

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6287095号
(P6287095)

(45) 発行日 平成30年3月7日(2018.3.7)

(24) 登録日 平成30年2月16日(2018.2.16)

(51) Int.Cl.

G02B 27/02 (2006.01)

F 1

G O 2 B 27/02

Z

請求項の数 4 (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2013-238558 (P2013-238558)
 (22) 出願日 平成25年11月19日 (2013.11.19)
 (65) 公開番号 特開2015-99238 (P2015-99238A)
 (43) 公開日 平成27年5月28日 (2015.5.28)
 審査請求日 平成28年11月9日 (2016.11.9)

(73) 特許権者 000002369
 セイコーエプソン株式会社
 東京都新宿区新宿四丁目1番6号
 (74) 代理人 100125689
 弁理士 大林 章
 (74) 代理人 100121108
 弁理士 高橋 太朗
 (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
 審査官 鈴木 俊光

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】光学デバイス及び電子機器

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第1光出射部を有する第1導光体と、
 第2光出射部を有する第2導光体と、
 前記第1導光体の前記第1光出射部に設けられた第1回折光学素子と、
前記第1導光体の第1光導入部に設けられた第2回折光学素子と、
前記第2導光体の第2光導入部に設けられた第3回折光学素子と、
前記第2導光体の前記第2光出射部に設けられた第4回折光学素子と、
 前記第2光出射部と前記第1導光体との間に設けられた第1偏光素子と、
 を有し、

前記第1回折光学素子、前記第2回折光学素子、前記第3回折光学素子及び前記第4回折光学素子のうちの少なくとも1つは、表面レリーフ型回折格子であり、

前記第1導光体の内部を導光する光及び前記第2導光体の内部を導光する光は、互いに異なる分光分布の光であり、

前記第1光導入部に向かう光、前記第1導光体の内部を導光する光及び前記第2導光体の内部を導光する光は、それぞれ、光がTE波となる偏光方向に偏光した光であり、

前記第1導光体の内部を導光する光の少なくとも一部は、前記第1回折光学素子で回折されて前記第1導光体の外部に出射し、

前記第2導光体の内部を導光する光の少なくとも一部は、前記第1偏光素子を透過することで所定の方向に偏光した後、前記第1回折光学素子に入射し、

10

20

前記第1偏光素子は、前記第1偏光素子を透過した光の前記第1回折光学素子での回折効率が、前記所定の方向に直交する方向に偏光した光を前記第1回折光学素子で回折させた場合の回折効率よりも低い回折効率となるように偏光させる素子であり、

前記第1光導入部に向かう光の一部は、前記第2回折光学素子で回折されて前記第1導光体の内部を導光し、

前記第1光導入部に向かう光の他の一部は、前記第2回折光学素子を透過して前記第3回折光学素子で回折された後前記第2導光体の内部を導光し、

前記第2導光体の内部を導光した光の少なくとも一部は、前記第4回折光学素子で回折されて前記第1偏光素子に入射し、

前記第2回折光学素子は、前記第2回折光学素子に入射した光のうち第1波長の光を最も多く回折する素子であり、 10

前記第3回折光学素子は、前記第3回折光学素子に入射した光のうち前記第1波長とは異なる波長である第2波長の光を最も多く回折する素子である

ことを特徴とする光学デバイス。

【請求項2】

請求項1に記載の光学デバイスにおいて、

第3光出射部と第3光導入部を有する第3導光体と、

前記第3導光体の前記第3光導入部に設けられた第5回折光学素子と、

前記第3導光体の前記第3光出射部に設けられた第6回折光学素子と、

前記第3光出射部と前記第2導光体との間に設けられた第2偏光素子と、を有し、 20

前記第1光導入部に向かう光のうち、一部の光は前記第3回折光学素子を透過して前記第5回折光学素子で回折された後前記第3導光体の内部を導光し、

前記第3導光体の内部を導光した光の少なくとも一部は、前記第6回折光学素子で回折されて前記第2偏光素子に入射し、

前記第5回折光学素子は、前記第5回折光学素子に入射した光のうち前記第1波長及び前記第2波長とは異なる波長である第3波長の光を最も多く回折する素子である

ことを特徴とする光学デバイス。

【請求項3】

請求項1に記載の光学デバイスにおいて、

前記第1偏光素子は、2分の1波長板である、

ことを特徴とする光学デバイス。 30

【請求項4】

請求項1乃至3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電子機器。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、導光板と回折光学素子とを備えた光学デバイス、及び当該光学デバイスを備える電子機器に関する。 40

【背景技術】

【0002】

ヘッドマウントディスプレイを薄型化する光学系では、一例として、導光板と、導光板への光の入力及び導光板からの光の出力を行う回折光学素子とが用いられる（例えば、特許文献1及び特許文献2）。

