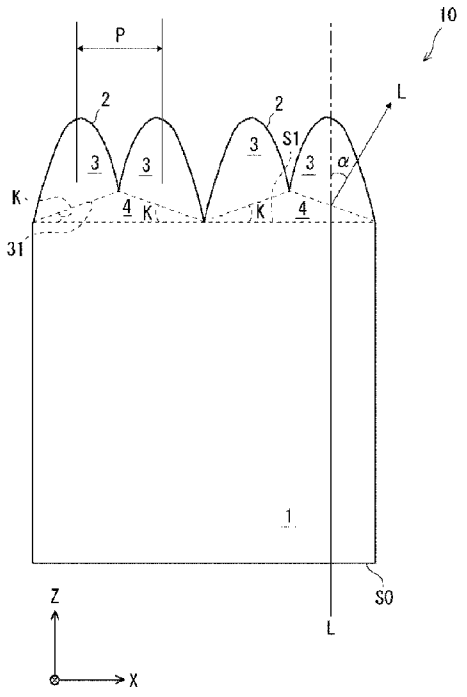
(72) 発明者:内田 厚(UCHIDA, Atsushi); 〒3140197 茨城県神栖市東和田３６番地 株式会社クラレ内 Ibaraki (JP). 唐井 賢(KARAI, Masaru); 〒3140197 茨城県神栖市東和田３６番地 株式会社クラレ内 Ibaraki (JP). 石田 浩司(ISHIDA, Koji); 〒3140197 茨城県神栖市東和田３６番地 株式会社クラレ内 Ibaraki (JP).

(74) 代理人:家入 健(IEIRI Takeshi); 〒2210835 神奈川県横浜市神奈川区鶴屋町三丁目３３番８ アサヒビルヂング５階 響国際特許事務所 Kanagawa (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,

(54) **Title:** DIFFUSION PLATE AND PROJECTION-TYPE PROJECTOR DEVICE

(54) 発明の名称： 拡散板及び投影式プロジェクタ装置



(57) **Abstract:** The present invention provides a diffusion plate that exhibits favorable display quality when an image is projected thereon. Provided is a transmissive diffusion plate (10) that comprises a microlens angle modulation distribution group disposed on at least one of a light-receiving face and light-exiting face. The microlens angle modulation distribution group (2) includes a plurality of microlenses (3) and an angle modulation unit (4) having an angle modulation distribution that finely angle-modulates the direction of primary light respectively emitted from the plurality of microlenses (3). If a

WO 2017/188225 A1

［続葉有］

CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

一 国際調査報告(条約第21条(3))

ratio λ/P between the wavelength λ[μm] of the primary light and the average array period P[μm] of the microlenses (3) is defined as θ[rad], and the direction of the primary light respectively emitted from the plurality of microlenses (3) is modulated with modulation angle α[rad], a ratio α/θ between the modulation angle α and θ satisfies $0.1<\alpha/\theta<10.0$.

(57) 要約:本発明は、画像を投影した際の良好な外観品位を得られる拡散板を提供する。光入射面及び光出射面の少なくとも一方に設けられたマイクロレンズ角度変調分布群を備える透過型の拡散板(10)である。マイクロレンズ角度変調分布群(2)は、複数のマイクロレンズ(3)と、複数のマイクロレンズ(3)からそれぞれ出射する主要光の方向を微小に角度変調させる角度変調分布を有する角度変調部(4)とを備える。主要光の波長λ[μm]とマイクロレンズ(3)の平均配列周期P[μm]との比λ/Pをθ[rad]とし、複数のマイクロレンズ(3)のそれぞれが出射する主要光の方向が変調角度α[rad]で変調されるとき、変調角度αとθの比α/θが、$0.1<\alpha/\theta<10.0$を満たす。

明　細　書

発明の名称 ： 拡散板及び投影式プロジェクタ装置

技術分野

[0001] 本発明は、拡散板及び投影式プロジェクタ装置に関する。

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、レーザ光のスペックルノイズを抑制できる利点がある。

[0003] 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。

[0004] 特許文献２及び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たスクリーンが記載されている。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しやすい。特許文献２及び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。

[0005] また、特許文献３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、周期構造により発生する回折光及び干渉光に起因する輝度ムラの発生が抑制できることが記載されている。

[0006] 特許文献４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り、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りすることにより、微細構造の周期性に起因する回折スポットにより生じる輝度ムラや色ムラを改善する方法が記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0007] 特許文献1：特開２０１０－１４５７４５号公報

特許文献2：特開２０１２－２２６３００号公報

特許文献3：特表２００７－５２３３６９号公報

特許文献4：特表２００４－５０５３０６号公報

非特許文献

[0008] 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

[0009] 特許文献３には、輝度ムラの発生を抑制できるマイクロレンズの具体的な形状や配列が記載されていない。また、色ムラや輝度ムラを均一にするため、例えばマイクロレンズの曲率と配置位置など複数のパラメータに同時にランダム分布を与えると、拡散板をスクリーンに用いた場合に、例えば画像を投影した際に粒状感が強くなるなど画質が悪化するという問題がある。

[0010] 特許文献４では、基板の主面からの高さの異なるピストン形状で複数のマイクロレンズを嵩上げして、複数のマイクロレンズにそれぞれ異なる位相差を与えることにより、回折光及び干渉光の発生を抑えている。そして、複数の曲率半径を持つマイクロレンズを用いることにより、拡散板全体として均一な拡散特性を得ようとしている。しかし、これをスクリーンに用いると、例えば、画像を投影した際にいわゆる粒状感が強くなるなど画像の外観品位が悪化するという問題がある。

[0011] 本発明は、画像を投影した際の良好な外観品位を得られる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

[0012] 本発明に係る透過型の拡散板は、

光を入射される光入射面と、入射された前記光を透過させた後で出射する光出射面とを有する基板を備える透過型の拡散板であって、

前記光入射面及び前記光出射面の少なくとも一方に設けられたマイクロレンズ角度変調分布群を備え、

前記マイクロレンズ角度変調分布群は、複数のマイクロレンズと、前記複数のマイクロレンズからそれぞれ出射する主要光の方向を微小に角度変調させる角度変調分布を有する角度変調部と、を備え、

前記主要光の波長λ[μm]と前記マイクロレンズの平均配列周期P[μm]との比λ/Pをθ[rad]とし、

前記複数のマイクロレンズのそれぞれが出射する主要光の方向が変調角度α[rad]で変調されるとき、

前記変調角度αと前記θの比α/ θが、

$0.1 < \alpha / \theta < 10.0$

を満たす。

[0013] また、前記マイクロレンズ角度変調分布群は、周期的に繰り返される所定のパターンで前記基板に設けられていることを特徴としてもよい。

[0014] また、前記マイクロレンズの底面の形状が四角形であり、前記マイクロレンズ角度変調分布群では、前記複数の前記マイクロレンズが、行数ｎ１、列数ｎ２の行列となるように配置されており、行数ｎ１、及び列数ｎ２は、２から９までの自然数である、ことを特徴としてもよい。

[0015] また、２種類以上の前記マイクロレンズ角度変調分布群は、周期的に繰り返される所定のパターンで前記基板に設けられていることを特徴としてもよい。

また、２種類以上の前記マイクロレンズ角度変調分布群は、ランダムに分布している、又は、密度関数に従って、分布していることを特徴としてもよい。

[0016] また、前記比α/ θは、ランダムに分布している、又は、密度関数に従っ

て、分布し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角度変調分布群は、２種類以上のマイクロレンズを備えることを特徴としてもよい。

[0017] また、拡散板から見た投影側の瞳径をθi[rad]とするとき、前記θが、

0.1×θi≦ θ ≦ 4×θiを満たすことを特徴としてもよい。

また、本発明に係る投影式プロジェクタ装置は、このような拡散板を用いたものである。

[0018] また、本発明に係る反射型の拡散板は、

基板を備える反射型の拡散板であって、

前記基板の主面の少なくとも一方に設けられたマイクロミラー角度変調分布群を備え、

前記マイクロミラー角度変調分布群は、複数のマイクロミラーと、前記複数のマイクロミラーからそれぞれ反射する主要光の方向を微小に角度変調させる角度変調分布を有する角度変調部と、を備え、

前記マイクロミラーは、凸レンズまたは凹レンズと同じ形状を有し、

前記主要光の波長λ[μm]と前記マイクロミラーの平均配列周期P[μm]との比λ/Pをθ[rad]とし、

前記複数のマイクロミラーのそれぞれが出射する主要光の方向が変調角度α[rad]で変調されるとき、

前記変調角度αと前記θの比α/ θが、

0.025 ＜ α/ θ ＜2.5

を満たす。

発明の効果

[0019] 本発明によれば、画像を投影した際の良好な外観品位を得られる拡散板を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0020] [図1A]実施の形態１に係る拡散板の上面図である。

[図1B]実施の形態１に係る拡散板の断面図である。

[図2]実施の形態１に係る拡散板の主面に垂直な断面の断面プロファイルの一具体例を示す図である。

[図3]実施の形態１に係る拡散板の一具体例のマイクロレンズアレイにおける高さ分布を示す図である。

[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]実施の形態１に係る複数の基準マイクロレンズの断面プロファイルを示す図である。

[図7]実施の形態１に係る拡散板の角度変調部の一具体例の高さ分布を示す図である。

[図8]実施の形態１に係る拡散板の金型製造工程を示すフローチャートである。

[図9]実施例１に係る拡散板の製造に用いるスタンパのレーザ顕微鏡観察像を示す図である。

[図10]実施例１に係る拡散板の製造に用いるスタンパのマイクロアレイレンズ形状部の中心を横切る断面プロファイルである。

[図11]実施の形態１に係る拡散板の角度変調部の他の一具体例の高さ分布を示す図である。

[図12]実施例１に係る拡散板に投影した画像である。

[図13]図１２に示す実施例１に係る拡散板の、紙面に向かって左上部を拡大した画像である。

[図14]実施例２に係る拡散板に投影した画像である。

[図15]図１４に示された拡散板の、紙面に向かって左上部を拡大した画像である。

[図16]比較例１に係る拡散板に投影した画像である。

[図17]図１６に示す比較例１に係る拡散板の、紙面に向かって左上部を拡大した画像である。

[図18]比較例２に係る拡散板に投影した画像である。

[図19]図１８に示す比較例２に係る拡散板の、紙面に向かって左上部を拡大した画像である。

発明を実施するための形態

[0021] [実施の形態１]

図面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。

[0022] （拡散板の形状）

図１Ａは、実施の形態１に係る拡散板の上面図である。図１Ｂは、実施の形態１に係る拡散板の断面図である。図１Ｂでは、見易さのため、ハッチングの記載を省略した。図１Ａ及び図１Ｂに示すように、拡散板１０は、主面Ｓ０、Ｓ１を有する基板１と、角度変調分布群２（マイクロレンズ角度変調分布群とも称する。）とを含む。角度変調分布群２は、角度変調分布にそって異なる光軸を有する主要光をそれぞれ発する複数のマイクロレンズ３と、角度変調部４とを備える。基板１の主面Ｓ１には、角度変調分布群２、つまり、複数のマイクロレンズ３と角度変調部４との一組が格子状に配列されており、マイクロレンズアレイとなる。角度変調部４は、例えば、四角錐体や四角錐台であり、複数のマイクロレンズ３は、角度変調部４における複数の角錐面のそれぞれに支持されている。ここで、例えば、光Ｌを拡散板１０の基板１の主面Ｓ０へ入射させる。すると、基板１は光Ｌを透過させ、光Ｌは角度変調分布群２へ到達する。さらに、角度変調分布群２における角度変調部４及びマイクロレンズ３は光Ｌを透過させ、マイクロレンズ３から出射させる。この出射された主要光の方向は、拡散板１０の基板１の主面Ｓ０へ入射された光Ｌの方向に対して、変調角度αで変調する。言い換えると、出射された光Ｌ由来の主要光の光軸と、拡散板１０の基板１の主面Ｓ０へ入射された光Ｌの光軸とは、交差しており、その角度は、変調角度αである。ここで、主面Ｓ０は、光入射面の一例であり、マイクロレンズ３の表面は、光出射面の一例である。

なお、光Ｌを拡散板１０の基板１の主面Ｓ１側へ入射して、透過させた後

で、主面Ｓ０から出射させてもよい。また、拡散板１０は、光を透過させる透過型拡散板であってもよいし、光を反射させる反射型拡散板であってもよい。

[0023] 図１Ｂに示すように、基板１の主面Ｓ１に垂直な断面において、複数のマイクロレンズ３の底面３１は、主面Ｓ１に対してわずかに傾けられている。底面３１同士が互いに傾けている隣り合うマイクロレンズ３同士は、周期的に繰り返されるように、基板１の主面Ｓ１上に配置されている。具体的には、このような隣り合うマイクロレンズ３同士は、主面Ｓ１上に、所定のピッチＰ（平均配列周期Ｐとも称する。）で配列されている。所定のピッチＰは、隣り合うマイクロレンズ３同士のそれぞれ中心間距離を用いてもよい。このように各々のマイクロレンズ３のレンズパラメータは、基本となるマイクロレンズ形状による成分に加えて、角度変調成分を有する。

