

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6171740号
(P6171740)

(45) 発行日 平成29年8月2日(2017.8.2)

(24) 登録日 平成29年7月14日(2017.7.14)

(51) Int. Cl. F 1
GO 2 B 27/02 (2006.01) GO 2 B 27/02 Z
HO 4 N 5/64 (2006.01) HO 4 N 5/64 5 1 1 A

請求項の数 12 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2013-181104 (P2013-181104)	(73) 特許権者	000002369
(22) 出願日	平成25年9月2日(2013.9.2)		セイコーエプソン株式会社
(65) 公開番号	特開2015-49376 (P2015-49376A)		東京都新宿区新宿四丁目1番6号
(43) 公開日	平成27年3月16日(2015.3.16)	(74) 代理人	100116665
審査請求日	平成28年8月8日(2016.8.8)		弁理士 渡辺 和昭
		(74) 代理人	100164633
			弁理士 西田 圭介
		(74) 代理人	100179475
			弁理士 仲井 智至
		(72) 発明者	横山 修
			長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内
		(72) 発明者	米窪 政敏
			長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光学デバイス及び画像表示装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

第1光入射部と第1光出射部とを備えた第1導光体と、
 第2光入射部と第2光出射部とを備えた第2導光体と、
 前記第2導光体の前記第2光出射部に設けられ、前記第2導光体の内部を導光した光の少なくとも一部を回折させて前記第2導光体の外部に取り出す第1回折光学素子と、
 前記第1導光体の前記第1光出射部に設けられ、前記第1導光体の内部を導光した光の少なくとも一部及び前記第1回折光学素子で取り出された光の少なくとも一部を取り出す第2回折光学素子と、を有し、
 前記第1導光体及び前記第2導光体に入射する入射光は、一部が前記第1光入射部から前記第1導光体の内部に入射して導光され、他の一部が前記第2光入射部から前記第2導光体の内部に入射して導光され、
 前記第2導光体の内部を導光する光は、前記第1導光体の内部を導光する光よりも長波長の光を多く含み、
 前記第2回折光学素子は、前記第1光入射部に近い側と、前記第1光入射部から遠い側とで、回折効率が異なる部分を含み、
 前記第1回折光学素子は、回折効率がほぼ一定であることを特徴とする光学デバイス。

10

【請求項2】

請求項1に記載の光学デバイスにおいて、
 前記第1回折光学素子は、一方の面に第1凹凸構造を備えた表面レリーフ型の回折格子

20

であり、前記第2導光体の前記第2光入射部と前記第2光出射部との両方を含む断面視において、前記第1凹凸構造の凸部を構成する面のうち前記第2光出射部と交差する面が、前記第2光出射部に垂直な方向に対して傾斜していることを特徴とする光学デバイス。

【請求項3】

請求項1または2に記載の光学デバイスにおいて、

前記第2回折光学素子は、一方の面に第2凹凸構造を備えた表面レリーフ型の回折格子であり、前記第1導光体の前記第1光入射部と前記第1光出射部との両方を含む断面視において、前記第2凹凸構造の凸部を構成する面のうち前記第1光出射部と交差する面が、前記第1光出射部に垂直な方向に対して傾斜していることを特徴とする光学デバイス。

【請求項4】

請求項1または2に記載の光学デバイスにおいて、

前記第2回折光学素子は、一方の面に第2凹凸構造を備えた表面レリーフ型の回折格子であり、前記第1導光体の前記第1光入射部と前記第1光出射部との両方を含む断面視において、前記第2凹凸構造の凹部の深さが、前記第1光入射部に近い側から、前記第1光入射部から遠い側にかけて、徐々に、あるいは、段階的に変化していることを特徴とする光学デバイス。

【請求項5】

請求項1または2に記載の光学デバイスにおいて、

前記第2回折光学素子は、一方の面に第2凹凸構造を備えた表面レリーフ型の回折格子であり、前記第1導光体の前記第1光入射部と前記第1光出射部との両方を含む断面視において、前記第2凹凸構造の充填率が、前記第1光入射部に近い側から、前記第1光入射部から遠い側にかけて、徐々に、あるいは、段階的に変化していることを特徴とする光学デバイス。

【請求項6】

請求項4または5に記載の光学デバイスにおいて、

前記第2回折光学素子は、前記第1導光体の前記第1光入射部と前記第1光出射部との両方を含む断面視において、前記第2凹凸構造の凸部を構成する面のうち前記第1光出射部と交差する面が、前記第1光出射部に垂直な方向に対して傾斜していることを特徴とする光学デバイス。

【請求項7】

請求項1乃至6の何れかに記載の光学デバイスにおいて、

前記第1導光体の前記第1光入射部に設けられ、前記入射光の一部を回折させて前記第1導光体の内部に入射させる第3回折光学素子と、

前記第2導光体の前記第2光入射部に設けられ、前記入射光の他の一部を回折させて前記第2導光体の内部に入射させる第4回折光学素子と、を有することを特徴とする光学デバイス。

【請求項8】

請求項7に記載の光学デバイスにおいて、

前記第3回折光学素子の格子周期は、前記第4回折光学素子の格子周期と異なる格子周期であり、かつ、前記第2回折光学素子の格子周期と同じ格子周期であり、

前記第4回折光学素子の格子周期は、前記第1回折光学素子の格子周期と同じ格子周期であることを特徴とする光学デバイス。

【請求項9】

請求項8に記載の光学デバイスにおいて、

前記第3回折光学素子の格子周期は、前記第4回折光学素子の格子周期よりも短い格子周期であることを特徴とする光学デバイス。

【請求項10】

請求項7乃至9の何れかに記載の光学デバイスにおいて、

前記第3回折光学素子は、一方の面に第3凹凸構造を備えた表面レリーフ型の回折格子であり、前記第1導光体の前記第1光入射部と前記第1光出射部との両方を含む断面視に

10

20

30

40

50

において、前記第 3 凹凸構造の凸部を構成する面のうち前記第 1 光入射部と交差する面が、前記第 1 光入射部に垂直な方向に対して傾斜し、

前記第 4 回折光学素子は、一方の面に第 4 凹凸構造を備えた表面レリーフ型の回折格子であり、前記第 2 導光体の前記第 2 光入射部と前記第 2 光出射部との両方を含む断面視において、前記第 4 凹凸構造の凸部を構成する面のうち前記第 2 光入射部と交差する面が、前記第 2 光入射部に垂直な方向に対して傾斜していることを特徴とする光学デバイス。