【0003】

特許文献1及び特許文献2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するために、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。

【0004】

しかしながら、複数の導光板を用いる場合、一つの導光板に形成された出力ホログラム 50

から射出された光が異なる導光板に形成された出力ホログラムに入射すると、再度回折を受ける。この時、観察者が見たい表示画像となる透過光（透過0次回折光）は減少し、表示画像の邪魔になる透過1次回折光などの回折光が発生する。

【0005】

このような問題を回避するため、導光板に形成されたホログラムから射出された光が再度そのホログラムを通過する際の回折を抑制する構成が特許文献3に開示されている。特許文献3では、ホログラムから射出された光の偏光方向を、スキャンミラーと4分の1波長板の組み合わせで90度回転させ、ホログラムで回折されないようにしている。

【先行技術文献】

【特許文献】

10

【0006】

【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】特開2007-333812号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

しかしながら、特許文献3の構成では、導光板から射出される光が、導光板に形成された出力ホログラムを通過する際に発生する回折光を抑制することはできない。したがって、特許文献3の構成でも、観察者が見たい表示画像となる透過光（透過0次回折光）が減少してしまう。

20

【0008】

そこで、本発明は、上述した事情を考慮して、導光板から射出される光が複数の回折光学素子を通過する場合でも、透過光の減少と不要回折光の発生を抑制できる光学デバイス及び電子機器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】

【0009】

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一態様は、第1光出射部を有する第1導光体と、第2光出射部を有する第2導光体と、前記第1導光体の前記第1光出射部に設けられた第1回折光学素子と、前記第2光出射部と前記第1導光体との間に設けられた第1偏光素子とを有し、前記第1導光体の内部を導光する光と前記第2導光体の内部を導光する光は、それぞれ異なる分光分布の光であり、前記第1導光体の内部を導光する光の少なくとも一部は、前記第1回折光学素子で回折されて前記第1導光体の外部に出射し、前記第2導光体の内部を導光する光の少なくとも一部は、前記第1偏光素子を透過することで所定の方向に偏光した後、前記第1回折光学素子に入射し、前記第1偏光素子は、前記第1偏光素子を透過した光の前記第1回折光学素子での回折効率が、前記所定の方向に直交する方向に偏光した光を前記第1回折光学素子で回折させた場合の回折効率よりも低い回折効率となるように偏光させる素子であることを特徴とする。

30

【0010】

上述した本発明に係る光学デバイスの一態様によれば、第1導光体により導光された光の少なくとも一部は、第1回折光学素子により回折され、第1光出射部から出射される。また、第2導光体により、第1導光体とは異なる分光分布の光が導光され、第2光出射部から出射される。第2光出射部から出射された光は、第1偏光素子に入射し、第1偏光素子を通過することで所定の方向に偏光され、第1回折光学素子に入射する。第1偏光素子は、第1偏光素子を透過して第1回折光学素子により回折される効率が、所定の方向に直交する方向に偏光した光が第1回折光学素子により回折される効率よりも低くなるように偏光させる。その結果、第1回折光学素子を透過する光の光量を減少させず、かつ、不要な回折光の発生を抑える。

40

【0011】

上述した本発明に係る光学デバイスの一態様において、前記第1導光体の第1光導入部

50

に設けられた第2回折光学素子と、前記第2導光体の第2光導入部に設けられた第3回折光学素子と、前記第2導光体の前記第2光出射部に設けられた第4回折光学素子とを有し、前記第1光導入部に向かう光は、一部が前記第2回折光学素子で回折されて前記第1導光体の内部を導光し、他の一部が前記第2回折光学素子を透過して前記第3回折光学素子で回折された後前記第2導光体の内部を導光し、前記第2導光体の内部を導光した光の少なくとも一部は、前記第4回折光学素子で回折されて前記第1偏光素子に入射し、前記第2回折光学素子は、前記第2回折光学素子に入射した光のうち第1波長の光を最も多く回折する素子であり、前記第3回折光学素子は、前記第3回折光学素子に入射した光のうち前記第1波長とは異なる波長である第2波長の光を最も多く回折する素子であるようにしてもよい。この場合には、第1波長の入射光は、第2回折光学素子により高い回折効率で回折され、十分な光量の光が第1導光体に導入されることになる。その結果、第1波長を有する十分な光量の光が第1回折光学素子により回折されて第1導光体から出射される。また、第2波長を有し、第2回折光学素子を透過した透過光は、第3回折光学素子により高い回折効率で回折され、第2波長を有する十分な光量の光が第2導光体に導入されることになる。その結果、十分な光量の光が第4回折光学素子により回折されて第2導光体から出射される。第2導光体から出射された光は、第1偏光素子に入射し、第1偏光素子により、第1偏光素子を透過する光が第1回折光学素子を透過する効率よりも、当該透過する光が第1回折光学素子により回折される効率が低くなるように偏光される。その結果、第1回折光学素子を透過する第2波長を有する光の光量を減少させず、かつ、不要な回折光の発生を抑える。