なお、拡散板１０は、投影式プロジェクタ装置に組み込まれてもよい。投影式プロジェクタ装置（図示略）は、拡散板１０と、拡散板１０に投影光を投影する投影装置とを備える。

[0024] （拡散板の一具体例）

図２は、実施の形態１に係る拡散板の一具体例の主面に垂直な断面の断面プロファイルを示す。図２では、拡散板１０における、角度変調分布群２と、主面Ｓ１とのそれぞれに相当する位置、高さを示した。図２の縦軸は、この一具体例の拡散板の基板において、拡散板１０の基板１の所定の部位に相当する部位からの高さを示している。具体的には、主面Ｓ１に相当する主面の高さを約０．７［μｍ］とした。

[0025] 図３は、実施の形態１に係る拡散板の一具体例のマイクロレンズアレイにおける高さ分布を示す図である。このマイクロレンズアレイは正方形状の板であり、その一辺の長さは44μｍである。このマイクロレンズアレイは、角度変調成分を含むマイクロレンズの周期的に繰り返すことができる基本単位の一具体例である。ここで角度変調はマイクロレンズと同じピッチＰで設定され、Ｘ方向とＹ方向とにおいてそれぞれ傾きを持っており、ここでは２×

２、つまり、縦２行横２列の合計４種類の微小な傾斜からなる組合せを角度変調分布群としている。マイクロレンズアレイではそれが周期的に繰り返されるように基板上に所定のパターンで配列されている。拡散板１０の基板１の主面Ｓ１上には、角度変調成分を有するマイクロレンズが敷き詰められている。図３の縦軸及び横軸は主面Ｓ１上の座標を表しており、主面Ｓ１からの高さを濃淡の違いで表している。図３中で色が濃いほど主面Ｓ１に近く、薄いほど主面Ｓ１からの高さが高くなっている。図３に示すように、複数のマイクロレンズを主面Ｓ１上に格子状に配置することが好ましい。

[0026] 図３に示す断面プロファイルの一具体例に係る拡散板では、角度変調分布群は、１つの角度変調分布に従って配置されるマイクロレンズの繰り返し単位であり、具体的には、2個×2個、言い換えると、縦２行横２列の組合せたものである。なお、角度変調分布群は、この組み合わせに限定されるものではなく、例えば3個×3個、言い換えると、縦３行横３列の組み合わせでもよく、また、（2～9）個×(2～9)個、言い換えると、縦２～９行、横２～９列の組合せであればよい。すなわち、複数のマイクロレンズが、行数ｎ１、列数ｎ２の行列として、基板上に配置されており、行数ｎ１、及び列数ｎ２は、２から９までの自然数であればよい。また、１０個以上×１０個以上の組み合わせであってもよい。また図３ではマイクロレンズを格子状に配置しているが、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、平行体格子などを用いてもよい。また複数のマイクロレンズの底面の形状は、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、その他の多角形であってもよい。その場合は、角度変調分布の組合せに関してもその配置を埋められるよう単位構造を周期的に繰り返せばよい。また複数のマイクロレンズは主面Ｓ１上に周期的に配列されていることが好ましい。

[0027] （製造方法）

次に、図４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、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。拡散板１０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（ＳＴ１００）と、そのマイクロレンズアレイの金型を作製する工程（ＳＴ２００）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（ＳＴ３００）と、を備える。

[0028] （透過型拡散板の製造方法）

ここでは、拡散板１０が透過型拡散板である場合を例にとって、各工程を順に説明する。

[0029] （マイクロレンズアレイ設計工程Ｓ１００）

図４及び図５に示すように、マイクロレンズアレイ設計工程Ｓ１００では、基準となる基準マイクロレンズ３０の形状（図６参照）と、角度変調分布（図７参照）と、に分けて設計する。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。

[0030] まず、拡散板１０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（ＳＴ１１０）。

[0031] 続いて、基準マイクロレンズ３０の形状設計を行う（ＳＴ１２０）。基準マイクロレンズ３０の形状は、球面でも非球面でもよく、求める拡散特性の仕様を満たす形状であればよい。拡散板１０の設計に使用する基準マイクロレンズ３０の種類はいくつでもよいが、必要な特性を満たす範囲でより少ない種類で設定することが好ましい。ここで、図６に、実施の形態１に係る複数の基準マイクロレンズのＸ方向の断面プロファイルを示す図を示す。具体的には、図６に、基準マイクロレンズ３０の形状例として、単一の曲率を持った球面レンズが配列されたマイクロレンズアレイのＸ方向の断面プロファイルを示す。図６では、基準マイクロレンズ３０を支持する基板１（図示略）の主面Ｓ１に相当する位置を図示した。

[0032] 拡散板１０では、複数のマイクロレンズ３ができるだけ高い密度で充填されているとよいので、基準マイクロレンズ３０の底面は正方形、長方形又は正六角形などの最密充填ができる形状が好ましい。しかし、拡散板１０の光学特性に異方性を持たせたい場合などはこの限りではなく、基準マイクロレ

ンズ３０の底面の形状及び縦横比を任意に設定してもよい。

[0033] 続いて、基準マイクロレンズ３０の配置を決定する（ＳＴ１３０）。具体的には、主面Ｓ１上の単位領域における基準マイクロレンズ３０の配置パターンやピッチＰを決定する。ここで投影式プロジェクタ装置向け拡散板においてピッチＰは重要な設計要素であり拡散板から見た投影側の瞳径からピッチＰを設定することが好ましい。具体的には、投影側は、投影式プロジェクタ装置が備える投影装置側である。

拡散板のマイクロレンズのピッチをＰ、波長をλとすると、拡散板を透過した光の回折光の間隔である回折光間隔Δｄは、λ／Ｐに近似する値である。拡散板の回折光間隔Δｄは、拡散板から見た投影側の瞳径θｉと同程度以下でない、つまり、拡散板から見た投影側の瞳径θｉを大きく上回る場合、回折光がより強く視認されるため映像品位が著しく低下する。このため、拡散板の回折光間隔Δｄは、好ましくは、4×θｉ以下、0.1×θｉ以上である。つまり、拡散板の回折光間隔Δｄ、波長λ、拡散板のマイクロレンズのピッチＰ、拡散板から見た投影側の瞳径θｉとの関係は、以下の関係式１及び２を用いて、表すことができる。

Δｄ≒θ＝λ／Ｐ （関係式１）

0.1×θｉ≦θ≦4×θｉ （関係式２）

例えばθｉ=3.3[deg]の投影式プロジェクタ装置を用いる場合、λ=630nm、Ｐ=22μｍと設定すると、回折光間隔Δｄは、関係式１を用いることで、おおよそ1.6[deg]と近似されて、約0.5×θｉとなり、関係式２を満たすため、好ましい。また、図３に示すように、基準マイクロレンズ３０を主面Ｓ１上に格子状に配置することが好ましい。

[0034] 図５に戻って、拡散板１０の設計におけるマイクロレンズアレイ設計工程（ＳＴ１００）についての説明を続ける。ＳＴ１３０を実施した後で、基準マイクロレンズ３０を基板１の主面Ｓ１に関して微小な角度で傾斜させる角度変調部４の設計を行う（ＳＴ１４０）。拡散板１０において、マイクロレンズのピッチＰ毎に微小な傾斜を持たせており、その傾斜はレンズピッチＰ

や投影側の瞳径θｉによって決められる。微小傾斜量は、上記した関係式１を用いて、マイクロレンズアレイのピッチＰから計算される回折光間隔Δｄから決められる。λ=630nm、P=22μmとすれば回折光間隔Δｄは、おおよそ1.6[deg]である。

[0035] ここで角度変調分布群内の、異なる微小傾斜量を有する部位の数の影響について述べると、図７に示すような、マイクロレンズ３（図１Ｂ参照）を角度変調部４（図１Ｂ参照）に、２×２、横２行縦２列に配置した四角錐様角度変調分布群（ピラミッド様角度変調分布群とも称する。）では、各々回折スポットを４つに分離できる。図７は、実施の形態１に係る拡散板の角度変調部の一具体例の高さ分布を示す図である。

[0036] また、図１１に示すような、マイクロレンズ３（図１Ｂ参照）を角度変調部４（図１Ｂ参照）に、３×３、横３行縦３列に配置した、四角錐台様角度変調分布群では回折スポットを９つに分離できる。図１１は、実施の形態１に係る拡散板の角度変調部の他の一具体例の高さ分布を示す図である。角度変調分布群内の異なる微小傾斜量を有する部位の数を増やすほど回折スポットを分離できるが、拡散板上におけるプロジェクタの画素サイズよりも大きくすると効果が小さくなるため一般的には基本となる角度変調分布群のサイズは画素サイズの2倍以下が好ましい。また、画素サイズは100μm程度、マイクロレンズのピッチを11μm程度とすれば、９×９、横９行縦９列程度の角度変調分布群が画素サイズに相当するため、この一具体例では、マイクロレンズ３を角度変調部４に、９×９、横９行縦９列に配置した角度変調分布群２が最大となり、それ以下が好ましい。

[0037] ここで角度変調分布群２は、同じものを繰り返して基板１に並べるのが設計上容易でよいが、拡散板の外観に周期的なパターンを有する幾何学模様又はそれに類するものが見えたり、外観不良を引き起こしたりする可能性がある。このため設計は複雑になるものの、2種類以上の複数の角度変調分布群２を周期的に繰り返すように配置したり、あるいは2種類以上の角度変調分布群２をランダムに分布させたり、ある規則や密度関数に従って並べたりするこ

とで、周期的な幾何学模様を軽減させることができる。

[0038] また周期的な幾何学模様を生じやすいプロジェクタ投影系においては、角度変調分布群２を用いず、このプロジェクタ投影系に備えられたマイクロレンズに微小な傾斜を持たせ、このマイクロレンズが出射する主要光の方向は、所定のマイクロレンズ変調角度αで変調する（図１Ｂ参照）。言い換えると、マイクロレンズ変調角度αは、角度変調分布によって主要光が曲げられる角度であり、分離される回折光の間隔を決めるものである。マイクロレンズは、それぞれ、異なるマイクロレンズ変調角度αを有する。主要波長λ[μm]とマイクロレンズのピッチP[μm]との比をθとする。このような透過型拡散板では、比θと、マイクロレンズ変調角度αとの関係が、

$0.1 < \alpha / \theta < 10.0$ （関係式３）

を満たすように、マイクロレンズ変調角度α、主要波長λ、マイクロレンズのピッチP等の各因子を調整することによって、周期的な幾何学模様を軽減させることができる。

なお、拡散板１０が反射型拡散板である場合でも、比θと、マイクロレンズ変調角度αとの関係が、

$0.025 < \alpha / \theta < 2.5$ （関係式４）

を満たすように、マイクロレンズ変調角度α、主要波長λ、マイクロレンズのピッチP等の各因子を調整することで、周期的な幾何学模様を軽減させることができる。

[0039] ここでは、マイクロレンズ３を角度変調部４に２×２、横２行縦２列に配置した角度変調分布の一具体例を上げて、さらに角度変調分布の、角度の設計について詳細を説明する。

マイクロレンズ３のピッチP22μm、拡散板１０に入射させる光の主要波長λ630nmでは、回折光間隔Δｄは約1.6degであるため、回折光分離は一般的にはそれ以下がよく、より好ましくは半分以下である。

ところで、拡散板１０の基準面、具体的には主面Ｓ０に対して垂直に入射する光がある。このとき、角度変調分布の角度変調部４の、基板１の主面Ｓ

１に対して傾斜する斜面角度をK（図１Ｂ参照）、マイクロレンズ３の屈折率をｎとすると、角度変調部４を通過した光はおおよそ近似として(n-1)×K［deg］だけ曲げられる。つまり、α≒(n-1)×Kとおおよそ近似できる。このため、マイクロレンズ３を角度変調部４に２×２、横２行縦２列に配置した角度変調分布では、一つの回折スポットが±(n-1)×K［deg］の間隔で分離される。例えば、K=1.6［deg］とすれば、角度変調部４によって約0.8［deg］曲げられることになる。

