

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2020-91419

(P2020-91419A)

(43) 公開日 令和2年6月11日(2020.6.11)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
G09F 9/00 (2006.01)	G09F 9/00 3 2 4	2 H 0 8 8
H01L 31/055 (2014.01)	H01L 31/04 6 2 2	2 H 2 9 1
G02F 1/1335 (2006.01)	G02F 1/1335	2 H 3 9 1
G02F 1/13 (2006.01)	G02F 1/13 5 0 5	5 F 1 5 1
G02F 1/13357 (2006.01)	G02F 1/13357	5 G 4 3 5
審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 31 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号 特願2018-229069 (P2018-229069)
 (22) 出願日 平成30年12月6日 (2018.12.6)

特許法第30条第2項適用申請有り ウェブサイトの掲載日 平成30年11月24日 ウェブサイトのアドレス <https://www.idw.or.jp/IDW18FP.pdf>

(71) 出願人 593006630
 学校法人立命館
 京都府京都市中京区西ノ京東梅尾町8番地
 110000796
 (74) 代理人 特許業務法人三枝国際特許事務所
 (72) 発明者 藤枝 一郎
 滋賀県草津市野路東1-1-1 立命館大学
 びわこ・くさつキャンパス内
 (72) 発明者 繁田 光浩
 滋賀県草津市野路東1-1-1 立命館大学
 びわこ・くさつキャンパス内
 Fターム(参考) 2H088 EA33 EA47 GA02 GA13 GA14
 HA02 HA07 HA08 HA28 JA05
 JA06

最終頁に続く

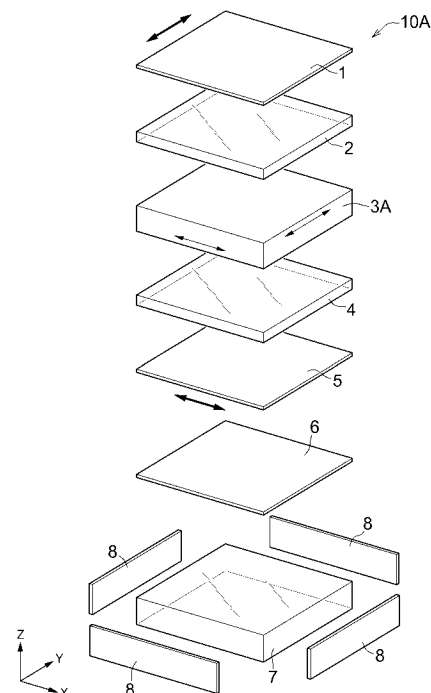
(54) 【発明の名称】 表示装置

(57) 【要約】

【課題】高精細な画像を表示することが可能でさらに薄型化された、改良された発電機能を有する表示装置を提供する。

【解決手段】表示装置10Aは、光を吸収する蛍光体6から放射される蛍光が内部を伝搬する導光体7と、導光体7の端面に配置され、導光体7の内部を伝搬する蛍光を光電変換する光電変換部8と、液晶層を含む偏光制御部3Aであって、導光体7の外光が入射する一方の面側に配置され、蛍光体6から放射され液晶層を透過する蛍光の偏光状態を制御することにより、画素の表示を切り替える偏光制御部3Aと、を備え、蛍光体6から放射される一部の蛍光により画素を表示し、一部の蛍光により発電する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

光を吸収する蛍光体から放射される蛍光が内部を伝搬する導光体と、
前記導光体の端面に配置され、前記導光体の内部を伝搬する前記蛍光を光電変換する光電変換部と、

液晶層を含む偏光制御部であって、前記導光体の外光が入射する一方の面側に配置され、前記蛍光体から放射され前記液晶層を透過する前記蛍光の偏光状態を制御することにより、画素の表示を切り替える偏光制御部と、
を備え、

前記蛍光体から放射される一部の前記蛍光により前記画素を表示し、一部の前記蛍光により発電する、表示装置。

10

【請求項 2】

前記偏光制御部は、前記導光体の前記一方の面側に、空気層を介して配置されている、請求項 1 に記載の表示装置。

【請求項 3】

前記偏光制御部は、前記導光体の前記一方の面側に、誘電体層を介して配置されている、請求項 1 に記載の表示装置。

【請求項 4】

前記蛍光体は、前記導光体の表面または内部に配置されている、請求項 1 または 2 に記載の表示装置。

20

【請求項 5】

前記蛍光体は、前記光の吸収および前記蛍光の発光に異方性を有し、前記液晶層内に混合されている、請求項 1 から 3 のいずれか一項に記載の表示装置。

【請求項 6】

前記導光体の他方の面側に配置される面状の光源をさらに備える、請求項 1 から 5 のいずれか一項に記載の表示装置。

【請求項 7】

複数の前記画素のそれぞれの位置において、前記液晶層の外光が入射する一方の面側に配置される上部帯域透過フィルタをさらに備え、

30

前記蛍光体は、複数の種類の蛍光材料を含み、

複数の種類の前記蛍光材料のそれぞれについて、前記上部帯域透過フィルタは、当該蛍光材料を励起する波長範囲の光と、当該蛍光材料が放射する波長範囲の光とを透過させる、請求項 1 から 5 のいずれか一項に記載の表示装置。