10

20

【0012】

上述した本発明に係る光学デバイスの一態様において、第3光出射部と第3光導入部を有する第3導光体と、前記第3導光体の前記第3光導入部に設けられた第5回折光学素子と、前記第3導光体の前記第3光出射部に設けられた第6回折光学素子と、前記第3光出射部と前記第2導光体との間に設けられた第2偏光素子とを有し、前記第1光導入部に向かう光のうち、一部の光は前記第3回折光学素子を透過して前記第5回折光学素子で回折された後前記第3導光体の内部を導光し、前記第3導光体の内部を導光した光の少なくとも一部は、前記第6回折光学素子で回折されて前記第2偏光素子に入射し、前記第5回折光学素子は、前記第5回折光学素子に入射した光のうち前記第1波長及び前記第2波長とは異なる波長である第3波長の光を最も多く回折する素子であるようにしてもよい。この場合には、上述したように、第1波長を有する光は第1導光体により伝播されて第1回折光学素子から十分な光量で出射される。また、第2波長を有する光は、第2導光体により伝播されて第4回折光学素子から出射され、第1偏光素子により偏光されるので、第1回折光学素子を透過しても第2波長を有する光の光量は減少せず、かつ、不要な回折光の発生が抑えられる。そして、第3波長を有し、第3回折光学素子を透過した透過光は、第5回折光学素子により高い回折効率により回折され、第3波長を有する十分な光量の光が第3導光体に導入されることになる。その結果、十分な光量の光が第6回折光学素子により回折されて第3導光体から出射される。第3導光体から出射された光は、第2偏光素子に入射し、第2偏光素子により、第2偏光素子を透過する光が第4回折光学素子を透過する効率よりも、当該透過する光が第4回折光学素子により回折される効率が低くなるように偏光される。その結果、第4回折光学素子を透過する第3の波長を有する光の光量を減少させず、かつ、不要な回折光の発生を抑える。

30

40

【0013】

上述した本発明に係る光学デバイスの一態様において、前記第1光導入部に向かう光、前記第1導光体の内部を導光する光及び前記第2導光体の内部を導光する光は、それぞれ第1偏光方向に偏光した光であることが好ましい。この場合には、第2導光体から出射された第1偏光方向に偏光した光は、第1偏光素子により第1偏光方向に直交する方向に偏光され、この光は第1回折光学素子における回折効率が、第1偏光方向に偏光した光よりも低くなる。したがって不要な回折光の発生が抑えられる。

【0014】

50

上述した本発明に係る光学デバイスの一態様において、前記第1偏光素子は2分の1波長板であることが好ましい。この場合には、2分の1波長板により、2分の1波長板を透過する光が回折光学素子を透過する効率よりも、透過する光が回折光学素子により回折される効率が低くなるように偏光方向が変換されるので、回折光学素子を透過する光の光量を減少させず、かつ、不要な回折光の発生を抑える。

【0015】

上述した本発明に係る光学デバイスの一態様において、前記第1回折光学素子、前記第2回折光学素子、前記第3回折光学素子及び前記第4回折光学素子は、少なくとも1つが表面レリーフ型回折格子であり、前記第1偏光方向は、光がTE波となる偏光方向であることが好ましい。この場合には、TE波が第2回折光学素子に入射することにより、高い回折効率で十分な光量の光が第1導光体に導入し、第1回折光学素子により十分な光量の光が出射される。また、TE波が第3回折光学素子に入射することにより、高い回折効率で十分な光量の光が第2導光体に導入し、第4回折光学素子により十分な光量の光が出射される。TE波が第1偏光素子に入射することにより、TM波に変換され第1回折光学素子に入射する。第1回折光学素子ではTM波が回折する効率は低く、TM波が透過する効率が高いので、第1回折光学素子を透過する光の光量を減少させず、かつ、不要な回折光の発生を抑える。

【0016】

次に、本発明に係る電子機器は、上述した本発明に係る光学デバイスと画像光を発する画像形成部とを備える。そのような電子機器は、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。

【0017】

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電気機器においても、透過光を減少させず、不要な回折光の発生を抑制することができる。

【0018】

なお、上記本発明に係る電子機器において「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】

【0019】

【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】図2の光学系において光線を簡略化して描いた要部断面図である。

【図4】TE波とTM波を説明するための説明図である。

【図5】第2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。

【発明を実施するための形態】

【0020】

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。

【0021】

10

20

30

40

50

<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実施形態に係る電子機器の一例としての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ます。