[0040] 続いて、角度変調分布群２の形状情報を生成する（ＳＴ１５０）。具体的には、図７に示す角度変調部４の、ＸＹ平面上の各位置における高さ（Ｚ方向における位置）と、図６に示す基準マイクロレンズ３０の、ＸＹ平面上の各位置における高さ（Ｚ方向における位置）とを足し合わせることによって、図１Ａ、図１Ｂ、及び図２に示す角度変調分布群２の各位置における高さを算出する。つまり、ＳＴ１５０の完了後において、マイクロレンズアレイの複数のマイクロレンズ３の高さ方向（Ｚ方向）における位置は、ＸＹ平面上における各位置において、角度変調部４の高さと基準マイクロレンズ３０の高さを合計した位置となる。

[0041] 拡散板１０の光学特性は、スカラー理論に基づいた波動光学計算方法を用いて、求めることができる。最適な角度変調分布を有する角度変調部４と複数のマイクロレンズ３とを含むマイクロレンズアレイの設計には膨大な組み合わせがあるため、コンピュータを用いて最適な組み合わせを探索することが好ましい。

[0042] （マイクロレンズ形状のマイクロミラーを備える反射型拡散板の製造方法におけるマイクロレンズアレイ設計工程Ｓ１００）

次に、拡散板１０は反射型拡散板であり、複数のマイクロレンズ３は凸レンズ形状を有する場合について考える。なお、反射型拡散板では、表面に形成されている拡散パターンは光を透過しないので厳密に言えばレンズではなく、ミラーに相当し、例えば、「マイクロミラー」と称することが適切だが、この、レンズ状の凹凸形状を有するミラーについても本明細書中では「マ

イクロレンズ」と称する。反射型拡散板の場合は、透過型に比べて微小な角度変調分布の効果がより強く発現する特徴があるので角度変調分布の設計には注意が必要である。また、ここでは、複数のマイクロレンズ３は凸レンズ形状を有する場合について考えたが、複数のマイクロレンズ３は凹レンズ形状を有してもよい。

[0043] 上記した透過型拡散板の製造方法で示した透過型での設計例に対して、反射型では角度変調部４の、基板１の主面Ｓ１に対して傾斜する斜面角度をKとすると、それによって入射光は、2×K ［deg］曲げられる。つまりα≒2×Kでおおよそ近似できる。回折光間隔は、透過又は反射によらないため、例えばマイクロレンズアレイの回折光間隔Δｄが1.6［deg］であれば、斜面角度Ｋはおおよそ0.4［deg］に設定すれば、上記した透過型拡散板の製造方法での設計例と同等の効果を生ずる。したがって、反射型拡散板では、比θと、マイクロレンズ変調角度αとの関係が、

0.025 ＜ α/ θ ＜2.5を満たすとよい。

[0044] 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用いることができる。これらの技術を用いて金型を製造し、金型を用いて樹脂を成形することにより、マイクロレンズアレイからなる拡散板１０を製造する。金型を直接、反射型の拡散板として使ってもよい。拡散板１０の成形方法は、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よい。反射型の拡散板として用いる場合は、マイクロレンズアレイの曲率を有するレンズ面にＡｌ（アルミニウム）などの反射膜を成膜して用いればよい。

[0045] （金型製造工程ＳＴ２００及び樹脂成形工程ＳＴ３００）

次に、レーザ走査型のマスクレスリソグラフィと電鋳により金型を作製する金型作製工程（ＳＴ２００）と、その金型と紫外線硬化性樹脂を用いた成形により拡散板１０を成形する樹脂成形工程（ＳＴ３００）と、について、

図４及び図８を参照しながらより詳細に説明する。図８は、実施の形態１に係る拡散板の金型製造工程を示すフローチャートである。

[0046] 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（ＳＴ２１０）と、微細パターンをフォトレジストに露光する露光工程（ＳＴ２２０）と、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（ＳＴ２３０）と、からなる。

[0047] まず、レジスト塗布工程（ＳＴ２１０）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、形成したい微細パターンの高さ以上の厚さであればよい。塗布膜に対しては７０℃～１１０℃のベーキング処理を施すことが好ましい。

[0048] 続いて、露光工程（ＳＴ２２０）では、塗布工程で塗布されたフォトレジストに対してレーザビームを走査しながら照射することにより、フォトレジストを露光する。レーザ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$^{+}$レーザの発振波長）、３５１ｎｍ、４０６ｎｍ、４１３ｎｍ（Ｋｒ$^{+}$レーザの発振波長）、３５２ｎｍ、４４２ｎｍ（Ｈｅ－Ｃｄレーザの発振波長）、３５５ｎｍ、４７３ｎｍ（半導体励起固体レーザのパルス発振波長）、３７５ｎｍ、４０５ｎｍ、４４５ｎｍ、４８８ｎｍ（半導体レーザ）などを選択することができる。

[0049] マイクロレンズ３の露光工程（ＳＴ２２０）では、レーザパワーをマイクロレンズ３の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ビームを走査させる。対物レンズで集光することにより、レーザ光にレジスト上で焦点を結ばせている。レジスト上でのレーザスポットは、一般的に有限の直径を有するガウス分布である。そのため、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る光量分布は階段状にはならずに、一定の傾斜を持つ光量分布となる。レーザ露光のこのような性質を利用することにより、滑らかな斜面形状を造形できる。

[0050] 続いて、現像工程（ＳＴ２３０）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種々の公知の方法により実施することができる。使用できる現像液の制限は特になく、例えば、テトラメチルアンモニウムハイドロオキサイド（ＴＭＡＨ）等のアルカリ現像液を用いることができる。また、現像工程（ＳＴ２３０）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。例えば、露光工程（ＳＴ２２０）において、ポジレジストを用いて、凹レンズの形状に応じたレーザパワーで露光した場合、フォトレジストに凹レンズ形状が形成されたマイクロレンズ３の原盤が得られることになる。

[0051] 続いて、電鋳工程（ＳＴ２４０）では、マスクレスリソグラフィでの露光工程及び現像工程により形成された微細パターンを有するフォトレジスト表面に、ニッケル金属の蒸着等により金属膜を形成することにより金型を作製する。

[0052] 続いて、電鋳工程（ＳＴ２４０）では、まず、微細パターンを有するフォトレジスト表面にニッケル金属の蒸着等により導電化処理を施す。さらに、電鋳により、ニッケル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る。

[0053] 続いて、剥離工程（ＳＴ２５０）では、電鋳工程（ＳＴ２４０）で形成したニッケル板をフォトレジスト原盤から剥離すると、フォトレジスト上の凹レンズ形状が反転転写された凸レンズ形状が形成された金型（スタンパ）が得られる。凹レンズ形状が必要な場合はもう一度電鋳工程を行えばよい。

[0054] 続いて、樹脂成形工程（ＳＴ３００）では、金型製造工程（ＳＴ２００）により形成されたスタンパを用いて樹脂を成形する。

[0055] より具体的には、まず、スタンパの表面に、例えば光硬化樹脂を適量塗布する。次に、光硬化樹脂の上に基材を被せる。具体的には、ハンドローラで基材を光硬化樹脂に押し付けつつ、余分な光硬化樹脂を掻き出しながら、基材を光硬化樹脂の上に被せていく。次に、基材側から紫外光を照射し、光硬化樹脂を硬化させる。なお、基材には、紫外光等の光を透過可能な材質が用いられている。次に、基材をスタンパから剥離する。スタンパから剥離され

た基材上には、光硬化樹脂の層が形成されている。そして、光硬化樹脂の層には、スタンパの構造が反転して転写されて、マイクロレンズアレイが形成されている。以上より、拡散板１０を製造することができる。

[0056] （マイクロレンズ形状のマイクロミラーを備える反射型拡散板の製造方法）

拡散板１０を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ることによって、マイクロミラーを形成する。さらに、光をマイクロミラーのアルミニウム面に入射して、これを反射させればよい。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、基板の平面側から入光させ、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にしてもよい。この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は、マイクロミラーと称してもよい。

[0057] 一方、拡散板１０は、反射膜の形成されていないマイクロレンズアレイ面と、反射膜を形成した平面とを有する場合が有る。このような場合、反射膜の形成されていないマイクロレンズアレイ面へ光を入射させて、反射膜を形成した平面側で光を反射させてもよい。

さらに、拡散板１０は、両面にマイクロレンズアレイを成形した基板を備える場合がある。このような場合、光を入射する入射面側では、その反射膜の膜厚を調整してハーフミラーを形成し、入射面の裏面側では、その反射膜の膜厚は反射率をほぼ１００％とするように調整した構成にすることができる。これにより、拡散板１０は、表裏両面の二つのマイクロレンズアレイを有する。また、必要に応じて、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よい。

[0058] 以上より、本発明に係る拡散板１０では、複数のマイクロレンズ３をそれぞれ角度変調部４が支持しており、角度変調を複数のマイクロレンズ３に与える角度変調分布群２が、周期的に繰り返すように所定のパターンで配置されている。これにより回折によるスポットが複数に分離し、粒状感に影響を

与えることなく輝度ムラや色ムラを低減させることができる。これにより、輝度ムラや色ムラの少ない光学特性と、良好な外観品位を両立させた拡散板を提供することができる。

実施例

[0059] 次に、本実施の形態に係る拡散板１０の実施例について説明する。

[0060] 実施例１では、前述した実施の形態１に係る拡散板の製造方法を用いて、主面Ｓ１上のマイクロレンズアレイと角度変調部４とに分けて設計を行った。

[0061] 実施例１に係る拡散板の設計にあたって、拡散板に投影されるプロジェクタ光源の瞳の広がり、投影側の瞳径θｉとして3.3deg（0.0576rad）を想定し、主要光の波長λは630nmを想定した。これによりマイクロレンズのピッチP[μm]は、関係式１と２より、λ/(4θi)＜Ｐ＜λ/(0.1θi)の間にあればよく、P=22［μm］とした。これより波長λ[μm]とマイクロレンズのピッチP[μm]との比θ[rad]はθ=0.0286[rad]となるため各マイクロレンズ変調角度α[rad]は0.1 ＜ α/θ ＜10.0の範囲にあればよく、α=0.0269（＝1.54[deg]）とし、α/θ≒0.94とした。本実施例における角度変調分布は、Ｘ方向、Ｙ方向共に1.54[deg]の微小傾斜を持たせており、また各々の傾斜角度については四角錐状、又はピラミッド状の傾斜分布になるように傾きの方向を決めている。また角度変調分布群２は、２×２、横２行縦２列を一単位として、基板の主面上に周期的に繰り返すように配置した。設計した角度変調部４を図７に示す。

[0062] 次に、マイクロレンズ３の形状について説明をする。マイクロレンズ３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、マイクロレンズ３の断面は、下記の関係式５で表される。ここで、Ｃは曲率［１／μｍ］であり、K_Eは円錐係数、ｒは中心軸からの距離、ｚは中心軸とレンズ面との交点を基準としたサグ量を表わす。曲率Ｃは、曲率半径Ｒを用いて、Ｃ＝１／Ｒと表される。

[数1]

$$Z = \frac{-Cr^2}{1+\sqrt{1-(K_E+1)C^2r^2}} \qquad (5)$$

[0063] 本実施例に係る拡散板で用いた基準マイクロレンズ３０の断面形状は、下記の関係式６で表される。ここでは、基準マイクロレンズ３０は、長方形の底面を有するトロイダル様レンズであり、Ｘ方向及びＹ方向にそれぞれ曲率が定義されている。ここで、レンズの中心軸を原点として、r_xは中心軸からのＸ方向の距離、r_yは中心軸からのＹ方向の距離であり、C_xはＸ方向（ＸＺ平面）の曲率［１／μｍ］であり、C_yはＹ方向の曲率［１／μｍ］であり、（ＸＺ平面）のK_xはＸ方向（ＸＺ平面）の円錐係数、K_yはＹ方向（ＹＺ平面）の円錐係数を表わす。

[数2]

$$Z = \frac{-Cr_x^2}{1+\sqrt{1-(K_x+1)C^2r_x^2}} + \frac{-Cr_y^2}{1+\sqrt{1-(K_y+1)C^2r_y^2}} \qquad (6)$$

[0064] 本実施例に係る拡散板では、マイクロレンズ３のピッチはＰｘ＝２２μｍ、Ｐｙ＝２２μｍとし、Ｘ方向の曲率半径R_x［μｍ］は、球面レンズ（K_x＝０）として、曲率半径R_x［μｍ］＝４０とした。Ｙ方向の曲率半径R_y［μｍ］は、球面レンズ（K_y＝０）として、曲率半径R_y［μｍ］＝２２とした。また、全ての基準マイクロレンズ３０は、最も低い部分の高さを基準高さとする。

