

(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
2015 年 7 月 2 日(02.07.2015)



(10) 国際公開番号
WO 2015/097759 A1

- (51) 国際特許分類:
G02B 27/18 (2006.01) **G02B 3/00** (2006.01)
F21V 5/04 (2006.01) **G03B 15/00** (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2013/084526
- (22) 国際出願日: 2013 年 12 月 24 日(24.12.2013)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人: パイオニア株式会社(PIONEER CORPORATION) [JP/JP]; 〒2120031 神奈川県川崎市幸区新小倉 1 番 1 号 Kanagawa (JP).
- (72) 発明者: 加園 修(KASONO, Osamu); 〒2120031 神奈川県川崎市幸区新小倉 1 番 1 号 パイオニア株式会社内 Kanagawa (JP).
- (74) 代理人: 江上 達夫, 外(EGAMI, Tatsuo et al.); 〒1040031 東京都中央区京橋一丁目 1 6 番 1 0 号 オークビル京橋 3 階 東京セントラル特許事務所内 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA,

BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, 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, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーロシヤ (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).

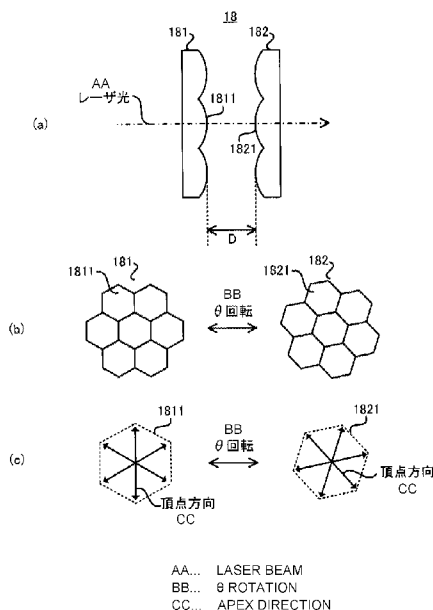
添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: OPTICAL ELEMENT AND IMAGE DISPLAY APPARATUS

(54) 発明の名称: 光学素子及び画像表示装置

[図3]



(57) Abstract: An optical element (1) is provided with a first microlens array (181), and a second microlens array (182), and the first microlens array and the second microlens array are disposed in disposition mode that is determined on the basis of a predetermined parameter that indicates a difference between a luminance in a first projection region where a part of transmitted light that has passed through the optical element is projected, and a luminance in a second projection region where another part of the transmitted light is projected.

(57) 要約: 光学素子 (1) は、第 1 マイクロレンズアレイ (181) と、第 2 マイクロレンズアレイ (182) とを備え、第 1 マイクロレンズアレイ及び第 2 マイクロレンズアレイは、当該光学素子を透過する透過光の一部が投影される第 1 投影領域における輝度と透過光の他の一部が投影される第 2 投影領域における輝度との差分を示す所定パラメータに基づいて決定される配置態様で配置される。

AA... LASER BEAM
BB... θ ROTATION
CC... APEX DIRECTION

WO 2015/097759 A1

明 細 書

発明の名称： 光学素子及び画像表示装置

技術分野

[0001] 本発明は、例えばマイクロレンズアレイを用いた光学素子及びこのような光学素子を用いた画像表示装置の技術分野に関する。

背景技術

[0002] 従来から、ヘッドアップディスプレイやレーザプロジェクタ等の画像表示装置に、マイクロレンズアレイを用いた透過型のスクリーンを適用する技術が提案されている。例えば特許文献1には、レーザ光を出射するレーザ光源ユニットと、レーザ光源ユニットから出射されたレーザ光をスクリーンに向けて反射するMEMSミラーと、MEMSミラーが反射したレーザ光を分散させるスクリーン（光学素子）とを備える画像表示装置が開示されている。特に、特許文献1では、頂点方向（具体的には、マイクロレンズアレイを構成する各マイクロレンズの中心点（重心）から各頂点に向かう方向）の角度がずれた2枚のマイクロレンズアレイを備えるスクリーンが提案されている。その結果、特許文献1に開示された画像表示装置によれば、マイクロレンズアレイ間の位置ずれによる影響が適切に抑制される。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特許第4769912号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 特許文献1には、2枚のマイクロレンズアレイの頂点方向の角度差の具体例として、各レンズのレンズ輪郭である多角形状の内角の $1/2$ を採用する例が開示されている。しかしながら、特許文献1では、2枚のマイクロレンズアレイの頂点方向の角度差が具体的にどのような観点から定められるべきであるかについて具体的に言及されていない。つまり、2枚のマイクロレン

ズアレイを構成する各マイクロレンズの頂点方向の角度差として、特許文献 1 に開示された角度差とは異なる角度差が適切である可能性がある。

[0005] 本発明が解決しようとする課題は上記のようなものが例として挙げられる。本発明は、複数のマイクロレンズアレイがより好適に配置された光学素子及びこのような光学素子を含む画像表示装置を提供することを課題とする。

課題を解決するための手段

[0006] 上記課題を解決するために、光学素子は、第 1 マイクロレンズアレイと、前記第 1 マイクロレンズアレイに対向するように配置される第 2 マイクロレンズアレイとを備える光学素子であって、前記第 1 マイクロレンズアレイ及び前記第 2 マイクロレンズアレイは、当該光学素子を透過する透過光の一部が投影される第 1 投影領域における輝度と前記透過光の他の一部が投影される第 2 投影領域における輝度との差分を示す所定パラメータに基づいて決定される配置態様で配置される。

[0007] 上記課題を解決するために、画像表示装置は、上述の光学素子を備え、前記光学素子によって形成された画像をユーザの目の位置から虚像として視認させる。

図面の簡単な説明

[0008] [図1]本実施例の画像表示装置の構成を示すブロック図である。

[図2]スクリーンの構成を示す斜視図である。

[図3]第 1 マイクロレンズ及び第 2 マイクロレンズの夫々の配置態様を示す断面図及び平面図である。

[図4]縞値を算出する際の手順を模式的に示す模式図である。

[図5]縞値を算出する際に考慮すべきユーザ（つまり、人）の視覚特性を、空間周波数軸上で示すグラフである。

[図6]角度差 θ を実際に調整しながら表示された虚像を実際に撮像する実験によって算出された縞値を示すグラフである。

[図7]シミュレーションによって算出された縞値を示すグラフである。

[図8]16度、22度及び30度という角度差 θ が採用された場合の虚像及び

回折光パターンの例を示す平面図である。

[図9]回折光パターンを観察する観察系及び虚像を観察する観察系を示す模式図である。

[図10]変形例の第1マイクロレンズアレイ及び第2マイクロレンズアレイを夫々構成する第1マイクロレンズ及び第2マイクロレンズの夫々の配置態様を示す断面図及び平面図である。

[図11]変形例において、角度差 θ を実際に調整しながら表示された虚像を実際に撮像する実験によって算出された縞値を示すグラフである。

発明を実施するための形態

[0009] 以下、光学素子及び画像表示装置の実施形態について順に説明する。

[0010] (光学素子の実施形態)

< 1 >

本実施形態の光学素子は、第1マイクロレンズアレイと、前記第1マイクロレンズアレイに対向するように配置される第2マイクロレンズアレイとを備える光学素子であって、前記第1マイクロレンズアレイ及び前記第2マイクロレンズアレイは、当該光学素子を透過する透過光の一部が投影される第1投影領域における輝度と前記透過光の他の一部が投影される第2投影領域における輝度との差分を示す所定パラメータに基づいて決定される配置態様で配置される。

[0011] 本実施形態の光学素子によれば、夫々が規則的に又は不規則的に配列された複数のマイクロレンズを含む2つのマイクロレンズアレイ（つまり、第1マイクロレンズアレイ及び第2マイクロレンズアレイ）が、互いに対向するように配置されている。

[0012] 当該光学素子には、例えば光源から出射された出射光が入射してくる。出射光は、典型的には光学素子を透過する。光学素子を透過した出射光である透過光は、例えば画像を形成する。透過光が形成する画像は、例えばユーザによって虚像として視認される。従って、光学素子は、典型的には、例えば画像を表示する画像表示装置に用いられる。但し、光学素子は、画像表示装

置以外の任意の装置に用いられてもよい。

[0013] 本実施形態では、第1マイクロレンズアレイ及び第2マイクロレンズアレイは、所定パラメータに基づいて決定される配置態様で配置される。所定パラメータは、光学素子を透過する透過光のうちの一部（例えば、第1光部分）が投影される第1投影領域における輝度と透過光のうち他の一部（例えば、第2光部分）が投影される第2投影領域における輝度との差分を示す。言い換えれば、所定パラメータは、光学素子を透過する透過光のうち第1投影領域に投影される第1光部分の輝度と透過光のうち第2投影領域に投影される第2光部分の輝度との差分を示す。このとき、所定パラメータは、差分を直接的に示すパラメータであってもよい。或いは、所定パラメータは、差分を間接的に示すパラメータであってもよい。

[0014] ここで、第1投影領域における輝度と第2投影領域における輝度との差分が大きくなるほど、光学素子を透過した透過光によって形成される画像は、縞状の画像パターン（実質的には、縞状のノイズパターン又は干渉パターン）が相対的に目立つ虚像としてユーザに視認されることが本願発明者等の実験等によって判明している。従って、このような輝度との差分を考慮しながら第1マイクロレンズアレイ及び第2マイクロレンズアレイが配置されることで、当該光学素子を備える画像表示装置は、光学素子を透過した透過光によって形成される画像を、縞状の画像パターンが軽減された（或いは、目立たない又は存在しない）虚像としてユーザに視認させることができる。

[0015] このように、本実施形態では、第1投影領域における輝度と第2投影領域における輝度との差分を考慮しながら、第1マイクロレンズアレイ及び第2マイクロレンズアレイが好適に配置される。このため、本実施形態では、光学素子を透過した透過光によって形成される画像は、より好適な虚像としてユーザに視認される。

[0016] 尚、第1マイクロレンズアレイ及び第2マイクロレンズアレイは、各マイクロレンズの焦点距離よりも長い距離（例えば、焦点距離の1.5倍以上且つ3倍以下の距離）だけ離間した位置において互いに対向するように配置さ

れていてもよい。その結果、光学素子は、当該光学素子に入射してくる出射光を適切に分散させることができる。このため、光学素子は、相対的に均一で且つ相対的にムラが少ない画像を形成することができる。

[0017] <2>

本実施形態の光学素子の他の態様では、前記第1マイクロレンズアレイ及び前記第2マイクロレンズアレイは、前記所定パラメータが所定条件を満たすことが可能な配置態様で配置される。

[0018] この態様によれば、所定パラメータが所定条件を満たすように第1マイクロレンズアレイ及び第2マイクロレンズアレイが好適に配置される。従って、当該光学素子を備える画像表示装置は、光学素子を透過した透過光によって形成される画像を、より好適な虚像としてユーザに視認させることができる。例えば、所定条件が適切に設定されることで、当該光学素子を備える画像表示装置は、光学素子を透過した透過光によって形成される画像を、縞状の画像パターンが軽減された（或いは、目立たない又は存在しない）虚像としてユーザに視認させることができる。

[0019] <3>

上述したように所定パラメータが所定条件を満たすことが可能な配置態様で第1マイクロレンズアレイ及び第2マイクロレンズアレイが配置される光学素子の態様では、前記所定条件は、（i）前記所定パラメータが所定値よりも小さくなるという第1条件、（i）前記所定パラメータが最小値になるという第2条件、（i i i）前記所定パラメータが極小値になるという第3条件、（i v）前記所定パラメータが極小値になり且つ当該極小値の前後における前記所定パラメータの変動量が所定量以下になる若しくは変動率が所定率以下になるという第4条件、及び（v）前記所定パラメータが極大値にならないという第5条件のうちの少なくとも一つを含む。

[0020] この態様によれば、第1条件から第5条件のうちの少なくとも一つが所定条件として採用されることで、所定パラメータが相対的に小さくなるように第1マイクロレンズアレイ及び第2マイクロレンズアレイが好適に配置される

。従って、所定条件が適切に設定されることで、当該光学素子を備える画像表示装置は、光学素子を透過した透過光によって形成される画像を、縞状の画像パターンが軽減された（或いは、目立たない又は存在しない）虚像としてユーザに視認させることができる。