【0022】

具体的にヘッドマウントディスプレイ100は、導光板200と、導光板200を支持する左右一対のテンプル131, 132と、テンプル131, 132に付加された一対の画像形成装置111, 112とを備える。ここで、図面上において、導光板200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200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。

【0023】

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500と、導光板200とを備える。

【0024】

画像形成部500は、画像表示装置501と、投射光学系502とを有する。このうち、画像表示装置501は、本実施形態では、液晶パネルであり、液晶パネルからの出射光の電気ベクトルの振動方向が第1回折光学素子102のパターンに沿った方向(y方向)となるように液晶パネルの出射側偏光板が配置されている。すなわち、第1の導光板101に入射させる光は、第1回折光学素子102に対してTE波となるようにする。画像光10は赤(R)、緑(G)、青(B)の波長成分を持っている。画像表示装置501としては、有機ELパネルを用いることもできる。

【0025】

投射光学系502は、画像表示装置501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200に入射させるコリメーターレンズである。コリメーターレンズは、入射する偏光の偏光面が保存されるような材質、例えばガラスあるいは複屈折性が低い樹脂で構成される。

【0026】

導光板200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。

【0027】

第1の導光板101は、画像形成部500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。

【0028】

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

10

20

30

40

50

、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。

【0029】

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

【0030】

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503に投射する第2回折光学素子103が設けられている。

【0031】

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503に投射する第4回折光学素子203が設けられている。20

【0032】

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、いずれも格子パターンがy方向に伸びた表面レリーフ型の回折格子である。

【0033】

第4回折光学素子203と第1の導光板101との間には、2分の1波長板401が設けられている。2分の1波長板401は、第2の導光板201の出射光をTE波からTM波に変換し、TM波として第1の導光板101の第2回折光学素子103に入射する。

【0034】

(第1の導光板)

第1回折光学素子102に入射した光は、第1回折光学素子102によって回折されて第1の導光板101に導入される。回折光学素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。従って、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赤(R)、緑(G)、青(B)によって異なり、図1に示すように青色伝播光11B、緑色伝播光11G、赤色伝播光11Rはそれぞれ伝播する角度が異なる。

【0035】

第1回折光学素子102の格子周期は、青色伝播光11Bが広い入射角度範囲に渡って第1の導光板101内を全反射で伝播できるように決められている。第1回折光学素子102の格子周期をこのように決めるとき、赤色伝播光11Rに対する回折角は大きくなり、赤色伝播光11Rの回折効率は大きく低下する。従って、第1の導光板101は実質的に青色伝播光11Bと緑色伝播光11Gが伝播される。40

【0036】

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、第2回折光学素子103の回折格子面に入射するたびに少しずつ外に取り出されて観察者の眼503に到達する。なお、画像光10と同じ角度で第2回折光学素子103から出射させる必要があるので、第1回折光学素子102と第2回折光学素子103の格子周期は同一とする必要がある。

【0037】

10

20

30

40

50

(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画像光20は、第2の導光板201の第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、第3回折光学素子202によって回折されて第2の導光板201に導入される。

【0038】

第3回折光学素子202の格子周期は、緑色光21Gが広い入射角度範囲に渡って第2の導光板201内を全反射で伝播できるように決められている。従って、入射角によって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。このように、第2の導光板201では実質的に緑色伝播光21Gと赤色伝播光21Rが伝播される。

10

【0039】

第2の導光板201内で全反射を繰り返しながら伝播した光は第4回折光学素子203に到達し、第4回折光学素子203の回折格子面に入射するたびに少しずつ外に取り出される。画像光20と同じ角度で第4回折光学素子203から出射させる必要があるので、第3回折光学素子202と第4回折光学素子203の格子周期は同一とする必要がある。第4回折光学素子203を出た光は、2分の1波長板401、第1の導光板101とその表面に形成されている第2回折光学素子103を通過して観察者の眼503に到達する。

【0040】

(2分の1波長板の機能)

20

次に、図3を参照して2分の1波長板401の機能について説明する。なお、図3においては、理解を容易にするために、図2における左眼用光学系の内部構造及び導光板を、光線を簡略化して描いている。画像光10はTE波であり、第1の導光板101の第1回折光学素子102で回折されて第1の導光板101を伝播する伝播光11となる。本実施形態のように、回折光学素子として表面レリーフ型回折格子を用いた場合には、格子周期が波長程度以下になると構造複屈折性が現れ、入射光の偏光方向によって回折効率が変わること。