[0065] 角度変調部４の、ＸＹ平面上の各位置における高さ（Ｚ方向における位置）と、基準マイクロレンズ３０の、ＸＹ平面上の各位置における高さ（Ｚ方向における位置）とを足し合わせることによって、角度変調分布群２の、ＸＹ平面上の各位置における高さを算出する。これによって、角度変調分布群２の形状を求めることができる。

[0066] 上述の内容に基づき拡散板１０表面の約３０ｍｍ×６０ｍｍのマイクロレ

ンズアレイ領域を設計した（ＳＴ１００）。この設計データを用い、前述の金型作製工程（ＳＴ２００）を経て、凸レンズ形状を複数有するマイクロレンズアレイ形状部が形成されたスタンパを得た。図９に、このスタンパのレンズ形状の共焦点レーザ顕微鏡による観察像を示し、図１０に、マイクロアレイレンズ形状部の中心を横切る断面プロファイルを示す。つまり、図９は、実施例１に係る拡散板の製造に用いるスタンパのレーザ顕微鏡観察像を示す図である。図１０は、実施例１に係る拡散板の製造に用いるスタンパのマイクロアレイレンズ形状部の中心を横切る断面プロファイルである。図９及び図１０に示すように、スタンパ１０ａは、拡散板１０の角度変調分布群２（図２参照）に対応する角度変調分布群対応部２ａと、拡散板１０のマイクロレンズ３に対応するマイクロレンズ対応部３ａとを有する。マイクロレンズ対応部３ａの一辺の長さは、２２μｍである。さらに、スタンパ１０ａは、拡散板１０の基板１（図１Ｂ参照）に対応する基板対応部１ａと、角度変調部４に対応する角度変調部対応部４ａとを含む。なお、図１０では、分かり易くするため、角度変調部対応部４ａの一部位である角度変調対応部要素４１ａを拡大して描画した。角度変調対応部要素４１ａは、上方に向かって三角形状に突き出た形状を有し、その斜面は、その位置が長くなるにつれ、高さが高くなるように傾斜している。図１０に示すように、マイクロレンズ対応部３ａは、張り出る凸レンズ形状を有する。また、位置６２～８４μｍに位置するマイクロレンズ対応部３ａは、角度変調対応部要素４１ａと同じ様に、位置が長くなるにつれ、高さが高くなるように傾斜している。つまり、図９及び図１０では、微小な傾斜が設けられた複数の凸レンズ形状が形成されていることが確認できる。

[0067] 次に、図９に示すスタンパを用いて、光硬化樹脂を用いた成形を行った。基材として厚さ０．３ｍｍのポリカーボネートフィルムを用い、屈折率１．５２のアクリル系光硬化樹脂をスタンパと基材との間に流し込んで成形を行うことにより、実施例１に係る拡散板を作製した。

[0068] 成形により得られた本実施例に係る拡散板に、ＬＥＤ光源を用いたプロジ

ェクタにより白画像を投影し、透過光を凹面鏡にて反射させた像を再度ガラス面で反射させて、デジタルカメラにより撮像した画像を、図１２に示した。つまり、図１２は、実施例１に係る拡散板に投影した画像である。図１３は、図１２に示す実施例１に係る拡散板の、紙面に向かって左上部を拡大した画像である。

[0069] 図１４は、実施例２に係る拡散板に投影した画像である。実施例２に係る拡散板は、角度変調部の設計を除いて、本実施例と同様の設計手法を用いて設計された。実施例２に係る拡散板では、角度変調部は、四角錐台状、言い換えると、戴頭四角推状であり、角度変調部の角度変調分布が３×３、横３行縦３列の角度変調分布群から成り、基本的な斜面角度は1.04[deg]に設定されている。図１５は、図１４に示された拡散板の、紙面に向かって左上部を拡大した画像である。

[0070] 図１１に、実施例２の各位置に対する高さを示す。ここで４隅のマイクロレンズは、Ｘ方向及びＹ方向において1.04[deg]に設定され、その表面は、その高さが、３×３の角度変調分布群の中心にあるマイクロレンズに向かって高くなるように、傾斜している。また、この３×３の角度変調分布群の中心のマイクロレンズに隣接する４つのマイクロレンズは、その高さが、Ｘ方向、又はＹ方向のみに1.04[deg]だけ中心に向かって高くなるように、傾斜している。この３×３の角度変調分布群の中心に配置されたマイクロレンズは、傾斜なし、具体的には、基板に対して実質的に平行な平面を設定している。この３×３の角度変調分布群を基本単位として、基板１の主面Ｓ１に周期的に繰り返すように、又は敷き詰めるように、配置している。

[0071] 〔関連する技術に係る比較例との比較結果１〕

次に、実施例１と実施例２とを、関連する技術に係る比較例１と比較した結果について説明する。図１６は、比較例１に係る拡散板に投影した画像である。図１７は、図１６に示す比較例１に係る拡散板の、紙面に向かって左上部を拡大した画像である。

比較例１は、関連する技術を用いて作製したマイクロレンズアレイである

。比較例１に係るマイクロレンズアレイは、角度変調部を有しないところを除いて、実施例１に係るマイクロレンズアレイと同じ構成を有する。つまり比較例１に係るマイクロレンズアレイは、実施例１に係るマイクロレンズアレイと同じ形状を有する基準マイクロレンズのみからなる。

[0072] 図１２～図１７に示すように、実施例１及び実施例２では、色ムラが比較例１に比べて少なく、粒状感は比較例１と同等であり良好であった。

[0073] 〔関連する技術に係る比較例との比較結果２〕

次に、実施例１と実施例２とを、関連する技術に係る比較例２と比較した結果について説明する。図１８は比較例２に係る拡散板に投影した画像である。図１９は、図１８に示す比較例２に係る拡散板の、紙面に向かって左上部を拡大した画像である。

比較例２は、特許文献４に記載されているようなランダム性を持つマイクロレンズアレイを、スタンパを用いて、製造したものである。具体的には、比較例２に係るマイクロレンズアレイは、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ている。比較例２に係る拡散板は、本実施例と同様のトロイダル様レンズ形状とし、各マイクロレンズアレイはＸ方向ピッチ６０μｍ、球面レンズ（Ｋｘ＝０）として曲率半径Ｒｘ［μｍ］は１３５．３、１７０．８、１６２．５、１３６．２とし、Ｙ方向はピッチ６０μｍ、非球面レンズ（Ｋｙ＝－０．４５）として曲率半径Ｒｙ［μｍ］は５８．５、５７．９、６５．８とした。各々のマイクロレンズはＸ方向、又はＹ方向についてランダムにこれらのレンズ形状が設定されている。

[0074] 比較例２では、色ムラはあまり確認できなかったが、全体的に表面がざらついており粒状感が高かった。図１２～図１５、図１８、及び図１９に示すように、実施例１及び実施例２では、粒状感が比較例２に比べて低く良好であった。

[0075] 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、拡散板１０上に配列され

ているマイクロレンズ３は、透過型のレンズに限られるものではない。反射型の拡散板１０の主面Ｓ１上にはマイクロレンズ３と同様の凹凸形状を有する光拡散パターン（マイクロミラーとも称する。）が、マイクロレンズ３と同様に格子状に形成されていてもよい。

[0076] また、拡散板１０上には、複数のマイクロレンズ３の代わりにレンズ機能を有する複数の微細構造体が配置されていてもよい。レンズ機能を有する微細構造体とは、例えば、サブ波長の微細構造により屈折率分布を形成することにより、光を屈折するものであってもよい。

[0077] この出願は、２０１６年４月２７日に出願された日本出願特願２０１６－０８８９０４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

[0078] １０ 拡散板

１ 基板

２ （マイクロレンズ）角度変調分布群

３ マイクロレンズ

４ 角度変調部

請求の範囲

[請求項1] 光を入射される光入射面と、入射された前記光を透過させた後で出射する光出射面とを有する基板を備える透過型の拡散板であって、

前記光入射面及び前記光出射面の少なくとも一方に設けられたマイクロレンズ角度変調分布群を備え、

前記マイクロレンズ角度変調分布群は、複数のマイクロレンズと、前記複数のマイクロレンズからそれぞれ出射する主要光の方向を微小に角度変調させる角度変調分布を有する角度変調部と、を備え、

前記主要光の波長λ[μm]と前記マイクロレンズの平均配列周期P[μm]との比λ/Pをθ[rad]とし、

前記複数のマイクロレンズのそれぞれが出射する主要光の方向が変調角度α[rad]で変調されるとき、

前記変調角度αと前記θの比α/ θが、

$0.1 < \alpha / \theta < 10.0$

を満たす透過型の拡散板。

[請求項2] 前記マイクロレンズ角度変調分布群は、周期的に繰り返される所定のパターンで前記基板に設けられていることを特徴とする請求項１に記載の拡散板。

[請求項3] 前記マイクロレンズの底面の形状が四角形であり、

前記マイクロレンズ角度変調分布群では、前記複数の前記マイクロレンズが、行数ｎ１、列数ｎ２の行列となるように配置されており、

行数ｎ１、及び列数ｎ２は、２から９までの自然数である、

ことを特徴とする請求項２に記載の拡散板。

[請求項4] ２種類以上の前記マイクロレンズ角度変調分布群は、周期的に繰り返される所定のパターンで前記基板に設けられている、

ことを特徴とする請求項２又は３に記載の拡散板。

[請求項5] ２種類以上の前記マイクロレンズ角度変調分布群は、ランダムに分布している、又は、密度関数に従って、分布している、

ことを特徴とする請求項２又は３に記載の拡散板。

[請求項6] 前記比α／θは、ランダムに分布している、又は、密度関数に従って、分布している、

ことを特徴とする請求項１～５のいずれか１項に記載の拡散板。

[請求項7] 前記マイクロレンズ角度変調分布群は、２種類以上のマイクロレンズを備える、

ことを特徴とする請求項１～６のいずれか１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、及びこれを用いた投影式プロジェクタ装置であって、

拡散板から見た投影側の瞳径をθi[rad]とするとき、前記θが、

0.1×θi≦ θ ≦ 4×θi

を満たす、

ことを特徴とする拡散板、及びこれを用いた投影式プロジェクタ装置。

[請求項9] 基板を備える反射型の拡散板であって、

前記基板の主面の少なくとも一方に設けられたマイクロミラー角度変調分布群を備え、

前記マイクロミラー角度変調分布群は、複数のマイクロミラーと、前記複数のマイクロミラーからそれぞれ反射する主要光の方向を微小に角度変調させる角度変調分布を有する角度変調部と、を備え、

前記マイクロミラーは、凸レンズまたは凹レンズと同じ形状を有し、

前記主要光の波長λ[μm]と前記マイクロミラーの平均配列周期P[μm]との比λ/Pをθ[rad]とし、

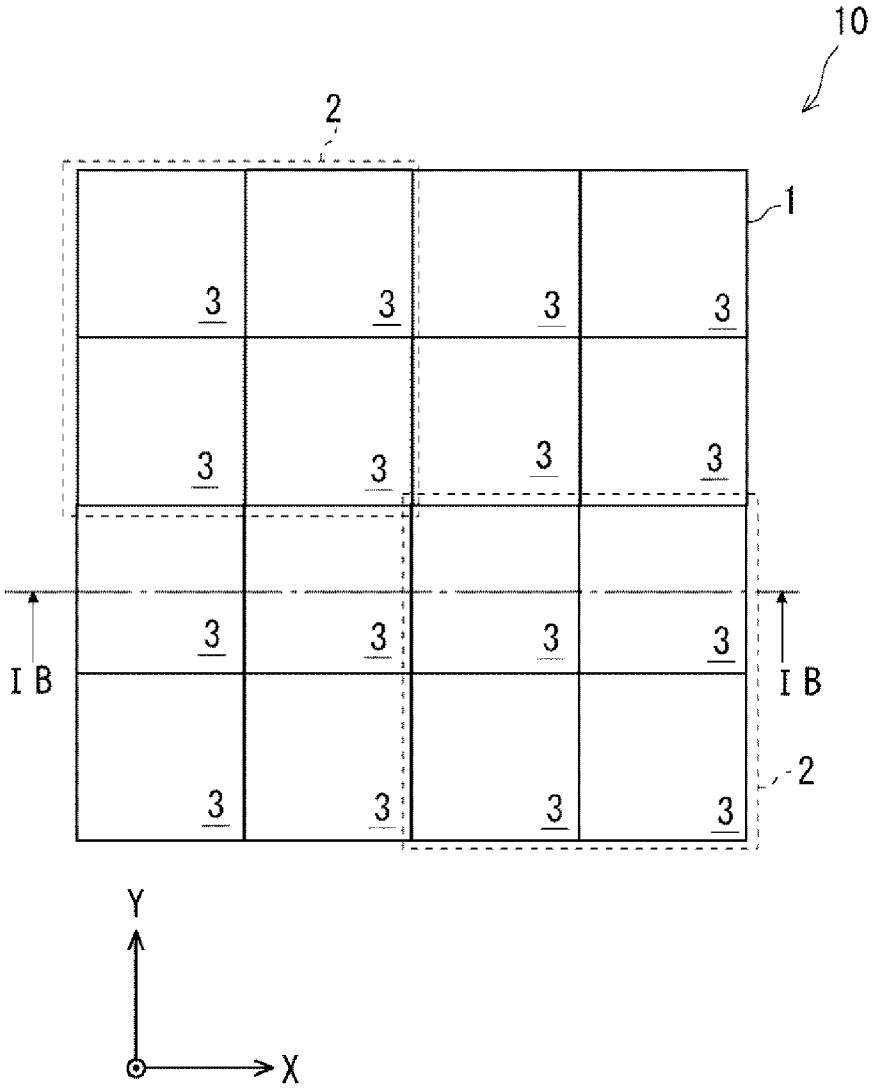
前記複数のマイクロミラーのそれぞれが出射する主要光の方向が変調角度α[rad]で変調されるとき、