【請求項 1 1】

請求項 7 乃至 1 0 の何れかに記載の光学デバイスにおいて、

前記第 4 回折光学素子は、前記第 2 光入射部に垂直な方向から見た平面視において、前記第 3 回折光学素子よりも前記第 2 光出射部側に位置し、

10

前記第 1 回折光学素子は、前記第 2 光出射部に垂直な方向から見た平面視において、前記第 2 回折光学素子よりも前記第 2 光入射部側に位置していることを特徴とする光学デバイス。

【請求項 1 2】

請求項 1 乃至 1 1 の何れかに記載の光学デバイスと画像光を発する画像形成部とを備えたことを特徴とする画像表示装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

20

本発明は、導光板と回折光学素子とを用いた光学デバイス、並びにその光学デバイスを備えた画像表示装置に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、画像投影装置の 1 つとして画像表示装置からの画像を、導光板を用いて、観察者の眼前まで導光して表示させるヘッドマウントディスプレイが商品化され、さらなる小型化、広画角化、高効率化に関する開発が行われている。その中で、導光板内への入射、出射を行うための素子の 1 つとして回折光学素子を用いた装置が提案されている（例えば、特許文献 1 及び特許文献 2）。

【0003】

30

このような回折光学素子を用いた装置では、導光板を伝播してきた光は、出射用の回折光学素子領域で複数回この回折光学素子に入射し、その度に導光板から取り出され、観察者の眼に届く。したがって、観察者の眼の位置が水平方向に多少移動しても虚像が観察できる。

【0004】

しかしながら、回折光学素子の回折特性には大きな波長依存性があるため、観察される虚像の色むらが大きくなることがある。そこで、従来から、回折光学素子を用いた装置では、色むらを改善するための対策が施されている。

【0005】

特許文献 1 に開示された画像表示装置では、回折効率の波長依存性による色ごとの効率差を低減させるために、複数の導光板を用意し、それぞれの導光板を伝播させる色（波長成分）を限定している。

40

【0006】

また、特許文献 2 に開示された画像表示装置では、出射用の回折光学素子の回折効率を位置によって変化させ、出射される光量の位置による差を少なくし、出射させる光量の分布を均一化する技術が開示されている。

【0007】

一方、観察する虚像のサイズを大きくしたい場合、導光板へ入射させる光の角度範囲を大きく（例えば全角で 20 度以上に）する必要がある。大きな角度範囲に亘って回折効率を高くできる回折光学素子として、体積ホログラムよりも表面レリーフ型回折格子の方が

50

このましく、このような表面レリーフ型回折格子を用いた装置も提案されている（例えば、特許文献3）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0008】

【特許文献1】特表2008-523434号公報

【特許文献2】特表2008-535032号公報

【特許文献3】特表2009-539129号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

10

【0009】

しかしながら、特許文献1の装置では、出射用の回折光学素子の回折効率は、位置によらずに一定のため、入射用の回折光学素子から遠い位置ほど出射させる光量が減少し、出射用の回折光学素子における出射光量の分布が均一ではないという問題があった。

【0010】

また、特許文献2の装置では、出射用の回折光学素子の回折効率を位置によって変化させ、出射される光量の位置による差を少なくすることが行われている。しかしながら、波長が長い光は導光板を伝播する角度が大きく、出射用の回折光学素子領域で回折格子に入射する回数は少ない。この場合は回折効率を位置によって変化させることで外へ取り出される光量の総量が少なくなる、という問題があった。

20

【0011】

さらに、特許文献3の装置では、回折光学素子として表面レリーフ型回折格子を用いているため、導光板へ入射させる光の角度範囲を大きくすることができるが、出射用の表面レリーフ型回折格子の回折効率を位置によって変化させることを行っていないため、出射光量の分布が均一ではないという問題があった。

【0012】

そこで、本発明は、上述した事情を考慮して、広い角度範囲に亘って回折効率を高くできる表面レリーフ型回折光学素子を用いた導光板構造において、色むらを低減できると共に出射光量分布を均一化でき光学デバイスの構造を提供することを解決課題とする。

【課題を解決するための手段】

30

【0013】

上記課題を解決するために、本発明に係る光学デバイスの第1の態様は、第1光入射部と第1光出射部とを備えた第1導光体と、第2光入射部と第2光出射部とを備えた第2導光体と、前記第2導光体の前記第2光出射部に設けられ、前記第2導光体の内部を導光した光の少なくとも一部を回折させて前記第2導光体の外部に取り出す第1回折光学素子と

、前記第1導光体の前記第1光出射部に設けられ、前記第1導光体の内部を導光した光の少なくとも一部及び前記第1回折光学素子で取り出された光の少なくとも一部を取り出す第2回折光学素子と、を有し、前記第1導光体及び前記第2導光体に入射する入射光は、一部が前記第1光入射部から前記第1導光体の内部に入射して導光され、他の一部が前記第2光入射部から前記第2導光体の内部に入射して導光され、前記第2導光体の内部を導光する光は、前記第1導光体の内部を導光する光よりも長波長の光を多く含み、前記第2回折光学素子は、前記第1光入射部に近い側と、前記第1光入射部から遠い側とで、回折効率が異なる部分を含み、前記第1回折光学素子は、回折効率がほぼ一定であることを特徴とする。

40

【0014】

上述した本発明に係る光学デバイスの第1の態様によれば、第1導光体に入射する入射光は、一部が第1光入射部から第1導光体の内部に入射して導光され、他の一部が第2光入射部から第2導光体の内部に入射して導光される。第1導光体の内部に入射して導光される光の少なくとも一部は、第1導光体の第1光出射部に設けられた第2回折光学素子に

50

より第1導光体から取り出される。第2導光体の内部に入射して導光される光の少なくとも一部は、第2導光体の第2光出射部に設けられた第1回折光学素子により、第2導光体の外部に取り出される。さらに、第1回折光学素子で取り出された光の少なくとも一部は、第2回折光学素子により取り出される。このとき、第2回折光学素子は、第1光入射部に近い側と、第1光入射部から遠い側とで、回折効率が異なる部分を含むので、出射光量分布が均一化される。また、第1回折光学素子は、回折効率がほぼ一定なので、第1導光体内に導光される光よりも長波長の光を多く含む光が第2導光体内に導光され、第2導光体内を大きな角度で伝播し、第1回折光学素子に入射する回数が少ない場合でも、出射光量を増加させる。以上のように、この態様によれば、第1導光体と第2導光体の2つの導光体を用いることにより、回折効率の波長依存性による色ごとの効率差を低減し、第2回折光学素子に回折効率が異なる部分を設けたことにより出射光量分布の均一化を図り、かつ、第1回折光学素子は、回折効率がほぼ一定としたので、長波長側の光についても十分な出射光量を得ることができ、全体として、出射光量分布を均一化して色むらを抑制した光学デバイスが提供される。