【0041】

図4に示すように、本実施形態では、回折光学素子の溝方向と電場ベクトルの振動方向が平行である成分をTE波とし、回折光学素子の溝方向と電場ベクトルの振動方向が垂直である成分をTM波とする。構造複屈折性とは、表面レリーフ型回折格子の格子周期が波長程度以下の場合に、TE波とTM波とで屈折率が異なり、複屈折作用が生じることをいう。複屈折作用の一つとして、TE波とTM波とで回折効率が変わり、TE波の方が、TM波に比べて回折された光の1次回折効率が高くなり、かつ、透過0次回折効率が低くなることが知られている。逆に、TM波はTE波に比べて1次回折効率が低くなり、かつ、透過0次回折効率が高くなる。

30

【0042】

本実施形態においては、第1回折光学素子102の格子周期は、青色光の波長程度以下となるように設定されている。その結果、赤色光、青色光及び緑色光を含むTE波の画像光10が第1回折光学素子102に入射すると、当該TE波の画像光10のうちの青色光に対する1次回折効率が、TM波が入射された場合よりも高くなる。また、青色光に対する透過0次回折効率が低くなる。その結果、第1回折光学素子102で回折されて第1の導光板101を伝播するTE波の青色光の伝播光11の光量を多くすることができる。

40

【0043】

また、前記TE波の画像光10のうち、緑色光に対する前記第1回折光学素子102における1次回折効率は、前記青色光に対する1次回折効率ほどには高くなく、また、緑色光に対する前記第1回折光学素子102における透過0次回折効率は、前記青色光に対する透過0次回折効率ほどには低くはない。その結果、前記TE波の画像光10のうち、緑色光の一部は、第1回折光学素子102で回折されて第1の導光板101を伝播するTE波の緑色光の伝播光11となり、前記緑色光の他の一部は、第1回折光学素子102を透

50

過する画像光 20 として、第 2 の導光板 201 の第 3 回折光学素子 202 に入射することになる。

【 0 0 4 4 】

しかしながら、前記第 1 回折光学素子 102 の格子周期は、青色光の波長程度以下となるように設定されているため、前記 TE 波の画像光 10 のうちの赤色光の波長に対して、非常に小さな周期となる。したがって、前記 TE 波の画像光 10 のうち、赤色光に対する前記第 1 回折光学素子 102 における 1 次回折効率は非常に低くなり、赤色光に対する前記第 1 回折光学素子 102 における透過 0 次回折効率は非常に高くなる。その結果、前記 TE 波の画像光 10 のうち、赤色光は、第 1 回折光学素子 102 によって殆ど回折されず、第 1 回折光学素子 102 を透過する画像光 20 として、第 2 の導光板 201 の第 3 回折光学素子 202 に入射することになる。10

【 0 0 4 5 】

以上のようにして第 1 の導光板 101 を伝播する青色光及び緑色光を含む伝播光 11 が、第 2 回折光学素子 103 に到達すると、第 2 回折光学素子 103 によって回折されて青色光及び緑色光の出射光 12 となり観察者的方向へ取り出される。この出射光 12 も TE 波である。

【 0 0 4 6 】

一方、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緑色光及び赤色光を含む TE 波の画像光 20 が、第 2 の導光板 201 の第 3 回折光学素子 202 に入射すると、緑色光及び赤色光を含む TE 波の画像光 20 は第 3 回折光学素子 202 で回折される。20

【 0 0 4 7 】

本実施形態においては、第 3 回折光学素子 202 の格子周期は、緑色光の波長程度以下となるように設定されている。その結果、赤色光及び緑色光を含む TE 波の画像光 20 が第 2 回折光学素子 202 に入射すると、当該 TE 波の画像光 20 のうちの緑色光に対する 1 次回折効率が、TM 波が入射された場合によりも高くなる。また、緑色光に対する透過 0 次回折効率が低くなる。その結果、第 2 回折光学素子 202 で回折されて第 2 の導光板 201 を伝播する TE 波の緑色光の伝播光 21 の光量を多くすることができます。

【 0 0 4 8 】

また、前記 TE 波の画像光 20 のうち、赤色光に対する前記第 2 回折光学素子 202 における 1 次回折効率は、前記緑色光に対する 1 次回折効率ほどには高くないが、前記 TE 波の画像光 20 のうちの赤色光は、第 2 回折光学素子 202 で回折されて第 2 の導光板 201 を伝播する TE 波の赤色光の TE 波の伝播光 21 となり、第 2 の導光板 201 を伝播する。30

【 0 0 4 9 】

第 2 の導光板 201 を伝播する緑色光と赤色光の伝播光 21 は、第 4 回折光学素子 203 に到達し、第 4 回折光学素子 203 によって回折されて空気中に取り出され、緑色光と赤色光の出射光 22 となる。この緑色光と赤色光の出射光 22 も TE 波である。