[0021] <4>

本実施形態の光学素子の他の態様では、前記第1投影領域及び前記第2投影領域の夫々のサイズは、前記透過光によって形成される画像を虚像として視認するユーザの瞳のサイズ又は前記ユーザの瞳のサイズの半分に相当する。

[0022] この態様によれば、第1投影領域及び第2投影領域の夫々のサイズは、透過光によって形成される画像を虚像として視認するユーザの瞳のサイズ（例えば、透過光を通過させることで網膜に到達させる機能を有する瞳孔のサイズ）又は前記ユーザの瞳のサイズの半分に相当する。このとき、ユーザの個体差又はユーザが位置する環境の違い等に依存してユーザの瞳のサイズが変動し得ることを考慮すれば、第1投影領域及び第2投影領域の夫々のサイズは、標準的なユーザの標準的な瞳のサイズ又は前記ユーザの瞳のサイズの半分に相当していてもよい。例えば、第1投影領域及び第2投影領域の夫々は、例えば2 mmから8 mm程度の直径を有する円形の領域又は例えば1 mmから4 mm程度の直径を有する円形の領域であってもよい。

[0023] <5>

本実施系形態の光学素子の他の態様では、前記透過光によって形成される画像は、ユーザによって虚像として視認され、前記所定パラメータは、前記虚像を構成する画像信号のうちの特定周波数の信号成分によって構成される特定周波数画像の輝度の標準偏差である。

[0024] この態様によれば、所定パラメータは、虚像を構成する画像信号（例えば、撮像機器を用いて虚像を撮像することで生成される画像信号）のうちの一部の信号成分によって構成される特定周波数画像の輝度の標準偏差である。具体的には、所定パラメータは、虚像を構成する画像信号のうちの特定周波

数（例えば、特定空間周波数）の信号成分によって構成される特定周波数画像の輝度の標準偏差である。このような特定周波数画像の輝度の標準偏差は、光学素子を透過する透過光のうち第1投影領域に投影される第1光部分の輝度と透過光のうち第2投影領域に投影される第2光部分の輝度との差分を実質的には示している。

[0025] <6>

本実施形態の光学素子の他の態様では、前記透過光によって形成される画像は、ユーザによって虚像として視認され、前記所定パラメータは、前記虚像の輝度の標準偏差である。

[0026] この態様によれば、所定パラメータは、虚像の輝度の標準偏差である。このような虚像の輝度の標準偏差は、第1投影領域における輝度と第2投影領域における輝度との差分を実質的には示している。

[0027] <7>

本実施形態の光学素子の他の態様では、前記第1マイクロレンズアレイ及び前記第2マイクロレンズアレイは、前記第1マイクロレンズアレイを構成する複数の第1レンズの夫々の頂点方向と前記第2マイクロレンズアレイを構成する複数の第2レンズの夫々の頂点方向との間の角度差が、前記所定パラメータに基づいて決定される角度差となるように配置される。

[0028] この態様によれば、複数の第1レンズの夫々の頂点方向と複数の第2レンズの夫々の頂点方向との間の角度差は、所定パラメータに基づいて決定される角度差となる。つまり、第1投影領域における輝度と第2投影領域における輝度との差分を考慮しながら、複数の第1レンズの夫々の頂点方向と複数の第2レンズの夫々の頂点方向との間の角度差が好適に設定される。このため、当該光学素子を備える画像表示装置は、光学素子を透過した透過光によって形成される画像を、より好適な虚像としてユーザに視認させることができる。例えば、当該光学素子を備える画像表示装置は、光学素子を透過した透過光によって形成される画像を、縞状の画像パターンが軽減された（或いは、目立たない又は存在しない）虚像としてユーザに視認させることができる。

る。

[0029] 尚、「頂点方向」とは、各レンズの中心（典型的には、重心）から各レンズの各頂点に向かう方向を意味する。

[0030] < 8 >

上述の如く第1レンズの頂点方向と第2レンズの頂点方向との間の角度差が所定パラメータに基づいて決定される角度差となるように第1マイクロレンズアレイ及び第2マイクロレンズアレイが配置される光学素子の他の態様では、前記第1マイクロレンズアレイ及び前記第2マイクロレンズアレイは、前記複数の第1レンズの夫々の頂点方向と前記複数の第2レンズの夫々の頂点方向との間の角度差が、前記所定パラメータが所定条件を満たすことが可能な角度差となるように配置される。

[0031] この態様によれば、複数の第1レンズの夫々の頂点方向と複数の第2レンズの夫々の頂点方向との間の角度差は、所定パラメータが所定条件を満たすように決定される角度差となる。尚、所定条件については上述したとおりである。従って、所定条件が適切に設定されることで、当該光学素子を備える画像表示装置は、光学素子を透過した透過光によって形成される画像を、より好適な虚像としてユーザに視認させることができる。例えば、当該光学素子を備える画像表示装置は、光学素子を透過した透過光によって形成される画像を、縞状の画像パターンが軽減された（或いは、目立たない又は存在しない）虚像としてユーザに視認させることができる。

[0032] < 9・10 >

上述の如く第1レンズの頂点方向と第2レンズの頂点方向との間の角度差が所定パラメータに基づいて決定される角度差となるように第1マイクロレンズアレイ及び第2マイクロレンズアレイが配置される光学素子の他の態様では、前記複数の第1レンズの夫々及び前記複数の第2レンズの夫々は、六角形状のレンズ輪郭を有しており、前記第1マイクロレンズアレイ及び前記第2マイクロレンズアレイは、前記複数の第1レンズの夫々の頂点方向と前記複数の第2レンズの夫々の頂点方向との間の角度差が16度又は19度の角

度差となるように配置される。

[0033] 上述の如く第1レンズの頂点方向と第2レンズの頂点方向との間の角度差が所定パラメータに基づいて決定される角度差となるように第1マイクロレンズアレイ及び第2マイクロレンズアレイが配置される光学素子の他の態様では、前記複数の第1レンズの夫々及び前記複数の第2レンズの夫々は、四角形状のレンズ輪郭を有しており、前記第1マイクロレンズアレイ及び前記第2マイクロレンズアレイは、前記複数の第1レンズの夫々の頂点方向と前記複数の第2レンズの夫々の頂点方向との間の角度差が18度の角度差となるように配置される。

[0034] これらの態様によれば、当該光学素子を備える画像表示装置は、光学素子を透過した透過光によって形成される画像を、より好適な虚像としてユーザに視認させることができる。例えば、当該光学素子を備える画像表示装置は、光学素子を透過した透過光によって形成される画像を、縞状の画像パターンが軽減された（或いは、目立たない又は存在しない）虚像としてユーザに視認させることができる。

[0035] 加えて、第1レンズの頂点方向と第2レンズの頂点方向とが角度差を有している（つまり、ずれている）ため、第1マイクロレンズアレイ及び第2マイクロレンズアレイの夫々の入射面で生じ得る多角形状の像による不要な干渉が好適に抑制される。その結果、第1マイクロレンズアレイ及び第2マイクロレンズアレイの位置ずれによる影響が好適に抑制される。更に、第1マイクロレンズアレイ及び第2マイクロレンズアレイの位置が厳密に調整されなくともよくなるため、光学素子の製造コストが低減される。

[0036] 尚、複数の第1レンズの夫々及び複数の第2レンズの夫々は、六角形状及び四角形状とは異なる多角形状のレンズ輪郭を有していてもよい。複数の第1レンズの夫々が、六角形状及び四角形状を含む多角形状のレンズ輪郭を有する場合には、複数の第1レンズは、高く形状のレンズ輪郭を構成する各第1レンズの各辺が互いに隣接するように配置されていてもよい。複数の第2レンズについても同様である。

[0037] (画像表示装置の実施形態)

< 1 1 >

本実施形態の画像表示装置は、上述した本実施形態の光学素子（但し、その各種態様を含む）を備え、前記光学素子によって形成された画像をユーザの目の位置から虚像として視認させる。

[0038] 本実施形態の画像表示装置によれば、上述した本実施形態の光学素子が享受することができる各種効果と同様の効果を享受することができる。

[0039] 尚、上述した本実施形態の光学素子が採用し得る各種態様に対応して、本実施形態の画像表示装置もまた各種態様を採用してもよい。

[0040] 本実施形態のこのような作用及び他の利得は次に説明する実施例から明らかにされる。

[0041] 以上説明したように、本実施形態の光学素子によれば、第1マイクロレンズアレイ及び第2マイクロレンズアレイは、光学素子を透過する透過光のうち第1投影領域に投影される第1光部分の輝度と透過光のうち第2投影領域に投影される第2光部分の輝度との差分を示す所定パラメータに基づいて決定される配置態様で配置される。本実施形態の画像表示装置は、本実施形態の光学素子を備える。従って、複数のマイクロレンズアレイがより好適に配置される。

実施例

[0042] 以下、図面を参照しながら、光学素子及び画像表示装置の実施例について説明する。

[0043] (1) 画像表示装置1の構成

はじめに、図1を参照しながら、本実施例の画像表示装置1の構成について説明する。図1は、本実施例の画像表示装置1の構成を示すブロック図である。

[0044] 図1に示すように、画像表示装置1は、画像信号入力部11と、ビデオASIC (Application Specific Integrated Circuit) 12と、メモリ13と、レーザドライバASIC 14

と、MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) 制御部 15 と、レーザ光源ユニット 16 と、MEMS ミラー 17 と、「光学素子」の一具体例であるスクリーン 18 とを備える。

[0045] 画像表示装置 1 は、画像信号入力部 11 に入力される画像信号を用いて画像を表示する。本実施例では、画像表示装置 1 がヘッドアップディスプレイである例を用いて説明を進める。ヘッドアップディスプレイは、画像表示装置 1 が表示する画像を虚像としてユーザに視認させることができる。言い換えれば、ヘッドアップディスプレイは、画像表示装置 1 が表示する画像を、ユーザの目の位置（いわゆる、アイポイント）から虚像として視認させることができる。但し、画像表示装置 1 は、ヘッドアップディスプレイ以外の任意の表示装置（例えば、MEMS ディスプレイや、プロジェクタ等）であってもよい。

[0046] 画像信号入力部 11 は、画像表示装置 1 の外部から当該画像表示装置 1 に入力される画像信号を取得する。画像信号入力部 11 は、取得した画像信号をビデオ ASIC 12 に出力する。

[0047] ビデオ ASIC 12 は、画像信号入力部 11 から入力される画像信号及び MEMS ミラー 17 から入力される走査位置情報に基づいて、レーザドライバ ASIC 14 及び MEMS 制御部 15 を制御する。ビデオ ASIC 12 は、同期／画像分離部 121 と、ビットデータ変換部 122 と、発光パターン変換部 123 と、タイミングコントローラ 124 と、を備える。

[0048] 同期／画像分離部 121 は、画像信号入力部 11 から入力された画像信号から、スクリーン 18 に投影される画像そのものを示す画像データと、当該画像データのタイミングを示す同期信号とを分離する。同期／画像分離部 121 は、メモリ 13 が備えるフレームメモリ 131 に、画像データを書き込む。

[0049] ビットデータ変換部 122 は、フレームメモリ 131 に書き込まれた画像データを読み出す。ビットデータ変換部 122 は、読み出した画像データをビットデータに変換する。

