

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6609331号
(P6609331)

(45) 発行日 令和1年11月20日(2019.11.20)

(24) 登録日 令和1年11月1日(2019.11.1)

(51) Int.Cl.

G02F 1/13 (2006.01)
G02F 1/01 (2006.01)

F 1

G02F 1/13
G02F 1/01505
D

請求項の数 8 (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願2017-568343 (P2017-568343)
 (86) (22) 出願日 平成28年6月13日 (2016.6.13)
 (65) 公表番号 特表2018-523162 (P2018-523162A)
 (43) 公表日 平成30年8月16日 (2018.8.16)
 (86) 國際出願番号 PCT/IL2016/050617
 (87) 國際公開番号 WO2017/006307
 (87) 國際公開日 平成29年1月12日 (2017.1.12)
 審査請求日 令和1年5月17日 (2019.5.17)
 (31) 優先権主張番号 62/189,227
 (32) 優先日 平成27年7月7日 (2015.7.7)
 (33) 優先権主張国・地域又は機関
米国(US)

早期審査対象出願

(73) 特許権者 517454022
ビ. ジー. ネグヴ テクノロジーズ
アンド アプリケーションズ リミテッド
、アット ベンガリオン ユニヴァーシ
ティ
イスラエル国、8410501 ピア シ
エヴァ、ピーオービー 653
(74) 代理人 100080791
弁理士 高島 一
(74) 代理人 100125070
弁理士 土井 京子
(74) 代理人 100136629
弁理士 鎌田 光宣
(74) 代理人 100121212
弁理士 田村 弥栄子

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 SWIR を目に見えるものへとアップコンバージョンする光学系

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

短波赤外線(SWIR)を可視波長(VIS)へとアップコンバージョンする光学系であって、当該光学系は：

a. 第1のグラディウムレンズ44を有し、該第1のグラディウムレンズ44は、前記光学系にSWIR画像を投影し；

b. LC-OASLMユニット10を有し、該LC-OASLMユニット10は、前記第1のグラディウムレンズ44からのSWIR画像を受け入れ；

c. VIS光源54を有し；

d. 第2のグラディウムレンズ50を有し、該第2のグラディウムレンズ50は、前記VIS源54からのVIS光を前記LC-OASLMユニット10に焦点集中させ、かつ、前記LC-OASLMユニット10からのVIS画像を無限遠に向かって投影し；

e. ショートパスフィルター46を有し、該ショートパスフィルター46は、SWIR光を前記LC-OASLMユニット10上に反射させ、かつ、前記VIS源からのVIS光をLC-OASLMユニット10に伝達し、かつ、LC-OASLMユニット10から前記第2のグラディウムレンズ50に戻し；かつ、

f. 偏光ビームスプリッター(PBS)52を有し；

前記LC-OASLMユニット10は：

A. 第1の光学基板12を有し、該光学基板12は：

i. SWIR高反射塗膜14を有し；

10

20

i i . 第 1 のガラス基板 1 6 を有し；；
 i i i . I T O 層 1 8 を有し；
 i v . S W I R 感光層 2 0 を有し；かつ、
 v . 第 1 の L C 配向層 2 2 を有し；
 B . L C 層 2 4 を有し；
 C . 第 2 の光学基板 2 6 を有し、該第 2 の光学基板 2 6 は：
 i . 第 2 の L C 配向層 2 8 を有し；
 i i . I T O 層 3 0 を有し；
 i i i . 第 2 のガラス基板 3 2 を有し；かつ、
 i v . S W I R 反射防止層 3 4 を有する、

10

前記光学系。

【請求項 2】

前記ショートパスフィルター 4 6 が凹形状を有する、請求項 1 に記載の光学系。

【請求項 3】

前記ショートパスフィルター 4 6 が凸形状を有する、請求項 1 に記載の光学系。

【請求項 4】

前記感光層 2 0 がフォトダイオードまたはフォトダイオードのアレイと置換され、前記第 1 の光学基板 1 2 が：

i . S W I R 高反射塗膜と；
 i i . I T O 層と
 i i i . フォトダイオードまたはフォトダイオードのアレイと；
 i v . 第 1 の L C 配向層とを有するようになっている、