10

【0015】

上述した本発明に係る光学デバイスの第1の態様において、前記第1回折光学素子は、一方の面に第1凹凸構造を備えた表面レリーフ型の回折格子であり、前記第2導光体の前記第2光入射部と前記第2光出射部との両方を含む断面視において、前記第1凹凸構造の凸部を構成する面のうち前記第2光出射部と交差する面が、前記第2光出射部に垂直な方向に対して傾斜していることが好ましい。この場合には、第1回折光学素子に表面レリーフ型回折格子を用いたことにより広い角度範囲に亘って回折効率を高くすると共に、長波長側の光についても十分な出射光量を得ることができ、全体として、出射光量分布を均一化して色むらを抑制した光学デバイスが提供される。

20

【0016】

上述した本発明に係る光学デバイスの第1の態様において、前記第2回折光学素子は、一方の面に第2凹凸構造を備えた表面レリーフ型の回折格子であり、前記第1導光体の前記第1光入射部と前記第1光出射部との両方を含む断面視において、前記第2凹凸構造の凸部を構成する面のうち前記第1光出射部と交差する面が、前記第1光出射部に垂直な方向に対して傾斜していることが好ましい。この場合には、第2回折光学素子に表面レリーフ型回折格子を用いたことにより広い角度範囲に亘って回折効率を高くすると共に、長波長側の光についても十分な出射光量を得ることができ、全体として、出射光量分布を均一化して色むらを抑制した光学デバイスが提供される。

30

【0017】

上述した本発明に係る光学デバイスの第1の態様において、前記第2回折光学素子は、一方の面に第2凹凸構造を備えた表面レリーフ型の回折格子であり、前記第1導光体の前記第1光入射部と前記第1光出射部との両方を含む断面視において、前記第2凹凸構造の凹部の深さが、前記第1光入射部に近い側から、前記第1光入射部から遠い側にかけて、徐々に、あるいは、段階的に変化していることが好ましい。この場合には、第1光入射部に近い側に到達する光の方が、第1光入射部から遠い側に到達する光よりも多くなるが、第1光入射部に近い側から、第1光入射部から遠い側にかけて、徐々に、あるいは、段階的に変化しているため、回折効率が変化し、結果として出射光量分布の均一化が図られる。

40

【0018】

上述した本発明に係る光学デバイスの第1の態様において、前記第2回折光学素子は、一方の面に第2凹凸構造を備えた表面レリーフ型の回折格子であり、前記第1導光体の前記第1光入射部と前記第1光出射部との両方を含む断面視において、前記第2凹凸構造の充填率が、前記第1光入射部に近い側から、前記第1光入射部から遠い側にかけて、徐々に、あるいは、段階的に変化していることが好ましい。この場合には、第1光入射部に近い側に到達する光の方が、第1光入射部から遠い側に到達する光よりも多くなるが、第1光入射部に近い側から、第1光入射部から遠い側にかけて、徐々に、あるいは、段階的に

50

変化しているので、回折効率が変化し、結果として出射光量分布の均一化が図られる。

【0019】

上述した本発明に係る光学デバイスの第1の態様において、前記第2回折光学素子は、前記第1導光体の前記第1光入射部と前記第1光出射部との両方を含む断面視において、前記第2凹凸構造の凸部を構成する面のうち前記第1光出射部と交差する面が、前記第1光出射部に垂直な方向に対して傾斜していることが好ましい。この場合には、回折効率を高めて十分な出射光量を得ることができる。

【0020】

上述した本発明に係る光学デバイスの第1の態様において、前記第1導光体の前記第1光入射部に設けられ、前記入射光の一部を回折させて前記第1導光体の内部に入射させる第3回折光学素子と、前記第2導光体の前記第2光入射部に設けられ、前記入射光の他の一部を回折させて前記第2導光体の内部に入射させる第4回折光学素子とを有することが好ましい。この場合には、入射光を効率良く第1導光体および第2導光体の内部に入射させて導光させることができる。

【0021】

上述した本発明に係る光学デバイスの第1の態様において、前記第3回折光学素子の格子周期は、前記第4回折光学素子の格子周期と異なる格子周期であり、かつ、前記第2回折光学素子の格子周期と同じ格子周期であり、前記第4回折光学素子の格子周期は、前記第1回折光学素子の格子周期と同じ格子周期であることが好ましい。この場合には、第2回折光学素子により回折させて第1導光体に入射させた光と同じ波長の光を第3回折光学素子により第1導光体から取り出すことができ、第3回折光学素子により回折させて第1導光体に入射させた光と同じ波長の光を第2回折光学素子により第1導光体から取り出すことができ、第4回折光学素子により回折させて第2導光体に入射させた光と同じ波長の光を第1回折光学素子により第2導光体から取り出すことができる。

【0022】

上述した本発明に係る光学デバイスの第1の態様において、前記第3回折光学素子の格子周期は、前記第4回折光学素子の格子周期よりも短い格子周期であることが好ましい。この場合には、第1導光体に入射させる光の波長よりも長い波長の光を第2導光体に入射させることができる。

【0023】

上述した本発明に係る光学デバイスの第1の態様において、前記第3回折光学素子は、一方の面に第3凹凸構造を備えた表面レリーフ型の回折格子であり、前記第1導光体の前記第1光入射部と前記第1光出射部との両方を含む断面視において、前記第3凹凸構造の凸部を構成する面のうち前記第1光入射部と交差する面が、前記第1光入射部に垂直な方向に対して傾斜し、前記第4回折光学素子は、一方の面に第4凹凸構造を備えた表面レリーフ型の回折格子であり、前記第2導光体の前記第2光入射部と前記第2光出射部との両方を含む断面視において、前記第4凹凸構造の凸部を構成する面のうち前記第2光入射部と交差する面が、前記第2光入射部に垂直な方向に対して傾斜していることが好ましい。この場合には、第3回折光学素子と第4回折光学素子に、傾斜面を有する凹凸構造を備えた表面レリーフ型回折格子を用いたことにより広い角度範囲に亘って回折効率を高くすると共に、長波長側の光についても十分な出射光量を得ることができ、全体として、出射光量分布を均一化して色むらを抑制した光学デバイスが提供される。