- [0050] 発光パターン変換部 1 2 3 は、ビットデータ変換部 1 2 2 によって変換されたビットデータを、各レーザ光の発光パターンを表す発光信号に変換する。
- [0051] タイミングコントローラ 1 2 4 は、同期／画像分離部 1 2 1 及びビットデータ変換部 1 2 2 の動作タイミングを制御する。また、タイミングコントローラ 1 2 4 は、後述する MEMS 制御部 1 5 の動作タイミングも制御する。
- [0052] メモリ 1 3 は、フレームメモリ 1 3 1 と、ROM (Read Only Memory) 1 3 2 と、RAM (Random Access Memory) 1 3 3 とを備える。フレームメモリ 1 3 1 には、同期／画像分離部 1 2 1 によって分離された画像データが書き込まれる。ROM 1 3 2 は、ビデオ ASIC 1 2 が動作するための制御プログラムやデータ等を記憶している。RAM 1 3 3 は、ビデオ ASIC 1 2 が動作する際のワークメモリとして機能する。従って、RAM 1 3 3 が記憶している各種データは、ビデオ ASIC 1 2 によって逐次読み書きされる。
- [0053] レーザドライバ ASIC 1 4 は、レーザ光源ユニット 1 6 に設けられるレーザダイオードを駆動するレーザ駆動信号を生成する。レーザドライバ ASIC 1 4 は、赤色レーザ駆動回路 1 4 R と、緑色レーザ駆動回路 1 4 G と、青色レーザ駆動回路 1 4 B とを備える。
- [0054] 赤色レーザ駆動回路 1 4 R は、発光パターン変換部 1 2 3 が出力する発光信号に基づき、赤色レーザダイオード L D R を駆動する赤色レーザ駆動信号を生成する。緑色レーザ駆動回路 1 4 G は、発光パターン変換部 1 2 3 が出力する発光信号に基づき、緑色レーザダイオード L D G を駆動する緑色レーザ駆動信号を生成する。青色レーザ駆動回路 1 4 B は、発光パターン変換部 1 2 3 が出力する発光信号に基づき、青色レーザ L D B を駆動する青色レーザ駆動信号を生成する。
- [0055] MEMS 制御部 1 5 は、タイミングコントローラ 1 2 4 が出力するタイミング信号に基づき MEMS ミラー 1 7 を制御する。MEMS 制御部 1 5 は、サーボ回路 1 5 1 と、ドライバ回路 1 5 2 とを備える。サーボ回路 1 5 1 は

、タイミングコントローラ 124 が出力するタイミング信号に基づき、MEMSミラー 17 の動作を制御するためのミラー制御信号を生成する。ドライバ回路 152 は、サーボ回路 151 が出力するミラー制御信号を所定レベルに増幅した後に、当該増幅したミラー制御信号をMEMSミラー 17 に対して出力する。その結果、MEMSミラー 17 は、ミラー制御信号に応じた態様で駆動（例えば、揺動）する。

[0056] レーザ光源ユニット 16 は、レーザドライバASIC 14 から出力されるレーザ駆動信号に基づいて、レーザ光をMEMSミラー 17 へ出射する。レーザ光源ユニット 16 は、ケース 161 と、波長選択性素子 162 と、コリメータレンズ 163 と、赤色レーザLDRと、青色レーザダイオードLDGと、青色レーザダイオードLDBと、モニタ用受光素子 164 とを備える。尚、レーザ光源ユニット 16 の構成は、特許第 4769912 号に開示されているレーザ光源ユニットと同一であってもよい。従って、説明の簡略化のために、レーザ光源ユニット 16 の詳細な説明については省略する。

[0057] MEMSミラー 17 は、レーザ光源ユニット 16 から出射されたレーザ光をスクリーン 18 に向けて反射する。このとき、MEMSミラー 17 は、MEMS制御部 15 の制御により、スクリーン 18 上をレーザ光で走査するように揺動する。その結果、MEMSミラー 17 は、スクリーン 18 上に画像を形成することができる。尚、MEMSミラー 17 は、揺動時の走査位置を示す走査位置情報（例えばMEMSミラー 17 の揺動角度等を含む各種情報）をビデオASIC 12 に対して出力することが好ましい。

[0058] スクリーン 18 は、レーザ光源ユニット 16 から出射されたレーザ光が透過する透過型のスクリーンである。スクリーン 18 は、後に詳述するように、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を備える。マイクロレンズアレイは、当該マイクロレンズアレイに入射するレーザ光を適度に分散させる。具体的には、マイクロレンズアレイは、当該マイクロレンズアレイを構成するマイクロレンズの曲率等に応じて定まる拡散角でレーザ光を拡散させる。マイクロレンズアレイを構成するマイクロレンズの曲率等は

、必要な拡散角に応じて予め設計されることが好ましい。尚、スクリーン 18 については、詳細は後述する。

[0059] 尚、画像表示装置 1 は、実際には、スクリーン 18 を透過したレーザ光（つまり、拡散光）を反射ミラー若しくはコンバイナで反射させる又は拡大素子で拡大させることで、当該レーザ光が形成する画像を、虚像としてユーザに視認させてもよい。

[0060] （２）スクリーン 18 の構成

続いて、図 2 を参照しながら、スクリーン 18 の構成について更に説明する。図 2 は、スクリーン 18 の構成を示す斜視図である。

[0061] 図 2 に示すように、スクリーン 18 は、互いに対向するように配置された 2 枚のマイクロレンズアレイ（つまり、第 1 マイクロレンズアレイ 181 及び第 2 マイクロレンズアレイ 182）を備える。第 1 マイクロレンズアレイ 181 及び第 2 マイクロレンズアレイ 182 の夫々は、略円板状の形状を有している。第 1 マイクロレンズアレイ 181 は、その片側の面に複数の第 1 マイクロレンズ 1811 を備えている。第 2 マイクロレンズアレイ 182 は、その片側の面に複数の第 2 マイクロレンズ 1821 を備えている。

[0062] ここで、図 3 を参照しながら、第 1 マイクロレンズ 1811 及び第 2 マイクロレンズ 1821 の夫々の配置態様について更に詳細に説明する。図 3 は、第 1 マイクロレンズ 1811 及び第 2 マイクロレンズ 1821 の夫々の配置態様を示す断面図及び平面図である。

[0063] 図 3（a）は、レーザ光の進行方向に沿った第 1 マイクロレンズアレイ 181 及び第 2 マイクロレンズアレイ 182 の断面の一部を示す断面図である。図 3（a）に示すように、第 1 マイクロレンズアレイ 181 及び第 2 マイクロレンズアレイ 182 は、第 1 マイクロレンズ 1811 が形成された面と第 2 マイクロレンズ 1821 が形成された面とが互いに向き合うように配置されている。但し、第 1 マイクロレンズアレイ 181 及び第 2 マイクロレンズアレイ 182 は、第 1 マイクロレンズ 1811 が形成された面と第 2 マイクロレンズ 1821 が形成されていない面とが互いに向き合うように配置さ

れていてもよい。第1マイクロレンズアレイ181及び第2マイクロレンズアレイ182は、第1マイクロレンズ1811が形成されていない面と複数の第2マイクロレンズ1821が形成された面とが互いに向き合うように配置されていてもよい。第1マイクロレンズアレイ181及び第2マイクロレンズアレイ182は、第1マイクロレンズ1811が形成されていない面と第2マイクロレンズ1821が形成されていない面とが互いに向き合うように配置されていてもよい。

[0064] 第1マイクロレンズアレイ181及び第2マイクロレンズアレイ182は、距離Dだけ離間するように配置されている。本実施例では、距離Dは、第1マイクロレンズ1811及び第2マイクロレンズ1821のうちの少なくとも一方の焦点距離よりも長い距離である。一例として、距離Dは、第1マイクロレンズ1811及び第2マイクロレンズ1821のうちの少なくとも一方の焦点距離の1.5倍以上であって且つ3倍以下の距離であることが好ましい。但し、距離Dは、第1マイクロレンズ1811及び第2マイクロレンズ1821のうちの少なくとも一方の焦点距離の1.5倍未満の距離であってもよい。距離Dは、第1マイクロレンズ1811及び第2マイクロレンズ1821のうちの少なくとも一方の焦点距離の3倍より大きい距離であってもよい。

[0065] 図3(b)は、第1マイクロレンズアレイ181及び第2マイクロレンズアレイ182の夫々の片側の面（具体的には、第1マイクロレンズ1811又は第2マイクロレンズ1821が形成されている面）を示す平面図である。つまり、図3(b)は、レーザ光の進行方向に沿った方向から観察した第1マイクロレンズアレイ181及び第2マイクロレンズアレイ182の一部を示す平面図である。図3(b)に示すように、第1マイクロレンズアレイ181は、夫々が平面視において正六角形状のレンズ輪郭を有する複数の第1マイクロレンズ1811を備えている。複数の第1マイクロレンズ1811は、正六角形の格子状に配列されている。同様に、第2マイクロレンズアレイ182は、平面視において正六角形状のレンズ輪郭を有する複数の第2

マイクロレンズ1821を備えている。複数の第2マイクロレンズ1821は、正六角形の格子状に配列されている。

[0066] 尚、第1マイクロレンズ1811の特性（例えば、レンズ輪郭たる形状や曲率等）と第2マイクロレンズ1821の特性とは同一であってもよい。但し、第1マイクロレンズ1811の特性と第2マイクロレンズ1821の特性とは異なってもよい。

[0067] 本実施例では、図3（c）に示すように、複数の第1マイクロレンズ1811及び複数の第2マイクロレンズ1821は、各第1マイクロレンズ1811の頂点方向（つまり、レンズ輪郭である正六角形状の頂点方向）と各第2マイクロレンズ1821の頂点方向とがずれる（言い換えれば、平行にならない）ように配置される。言い換えれば、各第1マイクロレンズ1811の頂点方向と各第2マイクロレンズ1821の頂点方向との間の角度差 θ が0度以外の角度差（但し、レンズ輪郭を構成する正六角形状の内角の半分の角度（つまり、60度） $\times X$ （但し、 X は任意の整数）度を除く）となるように配置される。尚、各第1マイクロレンズ1811の頂点方向と各第2マイクロレンズ1821の頂点方向との間の角度差 θ の具体例については後に詳述する（図4から図7等参照）。

[0068] ここで、図3（c）に示すように、「頂点方向」は、レンズ輪郭である正六角形状の中心点（例えば、重心）から、正六角形状の各頂点へ向かう方向を意味する。複数の第1マイクロレンズ1811が格子状に配列されている（つまり、複数の第1マイクロレンズ1811の夫々が同じ向きに配列されている）ため、第1マイクロレンズアレイ181の全体において第1マイクロレンズ1811の頂点方向は同一になる。第2マイクロレンズアレイ182についても同様である。このため、第2マイクロレンズアレイ182は、実質的には、第1マイクロレンズアレイ181を角度差 θ だけ回転したマイクロレンズアレイに一致する。

[0069] 尚、第1マイクロレンズ1811の頂点方向は、実質的には第1マイクロレンズ1811のレンズ輪郭を構成する辺に沿った方向（辺方向）と一致す

る。第2マイクロレンズ1821の頂点方向もまた、実質的には第2マイクロレンズ1821のレンズ輪郭を構成する辺に沿った方向（辺方向）と一致する。従って、複数の第1マイクロレンズ1811及び複数の第2マイクロレンズ1821は、各第1マイクロレンズ1811の辺方向と各第2マイクロレンズ1821の辺方向とがずれる（言い換えれば、平行にならない）ように配置されるとも言える。

[0070] （3）マイクロレンズの頂点方向の角度差 θ の具体例

続いて、第1マイクロレンズ1811の頂点方向と第2マイクロレンズ1821の頂点方向との間の角度差 θ の具体例について説明する。

[0071] 本実施例では、角度差 θ は、画像表示装置1がユーザに視認させる画像（つまり、虚像）に含まれる縞状の画像パターン（言い換えれば、ノイズパターン又は干渉パターン）を軽減するという観点から決定される。つまり、角度差 θ は、虚像に含まれる縞状の画像パターンを軽減する又は虚像から縞状の画像パターンを排除することで当該縞状の画像パターンをユーザに視認させにくくする又は視認させないという観点から決定される。例えば、角度差 θ は、虚像に含まれる縞状の画像パターンを軽減することが可能な値となることが好ましい。つまり、角度差 θ は、虚像に含まれる縞状の画像パターンを軽減する又は虚像から縞状の画像パターンを排除することで当該縞状の画像パターンをユーザに視認させにくくする又は視認させなくすることが可能な値となることが好ましい。

[0072] 本実施例では、角度差 θ は、スクリーン18の製造時点で、上述の観点から予め決定されている値となっていることが好ましい。つまり、スクリーン18の製造時点で、角度差 θ が上述の観点から予め決定されている値となるように、第1マイクロレンズアレイ181及び第2マイクロレンズアレイ182（或いは、第1マイクロレンズ1811及び第2マイクロレンズ1821）が製造される又は組み立てられることが好ましい。但し、角度差 θ は、スクリーン18が画像表示装置1内で実際に使用されている状態で上述の観点から適宜決定されている値となるように、適宜調整されてもよい。