20

請求項 1 に記載の光学系。

【請求項 5】

前記 L C 層 2 4 が、S W I R 光を集めることにより前記 V I S において光を発する有機発光ダイオード (O L E D) のアレイ (膜) と置換されている、請求項 1 に記載の光学系。

【請求項 6】

前記 V I S 源 5 4 としての緑色 L E D と偏光ビームスプリッター 5 2 とを有する読取ユニット、ならびに、前記光学基板 1 2 および前記光学基板 2 6 上の前記配向層 2 2 および前記配向層 2 8 が、当該系から除去されている、請求項 5 に記載の光学系。

30

【請求項 7】

前記 L C 層 2 4 が、S W I R の範囲において感度を有する蛍光層と置換されている、請求項 1 に記載の光学系。

【請求項 8】

前記 V I S 光源 5 4 としての緑色 L E D と偏光ビームスプリッター 5 2 とを有する読取ユニット、ならびに、前記光学基板 1 2 および前記光学基板 2 6 上の前記配向層 2 2 および前記配向層 2 8 が、当該系から除去されている、請求項 7 に記載の光学系。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

発明の分野

本発明は、フォトンアップコンバージョン装置の分野に基づく。特に、本発明は、短波赤外線光で検出された画像を可視波長範囲の画像へと変換するためのアップコンバージョン装置の分野に基づく。

40

【背景技術】

【0 0 0 2】

発明の背景

多くの分野において、フォトンアップコンバージョン装置に大きな関心がある。特に、ヒトがほぼ真っ暗闇である風景の画像を見ることを許容することが可能な装置の分野では

50

。この点で特に重要なのは、短波赤外線（SWIR）画像を目に見えるものへと変換することが可能な装置である。

【0003】

SWIRの波長範囲の重要性は、夜光（大気光としても知られる）のような自然光源の分光放射照度が、近赤外線（NIR）の範囲におけるものより、SWIRの範囲において数倍強いことである。また、霧および塵を通した透視度は、目に見えるものおよびNIRにおけるものと比べて、SWIRの範囲で非常に高い。したがって、可視光では日中でさえ見ることのできない風景および物体を、SWIRの自然光を用いて見ることができる。さらに、この波長範囲では、装置は冷却を必要としない。

【0004】

一般に、今日の進歩したSWIRを目に見えるものへとアップコンバージョン（上方変換）する装置は、高額であること、サイズや重量が相対的に大きいことを含むいくつかの欠陥を有し、かつ、液体窒素を用いた冷却を必要とする場合がある。さらに、提案されている他のアップコンバージョン装置は、低いSWIR光子吸収および変換工程の低効率による低い量子効率に悩まされる。

【0005】

液晶空間光変調器は、確立した技術である[1]。空間光変調器（SLM）を用いることにより、光線の位相および／または振幅が変調され得る。液晶（LC）装置を用いる2つの標準的なタイプの光変調がある。第1のタイプは、いわゆる電気アドレス指定SLM（EASLM）であり、ここでは、電気信号がLC分子の配向を操作し、該配向が順に、装置を通して伝達された／反射した光線の位相および／または振幅の変調を引き起こす。第2のタイプは、いわゆる光アドレス指定SLM（OASLM）であり、ここでは、波長

1を有する光信号がLC分子の配向を操作し、該配向が順に、波長2を有する第2の光線の位相および／または振幅の変調を引き起こす。操作信号は通常、書込光線と呼ばれ、伝達された／反射した光線は通常、読み取り光線と呼ばれ；この書込光線は通常、光伝導層により吸収され、かつ、液晶は、読み取り光線上で変調器[2]の役割を果たす。