【 0 0 5 0 】

第 2 の導光板 201 を出射した緑色光と赤色光の出射光 22 は、観察者の眼 503 に届くまでに、第 1 の導光板 101 に形成されている第 2 回折光学素子 103 で再び回折され、本来見たい画像である透過光（透過 0 次回折光）24 の他に、透過 1 次回折光などの回折光 25 が生じる。透過光（透過 0 次回折光）24 以外の回折光 25 は、回折角度にも依るが本来見たい画像に重畠されて観察者の眼 503 に入る場合があり、できるだけ抑制する必要がある。40

【 0 0 5 1 】

本実施形態においては、第 2 の導光板 201 の第 4 回折光学素子 203 を出射した出射光 22 は TE 波であり、2 分の 1 波長板 401 がない場合には直接第 1 の導光板 101 の第 2 回折光学素子 103 に入射することになる。出射光 22 が第 2 回折光学素子 103 に TE 波のまま入射する場合には、不要な 1 次回折効率が大きくなり、画像として必要な透50

過光（透過0次回折光）が減少してしまう。

【0052】

しかし、本実施形態においては、第2の導光板201と第1の導光板101の間に2分の1波長板401を配置している。その結果、第2の導光板201から出射される緑色光と赤色光の出射光22は、2分の1波長板401によってTE波からTM波の出射光23に変換され、TM波の緑色光と赤色光の出射光23は第1の導光板101の第2回折光学素子103に入射する。

【0053】

第2回折光学素子103は、格子周期が青色光の波長程度以下に設定されている。したがって、第2回折光学素子103にTM波の緑色光と赤色光の出射光23が入射すると、構造複屈折性が現れ、TM波の1次回折効率がTE波に比べて低くなり、かつ、TM波の透過0次回折効率が高くなる。

10

【0054】

その結果、TM波の緑色光と赤色光の出射光23が第2回折光学素子103に入射すると、第2回折光学素子103では、TM波の緑色光と赤色光の出射光23に対する1次回折効率が低くなり、かつ透過0次回折効率を高くできるので、本来見たい画像である緑色光と赤色光の透過光（透過0次回折光）24の光量を増加させることができるとともに、画像表示の邪魔になる緑色光と赤色光の回折光25を抑制することができる。

【0055】

なお、本実施形態では表示パネルとして液晶パネルを用いる構成を説明したが、有機ELパネルの表面に偏光板を配置したモジュール、あるいは、表示パネルを用いずにレーザー光を走査して画像を生成するモジュールを用いても良い。また、導光板に画像光を入力する光学素子として回折光学素子を用いる構成を説明したが、プリズムあるいはミラーを用いて導光板に画像光を入力させる構成を適用しても良い。

20

【0056】

<第2実施形態>

次いで、本発明の第2実施形態について図5を参照して説明する。第1実施形態では、2枚の導光板を用いた例について説明したが、本実施形態では、3枚の導光板を用いるとこころが第1実施形態と異なる。

【0057】

30

図5に示すように、本実施形態の画像表示装置100Aは、第1の導光板101、第2の導光板201及び第3の導光板301の3枚の導光板を備えている。第3の導光板301には、第5回折光学素子302と第6回折光学素子303が形成されている。また、第2の導光板201の第4回折光学素子203と第3の導光板301の第6回折光学素子303の間には2分の1波長板402が配置されている。

【0058】

詳細は図示していないが、例えば、MEMSスキャナ等によりRGBのレーザー光をそれぞれスキャンして画像を生成し、第1の導光板101には青色レーザーによる青色画像光10B、第2の導光板201には緑色レーザーによる緑色画像光20G、第3の導光板301には赤色レーザーによる赤色画像光30Rが入力され、それぞれ伝播光11B、21G、31Rとして導光板を伝播する。ここで、それぞれの画像光10B、20G、30Rと、伝播光11B、21G、31RはTE波である。

40

【0059】

第1の導光板101の第1回折光学素子102に入射するTE波の青色画像光10Bは、第1回折光学素子102により高い1次回折効率で回折されてTE波の青色伝播光11Bとなり、TM波に比べて多くの光量の青色伝播光11Bが第1の導光板101を伝播することになる。そして、第1の導光板101を伝播したTE波の青色伝播光11Bは第2回折光学素子103で回折されてTE波の出射光12となり、観察者の眼503に到達する。

【0060】

50

第1の導光板101を透過し、第2の導光板201の第2回折光学素子202に入射するTE波の緑色画像光20Gは、第2回折光学素子202により高い1次回折効率で回折されてTE波の緑色伝播光21Gとなり、TM波に比べて多くの光量の緑色伝播光21Gが第2の導光板201を伝播することになる。そして、第2の導光板201を伝播したTE波の緑色伝播光21Gは、第3回折光学素子203で回折されてTE波の出射光22となる。TE波の出射光22は、2分の1波長板401でTM波の出射光23に変換され、第1の導光板101の第2回折光学素子103に入射する。