[0073] 尚、虚像に含まれる縞状の画像パターンは、スクリーン18を透過したレーザ光が任意の投影面に投影されたときの投影面上の任意の二か所の領域部分（例えば、ユーザの瞳のサイズ又はユーザの瞳のサイズの半分に相当するサイズを有する円形の領域部分）の輝度の差分が小さくなるほどユーザによって視認されにくくなる。言い換えれば、虚像に含まれる縞状の画像パターンは、スクリーン18を透過したレーザ光の回折パターンが任意の投影面に投影されたときの投影面上の任意の二か所の領域部分の輝度の差分が小さくなるほどユーザによって視認されにくくなる。従って、角度差 θ は、スクリーン18を透過したレーザ光が任意の投影面に投影されたときの投影面上の任意の二か所の領域部分の輝度の差分を小さくするという観点から決定される値となるとも言える。

[0074] 以下、角度差 θ の説明を進めるにあたって、説明の簡略化又は明確化のために、縞状の画像パターンの強度（つまり、ユーザにとっての縞状の画像パターンの視認しやすさ）を示すパラメータとしての「縞値」を用いて説明を進める。このため、まずは、図4及び図5を参照しながら、縞値について説明する。図4は、縞値を算出する際の手順を模式的に示す模式図である。図5は、縞値を算出する際に考慮すべきユーザ（つまり、人）の視覚特性を、空間周波数軸上で示すグラフである。

[0075] 図4に示すように、虚像に含まれる縞状の画像パターンの強度を示す縞値は、虚像を示す元画像信号に対してFFT（Fast Fourier Transform）処理、BPF（Band Pass Filtering）処理、逆FFT処理及び標準偏差算出処理が行われることで算出される。

[0076] 具体的には、まず、虚像を示す元画像信号に対してFFT処理が行われる。その結果、FFT像を示すFFT信号が生成される。尚、虚像を示す元画像信号は、画像表示装置1によって画像が形成されている状態で、ユーザの目の位置に配置されたカメラ等の撮像機器を用いて虚像を撮像することで生成される画像信号に相当する。

[0077] その後、FFT信号に対して、特定の空間周波数の信号成分を抽出するBPF処理が行われる。その結果、帯域制限FFT信号が生成される。

[0078] 本実施例では、特定の空間周波数の信号成分は、ユーザにとって縞状の画像パターンとして視認される傾向にある画像パターンに対応する空間周波数の信号成分である。例えば、図5に示すように、ユーザにとっては、例えば10本/度以下の空間周波数の信号成分に相当する画像が縞状の画像パターンとして視認される可能性がある。従って、この場合には、FFT信号に対して、10本/度以下の特定の空間周波数の信号成分を抽出するBPF処理が行われてもよい。但し、ユーザによっては、10本/度という空間周波数とは異なる他の空間周波数以下の信号成分に相当する画像が縞状の画像パターンとして視認される可能性がある。この場合には、FFT信号に対して、当該他の空間周波数以下の特定の空間周波数の信号成分を抽出するBPF処理が行われてもよい。

[0079] その後、FFT信号に対して、逆FFT処理が行われる。その結果、元となる虚像から縞状の画像パターンを抽出した復元虚像を示す復元画像信号が生成される。言い換えれば、元となる虚像から抽出した縞状の画像パターンに実質的には相当する復元虚像を示す復元画像信号が生成される。

[0080] その後、復元画像信号に対して、復元画像信号の輝度（つまり、復元虚像の輝度）の標準偏差を算出する標準偏差算出処理が行われる。その結果算出された標準偏差が、縞値となる。ここで、復元虚像に縞状の画像パターンが含まれている場合には、復元画像の輝度のばらつきが相対的に大きくなる。特に、復元虚像に含まれている縞状の画像パターンの強度が強くなる（つまり、縞状の画像パターンがユーザに視認されやすくなる）ほど、復元画像の輝度のばらつきが大きくなる。復元画像の輝度のばらつきが大きくなると、輝度の標準偏差もまた大きくなる。従って、縞値は、虚像に含まれている縞状の画像パターンがユーザに視認されやすくなるほど大きくなる傾向にあると言える。

[0081] このような縞値が、第1マイクロレンズ1811の頂点方向と第2マイク

ロレンズ 1 8 1 2 の頂点方向との間の角度差 θ を適宜調整しながら算出されることが好ましい。その結果、角度差 θ と縞値との相関関係が得られる。

[0082] 本実施例では、縞値が所定条件を満たすという状態を実現可能な角度差 θ が、実際にスクリーン 1 8 に採用される。ここで、縞値が大きくなるほど縞状の画像パターンがユーザに視認されやすいことを考慮すれば、縞値が相対的に小さくなるという状態を実現可能な角度差 θ が採用されることが好ましい。具体的には、例えば、縞値が所定値よりも小さくなるという状態を実現可能な角度差 θ が採用されてもよい。例えば、縞値が最小値になるという状態を実現可能な角度差 θ が採用されてもよい。例えば、縞値が極小値になるという状態を実現可能な角度差 θ が採用されてもよい。例えば、縞値が極小値になり且つ当該極小値の前後における縞値の変動量が所定量以下になる又は変動率が所定率以下になるという状態を実現可能な角度差 θ が採用されてもよい。例えば、縞値が極大値にならないという状態を実現可能な角度差 θ が採用されてもよい。

[0083] ここで、図 6 及び図 7 に示す縞値と角度差 θ との具体的な相関関係を参照しながら、採用されることが好ましい角度差 θ の例について説明する。図 6 は、角度差 θ を実際に調整しながら表示された虚像を実際に撮像する実験によって算出された縞値を示すグラフである。図 7 は、シミュレーションによって算出された縞値を示すグラフである。

[0084] 図 6 は、曲率が 3 1 マイクロメートルとなる第 1 マイクロレンズ 1 8 1 1 及び第 2 マイクロレンズ 1 8 2 1 を用いて算出された縞値、曲率が 4 0 マイクロメートルとなる第 1 マイクロレンズ 1 8 1 1 及び第 2 マイクロレンズ 1 8 2 1 を用いて算出された縞値、及び、曲率が 6 1 マイクロメートルとなる第 1 マイクロレンズ 1 8 1 1 及び第 2 マイクロレンズ 1 8 2 1 を用いて算出された縞値の夫々と、角度差 θ との間の相関関係を示している。いずれの場合も、第 1 マイクロレンズ 1 8 1 1 及び第 2 マイクロレンズ 1 8 1 2 の夫々のレンズ倍率は 6. 2 5 倍であり且つレンズピッチは 2 6 マイクロメートルである。

[0085] 図6に示すように、第1マイクロレンズ1811及び第2マイクロレンズ1812の特性の違い（例えば、曲率の違い）によらずに、角度差 θ がある一定の値になると、縞値が相対的に小さくなることが分かる。この傾向は、図7に示すシミュレーションによって算出された縞値においても同様に観察される。また、図6に示す3種類の第1マイクロレンズ1811及び第2マイクロレンズ1812に限らず、レンズ輪郭が正六角形状となるその他の第1マイクロレンズ1811及び第2マイクロレンズ1812を用いても、この傾向は同様に観察される。

[0086] 尚、図6に示す縞値と図7に示す縞値とが異なる値となっているが、これは、シミュレーションにおいて縞値を算出する際に簡略的な演算を行っていること、及び、虚像を実際に撮像することで縞値を算出する際に重畳される環境光又は背景光等のノイズの影響があることが理由である。しかしながら、図6に示す縞値と図7に示す縞値とが異なる値となっているものの、角度差 θ に対する縞値の変化の傾向が同様の傾向を示すことが分かる。

[0087] このような縞値と角度差 θ との間の相関関係を考慮した上で、縞値が所定条件を満たすという状態を実現可能な角度差 θ が採用されることが好ましい。

[0088] 例えば、縞値が極小値になるという状態を実現可能な角度差 θ が採用される場合には、図6及び図7に示すように、11度、16度、19度、26度、30度及び34度（或いは、これらの値に対して所定のマージン（例えば、±1度程度のマージン）を加味した値）のうちのいずれかが角度差 θ として採用されてもよい。或いは、第1マイクロレンズ1811及び第2マイクロレンズ1812のレンズ輪郭を構成する正六角形状の1辺に対応する中心角である60度からこれらの角度を減算することで得られる角度（つまり、49度、44度及び41度）のいずれかが角度差 θ として採用されてもよい。

[0089] 或いは、例えば、縞値が極小値になり且つ当該極小値の前後における縞値の変動量が所定量以下になる又は変動率が所定率以下になるという状態を実

現可能な角度差 θ が採用される場合には、図6及び図7に示すように、16度及び19度（或いは、これらの値に対して所定のマージン（例えば、 ± 1 度程度のマージン）を加味した値）のうちのいずれかが角度差 θ として採用されてもよい。或いは、第1マイクロレンズ1811及び第2マイクロレンズ1812のレンズ輪郭を構成する正六角形状の1辺に対応する中心角である60度からこれらの角度を減算することで得られる角度（つまり、44度及び41度）のいずれかが角度差 θ として採用されてもよい。尚、一例として、縞値が極小値になるという状態を実現可能な11度という角度差 θ は、当該11度という値の前後（特に、11度未満の範囲）における縞値の変動量が相対的に大きくなっている。このため、縞値が極小値になり且つ当該極小値の前後における縞値の変動量が所定量以下になる又は変動率が所定率以下になるという状態を実現可能な角度差 θ が採用される場合には、11度という値は角度差 θ として採用されなくてもよい。その他の値である26度、30度及び34度についても同様である。

[0090] ここで、図8及び図9を参照しながら、16度という角度差 θ が採用された場合の虚像及び回折光パターンの例と、それ以外の角度差 θ （例えば、（i）縞値が極大値となる22度という角度差 θ 及び（ii）縞値が極小値となるものの、16度という角度差 θ が採用された場合よりも大きな縞値となる30度という角度差 θ ）が採用された場合の虚像及び回折光パターンの例について説明する。図8は、16度、22度及び30度という角度差 θ が採用された場合の虚像及び回折光パターンの例を示す平面図である。図9は、回折光パターンを観察する観察系及び虚像を観察する観察系を示す模式図である。

[0091] 図8の左側は、スクリーン18を透過したレーザ光の回折光パターンの例を示している。尚、回折光パターンは、図9（a）に示すように、スクリーン18を透過したレーザ光を任意の投影面に投影すると共に、撮像機器を用いて当該投影面を撮像することで取得される。図8に示すように、22度という角度差 θ が採用されている場合には、投影面上の任意の二か所の領域部

分（例えば、ユーザの瞳のサイズ又はユーザの瞳のサイズの半分に相当するサイズを有する円形の領域部分であり、図 8 中の白丸参照）の輝度の差分が相対的に大きくなることが分かる。つまり、図 8 中の上側の領域部分の輝度が図 8 中の下側の領域部分の差分よりも大きくなるがゆえに、輝度の差分が相対的に大きくことが分かる。一方で、図 8 に示すように、 16 度という角度差 θ が採用されている場合には、投影面上の任意の二か所の領域部分の輝度の差分が相対的に小さくなることが分かる。

[0092] ここで、虚像に含まれる縞状の画像パターンは、スクリーン 18 を透過したレーザ光が任意の投影面に投影されたときの投影面上の任意の二か所の領域部分の輝度の差分が小さくなるほどユーザによって視認されにくくなることは上述した通りである。従って、 16 度という角度差 θ が採用されている場合には、 22 度という角度差 θ が採用されている場合と比較して、画像表示装置 1 は、当該画像表示装置 1 が表示する画像を、縞状の画像パターンが軽減された（或いは、目立たない又は存在しない）虚像としてユーザに視認させることができる。

[0093] 尚、 30 度という角度差 θ が採用されている場合には、 22 度という角度差 θ が採用されている場合と比較して、投影面上の任意の二か所の領域部分の輝度の差分が相対的に小さくなることが分かる。一方で、 30 度という差 θ が採用されている場合には、 16 度という角度差 θ が採用されている場合と比較して、投影面上の任意の二か所の領域部分の輝度の差分が相対的に大きくなることが分かる。これは、図 6 に示す縞値からも明らかである。従って、この場合には、 30 度という角度差 θ に代えて、 16 度という角度差 θ が採用されることが好ましい。

[0094] 図 8 の右側は、スクリーン 18 を透過したレーザ光の画像が虚像としてユーザに視認される場合の当該虚像の例を示している。尚、虚像は、図 9（b）に示すように、スクリーン 18 を透過したレーザ光を任意の反射鏡を用いて反射すると共に、ユーザの目の位置に配置されている撮像機器を用いて当該反射されたレーザ光を撮像することで取得される。尚、図 8 では、画像表