【0006】

本発明の目的は、SWIR画像を可視画像へと変換するための、小型で低額のアップコンバージョン装置を提供することである。

【0007】

本発明のさらなる目的および利点は、明細書が進むにつれて現れるであろう。

【発明の概要】

【0008】

本明細書で言及される公報および他の参照材料は、以下の文章において数字で参照され、かつ、請求の範囲の直前に位置する添付の参考文献目録においてそれぞれグループ分けされる。

【0009】

本発明は、短波赤外線（SWIR）を可視波長（VIS）へとアップコンバージョンする光学系である。当該系は：

a. 第1のグラディウムレンズ44を有し、該第1のグラディウムレンズ44は、SWIR画像を光学系に投影し；

b. LC-OASLMユニット10を有し、該LC-OASLMユニット10は、第1のグラディウムレンズ44からSWIR画像を受け入れ；

c. VIS光源54を有し；

d. 第2のグラディウムレンズ50を有し、該第2のグラディウムレンズ50は、VIS源54からのVIS光をLC-OASLMユニット10上に焦点集中（focus）させ、かつ、LC-OASLMユニット10からのVIS画像を無限遠に向かって投影し；

e. ショートパスフィルター46を有し、該ショートパスフィルター46は、SWIR光をLC-OASLMユニット10上に反射させ、かつ、VIS源からのVIS光をLC-OASLMユニット10に伝達し、かつ、LC-OASLMユニット10から第2のグラ

10

20

30

40

50

ディウムレンズ 50 に戻し；かつ、
f . 偏光ビームスプリッター (P B S) 52 を有し；
L C - O A S L M ユニット 10 は：
A . 第 1 の光学基板 12 を有し、該第 1 の光学基板 12 は：
i . S W I R 高反射塗膜 14 を有し；
i i . 第 1 のガラス基板 16 を有し；；
i i i . I T O 層 18 を有し；
i v . S W I R 感光層 20 を有し；かつ、
v . 第 1 の L C 配向層 (a l i g n m e n t l a y e r ; 配列層) 22 を有し；
B . L C 層 24 を有し；
C . 第 2 の光学基板 26 を有し、該第 2 の光学基板 26 は：
i . 第 2 の L C 配向層 28 を有し；
i i . I T O 層 30 を有し；
i i i . 第 2 のガラス基板 32 を有し；かつ、
i v . S W I R 反射防止層 34 を有する。

【 0 0 1 0 】

本発明の光学系の実施形態では、ショートパスフィルター 46 は、凹形状を有し得る。

【 0 0 1 1 】

本発明の光学系の実施形態では、ショートパスフィルター 46 は、凸形状を有し得る。

【 0 0 1 2 】

本発明の光学系の実施形態では、感光層 20 は、フォトダイオードまたはフォトダイオードのアレイと置換され、第 1 の光学基板 12 が：

i . S W I R 高反射塗膜と；
i i . I T O 層と
i i i . フォトダイオードまたはフォトダイオードのアレイと；
i v . 第 1 の L C 配向層とを有するようになっている。

【 0 0 1 3 】

本発明の光学系の実施形態では、L C 層 24 は、S W I R 光を集めることにより V I S において光を発する有機発光ダイオード (O L E D) のアレイ (膜) と置換される。これらの実施形態では、緑色 L E D 54 と偏光ビームスプリッター 52 とを有する読取ユニットと、光学基板 12 および光学基板 26 上の配向層 22 および配向層 28 とは、当該系から除去される。

【 0 0 1 4 】

本発明の光学系の実施形態では、L C 層 24 は、S W I R の範囲において感度を有する蛍光層と置換される。これらの実施形態では、緑色 L E D 54 と偏光ビームスプリッター 52 とを有する読取ユニットと、光学基板 12 および光学基板 26 上の配向層 22 および配向層 28 とは、当該系から除去される。