【0024】

上述した本発明に係る光学デバイスの第1の態様において、前記第4回折光学素子は、前記第2光入射部に垂直な方向から見た平面視において、前記第3回折光学素子よりも前記第2光出射部側に位置し、前記第1回折光学素子は、前記第2光出射部に垂直な方向から見た平面視において、前記第2回折光学素子よりも前記第2光入射部側に位置していることが好ましい。この場合には、入射光及び出射光の光軸に沿って各回折光学素子が配置されているので、入射時及び出射時における損失を低下させる。

【0025】

10

20

30

40

50

次に、本発明に係る画像表示装置は、上述した本発明に係る光学デバイスと画像光を発生する画像形成部とを備える。そのような画像表示装置は、液晶ディスプレイ等の画像形成部やコリメート光学系を備えてもよく、ヘッドマウントディスプレイ等のように観察者の頭部に装着する形態に適合させることができる。

【0026】

このように、本発明によれば、ヘッドマウントディスプレイ等のように観察者の頭部に装着する形態の画像表示装置においても、製造上の困難性を解消して製造コストの低廉化を図りつつ、観察者の顔に対するフィット性を向上させるとともに、広い画角を得ることができる光学デバイスを得ることができる。

【0027】

なお、上記本発明に係る画像表示装置において「画像形成部」とは、例えば画像を表示する液晶ディスプレイやレーザー光を走査することにより観察者に画像として認識させるレーザー走査式ディスプレイなどの装置、及び画像表示から出射された画像光を集光及び変換する光学系を含む。

【図面の簡単な説明】

【0028】

【図1】第1実施形態に係るヘッドマウントディスプレイの全体像の一例を示す斜視図である。

【図2】第1実施形態に係るヘッドマウントディスプレイの左眼用光学系の内部構造及び導波路の一例を示す要部断面図である。

【図3】傾斜のない回折格子における回折の態様を説明する要部断面図である。

【図4】傾斜のある回折格子における回折の態様を説明する要部断面図である。

【図5】第2回折光学素子が配置された部分の拡大図である。

【図6】第2回折光学素子と比較される比較例の回折光学素子が配置された部分の拡大図である。

【図7】第2回折光学素子と比較例の出射光量分布の一例を示す図である。

【図8】第4回折光学素子が配置された部分の拡大図である。

【図9】第1回折光学素子、第2回折光学素子、第3回折光学素子、及び第4回折光学素子の配置位置の一例を説明する説明図である。

【図10】第1回折光学素子、第2回折光学素子、第3回折光学素子、及び第4回折光学素子の配置位置の一例を説明する説明図である。

【図11】第2実施形態における第2回折光学素子が配置された部分の拡大図である。

【図12】第2実施形態における第2回折光学素子の充填率を説明する説明図である。

【図13】第3実施形態における第2回折光学素子が配置された部分の拡大図である。

【図14】第4実施形態における第2回折光学素子が配置された部分の拡大図である。

【発明を実施するための形態】

【0029】

以下、添付の図面を参照しながら本発明に係る様々な実施の形態を説明する。なお、図面においては、各部の寸法の比率は実際のものとは適宜に異ならせてある。また、以下に説明する実施形態では、本発明の光学デバイスを、観察者の頭部に装着する形態の画像表示装置の一例であるヘッドマウントディスプレイに適用した場合を例に説明するが、かかる実施の形態は、本発明の一態様を示すものであり、この発明を限定するものではなく、本発明の技術的思想の範囲内に任意に変更可能である。

【0030】

< A : 第1実施形態 >

(ヘッドマウントディスプレイの全体構成)

図1は、第1実施形態に係るヘッドマウントディスプレイ100の全体像の一例を示す斜視図である。図1に示すように、本実施形態に係るヘッドマウントディスプレイ100は、眼鏡のような外観を有するヘッドマウントディスプレイであり、このヘッドマウントディスプレイ100を装着した観察者に対して虚像による画像光を認識させることができ

10

20

30

40

50

るとともに、観察者に外界像をシースルーで観察させることができる。

【0031】

具体的にヘッドマウントディスプレイ100は、導光板20と、導光板20を支持する左右一对のテンプレート131、132と、テンプレート131、132に付加された一对の画像形成装置111、112とを備える。ここで、図面上において、導光板20の左側と画像形成装置111とを組み合わせた第1表示装置100Aは、右眼用の虚像を形成する部分であり、単独でも画像表示装置として機能する。また、図面上において、導光板20で右側と画像形成装置112とを組み合わせた第2表示装置100Bは、左眼用の虚像を形成する部分であり、単独でも画像表示装置として機能する。

【0032】

このようなヘッドマウントディスプレイ100の内部構造及び導光板について説明する。図2は、本実施形態に係るヘッドマウントディスプレイの内部構造及び導光板の一例を模式的に示す要部断面図である。図2は、本実施形態に係る左眼用光学系の内部構造及び導光板を示す要部断面図である。なお、図示を省略するが、右眼用光学系の内部構造及び導光板については図2を反転させて左右を入れ替えた構成となっている。図2に示すように、第1表示装置100A及び第2表示装置100Bは、画像形成部10と、導光板20とを備える。

【0033】

画像形成部10は、画像表示装置11と、投射光学系12とを有する。このうち、画像表示装置11は、本実施形態では、液晶表示デバイスであり、光源によって照明され赤(R)、緑(G)、青(B)の3色を含む画像光13を発生させ、投射光学系12に向けて出射する。画像表示装置11としては、有機ELパネルを用いることもできる。一方、投射光学系12は、画像表示装置11上の各点から出射された画像光を平行状態の光束に変換して、導光板20に入射させるコリメートレンズである。特に、本実施形態において、画像形成部10は、広い画角を得るために、パネルに対して垂直な法線方向に対して傾斜されて配置されている。

【0034】

導光板20は、第1の導光板101と第2の導光板201から構成されている。第1の導光板101及び第2の導光板201の全体的な外観は、図中YX面に平行に延びる平板状の部材によって形成されている。第1の導光板101及び第2の導光板201は、ガラスあるいは光透過性の樹脂材料等により形成された板状の部材である。

【0035】

第1の導光板101は、画像形成部10に対向配置された第1のパネル面101a、及び第1のパネル面101aと対向する第2のパネル面101bを有し、第1のパネル面101aの一方の端部に形成された光入射面101cを通じて画像光が入射され、入射された画像光は、第1のパネル面101a及び第2のパネル面101bにより全反射され、観察者の眼前に形成された光出射面101dへ導光する。