示装置 1 が赤ベタ画像（つまり、赤一色の画像）及び文字画像（つまり、文字を含む画像）を表示した場合に観察される虚像の例を示している。

[0095] 図 8 に示すように、22 度という角度差 θ が採用されている場合には、虚像に含まれる縞状の画像パターンが非常に視認されやすいことが分かる。一方で、図 8 に示すように、16 度という角度差 θ が採用されている場合には、虚像に含まれる縞状の画像パターンが視認されにくい又は虚像には殆ど若しくは全く縞状の画像パターンが含まれていないことが分かる。従って、16 度という角度差 θ が採用されている場合には、22 度という角度差 θ が採用されている場合と比較して、画像表示装置 1 は、当該画像表示装置 1 が表示する画像を、縞状の画像パターンが軽減された（或いは、目立たない又は存在しない）虚像としてユーザに視認させることができる。

[0096] 尚、30 度という角度差 θ が採用されている場合には、22 度という角度差 θ が採用されている場合と比較して、虚像に含まれる縞状の画像パターンが視認されにくいことが分かる。一方で、30 度という角度差 θ が採用されている場合には、16 度という角度差 θ が採用されている場合と比較して、虚像に含まれる縞状の画像パターンが視認されやすいことが分かる。これは、図 6 に示す縞値からも明らかである。従って、この場合には、30 度という角度差 θ に代えて、22 度という角度差 θ が採用されることが好ましい。

[0097] 以上まとめると、本実施例の画像表示装置 1 では、各第 1 マイクロレンズ 1811 の頂点方向と各第 2 マイクロレンズ 1821 の頂点方向との間の角度差 θ は、虚像に含まれる縞状の画像パターンを軽減するという観点から決定される。つまり、本実施例の画像表示装置 1 では、第 1 マイクロレンズアレイ 181 及び第 2 マイクロレンズアレイ 182（言い換えれば、第 1 マイクロレンズ 1811 及び第 2 マイクロレンズ 1821）は、虚像に含まれる縞状の画像パターンを軽減することができるよう好適に配置される。従って、画像表示装置 1 は、当該画像表示装置 1 が表示する画像を、縞状の画像パターンが軽減された（或いは、目立たない又は存在しない）虚像としてユーザに視認させることができる。

[0098] 加えて、本実施例では、第1マイクロレンズアレイ181及び第2マイクロレンズアレイ182は、第1マイクロレンズ1811及び第2マイクロレンズ1821のうちの少なくとも一方の焦点距離よりも長い距離だけ離間した位置において互いに対向するように配置されている。その結果、スクリーン18は、当該スクリーン18に入射してくるレーザ光を適切に分散させることができる。このため、スクリーン18は、相対的に均一で且つ相対的にムラが少ない画像を形成することができる。

[0099] 加えて、本実施例では、第1マイクロレンズ1811の頂点方向と第2マイクロレンズ182の頂点方向とが角度差 θ を有している。このため、第1マイクロレンズアレイ181及び第2マイクロレンズアレイ182の夫々の入射面で生じ得る多角形状（つまり、正六角形状）の像による不要な干渉が好適に抑制される。その結果、第1マイクロレンズアレイ181及び第2マイクロレンズアレイ182の位置ずれによる影響が好適に抑制される。更に、第1マイクロレンズアレイ181及び第2マイクロレンズアレイ182の位置が厳密に調整されなくもよくなるため、スクリーンの製造コストが低減される。

[0100] 尚、上述の説明では、縞値は、縞状の画像パターンに対応する特定の空間周波数の信号成分をFFT信号から抽出することで算出されている。つまり、上述の説明では、縞値は、実質的には、虚像に含まれる縞状の画像パターンの輝度の標準偏差である。しかしながら、縞状の画像パターンに対応する特定の空間周波数の信号成分に加えて又は代えて、縞状の画像パターンとは異なる画像パターンに対応する特定の空間周波数の信号成分をFFT信号から抽出することで、縞値に相当するパラメータが算出されてもよい。例えば、粒状の画像パターンに対応する特定の空間周波数の信号成分（例えば、図4に示す例では、10本/度以上の空間周波数の信号成分）をFFT信号から抽出することで、縞値に相当するパラメータが算出されてもよい。この場合、画像表示装置1は、当該画像表示装置1が表示する画像を、その他の画像パターン（例えば、粒状の画像パターン）が軽減された（或いは、目立た

ない又は存在しない) 虚像としてユーザに視認させることができる。

[0101] 更には、FFT信号から特定の空間周波数の信号成分を抽出することなく、虚像そのものの輝度の標準偏差が縞値に相当するパラメータとして用いられてもよい。この場合、画像表示装置1は、当該画像表示装置1が表示する画像を、縞状の画像パターンのみならずその他の視認されないことが好ましい画像パターン(例えば、粒状の画像パターン)が軽減された(或いは、目立たない又は存在しない)虚像としてユーザに視認させることができる。

[0102] (4) マイクロレンズアレイの変形例

続いて、図10及び図11を参照しながら、変形例の第1マイクロレンズアレイ181a及び第2マイクロレンズアレイ182aについて説明する。図10は、変形例の第1マイクロレンズアレイ181a及び第2マイクロレンズアレイ182aを夫々構成する第1マイクロレンズ1811a及び第2マイクロレンズ1821aの夫々の配置態様を示す断面図及び平面図である。図11は、変形例において、角度差 θ を実際に調整しながら表示された虚像を実際に撮像する実験によって算出された縞値を示すグラフである。

[0103] 図10(a)は、第1マイクロレンズアレイ181a及び第2マイクロレンズアレイ182aの夫々の片側の面(具体的には、第1マイクロレンズ1811a又は第2マイクロレンズ1821aが形成されている面)を示す平面図である。図10(a)に示すように、変形例の第1マイクロレンズアレイ181aは、夫々が平面視において正四角形状のレンズ輪郭を有すると共に正四角形の格子状に配列されている複数の第1マイクロレンズ1811aを備えているという点で、夫々が平面視において正六角形状のレンズ輪郭を有すると共に正六角形の格子状に配列されている複数の第1マイクロレンズ1811を備えている上述の第1マイクロレンズアレイ181とは異なる。同様に、変形例の第2マイクロレンズアレイ182aは、夫々が平面視において正四角形状のレンズ輪郭を有すると共に正四角形の格子状に配列されている複数の第2マイクロレンズ1821aを備えているという点で、夫々が平面視において正六角形状のレンズ輪郭を有すると共に正六角形の格子状に

配列されている複数の第2マイクロレンズ1821を備えている上述の第2マイクロレンズアレイ182とは異なる。

[0104] 加えて、図10(c)に示すように、変形例においても、複数の第1マイクロレンズ1811a及び複数の第2マイクロレンズ1821aは、各第1マイクロレンズ1811aの頂点方向と各第2マイクロレンズ1821aの頂点方向とがずれる（言い換えれば、平行にならない）ように配置される。言い換えれば、各第1マイクロレンズ1811aの頂点方向と各第2マイクロレンズ1821aの頂点方向との間の角度差 θ が0度以外の角度差（但し、レンズ輪郭を構成する正四角形状の内角の半分の角度（つまり、45度） $\times X$ （但し、 X は任意の整数）度を除く）となるように配置される。

[0105] 変形例においても、角度差 θ は、虚像に含まれる縞状の画像パターンを軽減するという観点から決定される。但し、図11に示すように、変形例の第1マイクロレンズアレイ181a及び第2マイクロレンズアレイ182aでは、上述した第1マイクロレンズアレイ181及び第2マイクロレンズアレイ182と比較して、角度差 θ と縞値との相関関係が異なっている。このため、変形例において採用される第1マイクロレンズ1811aの頂点方向と第2マイクロレンズ1821aの頂点方向との間の角度差 θ は、上述した第1マイクロレンズ1811の頂点方向と第2マイクロレンズ1821の頂点方向との間の角度差 θ として採用される値とは異なってもよい。

[0106] 例えば、変形例では、縞値が極小値になるという状態を実現可能な角度差 θ が採用される場合には、図11に示すように、18度、26度、32度及び42度（或いは、これらの値に対して所定のマージン（例えば、 ± 1 度程度のマージン）を加味した値）のうちのいずれかが角度差 θ として採用されてもよい。或いは、第1マイクロレンズ1811a及び第2マイクロレンズ1812aのレンズ輪郭を構成する正四角形状の1辺に対応する中心角である90度からこれらの角度を減算することで得られる角度（つまり、72度、64度、58度及び48度）のいずれかが角度差 θ として採用されてもよい。

[0107] 或いは、例えば、変形例では、縞値が極小値になり且つ当該極小値の前後における縞値の変動量が所定量以下になる又は変動率が所定率以下になるという状態を実現可能な角度差 θ が採用される場合には、図11に示すように、18度（或いは、これらの値に対して所定のマージン（例えば、±1度程度のマージン）を加味した値）が角度差 θ として採用されてもよい。或いは、第1マイクロレンズ1811a及び第2マイクロレンズ1812aのレンズ輪郭を構成する正四角形状の1辺に対応する中心角である90度からこれらの角度を減算することで得られる角度（つまり、72度）が角度差 θ として採用されてもよい。

[0108] 変形例の第1マイクロレンズアレイ181a及び第2マイクロレンズアレイ182aのその他の構成については、上述した第1マイクロレンズアレイ181及び第2マイクロレンズアレイ182のその他の構成と同一であってもよい。

[0109] このような変形例の第1マイクロレンズアレイ181a及び第2マイクロレンズアレイ182aを備えるスクリーン18を画像表示装置1が備えている場合であっても、画像表示装置1は、上述した各種効果を好適に享受することができる。

[0110] また、本発明は、請求の範囲及び明細書全体から読み取るこのできる発明の要旨又は思想に反しない範囲で適宜変更可能であり、そのような変更を伴う光学素子及び画像表示装置もまた本発明の技術思想に含まれる。

符号の説明

- [0111] 1 画像表示装置
- 16 レーザ光源ユニット
 - 17 MEMSミラー
 - 18 スクリーン
 - 181 第1マイクロレンズアレイ
 - 1811 第1マイクロレンズ
 - 182 第2マイクロレンズアレイ

1 8 2 1 第2マイクロレンズ

請求の範囲

- [請求項1] 第1マイクロレンズアレイと、
前記第1マイクロレンズアレイに対向するように配置される第2マイクロレンズアレイと
を備える光学素子であって、
前記第1マイクロレンズアレイ及び前記第2マイクロレンズアレイは、当該光学素子を透過する透過光の一部が投影される第1投影領域における輝度と前記透過光の他の一部が投影される第2投影領域における輝度との差分を示す所定パラメータに基づいて決定される配置態様で配置される
ことを特徴とする光学素子。
- [請求項2] 前記第1マイクロレンズアレイ及び前記第2マイクロレンズアレイは、前記所定パラメータが所定条件を満たすことが可能な配置態様で配置される
ことを特徴とする請求項1に記載の光学素子。
- [請求項3] 前記所定条件は、（i）前記所定パラメータが所定値よりも小さくなるという第1条件、（ii）前記所定パラメータが最小値になるという第2条件、（iii）前記所定パラメータが極小値になるという第3条件、（iv）前記所定パラメータが極小値になり且つ当該極小値の前後における前記所定パラメータの変動量が所定量以下になる若しくは変動率が所定率以下になるという第4条件、及び（v）前記所定パラメータが極大値にならないという第5条件のうちの少なくとも一つを含む
ことを特徴とする請求項2に記載の光学素子。
- [請求項4] 前記第1投影領域及び前記第2投影領域の夫々のサイズは、前記透過光によって形成される画像を虚像として視認するユーザの瞳のサイズ又は前記ユーザの瞳のサイズの半分に相当する
ことを特徴とする請求項1に記載の光学素子。

[請求項5] 前記透過光によって形成される画像は、ユーザによって虚像として視認され、

前記所定パラメータは、前記虚像を構成する画像信号のうちの特定周波数の信号成分によって構成される特定周波数画像の輝度の標準偏差である

ことを特徴とする請求項 1 に記載の光学素子。

[請求項6] 前記透過光によって形成される画像は、ユーザによって虚像として視認され、

前記所定パラメータは、前記虚像の輝度の標準偏差である

ことを特徴とする請求項 1 に記載の光学素子。

[請求項7] 前記第 1 マイクロレンズアレイ及び前記第 2 マクロレンズアレイは、前記第 1 マイクロレンズアレイを構成する複数の第 1 レンズの夫々の頂点方向と前記第 2 マイクロレンズアレイを構成する複数の第 2 レンズの夫々の頂点方向との間の角度差が、前記所定パラメータに基づいて決定される角度差となるように配置される