前記変調角度αと前記θの比α／θが、

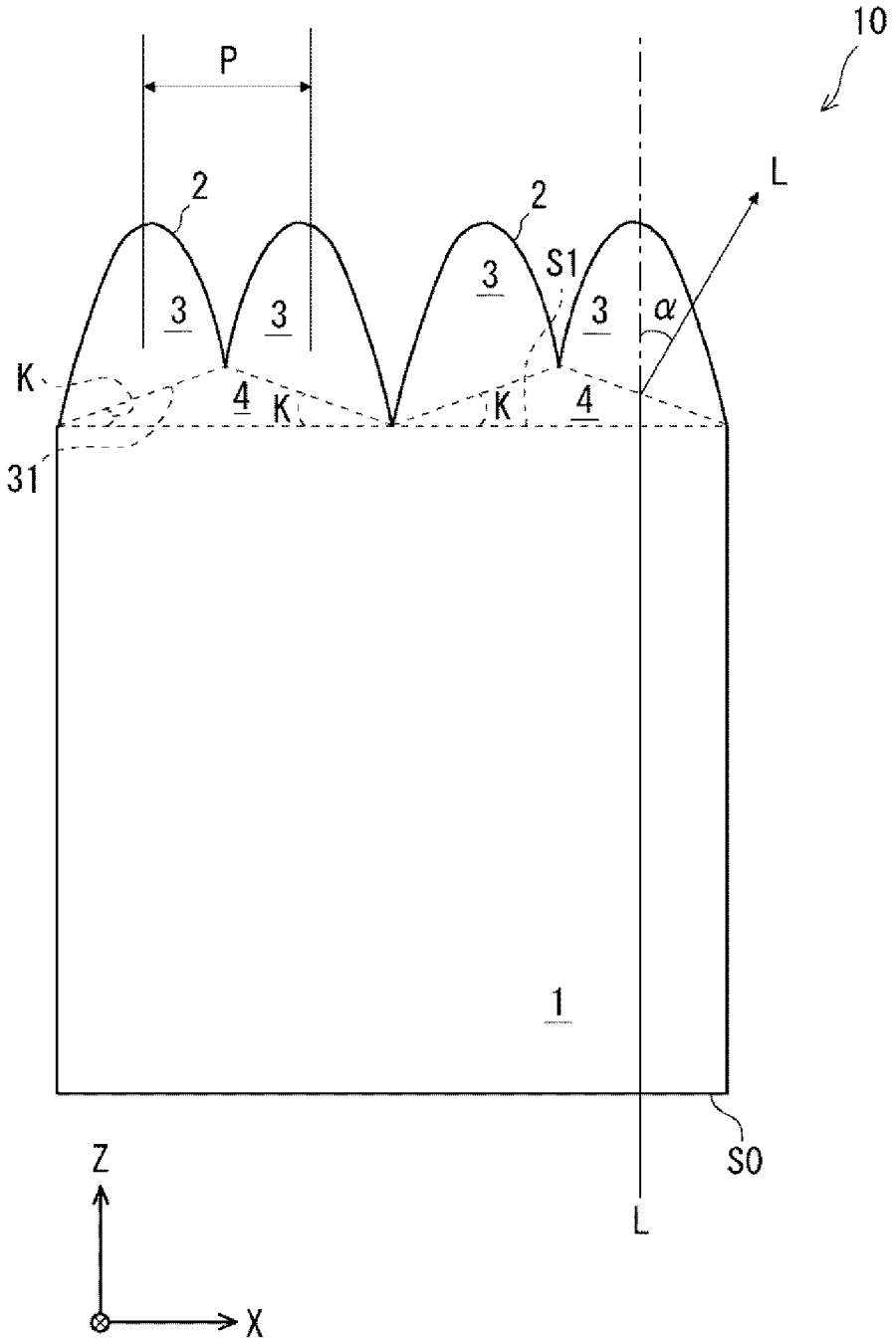
0.025 ＜ α／ θ ＜2.5

を満たす、反射型の拡散板。

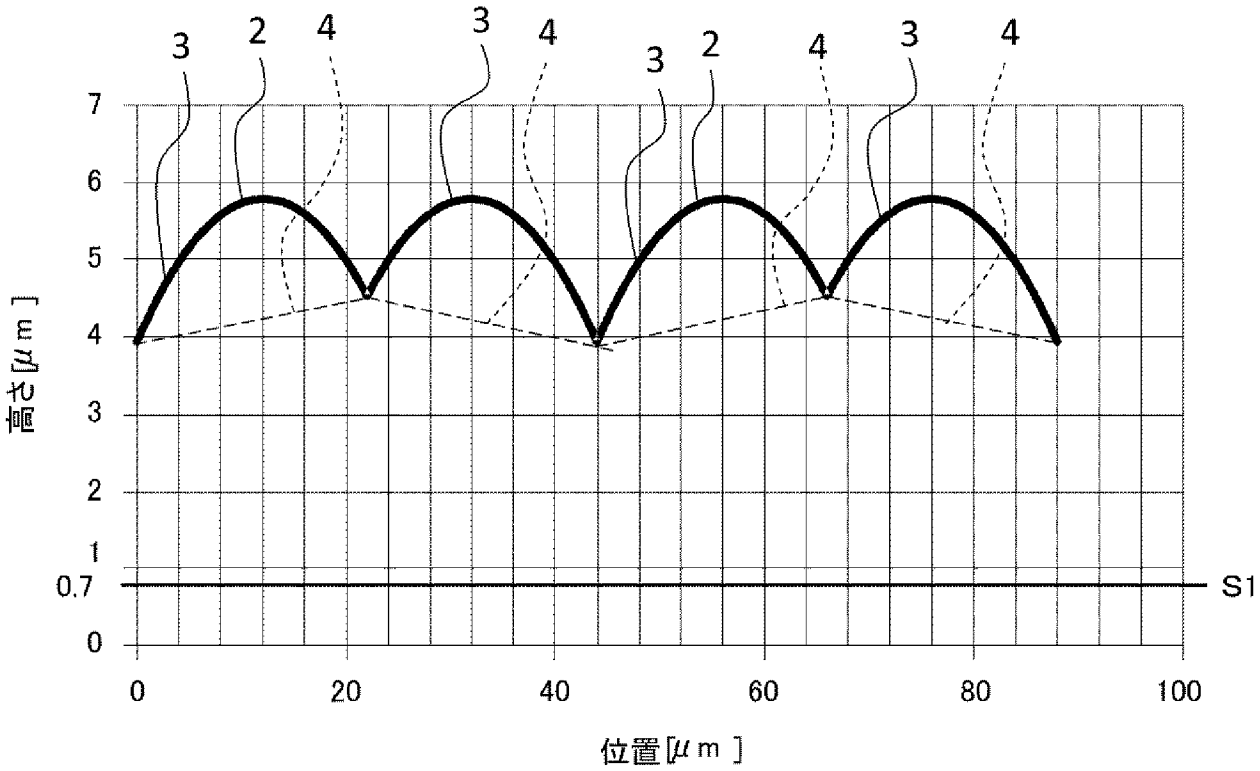
[図1A]



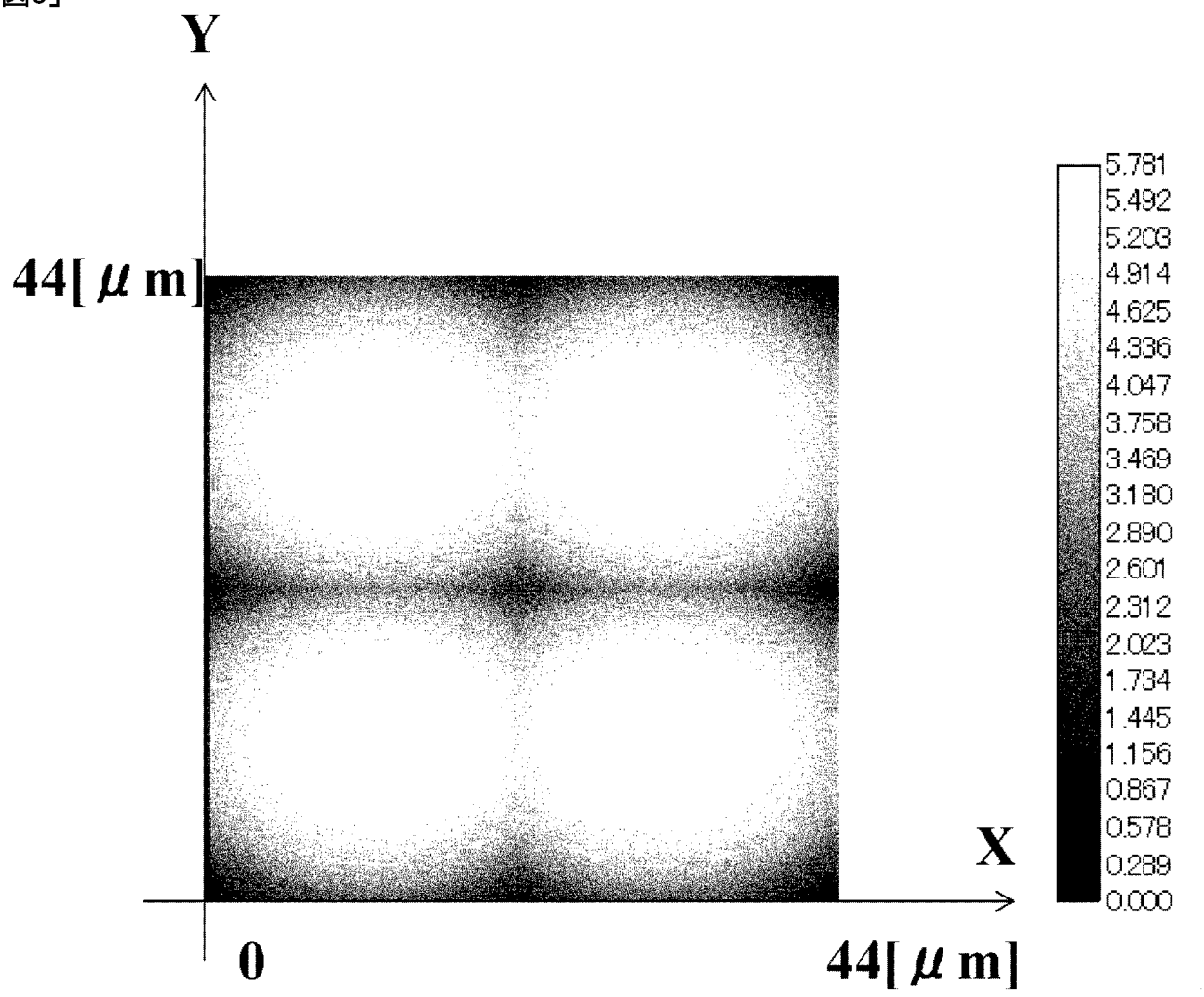
[図1B]