【請求項 8】

前記導光体の他方の面側に配置される面状の光源と、

複数の前記画素のそれぞれの位置において、前記液晶層の他方の面側に配置される下部帯域透過フィルタと、

をさらに備え、

複数の種類の前記蛍光材料のそれぞれについて、前記下部帯域透過フィルタは、当該蛍光材料を励起する波長範囲の光と、当該蛍光材料が放射する波長範囲の光とを透過させる、請求項 7 に記載の表示装置。

40

【請求項 9】

光拡散層をさらに備え、

当該光拡散層は、前記導光体の他方の面側に配置されている、または、前記導光体の前記一方の面側の、前記導光体と前記偏光制御部との間に配置されている、請求項 1 から 8 のいずれか一項に記載の表示装置。

【請求項 10】

前記蛍光体は、前記光の吸収および前記蛍光の発光に異方性を有し、

前記導光体の他方の面側に配置される偏光板をさらに備える、請求項 1 から 5 および 7 のいずれか一項に記載の表示装置。

50

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は表示装置に関し、より詳細には、発電機能を有する表示装置に関する。

【背景技術】

【0002】

発電機能を有する従来の表示装置としては、例えば図14および図15に例示する特許文献1に記載の表示装置が挙げられる。

【0003】

図14に示す表示装置では、Luminescent Solar Concentrator (LSC)に光源95aを正対させる。LSCは、2枚の透明基板92の間に蛍光体層93が配置され、端面に太陽電池94が配置されて構成されている。光源95aから放射された光が蛍光体層93内の蛍光体を励起し、蛍光体が蛍光を放射する。したがって、図14に示す構成は照明装置として機能する。また、外光Lextが入射すると蛍光が放射され、その一部は透明基板92の内部を伝搬して太陽電池94に至り、光電変換される。したがって、図14に示す構成は発電装置として機能する。

【0004】

一方で、図14に示す構成では、高精細な画像を表示することが困難である。仮に、例えばLEDを2次元に配列して個々のLEDを独立して点灯可能な構成を光源95aとして用いれば、簡単な画像を表示することができる。しかしながら、高精細な画像を表示するためには、LEDを高密度に配列する必要がある。例えば、スマートフォン用のディスプレイのような大きさの画像を表示するためには、製造コストが増加するため、このような構成は実用的ではない。

【0005】

高精細な画像を表示するためには、図15に示すように、外部の光源95bから強度を変調した励起光LBをLSC上で走査するとよい。あるいは、Digital Micro-mirror Device (DMD)のような空間光変調器を用いて面状の励起光パターンを入射してもよい。いずれの場合も、励起光の強度に応じた強度の蛍光が放射されるため、高精細な画像が表示される。また、蛍光の一部は太陽電池94に至って光電変換されるため、図15の構成は発電装置として機能する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開2017-183720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、図15に示す構成では、光を投射する距離が必要となるため、装置が大型化する。装置が大型化すると、スマートフォン等の携帯機器に搭載することは困難となる。発電機能を有する従来の表示装置には、さらなる改良が求められている。

【0008】

本発明は、上記課題を解決するためになされたものであり、その目的は、高精細な画像を表示することが可能でさらに薄型化された、改良された発電機能を有する表示装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0009】

上記目的を達成するための本発明は、例えば以下に示す態様を含む。

(項1)

光を吸収する蛍光体(6, 6R, 6G, 15, 16, 37, 37R, 37G)から放射される蛍光が内部を伝搬する導光体(7, 4)と、

10

20

30

40

50

前記導光体（ 7 , 4 ）の端面に配置され、前記導光体（ 7 , 4 ）の内部を伝搬する前記蛍光を光電変換する光電変換部（ 8 ）と、

液晶層（ 3 3 A , 3 3 B , 3 3 C ）を含む偏光制御部であって、前記導光体（ 7 , 4 ）の外光が入射する一方の面側に配置され、前記蛍光体（ 6 , 6 R , 6 G , 1 5 , 1 6 , 3 7 , 3 7 R , 3 7 G ）から放射され前記液晶層（ 3 3 A , 3 3 B , 3 3 C ）を透過する前記蛍光の偏光状態を制御することにより、画素の表示を切り替える偏光制御部（ 3 A , 3 B , 3 C ）と、

を備え、

前記蛍光体（ 6 , 6 R , 6 G , 1 5 , 1 6 , 3 7 , 3 7 R , 3 7 G ）から放射される一部の前記蛍光により前記画素を表示し、一部の前記蛍光により発電する、表示装置。