ことを特徴とする請求項 1 に記載の光学素子。

[請求項8] 前記第 1 マイクロレンズアレイ及び前記第 2 マクロレンズアレイは、前記複数の第 1 レンズの夫々の頂点方向と前記複数の第 2 レンズの夫々の頂点方向との間の角度差が、前記所定パラメータが所定条件を満たすことが可能な角度差となるように配置される

ことを特徴とする請求項 7 に記載の光学素子。

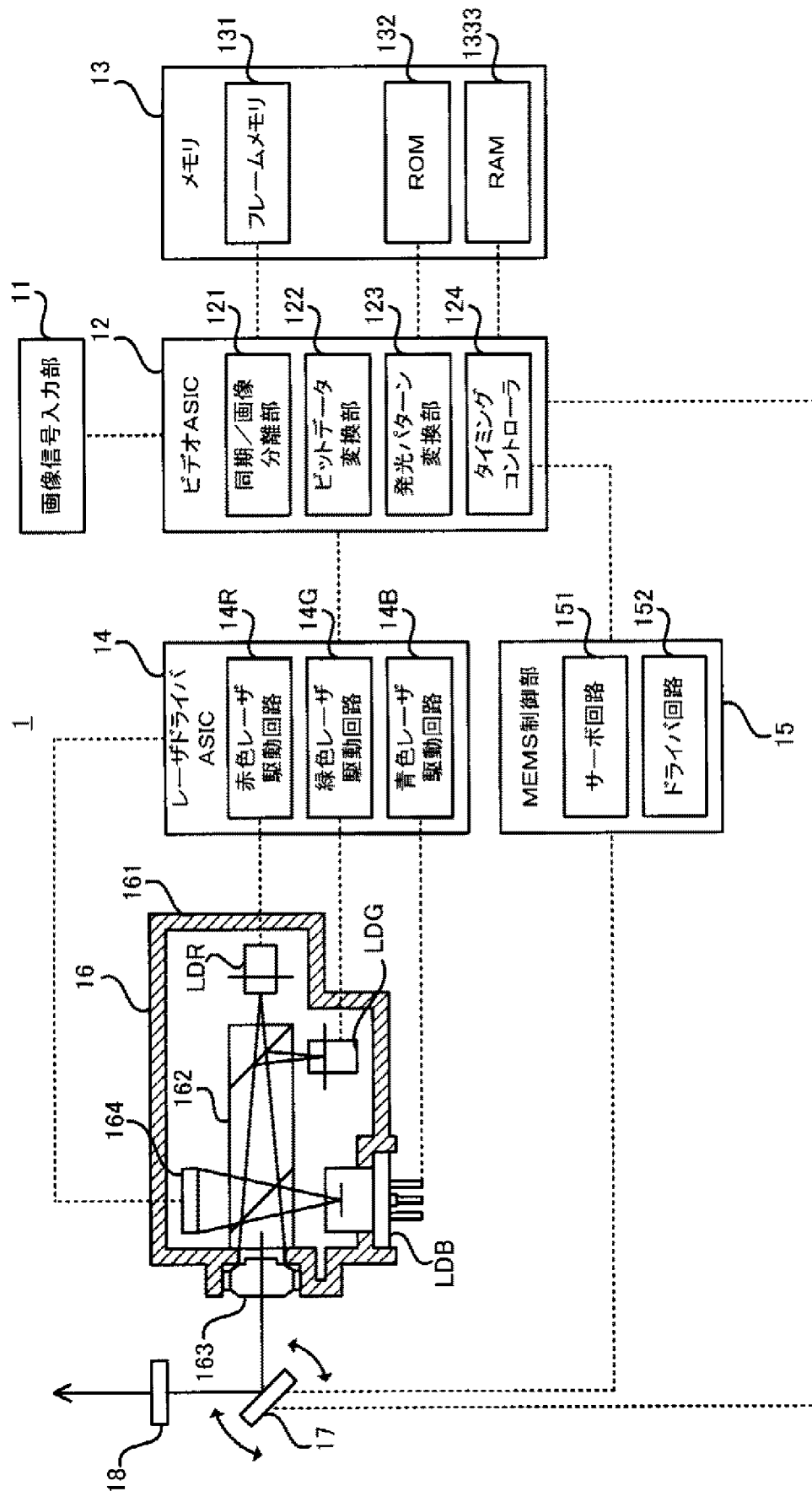
[請求項9] 前記複数の第 1 レンズの夫々及び前記複数の第 2 レンズの夫々は、六角形状のレンズ輪郭を有しており、

前記第 1 マイクロレンズアレイ及び前記第 2 マクロレンズアレイは、前記複数の第 1 レンズの夫々の頂点方向と前記複数の第 2 レンズの夫々の頂点方向との間の角度差が 16 度又は 19 度の角度差となるように配置される

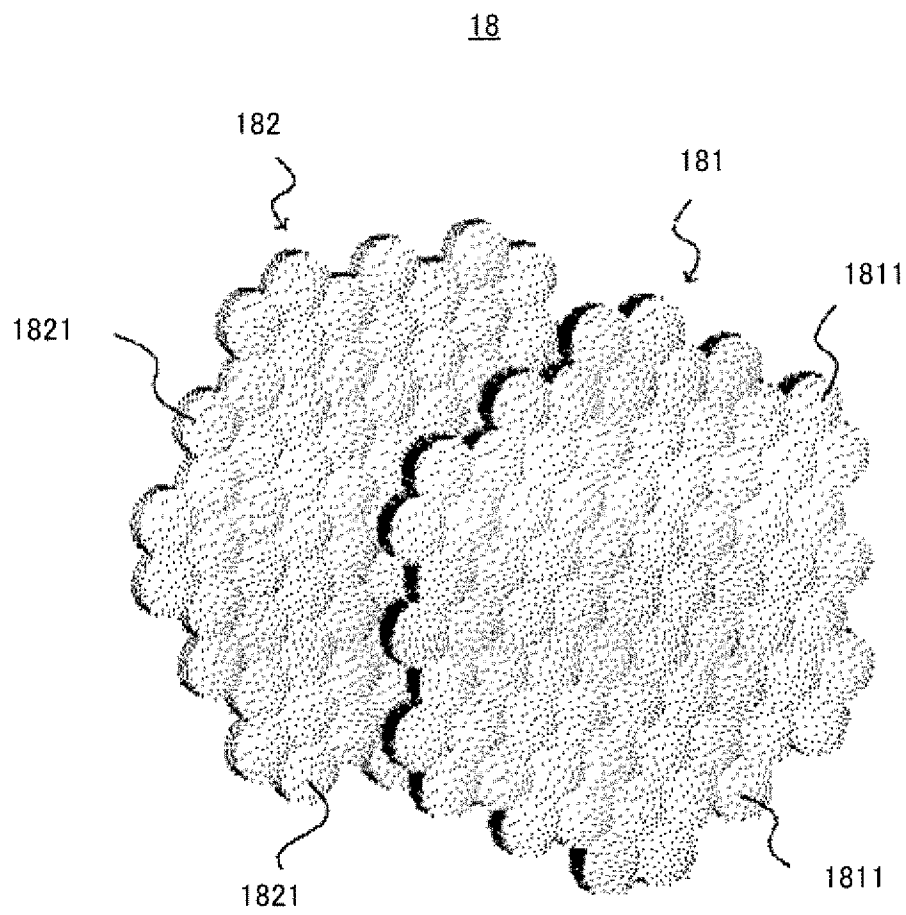
ことを特徴とする請求項 7 に記載の光学素子。

- [請求項10] 前記複数の第1レンズの夫々及び前記複数の第2レンズの夫々は、四角形状のレンズ輪郭を有しており、
- 前記第1マイクロレンズアレイ及び前記第2マクロレンズアレイは、前記複数の第1レンズの夫々の頂点方向と前記複数の第2レンズの夫々の頂点方向との間の角度差が18度の角度差となるように配置される
- ことを特徴とする請求項7に記載の光学素子。
- [請求項11] 請求項1に記載の光学素子を備え、前記光学素子によって形成された画像をユーザの目の位置から虚像として視認させることを特徴とする画像表示装置。

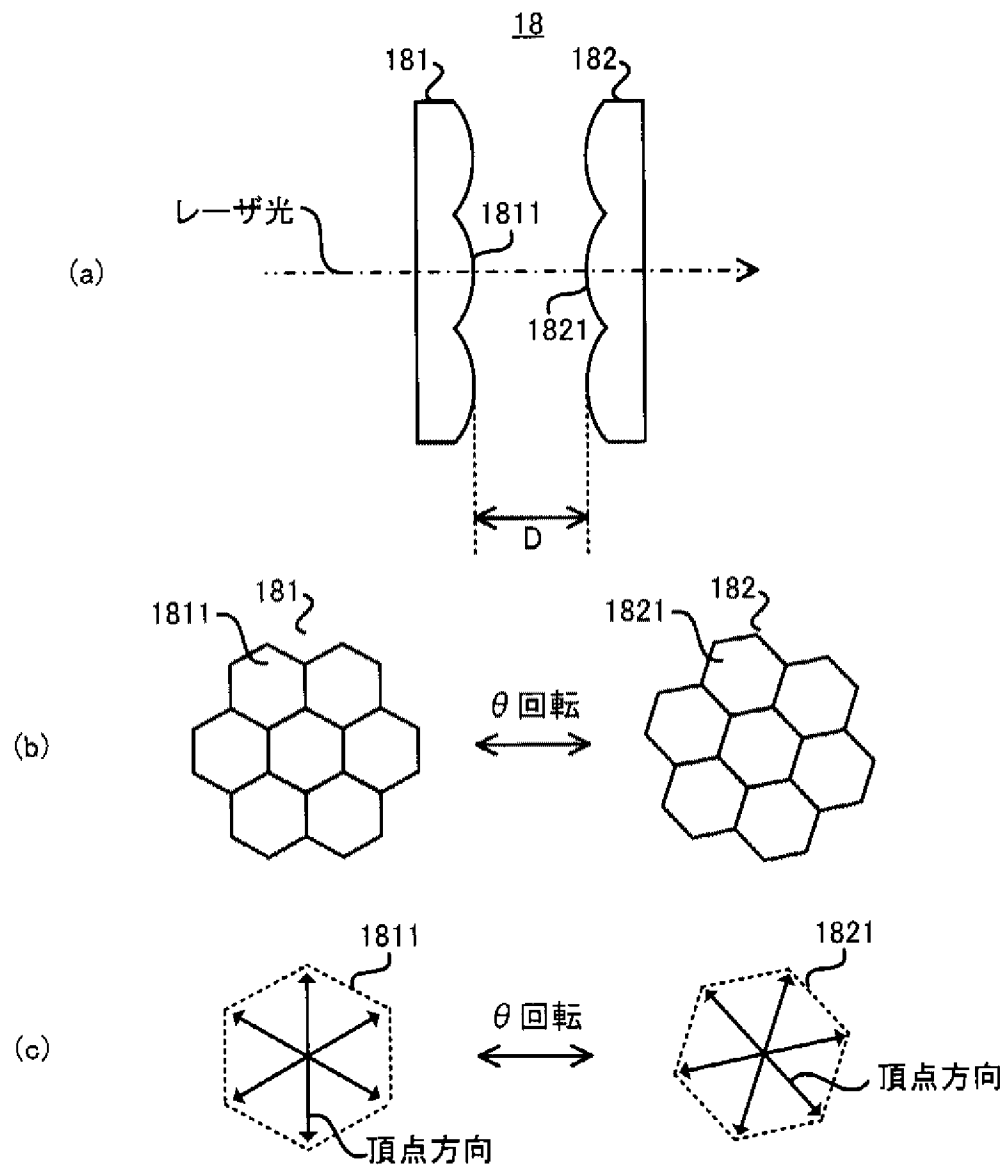
[図1]