【0036】

第2の導光板201は、第1の導光板101に対向配置された第1のパネル面201a、及び第1のパネル面201aと対向する第2のパネル面201bを有し、第1のパネル面201aの一方の端部に形成された光入射面201cを通じて画像光が入射され、入射された画像光は、第1のパネル面201a及び第2のパネル面201bにより全反射され、第1のパネル面201aの他方の端部に形成された光出射面201dへ導光する。

【0037】

なお、第1の導光板101の第1及び第2のパネル面101a、101b、及び第2の導光板201の第1及び第2のパネル面201a、201bには反射コートを施さず、前記パネル面101a、101b、201a、201bに対して外界側から入射する外界光が、高い透過率で第1の導光板101及び第2の導光板201を通過するようにしてもよい。これにより、第1の導光板101及び第2の導光板201を、外界像の透視が可能なシースルータイプとすることができる。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 8 】

第1の導光板101の光入射面101cには、入射光を光出射面101d側の端面方向に回折させる第1回折光学素子102が設けられ、光出射面101dには、光出射面101dから外部に向けて画像光を回折させ、虚像光として観察者の眼EYに投射する第2回折光学素子103が設けられている。

【 0 0 3 9 】

第2の導光板201の光入射面201cには、入射光を光出射面201d側の端面方向に回折させる第3回折光学素子202が設けられ、光出射面201dには、光出射面201dから外部に向けて画像光を回折させ、第1の導光板101を介して虚像光として観察者の眼EYに投射する第4回折光学素子203が設けられている。

10

【 0 0 4 0 】

本実施形態においては、第1回折光学素子102、第2回折光学素子103、第3回折光学素子202、及び第4回折光学素子203は、一例として、いずれも表面レリーフ型の回折格子である。

【 0 0 4 1 】

(第1の導光板)

第1の導光板101の光入射面101cに設けられた第1回折光学素子102は、回折効率を高めるために、格子面が図2に示す方向に傾斜している。回折光を入射光の中心軸に近い方から0次、±1次...と順序づけていくと、図3に示すように傾斜なしの矩形形状の表面レリーフ型の回折格子の場合は、+1次の回折光と-1次の回折光はほぼ同じ強度となる。

20

【 0 0 4 2 】

しかし、表面レリーフ型の回折格子の格子面を傾斜させた場合には、格子面の傾斜と入射光の方向が図4に示すような関係にあると、格子面上でのブラッグ反射により回折光が発生するため、+1次の回折光の強度が、-1次の回折光の強度よりも高くなる。その結果、画像光を光出射面に向けて伝播する方向に回折される光に対する回折効率を高めることができる。

【 0 0 4 3 】

第1の導光板101の光出射面101dに設けられた第2回折光学素子103は、図2に示すように、格子面は傾斜していない。しかし、第2回折光学素子103は、図2に示すように、回折格子の深さが段階的に変化しており、第1の導光板101の光出射面101d側の端面に近くなるほど、深くなっている。詳しくは後述する。

30

【 0 0 4 4 】

なお、第2回折光学素子103が出射させる光は、画像光13と同じ角度にする必要があるので、第1回折光学素子102と第2回折光学素子103の格子周期(図2におけるX方向の周期)は同一となっている。

【 0 0 4 5 】

図2に示すように、回折格子による回折角度は、波長によって異なり、波長が短いほど回折角度が小さい。したがって、第1回折光学素子102によって第1の導光板101に導入される角度は、青色光13B、緑色光13G、及び赤色光13Rによって異なっている。本実施形態では、青色光13Bが広い入射角度範囲に亘って第1の導光板101内を全反射で伝播できるように、第1回折光学素子102の格子周期が決められている。このように構成すると、赤色光13Rに対する回折角は大きくなり、赤色光13Rに対する回折効率は大きく低下する。したがって、第1の導光板101は、実質的に青色光13Bと緑色光13Gが伝播される。

40

【 0 0 4 6 】

第1の導光板101内で全反射を繰り返しながら伝播した光は、第2回折光学素子103に到達し、回折格子面に入射するたびに少しずつ取り出されて観察者の眼EYに到達する。波長が短い青色光13Bは、第1の導光板101内を小さな角度(立った角度)で伝播し、第2回折光学素子103が設けられている領域においては、第2回折光学素子10

50

3に入射する回数が、緑色光13G、赤色光13Rに比べて多くなる。図2では、青色光13Bが第2回折光学素子103に5回入射する例を示している。

【0047】

(第2回折光学素子)

図5に第2回折光学素子103が設けられた部分を拡大して示す。図5に示すように、第2回折光学素子103は、5つの領域103A, 103B, 103C, 103D, 103Eに分割されており、それぞれの領域で回折格子の深さが異なっている。第1回折光学素子102から見て最も遠い領域103Eにおける回折格子の深さが最も深く、領域103Eにおける回折格子の深さは、第1の導光板101内を小さな角度で伝播してくる青色光13Bに対して、1次回折効率が最大となる深さとなっている。そして、回折格子の深さは、領域103D, 103C, 103B, 103Aと第1回折光学素子102に近くなるほど、段階的に回折格子の深さが浅くなっている。

10

【0048】

図6に示すように、全体が同じ深さの第2回折光学素子103'を第1の導光板101に設けたとすると、第1回折光学素子102に最も近い領域103Aで多くの光が取り出され、第1回折光学素子102から最も遠い領域103Eまで到達する光量が減少してしまう。

【0049】

図7に、深さが段階的に変化する第2回折光学素子103を用いた場合と、全体が同じ深さの第2回折光学素子103'を用いた場合の出射光量の比較結果を示す。図7において、曲線aは、全体が同じ深さの第2回折光学素子103'を用いた場合の出射光量の分布を示す。また、曲線bは、深さが段階的に変化する第2回折光学素子103を用いた場合の出射光量の分布を示す。

20

【0050】

図7に示すように、全体が同じ深さの第2回折光学素子103'を用いた場合には、第1回折光学素子102に最も近い領域103Aで多くの光が取り出され、第1回折光学素子102から遠い領域になるほど、光量が減少してしまうことがわかる。

【0051】

しかし、図7に示すように、深さが段階的に変化する第2回折光学素子103を用いた場合には、第1回折光学素子102に最も近い領域103Aから、第1回折光学素子102から最も遠い領域103Eまで、出射光量の分布はほぼ均一となる。これは、第1回折光学素子102に最も近い領域103Aでの回折格子を浅くして回折効率を低くしてあるため、領域103A以降においても第1の導光体101内に残存している光量が増加し、第1回折光学素子102から最も遠い領域103Eまで光を届けることができるためである。