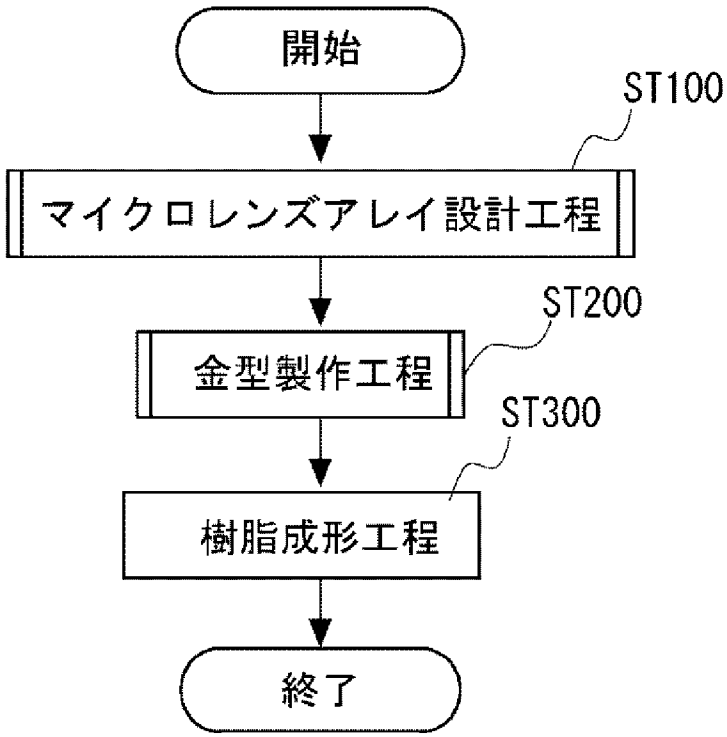
[図2]


3
2
4
3
4
3
2
4
3
4
7
6
5
4
3
2
1
0.7
0
S1
0
20
40
60
80
100
高さ[μm]
位置[μm]

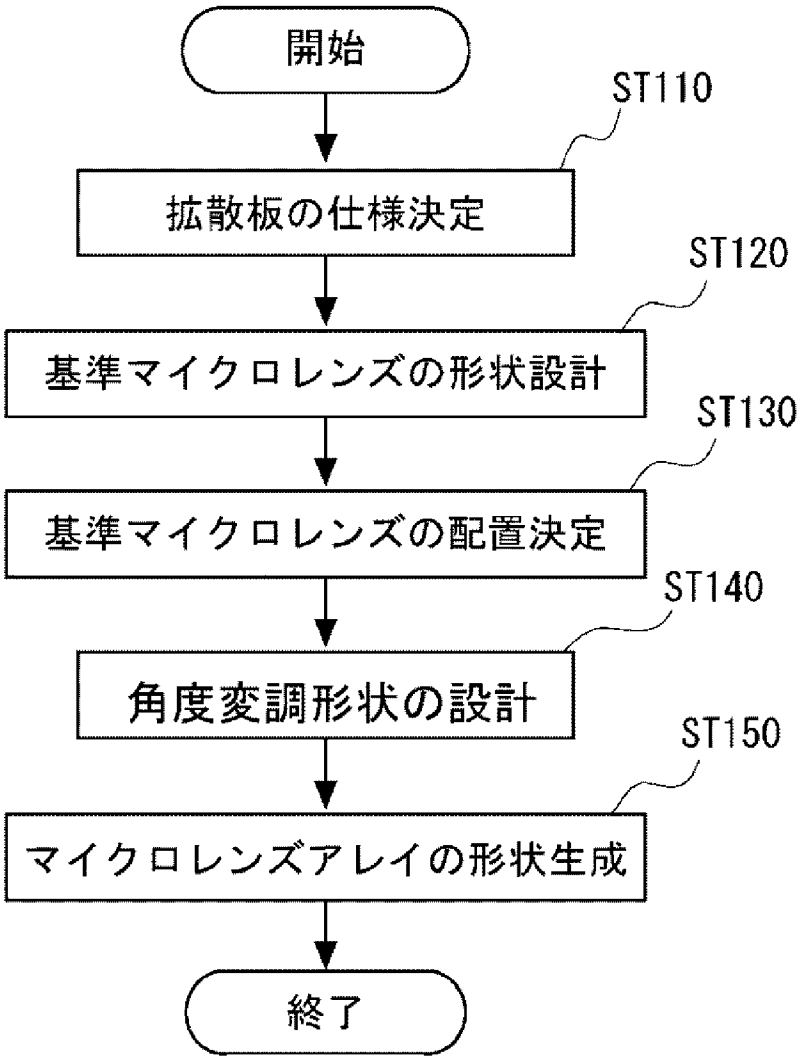
[図3]


Y
44[μm]
X
0
44[μm]
5.781
5.492
5.203
4.914
4.625
4.336
4.047
3.758
3.469
3.180
2.890
2.601
2.312
2.023
1.734
1.445
1.156
0.867
0.578
0.289
0.000

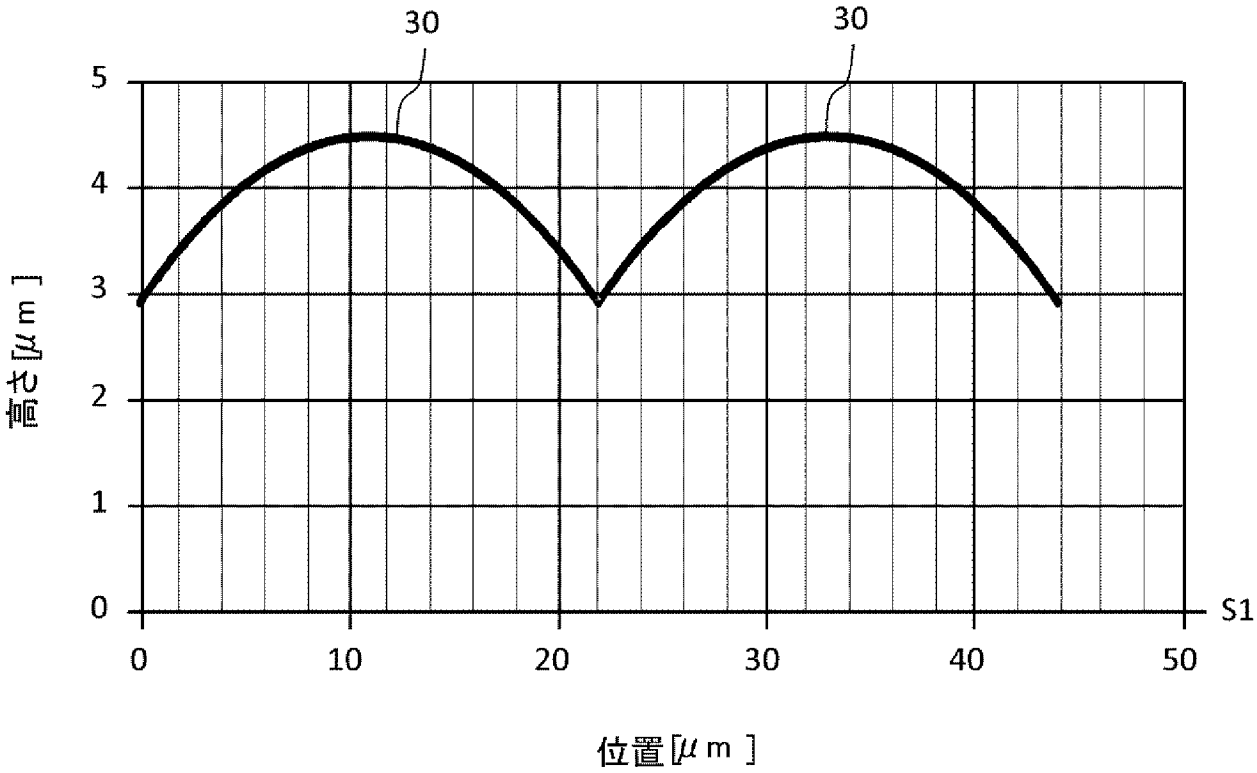
[図4]


開始
ST100
マイクロレンズアレイ設計工程
ST200
金型製作工程
ST300
樹脂成形工程
終了

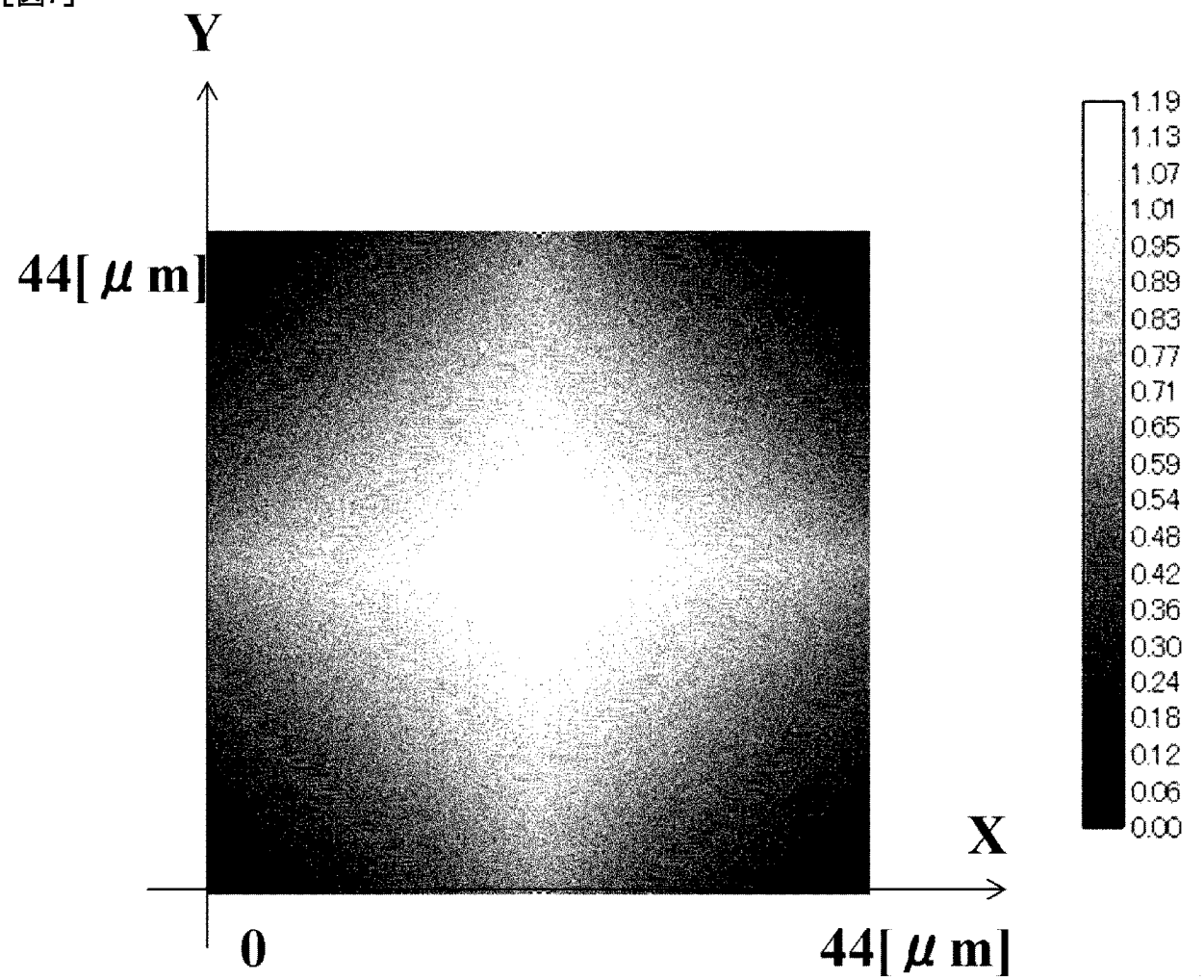
[図5]


開始
ST110
拡散板の仕様決定
ST120
基準マイクロレンズの形状設計
ST130
基準マイクロレンズの配置決定
ST140
角度変調形状の設計
ST150
マイクロレンズアレイの形状生成
終了

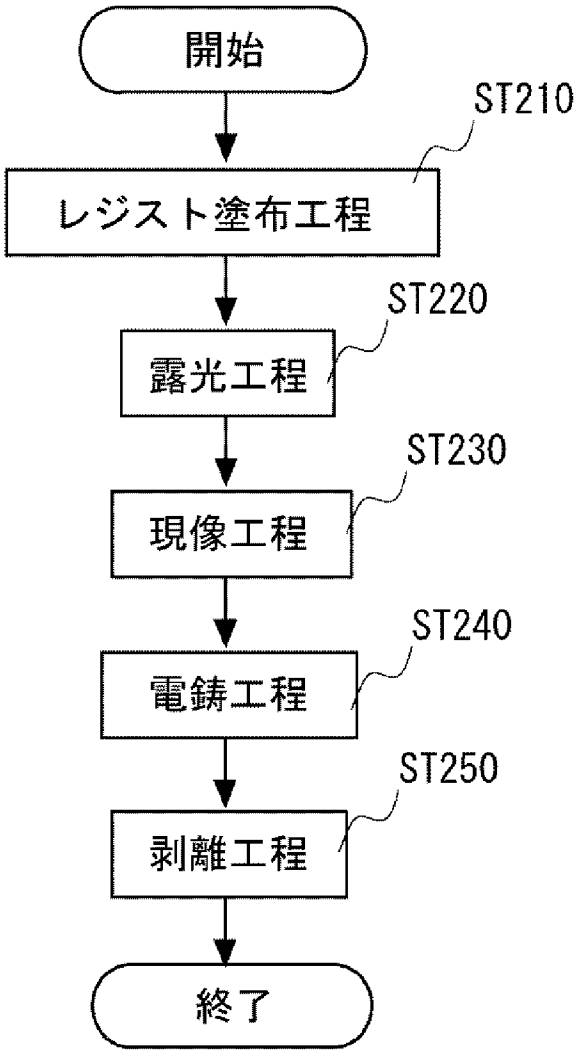
[図6]