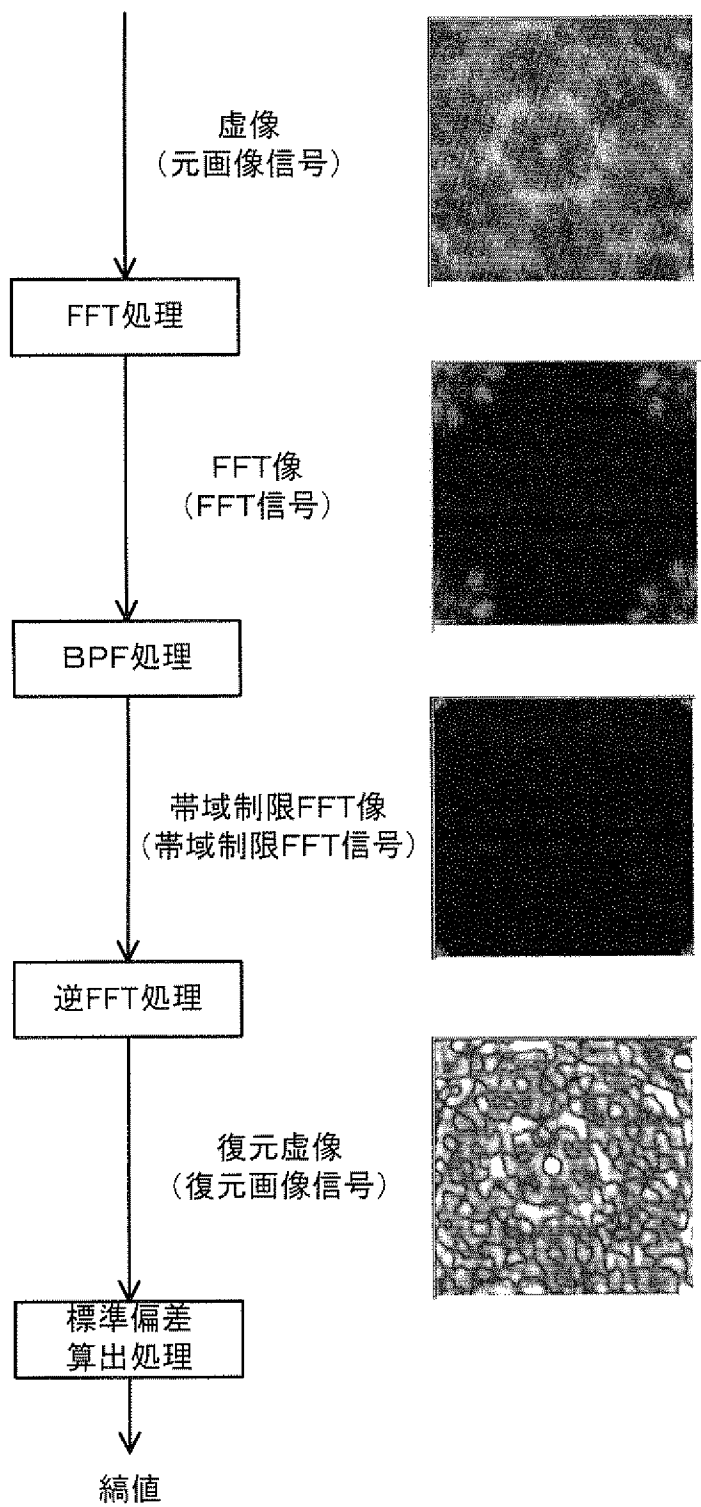
[図2]



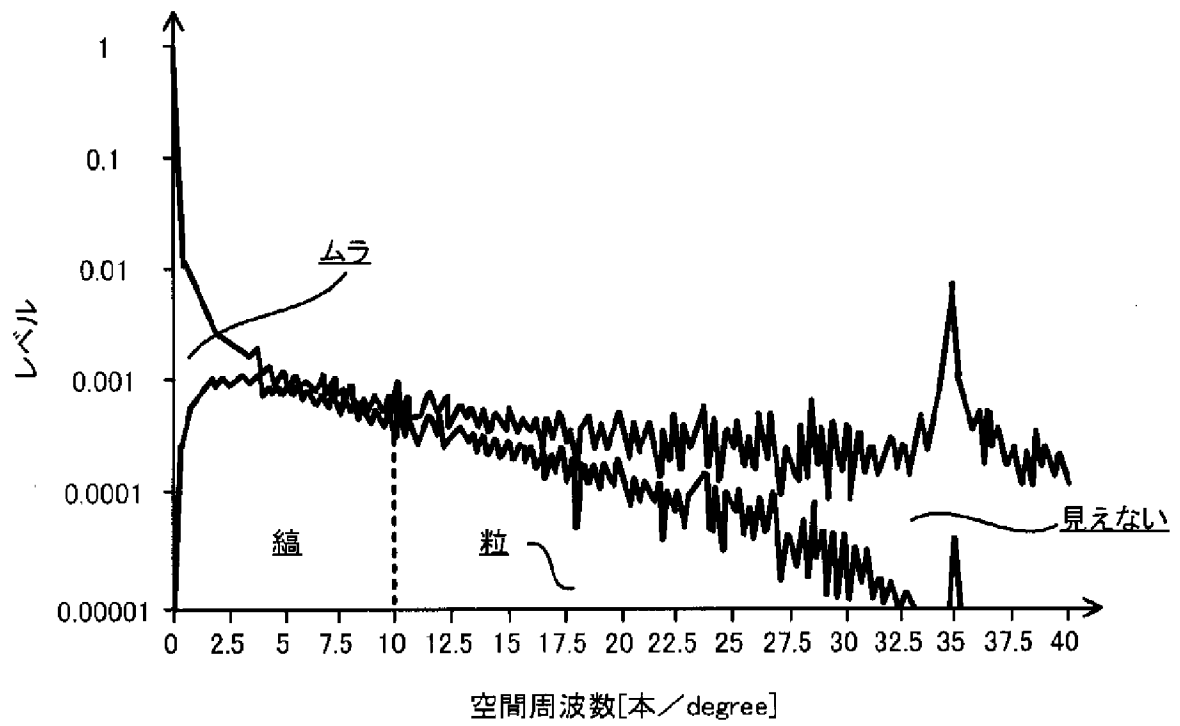
[図3]



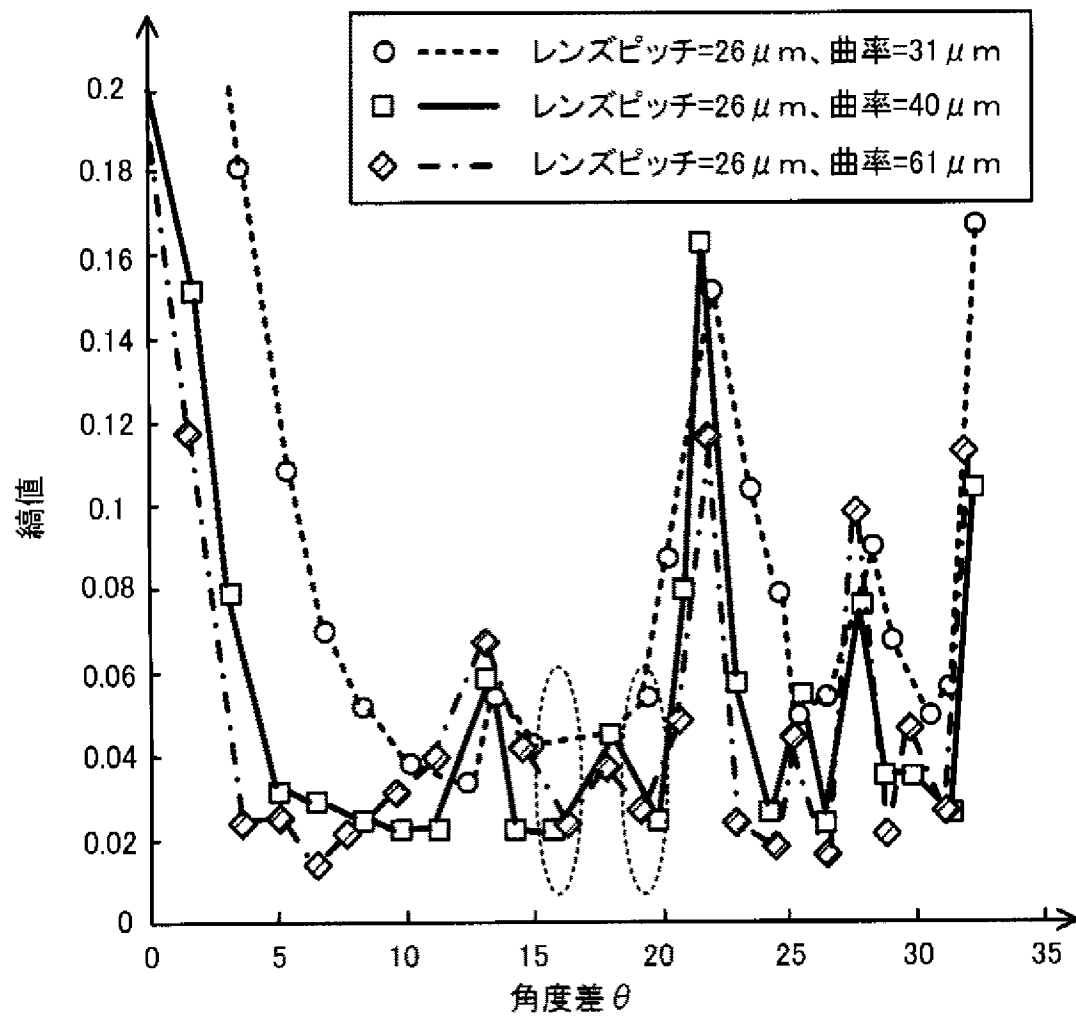
[図4]



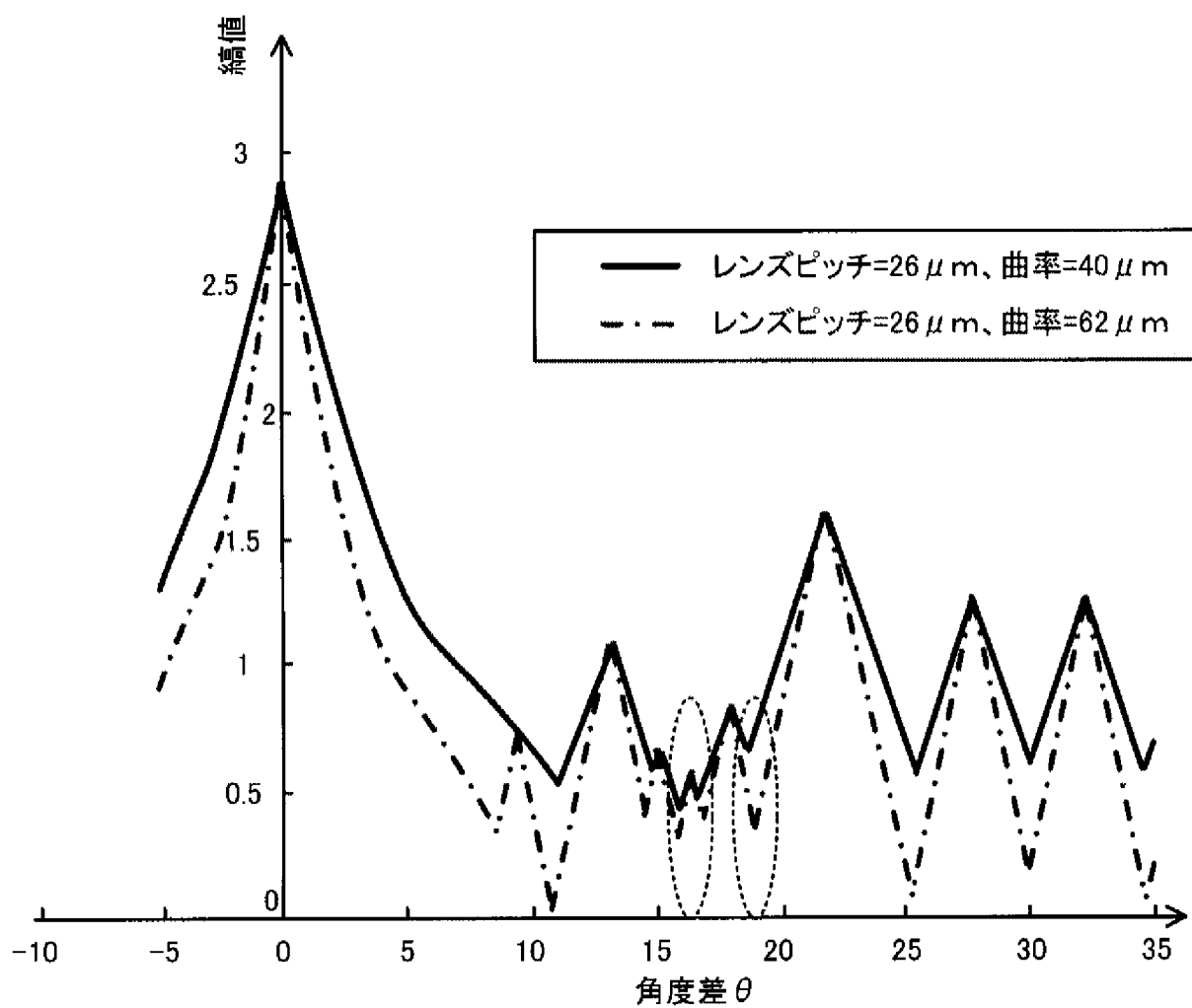
[図5]