30

【0052】

(第2の導光板)

第1の導光板101の第1回折光学素子102で回折されずに透過した光23は、第2の導光板201の光入射面201cに設けられた第3回折光学素子202に入射する。第3回折光学素子202に入射した光は、回折されて第2の導光板201に導入される。

40

【0053】

第2の導光板201の光入射面201cに設けられた第3回折光学素子202は、回折効率を高めるために、格子面が図2に示す方向に傾斜している。格子面が傾斜している構成は、第1回折光学素子102と同様である。しかし、第3回折光学素子202の格子周期は、第1回折光学素子102の格子周期とは異なっている。このように第3回折光学素子202の格子周期を第1回折光学素子102の格子周期と異ならせたために、第1の導光板101内を伝播させる光と異なる波長範囲の光を第2の導光板201内に伝播させることができる。具体的には、第3回折光学素子202の格子周期は、緑色光23Gが広い入射角度範囲に亘って第2の導光板201内を全反射で伝播できるように第1回折光学素子102の格子周期よりも長い格子周期に設定されている。したがって、入射角によって

50

は、青色光に対する回折角が小さくなり、第2の導光板201と空気の界面で全反射されずに第2の導光板201を透過してしまう。その結果、第2の導光板201では、実質的に緑色光23Gと赤色光23Rが伝播されることになる。

【0054】

第2の導光板201の光出射面201dに設けられた第4回折光学素子203は、第3回折光学素子202と同様に、回折効率を高めるために、格子面が図2に示す方向に傾斜している。詳しくは後述する。

【0055】

なお、第4回折光学素子203が出射させる光は、画像光23と同じ角度にする必要があるので、第3回折光学素子202と第4回折光学素子203の格子周期（図2におけるX方向の周期）は同一となっている。

10

【0056】

第2の導光板201では、緑色光23Gと赤色光23Rが伝播されるが、その中でも赤色光23Rを高い効率で伝播させることが重要となる。これは、緑色光は第1の導光板101でも伝播されるためである。

【0057】

波長が長い赤色光23Rは、第3回折光学素子202によって大きな角度で回折されるため、第2の導光板201内部を大きな角度で伝播する。したがって、第4回折光学素子203が設けられている領域においては、第4回折光学素子203に入射する回数が少ない。図2では、赤色光23Rが第4回折光学素子203に2回入射する例を示している。

20

【0058】

（第4回折光学素子）

このように、第4回折光学素子203に入射する回数が少ない場合には、第2回折光学素子103のように、複数の領域に分割して入射側の回折光学素子に近い領域の回折効率を低くしても、出射光量の分布を均一化する効果は少なく、出射される光量が低下して観察される虚像が暗くなる場合がある。

【0059】

そこで、本実施形態においては、図8に示すように、第4回折光学素子203の格子面を傾斜させ、傾斜型表面レリーフ回折格子とすることで、出射光量を増加させている。

【0060】

（回折光学素子の位置関係）

図9に示すように、第1の導光板101の第1回折光学素子102に入射する光の光軸は、所定の角度で傾斜しているため、第2の導光板201の第3回折光学素子202の位置は、第1回折光学素子102に比べて第2の導光板201の中央部側に移動した位置になっている。

30

【0061】

同様に、第1の導光板101の第2回折光学素子103から出射する光の光軸は、所定の角度で傾斜しているため、第2の導光板201の第4回折光学素子203の位置は、第1回折光学素子102に比べて第2の導光板201の中央部側に移動した位置になっている。

40

【0062】

したがって、第1の導光板101の正面側から見ると、図10に示すように、第1回折光学素子102と第3回折光学素子202、及び、第2回折光学素子103と第4回折光学素子203の位置は、第1の導光板101の長手方向においてずれた位置関係を有している。なお、図10においては、各回折光学素子を枠のみで表している。各回折光学素子をこのような位置に配置することにより、入射時及び出射時における損失を低下させることができる。

【0063】

以上説明したように、本実施形態によれば、青色光から緑色光を分担する第1の導光板101と、緑色光から赤色光を分担する第2の導光板201とに分離して導光させ、出射

50

面 1 0 1 d での反射回数が多い青色光に対しては、回折効率が領域によって異なる第 2 回折光学素子 1 0 3 を適用し、出射面 2 0 1 d での反射回数が少ない赤色光に対しては、格子面が傾斜した第 4 回折光学素子 2 0 3 を適用したので、出射光量分布の不均一あるいは色ムラを抑制した虚像を表示できる画像表示装置を提供することができる。

【 0 0 6 4 】

< B : 第 2 実施形態 >

次いで、本発明の第 2 実施形態について説明する。本実施形態は、第 2 回折光学素子 1 0 3 における回折効率を領域によって変えるために、第 2 回折光学素子 1 0 3 の回折格子の充填率を領域によって変更した例である。図 1 1 は本実施形態における第 2 回折光学素子 1 0 3 が設けられた部分の拡大図である。図 1 2 は回折格子の充填率を説明するための図である。

10

【 0 0 6 5 】

図 1 2 に示すように、回折格子の充填率とは、回折格子の格子周期に対する回折格子の幅が占める比率で、隣り合う 2 つの回折格子の間隔、つまり格子周期を P 、回折格子の幅を L とした時、 L / P で表される。

【 0 0 6 6 】

格子周期 P は、第 2 回折光学素子 1 0 3 全体に亘って同一なので、本実施形態においては、回折格子の充填率を変えるために、図 1 1 に示すように複数の領域 1 0 3 A ~ 1 0 3 E のそれぞれにおいて回折格子の幅を変化させた。具体的には、第 1 回折光学素子 1 0 2 から最も遠い領域 1 0 3 E の回折格子の充填率が最も高く、領域 1 0 3 D、領域 1 0 3 C、領域 1 0 3 B、領域 1 0 3 A と第 1 回折光学素子 1 0 2 に近づくほど、回折格子の充填率を低くしている。このように構成した結果、第 1 回折光学素子 1 0 2 から最も遠い領域 1 0 3 E の回折効率が最も高く、領域 1 0 3 D、領域 1 0 3 C、領域 1 0 3 B、領域 1 0 3 A と第 1 回折光学素子 1 0 2 に近づくほど回折効率が低下し、第 1 回折光学素子 1 0 2 に最も近い領域 1 0 3 A で最も回折効率が低くなっている。