【 0 0 1 5 】

本願発明の上述のすべておよび他の特徴と利点は、以下の実例的かつ非限定的なその実施形態の説明を通して、添付の図面を参照して、さらに理解されるであろう。

【 図面の簡単な説明 】**【 0 0 1 6 】**

【 図 1 】 図 1 は、液晶の光アドレス指定空間光変調器を概略的に示す。

【 図 2 】 図 2 は、本発明の S W I R を目に見えるものへとアップコンバージョンする系を概略的に示す。

【 発明を実施するための形態 】**【 0 0 1 7 】****発明の実施形態の詳細な説明**

本発明は、S W I R 画像を可視画像へとアップコンバージョンするための光学系である。本発明の光学系は、光学弁 (o p t i c a l v a l v e) の役割を果たす液晶光アド

10

20

30

40

50

レス指定空間光変調器（L C - O A S L M）と、光学装置のサイズおよび複雑性を軽減するための2つの任意的なグラディウムレンズとを有する。本発明の実施形態では、液晶層は、S W I R 光を集めることによりV I Sにおいて光を発する有機発光ダイオードのアレイ（膜）またはS W I R の範囲において感度を有する蛍光層と置換される。

【0018】

図1には、液晶光アドレス指定空間光変調器（L C - O A S L M）が描かれている。このL C - O A S L M 1 0は、光学弁の役割を果たし、第1の光学基板1 2と、第2の光学基板2 6と、液晶（L C）層2 4とを有する。第1の光学基板は、第1の光学ガラス基板1 6を有し、該第1の光学ガラス基板1 6は、その左端面に配置されたS W I R 高反射（H R）塗膜1 4と、その右端面に配置された酸化インジウム錫（I T O）層1 8および薄膜感光材料2 0（フォトセンサー）とで被覆されている。この複合ガラスは、L C - O A S L Mの構造において基板のうちの1つとして用いられ；L C 材料は、第1の光学基板1 2上にある第1の配向層2 2と第2の光学基板2 6上にある第2の配向層2 8との間に積み重ねられる。L C 装置の調製・構築手順についての包括的な概観は、[3]において見出すことができる。第2の光学基板2 6は、その左端面をI T O膜3 0で被覆された第2のガラス基板3 2を有し、該I T O膜3 0は、感光膜2 0とともにL Cセル1 0全体に電界を分配する透明電極として用いられる。I T O被覆ガラスの右端面には、L C - O A S L MからのS W I R 光の推移性を改善するために、反射防止被覆層3 4が配置される。

【0019】

S W I R 光線が感光層2 0上に投影されるとき、局所的な電子・正孔電荷分離が生じ、L Cセル1 0全体にわたって局所電圧レベルに影響を与える。結果として、この領域内のL C分子はそれらの配向を変更し、このことは、複屈折分散または有効屈折率の局所変調の原因となる；この手順は通常、「書込」と呼ばれる[4]。可視光線がO A S L M 1 0に入射するとき、反射光線は、局所電圧変化が起きた領域においてのみ変調される；この手順は通常、「読み取り」と呼ばれる[5、6]。

【0020】

図2は、本発明のS W I R を目に見えるものへとアップコンバージョンする系4 0を概略的に示す。当該光学装置は、ミラー（M i r a u）対物レンズと同様に機能する第1のグラディウムレンズ4 4を有する。図1において詳述したL C - O A S L Mは、対物レンズ4 4の中央に配置され、かつ、第1のグラディウムレンズ4 4のための環状開口部としての役割も果たす。第1のグラディウムレンズ4 4の右側には、S W I R 波長4 2を反射し、かつ、可視光4 8を伝達するショートパスフィルター4 6がある。ショートパスフィルター4 6は、そこからそれが第1のグラディウムレンズ4 4の焦点面においてL C - O A S L M 1 0に向けて書き込み光線を反射させ、かつ、第2のグラディウムレンズ5 0の後焦点面に読み取り光線を伝達するであろう位置に配置される。ショートパスフィルター4 6は、図2に描かれるように平坦であり得、また、湾曲（凹形または凸形）であり得、最小の部品点数をもってフォトセンサー上で正像が取得されるようになっている。第2のグラディウムレンズbと偏光ビームスプリッター（P B S）5 2とは、ショートパスフィルターbの後に配置される。P B S 5 2の上には、読み取り光線として機能する緑色L E D 5 4がある。第1のグラディウムレンズ4 4は、S W I R 光の伝達を最大化するためにその表面全体に配置されたS W I R 反射防止コーティング5 8を有する。第2のグラディウムレンズ5 0は、可視光の伝達を最大化するためにその表面全体に堆積（d e p o s i t）された可視反射防止コーティング6 0を有する。図2に示される光学変換系全体は、第1のグラディウムレンズ4 4により集められたS W I R 画像と同一の可視画像をヒトの目5 6に投影する。