【0061】

本実施形態の回折光学素子は、表面レリーフ型回折格子であり、格子周期が波長程度以下に設定されている。したがって、本実施形態の回折光学素子に光が入射すると、構造複屈折性が現れ、TE波よりもTM波の1次回折効率が低くなり、かつ、透過0次回折効率が高くなる。10

【0062】

その結果、TM波の出射光23が第2回折光学素子103に入射すると、第2回折光学素子103では、TM波の出射光23に対する1次回折効率が低くなり、かつ透過0次回折効率を高くできるので、本来見たい画像である透過光（透過0次回折光）24の光量を増加させることができるとともに、画像表示の邪魔になる回折光25を抑制することができる。

【0063】

第1の導光板101及び第2の導光板201を透過し、第3の導光板301の第3回折光学素子302に入射するTE波の赤色画像光30Rは、第5回折光学素子302により高い1次回折効率で回折されてTE波の赤色伝播光31Rとなり、TM波に比べて多くの光量の赤色伝播光31Rが第3の導光板301を伝播することになる。そして、第3の導光板301を伝播したTE波の赤色伝播光31Rは、第6回折光学素子303で回折されてTE波の出射光32となる。TE波の出射光32は、2分の1波長板402でTM波の出射光33に変換され、第2の導光板201の第4回折光学素子203に入射する。20

【0064】

上述したように、本実施形態の回折光学素子では、TE波よりもTM波の1次回折効率が低くなり、かつ、透過0次回折効率が高くなる。その結果、TM波の出射光33が第4回折光学素子203に入射すると、第4回折光学素子203では、TM波の出射光33に対する1次回折効率が低くなり、かつ透過0次回折効率を高くできるので、本来見たい画像である透過光（透過0次回折光）34の光量を増加させることができるとともに、画像表示の邪魔になる回折光35を抑制することができる。30

【0065】

TM波の透過光34は、2分の1波長板401でTE波の透過光36に変換され、第1の導光板101の第2回折光学素子103に入射する。第2回折光学素子103ではTE波に対する1次回折効率が高いため、TE波の透過光36は第2回折光学素子103により回折されることになる。しかし、青色光回折用に設計された第2回折光学素子103の格子周期は、青色光の波長程度以下に設定されているので青色のTE波に対する1次回折効率が高くなるのであって、青色光よりも長波長である赤色光の波長に対しては、非常に小さい周期となる。その結果、TE波の赤色透過光36に対する1次回折効率は第2回折光学素子103では低くなり、画像表示の邪魔になるTE波の回折光38が抑制され、本来見たい画像であるTE波の透過光（透過0次回折光）37の光量を増加させることができる。40

【0066】

以上のように、本実施形態によれば、3枚の導光板と2枚の2分の1波長板を用いる構成により、本来見たい画像である青色光、緑色光、及び赤色光の透過光（透過0次回折光）の光量を増加させ、かつ、画像表示の邪魔になる青色光、緑色光、及び赤色光の回折光を抑制することができる。

【0067】

10

20

30

40

50

なお、本実施形態においては、緑色画像光 20G は第 1 回折光学素子 102 に入射せず、赤色画像光 30R は第 3 回折光学素子 202 に入射しない例について説明したが、本発明はこのような例に限定されるものではない。緑色画像光 20G を第 1 回折光学素子 102 に入射させ、赤色画像光 30R を第 3 回折光学素子 202 に入射させるようにしてもよい。

【0068】

<変形例>

上述した第 1 実施形態及び第 2 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 実施形態及び第 2 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、第 5 回折光学素子 302、及び第 6 回折光学素子 303 として、矩形断面の表面レリーフ回折格子を用いる例について説明した。しかし、本発明はこのような例に限定される訳ではなく、表面レリーフ型回折格子の断面構造としては、矩形断面の他にも傾斜断面を持つ回折格子やブレーズ化回折格子を適用することもできる。また、表面レリーフ型回折格子以外にも、回折効率に偏光依存性を有する回折格子あるいはホログラム光学素子を用いることができる。