30
30
5
4
3
2
1
0
高さ[μm]
0
10
20
30
40
50
S1
位置[μm]

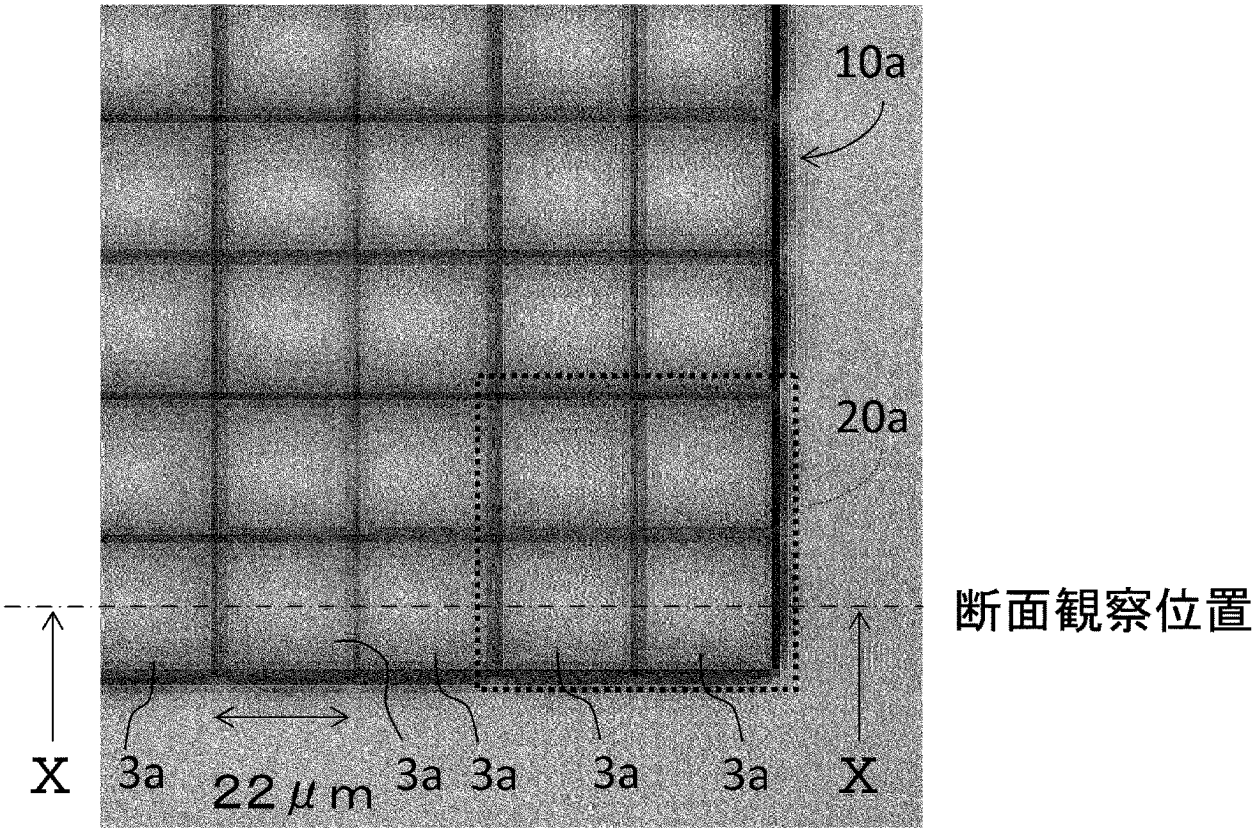
[図7]


Y
44[μm]
X
0
44[μm]
1.19
1.13
1.07
1.01
0.95
0.89
0.83
0.77
0.71
0.65
0.59
0.54
0.48
0.42
0.36
0.30
0.24
0.18
0.12
0.06
0.00

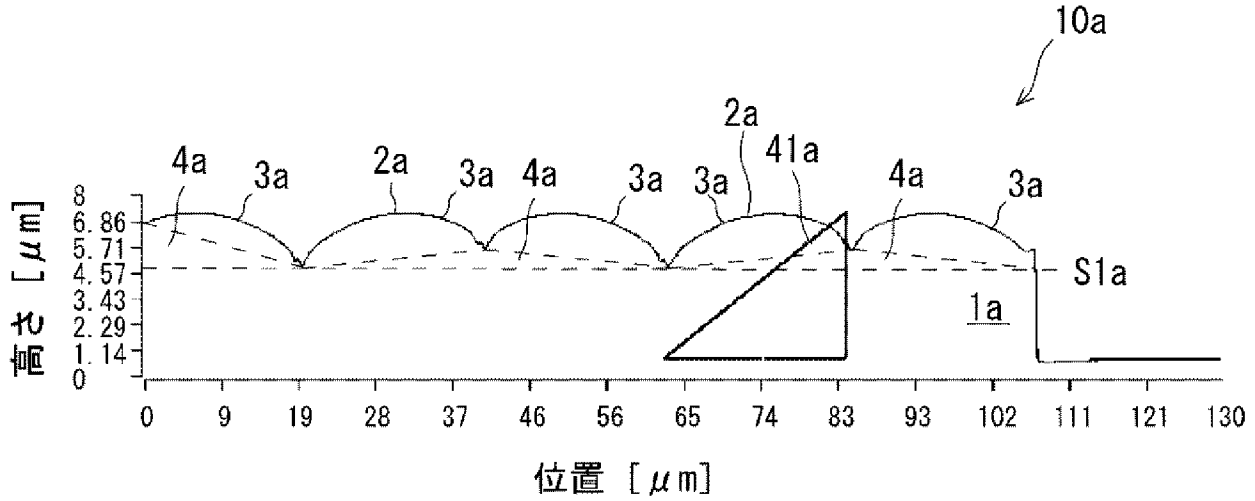
[図8]


開始
ST210
レジスト塗布工程
ST220
露光工程
ST230
現像工程
ST240
電鋳工程
ST250
剥離工程
終了

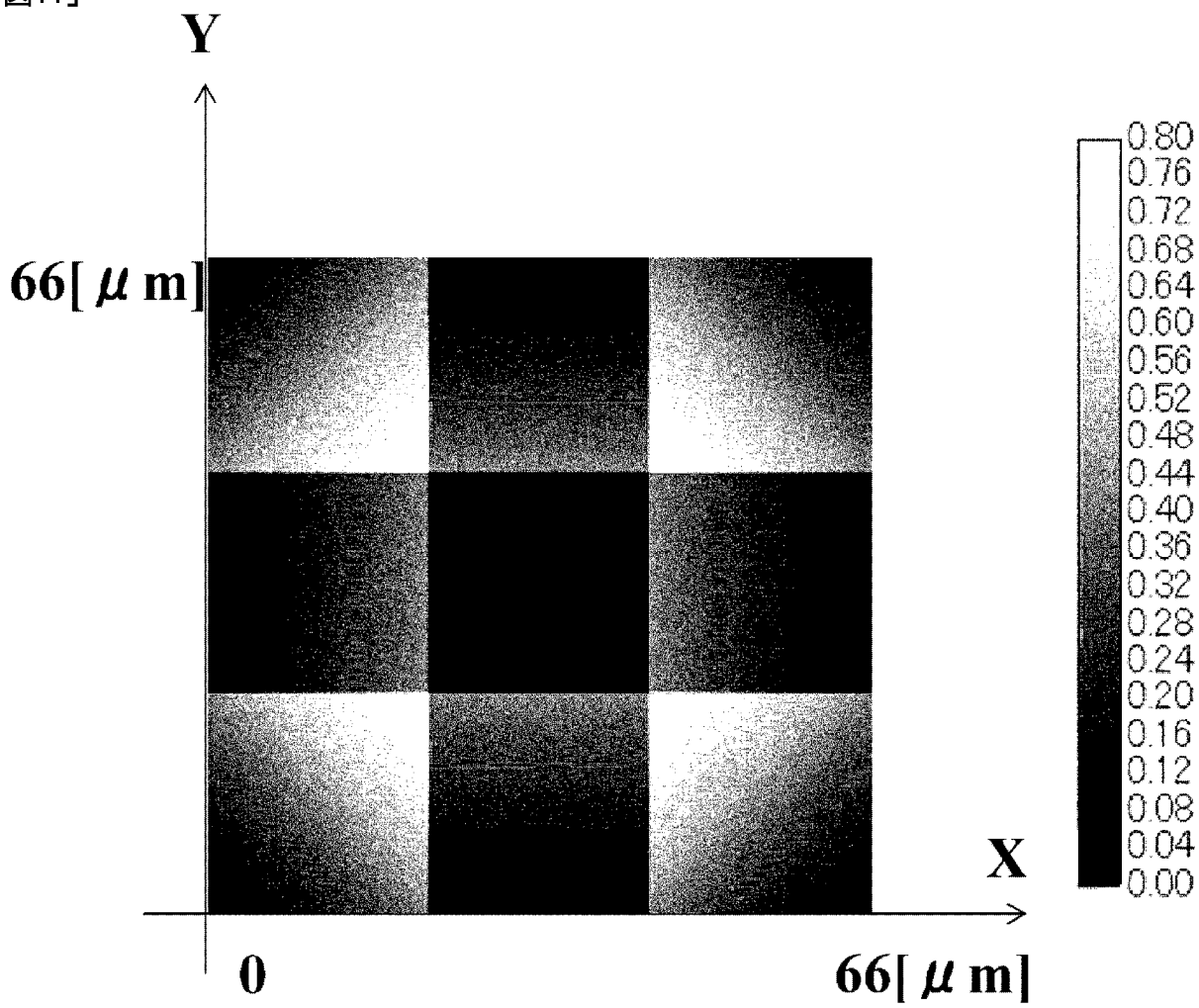
[図9]


10a
20a
断面観察位置
X
3a
22μm
3a
3a
3a
3a
X

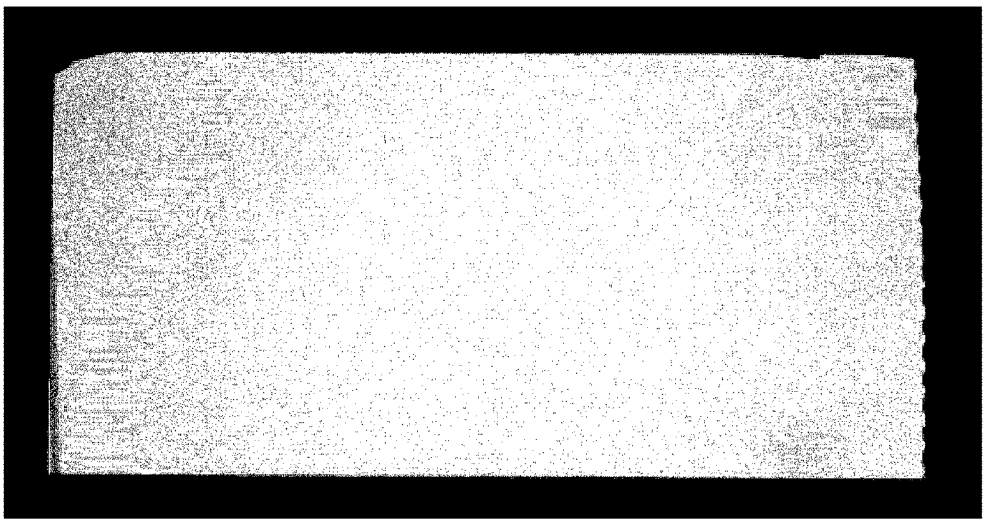
[図10]


10a
2a
41a
4a
3a
2a
3a
4a
3a
3a
4a
3a
S1a
1a
高さ [μm]
8
6.86
5.71
4.57
3.43
2.29
1.14
0
0
9
19
28
37
46
56
65
74
83
93
102
111
121
130
位置 [μm]