【0021】

左側から入ってくるS W I R 光4 2は、第1のグラディウムレンズ4 4によりショートパスフィルター4 6上に回折され、これがL C - O A S L M層1 0に向けてS W I R 光を反射させ、書き込み手順を起こす。同時に、可視読み取り光は、緑色L E D 5 4からP B S 5 2上に投影され、該P B S 5 2は、S 偏光成分とP 偏光成分とを、誘電ビームスプリッターコ

ーティングにおいて第2のグラディウムレンズに向けてS成分を反射させる一方で、P成分の通過を許容することにより分離する。偏光読取光線は、LC-OASLM10に焦点集中し、該LC-OASLM10は、反射において作用する光学LC弁の役割を果たす。可視光は、SWIR画像を読み取り、かつ、液晶によって引き起こされる複屈折性の変調による偏光を変化させる。目に見えるP偏光は、第2のグラディウムレンズ50を通ってLC-OASLM10からPBS52に向かって戻るように反射し、かつ、ヒトの目56まで進み続ける。図2に示される光学配置を用いると、看者の見る可視画像はSWIR画像に対して逆さまであるが、最終画像を反転させるための本技術分野で公知のいくつかの異なる選択肢がある。

【0022】

10

本発明の別の実施形態では、LC層は、SWIR光により生成されるフォトセンサーからの光電流を受け取る際に可視光を発する有機発光ダイオード(OLED)のアレイ(膜)と置換される。この場合、緑色LED54と偏光ビームスプリッター52とを有する読取ユニットは、除去され得る。また、OLEDアレイが用いられるとき、光学基板12および光学基板26上にある配向層22および配向層28は不要である。

【0023】

本発明の別の実施形態では、LC層は、SWIRの範囲において感度を有する蛍光層と置換される。この場合、緑色LED54と偏光ビームスプリッター52とを有する読取ユニットならびに光学基板12および光学基板26上にある配向層22および配向層28は、当該系から除去され得る。

20

【0024】

本発明の別の実施形態では、フォトセンサーは、SWIR光に対して敏感であるフォトダイオード構造またはフォトダイオードのアレイでできてもよい。

【0025】

本発明の実施形態が図面を介して説明されてきたが、本発明が、請求の範囲を超えることなく、多くの変形、修正および改造を用いて実行されてもよいことは理解されるであろう。