20

【 0 0 6 7 】

本実施形態によれば、青色光から緑色光を分担する第 1 の導光板 1 0 1 と、緑色光から赤色光を分担する第 2 の導光板 2 0 1 とに分離して導光させ、出射面 1 0 1 d での反射回数が多い青色光に対しては、回折効率が領域によって異なる第 2 回折光学素子 1 0 3 を適用し、出射面 2 0 1 d での反射回数が少ない赤色光に対しては、格子面が傾斜した第 4 回折光学素子 2 0 3 を適用したので、出射光量分布の不均一あるいは色ムラを抑制した虚像を表示できる画像表示装置を提供することができる。

30

【 0 0 6 8 】

< C : 第 3 実施形態 >

次いで、本発明の第 3 実施形態について説明する。本実施形態は、第 2 回折光学素子 1 0 3 における回折効率を領域によって変えるために、第 2 回折光学素子 1 0 3 の回折格子の深さを領域によって変更すると共に、回折格子を傾斜させた例である。図 1 3 は本実施形態における第 2 回折光学素子 1 0 3 が設けられた部分の拡大図である。

【 0 0 6 9 】

図 1 3 に示すように、第 1 回折光学素子 1 0 2 から最も遠い領域 1 0 3 E の回折格子の深さが最も深く、第 1 の導光板 1 0 1 内を小さな角度で伝播してくる青色光 1 3 B に対して、1 次回折効率が最大となる深さとなっている。そして、回折格子の深さは、領域 1 0 3 D、1 0 3 C、1 0 3 B、1 0 3 A と第 1 回折光学素子 1 0 2 に近くなるほど、段階的に回折格子の深さが浅くなっている。このように構成した結果、第 1 回折光学素子 1 0 2 から最も遠い領域 1 0 3 E の回折効率が最も高く、領域 1 0 3 D、領域 1 0 3 C、領域 1 0 3 B、領域 1 0 3 A と第 1 回折光学素子 1 0 2 に近づくほど回折効率が低下し、第 1 回折光学素子 1 0 2 に最も近い領域 1 0 3 A で最も回折効率が低くなっている。

40

【 0 0 7 0 】

さらに、本実施形態においては、第 2 回折光学素子 1 0 3 の回折格子を図 1 3 に示すように傾斜させている。その結果、第 2 回折光学素子 1 0 3 から出射される光の光量を増加

50

させることができる。

【0071】

本実施形態によれば、青色光から緑色光を分担する第1の導光板101と、緑色光から赤色光を分担する第2の導光板201とに分離して導光させ、出射面101dでの反射回数が多し青色光に対しては、回折効率が領域によって異なる第2回折光学素子103を適用し、出射面201dでの反射回数が少ない赤色光に対しては、格子面が傾斜した第4回折光学素子203を適用したので、出射光量分布の不均一あるいは色ムラを抑制した虚像を表示できる画像表示装置を提供することができる。

【0072】

< D : 第4実施形態 >

次いで、本発明の第4実施形態について説明する。本実施形態は、第2回折光学素子103における回折効率を領域によって変えるために、第2回折光学素子103の回折格子の充填率を領域によって変更すると共に、回折格子を傾斜させた例である。図14は本実施形態における第2回折光学素子103が設けられた部分の拡大図である。

【0073】

本実施形態では、図14に示すように複数の領域103A~103Eのそれぞれにおいて回折格子の幅を変化させ、回折格子の充填率を変化させた。具体的には、第1回折光学素子102から最も遠い領域103Eの回折格子の充填率が最も高く、領域103D、領域103C、領域103B、領域103Aと第1回折光学素子102に近づくほど、回折格子の充填率を低くしている。このように構成した結果、第1回折光学素子102から最も遠い領域103Eの回折効率が最も高く、領域103D、領域103C、領域103B、領域103Aと第1回折光学素子102に近づくほど回折効率が低下し、第1回折光学素子102に最も近い領域103Aで最も回折効率が低くなっている。

【0074】

さらに、本実施形態においては、第2回折光学素子103の回折格子を図13に示すように傾斜させている。その結果、第2回折光学素子103から出射される光の光量を増加させることができる。

【0075】

本実施形態によれば、青色光から緑色光を分担する第1の導光板101と、緑色光から赤色光を分担する第2の導光板201とに分離して導光させ、出射面101dでの反射回数が多し青色光に対しては、回折効率が領域によって異なる第2回折光学素子103を適用し、出射面201dでの反射回数が少ない赤色光に対しては、格子面が傾斜した第4回折光学素子203を適用したので、出射光量分布の不均一あるいは色ムラを抑制した虚像を表示できる画像表示装置を提供することができる。

【0076】

< E : 変形例 >

上述した第1実施形態~第4実施形態では、入射側の回折光学素子である第1回折光学素子102、第3回折光学素子202として、表面レリーフ型の回折格子を用いたが、これに限定されるものではなく、体積ホログラム、ミラー、あるいはプリズム等の光学素子を用いることも可能である。また、第1実施形態~第4実施形態では、第1回折光学素子102、第3回折光学素子202、第4回折光学素子203として、傾斜型の表面レリーフ回折格子を用いる例について説明したが、ブレード型回折格子を適用することも可能である。

【0077】

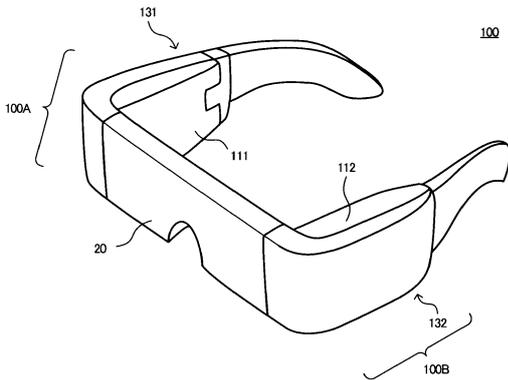
さらに、上述した第1実施形態~第4実施形態では、便宜的に、第2回折光学素子103を5つの領域に分割した例について説明したが、さらに分割数を多くするようにしてもよい。あるいは、領域ごとに回折格子の深さや回折格子の充填率を変更するのではなく、連続的に回折格子の深さや回折格子の充填率を変化させるように構成することも可能である。

【符号の説明】

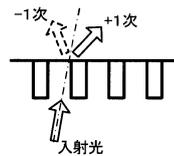
【 0 0 7 8 】

10...画像形成部、11...画像表示装置、12...投射光学系、13...画像光、13B...青色光、13G...緑色光、13R...赤色光、20...導光板、23...画像光、23G...緑色光、23R...赤色光、100...ヘッドマウントディスプレイ、100A、100B...表示装置、101...第1導光板、101a、101b...パネル面、101c...第1光入射面、101d...第1光出射面、102...第1回折光学素子、103...第2回折光学素子、103A、103B、103C、103D、103E...領域、111、112...画像形成装置、131、132...テンブル、201...第2導光板、201a、201b...パネル面、201c...第2光入射面、201d...第2光出射面、202...第3回折光学素子、203...第4回折光学素子。