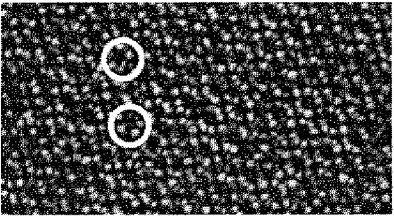
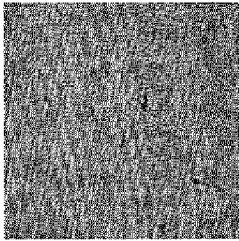
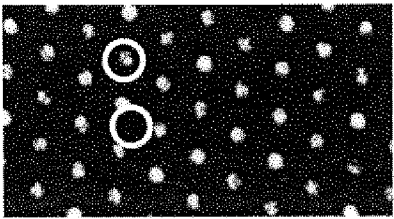
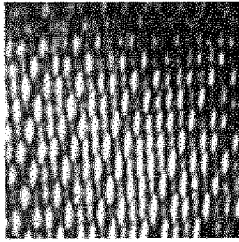
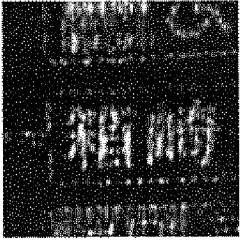
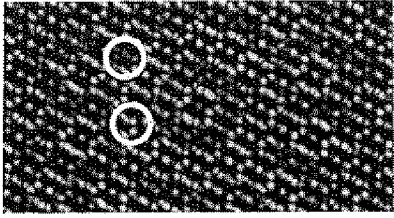
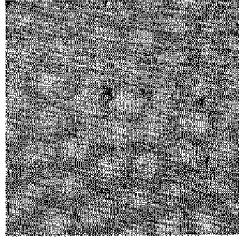
[図6]



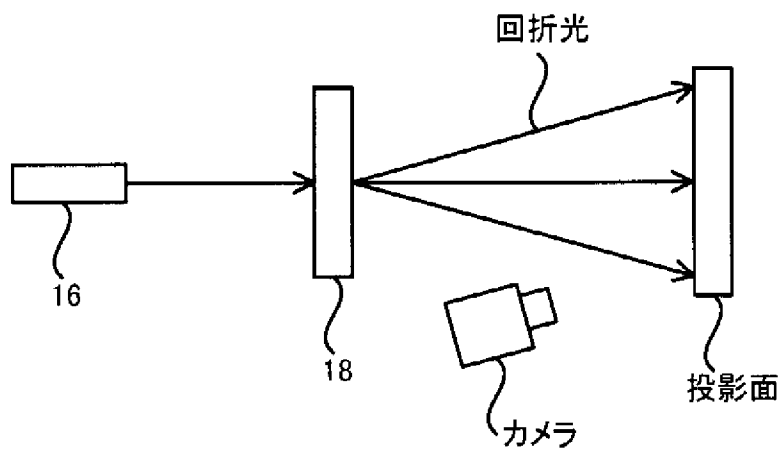
[図7]



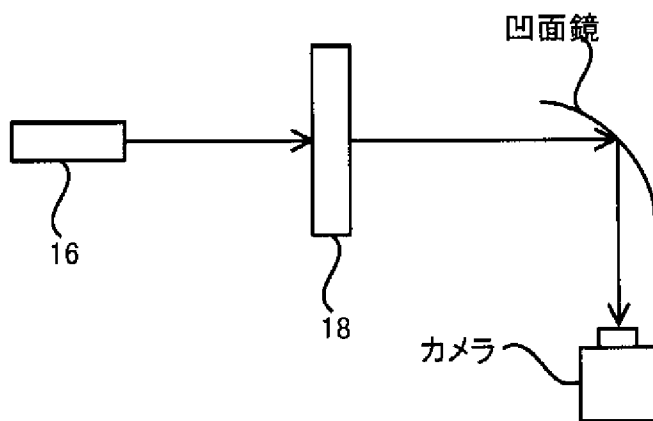
[図8]

角度差	回折光パターン	虚像	
		赤ベタ画像	文字画像
16度			
22度			
30度			

[図9]

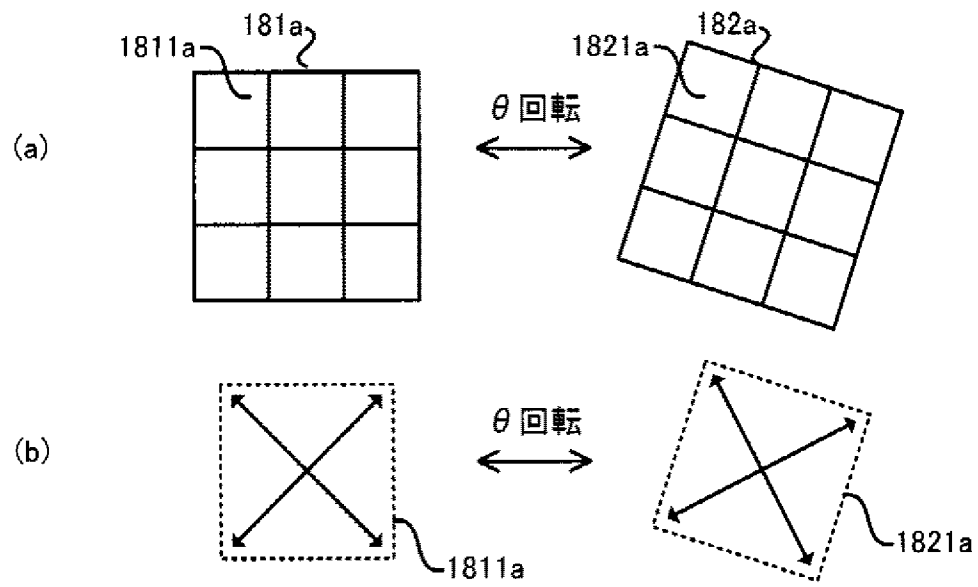


(a)

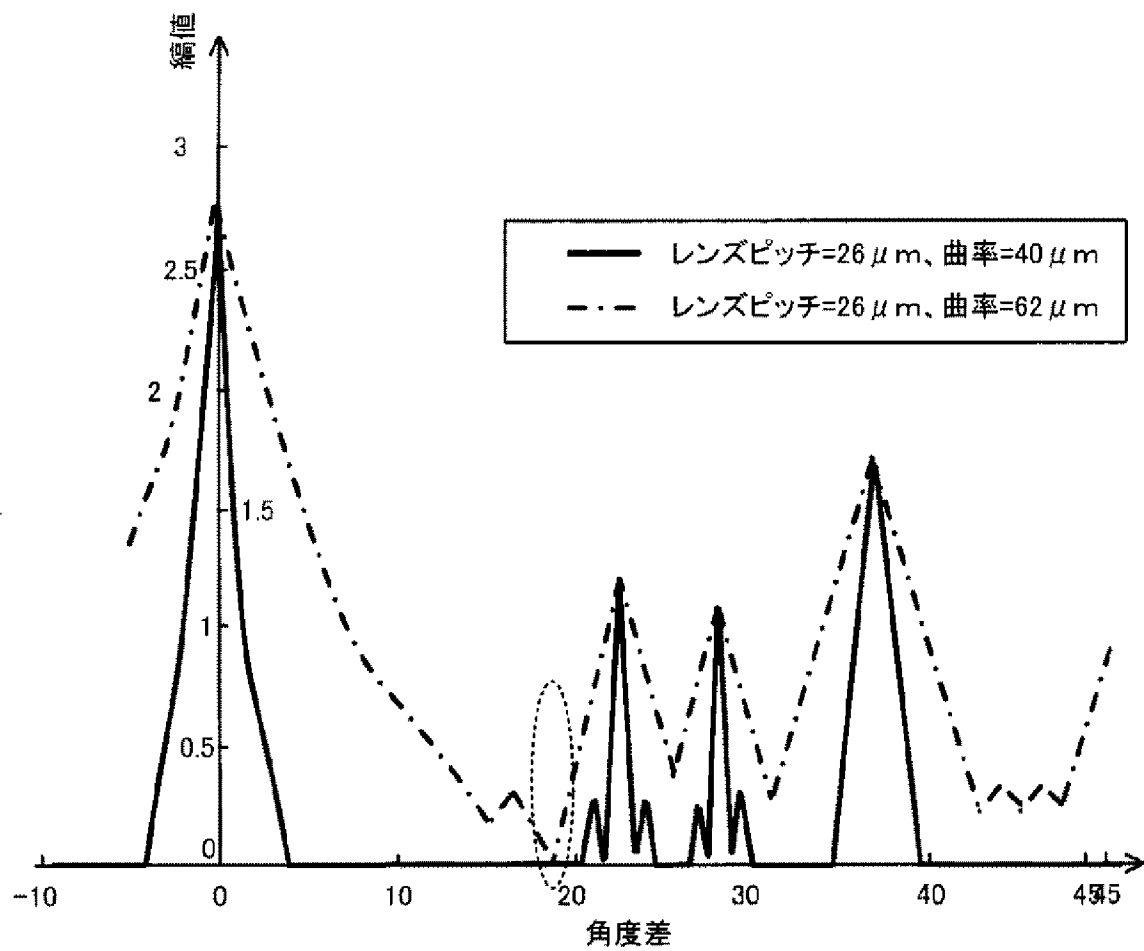


(b)

[図10]



[図11]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/084526

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02B27/18(2006.01)i, F21V5/04(2006.01)i, G02B3/00(2006.01)i, G03B15/00(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)

G02B27/18, F21V5/04, G02B3/00, G03B15/00

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	1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2014	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2014

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

Scopus

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2012/117495 A1 (Pioneer Corp.), 07 September 2012 (07.09.2012), entire text; all drawings & US 2012/0218641 A1	1-11
X	WO 2012/140765 A1 (Pioneer Corp.), 18 October 2012 (18.10.2012), entire text; all drawings (Family: none)	1-11
X	WO 2012/140766 A1 (Pioneer Corp.), 18 October 2012 (18.10.2012), entire text; all drawings (Family: none)	1-11

☒ 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
27 January, 2014 (27.01.14)

Date of mailing of the international search report
04 February, 2014 (04.02.14)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/084526

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	JP 11-064792 A (Minolta Co., Ltd.), 05 March 1999 (05.03.1999), paragraphs [0011] to [0015]; fig. 1 (Family: none)	1-8 9-11

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G02B27/18(2006.01)i, F21V5/04(2006.01)i, G02B3/00(2006.01)i, G03B15/00(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（I P C））

Int.Cl. G02B27/18, F21V5/04, G02B3/00, G03B15/00

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

Scopus

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	WO 2012/117495 A1（パイオニア株式会社） 2012.09.07, 全文, 全図 & US 2012/0218641 A1	1-11
X	WO 2012/140765 A1（パイオニア株式会社） 2012.10.18, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-11

☒ C 欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

2 7 . 0 1 . 2 0 1 4

国際調査報告の発送日

0 4 . 0 2 . 2 0 1 4

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

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）

山本 貴一

2 L

4 0 8 6

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 5 5

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X	WO 2012/140766 A1 (パイオニア株式会社) 2012.10.18, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-11
X A	JP 11-064792 A (ミノルタ株式会社) 1999.03.05, 段落【0011】 - 【0015】, 第1図 (ファミリーなし)	1-8 9-11