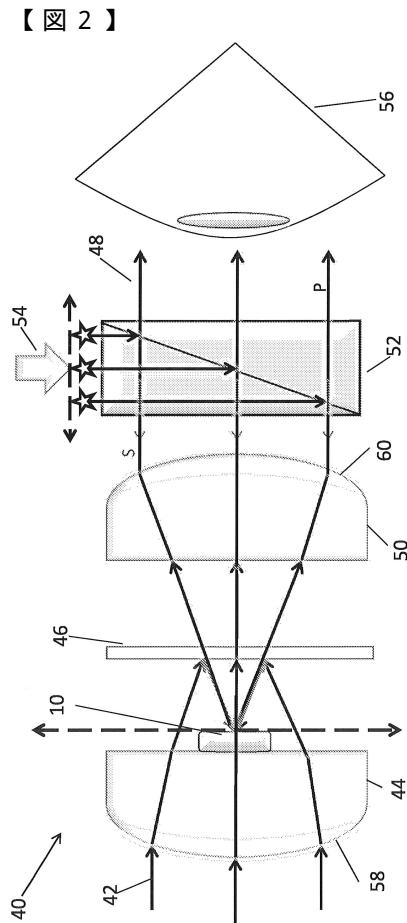
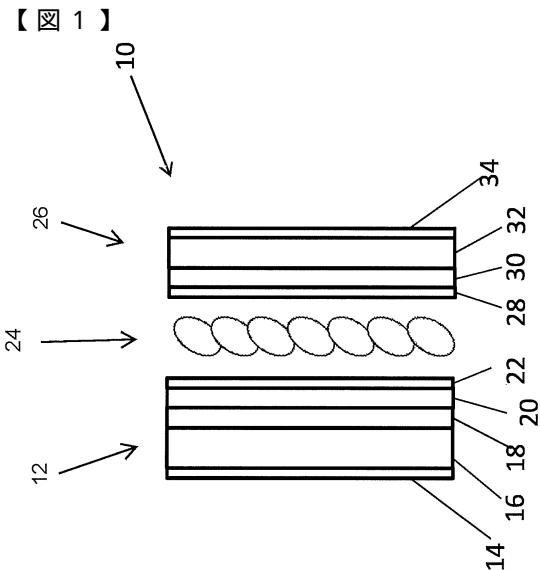
【0026】

参考文献目録

- [1] Efron, Uzi, ed., *Spatial light modulator technology: materials, devices, and applications*. Vol. 47. CRC Press, 1994.
- [2] Kirzhner, Miri Gelbaor, et al. "Liquid crystal high-resolution optically addressed spatial light modulator using a nanodimensional chalcogenide photosensor." *Optics letters* 39.7 (2014): 2048-2051.
- [3] Safrani, Avner, *Spectropolarimetric systems for biomedical imaging and liquid crystal devices applications*. / [Beer Sheva]: Ben Gurion University of the Negev, 2009. M.Sc Thesis.
- [4] Bortolozzo, Umberto, Stefania Residori, and Jean-Pierre Huignard. "Transmissive liquid crystal light-valve for near-infrared applications," *Applied optics* 52.22 (2013): E73-E77.
- [5] Kelly, S. M., and M. O'Neill, "Liquid crystals for electro-optic applications." *Handbook of advanced electronic and photonic materials and devices* 7 (2000) .
- [6] Residori, Stefania, "Patterns, fronts and structures in a liquid-crystal-light-valve with optical feedback." *Physics Reports* 416.5 (2005): 201-272.

30

40



フロントページの続き

(74)代理人 100163658
弁理士 小池 順造
(74)代理人 100174296
弁理士 當麻 博文
(74)代理人 100137729
弁理士 赤井 厚子
(74)代理人 100151301
弁理士 戸崎 富哉
(72)発明者 サフラー二、アヴナー
イスラエル国、2018700 ミツペ アヴィイヴ、ディー・エヌ・ミスガヴ、ピーオービー 6
05
(72)発明者 アブドゥルハリム、イブラヒム
イスラエル国、9976100 ワハト - アッサラーム - ニーヴ シャロム、ハウス 54
(72)発明者 マゲン、ヴィキ
イスラエル国、5848103 ホロン、デヴィッド エラザール ストリート 51
(72)発明者 サルシ、ガビー
イスラエル国、7520619 リション レジオン、AIN SHATIN ストリート 3

審査官 横井 亜矢子

(56)参考文献 特開2010-067861(JP, A)
特表2003-510649(JP, A)
特開2000-171824(JP, A)
特表2005-505795(JP, A)
米国特許出願公開第2007/0216985(US, A1)
米国特許出願公開第2008/0011941(US, A1)
米国特許第9054262(US, B2)
中国特許出願公開第102661797(CN, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02F 1/13, 1/137-1/141
G02F 1/00-1/125, 1/21-7/00
G02F 1/1335, 1/13363, 1/13357
G02B 5/20-5/28
Japio - GPG/FX