【符号の説明】

【0069】

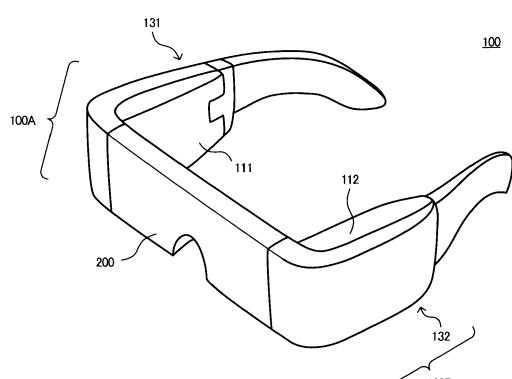
10 ... 画像光、 10B ... 青色画像光、 11 ... 伝播光、 11B ... 青色伝播光、 11G ... 緑色伝播光、 11R ... 赤色伝播光、 12 ... 出射光、 20 ... 画像光、 20G ... 緑色画像光、 21 ... 伝播光、 21G ... 緑色伝播光、 21R ... 赤色伝播光、 22 ... 出射光、 23 ... 出射光、 24 ... 透過光、 25 ... 回折光、 30R ... 赤色画像光、 31R ... 赤色伝播光、 32 ... 出射光、 33 ... 出射光、 34 ... 透過光、 35 ... 回折光、 36 ... 透過光、 38 ... 回折光、 100 ... ヘッドマウントディスプレイ、 100A ... 画像表示装置、 100B ... 画像表示装置、 101 ... 導光板、 101a, 101b ... パネル面、 101c ... 光入射面、 101d ... 光出射面、 102 ... 回折光学素子、 103 ... 回折光学素子、 111, 112 ... 画像形成装置、 131, 132 ... テンブル、 200 ... 導光板、 201 ... 導光板、 201a, 201b ... パネル面、 201c ... 光入射面、 201d ... 光出射面、 202 ... 回折光学素子、 203 ... 回折光学素子、 301 ... 導光板、 302 ... 回折光学素子、 303 ... 回折光学素子、 401 ... 2 分の 1 波長板、 402 ... 2 分の 1 波長板、 500 ... 画像形成部、 501 ... 画像表示装置、 502 ... 投射光学系、 503 ... 眼。

10

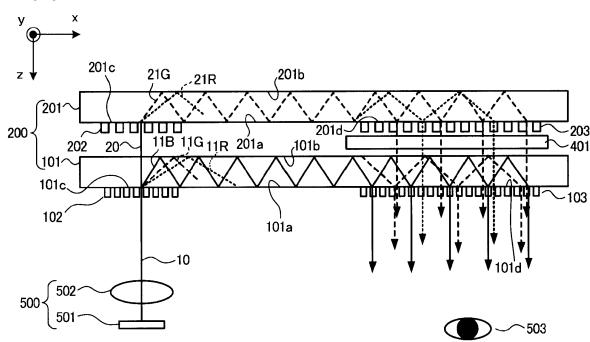
20

30

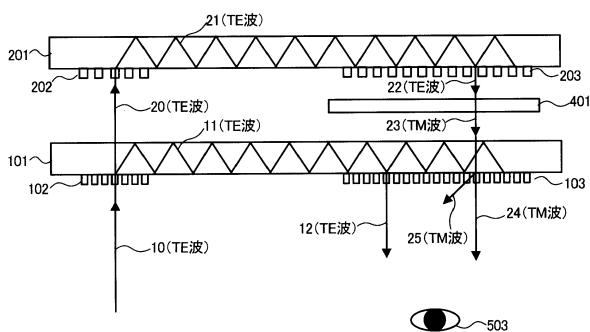
【図1】



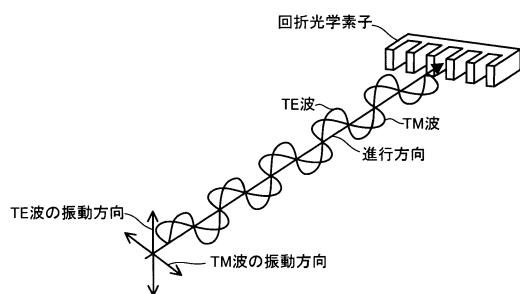
【図2】



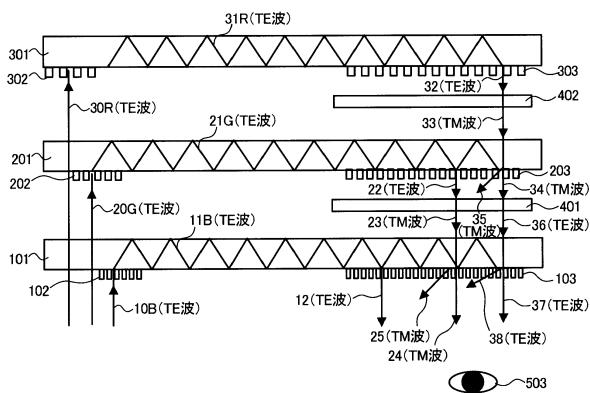
【図3】



【図4】



【図5】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2014-132328(JP,A)
特開2011-248318(JP,A)
特開2007-011057(JP,A)
特表2008-535032(JP,A)
米国特許出願公開第2009/0190222(US,A1)
米国特許出願公開第2011/0242661(US,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 02 B	2 7 / 0 1	-	2 7 / 0 2
H 04 N	5 / 6 4		