【 図 1 】



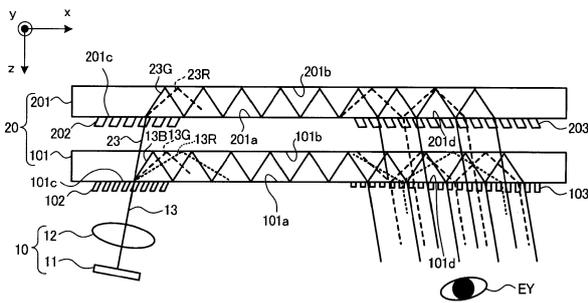
【 図 3 】



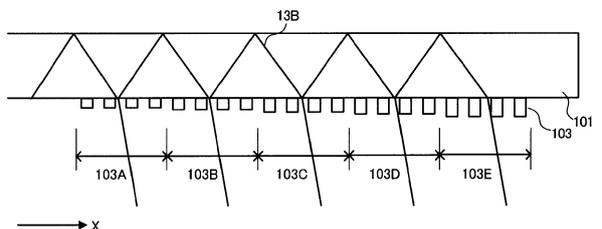
【 図 4 】



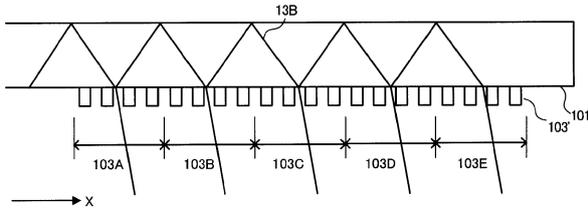
【 図 2 】



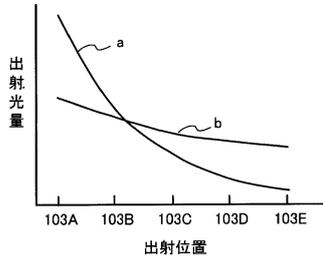
【 図 5 】



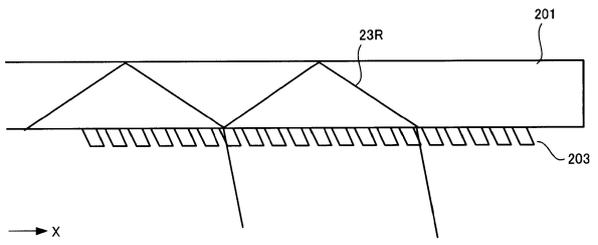
【図6】



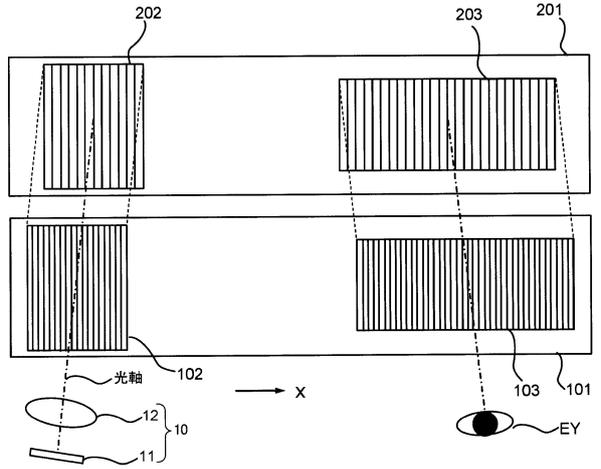
【図7】



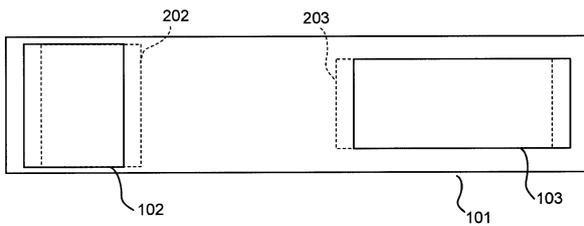
【図8】



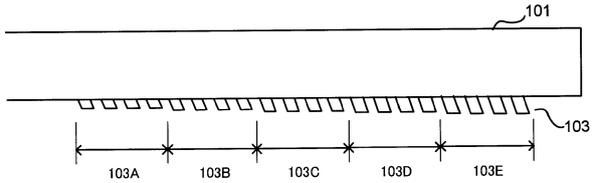
【図9】



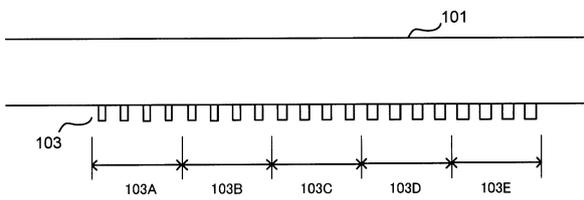
【図10】



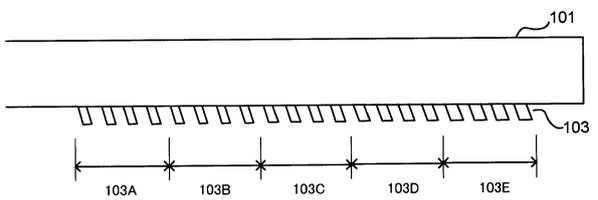
【図13】



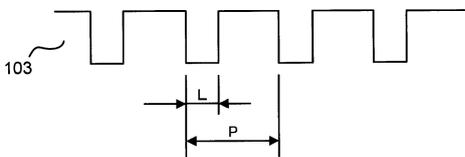
【図11】



【図14】



【図12】



フロントページの続き

(72)発明者 山田 文香
長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

審査官 右田 昌士

(56)参考文献 特開2009-186794(JP,A)
特開2010-271565(JP,A)
国際公開第2005/093493(WO,A1)
特表2008-523434(JP,A)
特表2008-535032(JP,A)
米国特許出願公開第2010/321781(US,A1)
米国特許出願公開第2009/97122(US,A1)
特表2009-539129(JP,A)
特開平7-72422(JP,A)
特開2009-133998(JP,A)
特開2007-264555(JP,A)
特開平9-304725(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 27/01 - 27/02
H04N 5/64
G09G 3/20