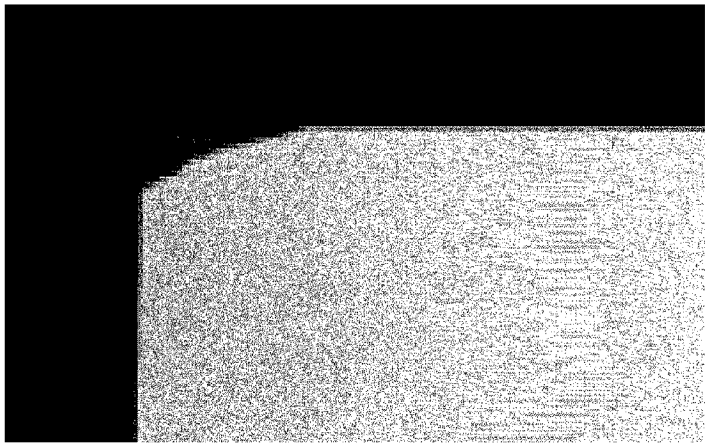
[図11]


Y
66[μ m]
X
0
66[μ m]
0.80
0.76
0.72
0.68
0.64
0.60
0.56
0.52
0.48
0.44
0.40
0.36
0.32
0.28
0.24
0.20
0.16
0.12
0.08
0.04
0.00

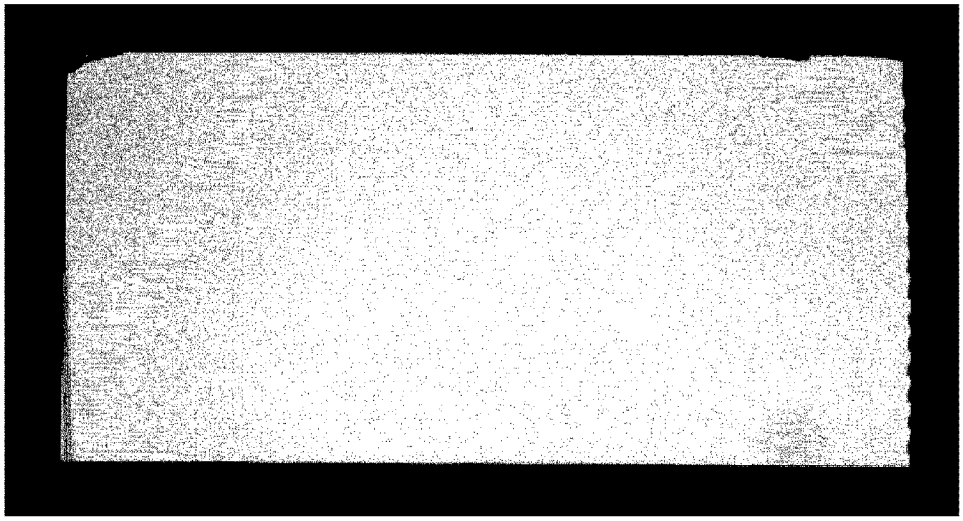
[図12]



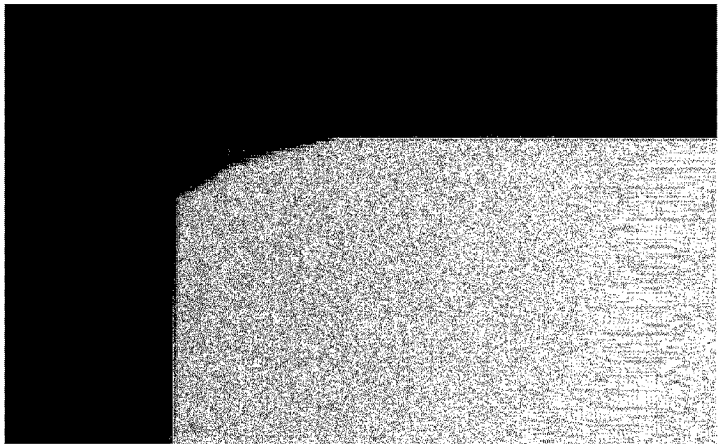
[図13]



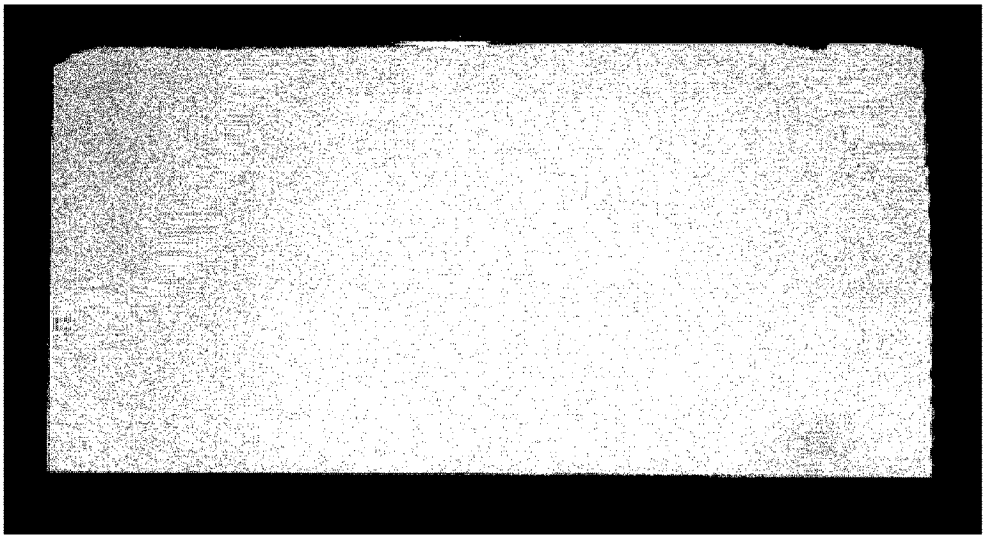
[図14]



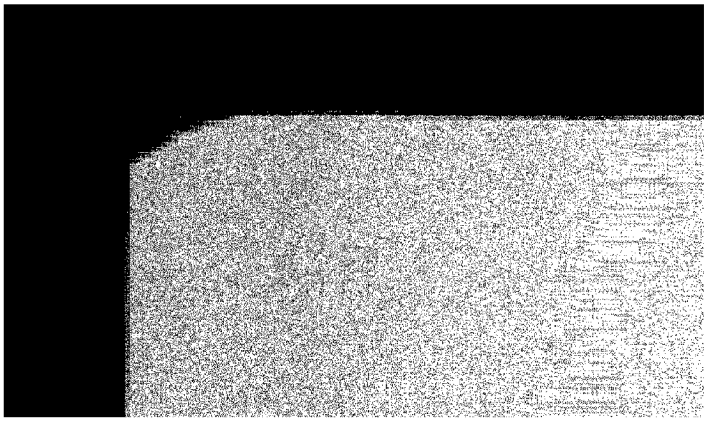
[図15]



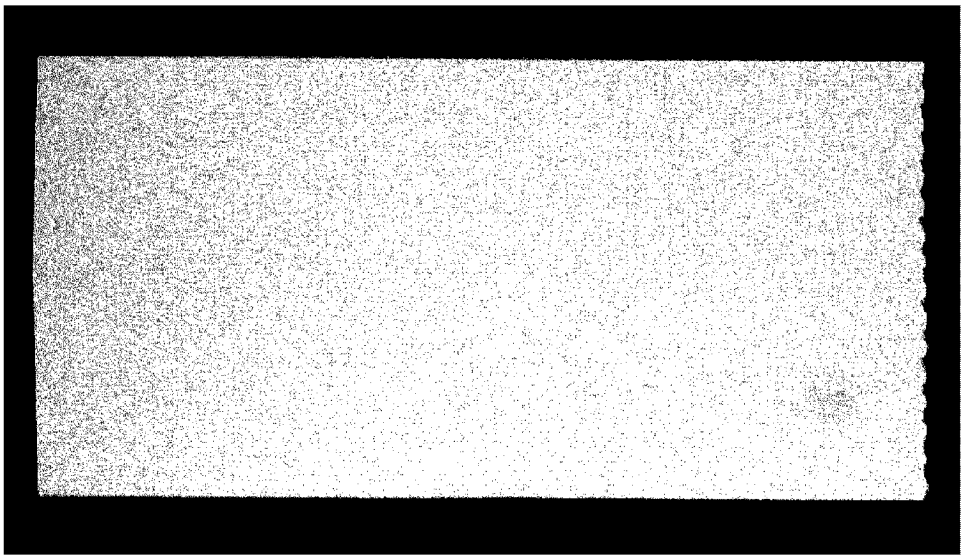
[図16]



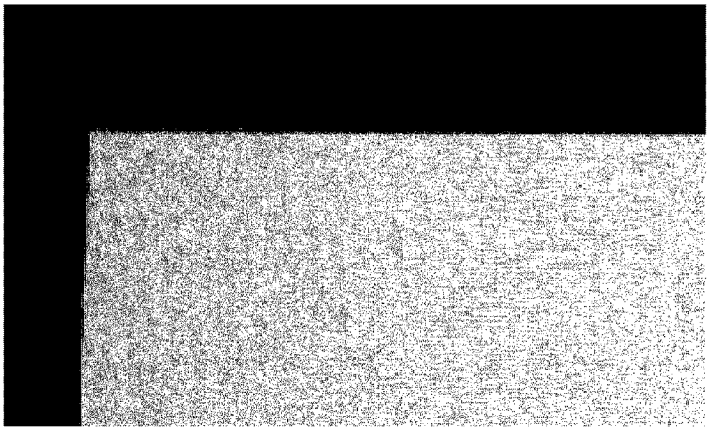
[図17]



[図18]



[図19]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2017/016306

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
G02B3/00(2006.01)i, *G02B5/02*(2006.01)i, *G02B5/10*(2006.01)i, *G03B21/00*(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
G02B3/00, G02B5/02, G02B5/10, G03B21/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP 2006-162887 A (Dainippon Printing Co., Ltd.), 22 June 2006 (22.06.2006), claims 1 to 8; paragraphs [0005] to [0046]; fig. 1 to 7 (Family: none)	1-2,4,7 3,5-6,8-9
Y	JP 2005-258306 A (Canon Inc.), 22 September 2005 (22.09.2005), paragraph [0015]; fig. 2 (Family: none)	3

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
20 July 2017 (20.07.17)	08 August 2017 (08.08.17)

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
Japan Patent Office 3-4-3,Kasumigaseki,Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915,Japan	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2017/016306

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 2009/118946 A1 (Sharp Corp.), 01 October 2009 (01.10.2009), paragraphs [0044] to [0058] & US 2011/0019128 A1 paragraphs [0053] to [0064] & CN 101978292 A	5-6
Y	JP 2008-282026 A (Toppan Printing Co., Ltd.), 20 November 2008 (20.11.2008), paragraphs [0001] to [0011] (Family: none)	8
Y	WO 2016/051785 A1 (Kuraray Co., Ltd.), 07 April 2016 (07.04.2016), claims 1 to 7; paragraphs [0001], [0049] to [0058], [0090] & CN 106716185 A & TW 201624019 A & KR 10-2017-0063664 A	9

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１７／０１６３０６

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　G02B3/00(2006.01)i, G02B5/02(2006.01)i, G02B5/10(2006.01)i, G03B21/00(2006.01)i

Ｂ．　調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　G02B3/00, G02B5/02, G02B5/10, G03B21/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０１７年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１７年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１７年

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

Ｃ．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
X	JP 2006-162887 A（大日本印刷株式会社）2006.06.22, 請求項１－８, 段落[０００５]－[００４６], 図１－図７（ファミリーなし）	１－２，４，７
Y		３，５－６，８－９
Y	JP 2005-258306 A（キヤノン株式会社）2005.09.22, 段落[００１５], 図２（ファミリーなし）	３

☑　Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。

☐　パテントファミリーに関する別紙を参照。

＊　引用文献のカテゴリー
「Ａ」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「Ｅ」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「Ｌ」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「Ｏ」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「Ｐ」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
「Ｔ」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「Ｘ」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Ｙ」特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「＆」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日 ２０．０７．２０１７	国際調査報告の発送日 ０８．０８．２０１７
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ） 郵便番号１００－８９１５ 東京都千代田区霞が関三丁目４番３号	特許庁審査官（権限のある職員）　２Ｏ　３４９１ 池田　博一 電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３２７１

Ｃ（続き）．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
Ｙ	WO 2009/118946 A1（シャープ株式会社）2009.10.01，段落［００４４］－［００５８］& US 2011/0019128 A1，段落［００５３］－［００６４］& CN 101978292 A	５－６
Ｙ	JP 2008-282026 A（凸版印刷株式会社）2008.11.20，段落［０００１］－［００１１］（ファミリーなし）	８
Ｙ	WO 2016/051785 A1（株式会社クラレ）2016.04.07，請求項１－７，段落［０００１］，［００４９］－［００５８］，［００９０］& CN 106716185 A & TW 201624019 A & KR 10-2017-0063664 A	９