（ 項 2 ）

前記偏光制御部（ 3 A ）は、前記導光体（ 7 , 4 ）の前記一方の面側に、空気層（ 1 1 ）を介して配置されている、項 1 に記載の表示装置。

（ 項 3 ）

前記偏光制御部（ 3 A ）は、前記導光体（ 7 , 4 ）の前記一方の面側に、誘電体層（ 9 ）を介して配置されている、項 1 に記載の表示装置。

（ 項 4 ）

前記蛍光体（ 6 , 6 R , 6 G , 1 5 , 1 6 ）は、前記導光体（ 7 , 4 ）の表面または内部に配置されている、項 1 または 2 に記載の表示装置。

（ 項 5 ）

前記蛍光体（ 3 7 , 3 7 R , 3 7 G ）は、前記光の吸収および前記蛍光の発光に異方性を有し、前記液晶層（ 3 3 B , 3 3 C ）内に混合されている、項 1 から 3 のいずれか一項に記載の表示装置。

（ 項 6 ）

前記導光体（ 7 , 4 ）の他方の面側に配置される面状の光源（ 1 3 ）をさらに備える、項 1 から 5 のいずれか一項に記載の表示装置。

（ 項 7 ）

複数の前記画素のそれぞれの位置において、前記液晶層（ 3 3 A , 3 3 C ）の外光が入射する一方の面側に配置される上部帯域透過フィルタ（ 4 1 R₁ , 4 1 G₁ ）をさらに備え、

前記蛍光体（ 6 R , 6 G , 3 7 R , 3 7 G ）は、複数の種類の蛍光材料を含み、

複数の種類の前記蛍光材料のそれぞれについて、前記上部帯域透過フィルタ（ 4 1 R₁ , 4 1 G₁ ）は、当該蛍光材料を励起する波長範囲の光と、当該蛍光材料が放射する波長範囲の光とを透過させる、項 1 から 5 のいずれか一項に記載の表示装置。

（ 項 8 ）

前記導光体（ 7 , 4 ）の他方の面側に配置される面状の光源（ 1 3 ）と、

複数の前記画素のそれぞれの位置において、前記液晶層（ 3 3 A , 3 3 C ）の他方の面側に配置される下部帯域透過フィルタ（ 4 1 R₂ , 4 1 G₂ ）と、
をさらに備え、

複数の種類の前記蛍光材料のそれぞれについて、前記下部帯域透過フィルタ（ 4 1 R₂ , 4 1 G₂ ）は、当該蛍光材料を励起する波長範囲の光と、当該蛍光材料が放射する波長範囲の光とを透過させる、項 7 に記載の表示装置。

（ 項 9 ）

光拡散層（ 1 4 ）をさらに備え、

当該光拡散層（ 1 4 ）は、前記導光体（ 7 , 4 ）の他方の面側に配置されている、または、前記導光体（ 7 , 4 ）の前記一方の面側の、前記導光体（ 7 , 4 ）と前記偏光制御部（ 3 A , 3 B , 3 C ）との間に配置されている、項 1 から 8 のいずれか一項に記載の表示装置。

（ 項 1 0 ）

前記蛍光体（ 1 5 , 1 6 , 3 7 , 3 7 R , 3 7 G ）は、前記光の吸収および前記蛍光の

10

20

30

40

50

発光に異方性を有し、

前記導光体（７，４）の他方の面側に配置される偏光板（５，１７）をさらに備える、
項１から５および７のいずれか一項に記載の表示装置。

【発明の効果】

【００１０】

本発明によると、高精細な画像を表示することが可能でさらに薄型化された、改良された発電機能を有する表示装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【００１１】

【図１】本発明の第１の実施形態に係る表示装置の分解斜視図である。

10

【図２】本発明の第１の実施形態に係る表示装置の模式的な断面図である。

【図３】第１の実施形態の第１の変形例に係る表示装置の模式的な断面図である。

【図４】第１の実施形態の第２の変形例に係る表示装置の模式的な断面図である。

【図５】第１の実施形態の第３の変形例に係る表示装置の模式的な断面図である。

【図６】第１の実施形態の第４の変形例に係る表示装置の模式的な断面図である。

【図７】本発明の第２の実施形態に係る表示装置の分解斜視図である。

【図８】本発明の第２の実施形態に係る表示装置の模式的な断面図である。

【図９】第２の実施形態の第１の変形例に係る表示装置の模式的な断面図である。

【図１０】本発明の第３の実施形態に係る表示装置の分解斜視図である。

20

【図１１】本発明の第３の実施形態に係る表示装置の模式的な断面図である。

【図１２】第３の実施形態の第１の変形例に係る表示装置の模式的な断面図である。

【図１３】本発明の第４の実施形態に係る表示装置の模式的な断面図である。

【図１４】発電機能を有する従来が表示装置の模式図である。

【図１５】発電機能を有する従来が表示装置の模式図である。

【発明を実施するための形態】

【００１２】

以下、本発明の実施形態を、添付の図面を参照して詳細に説明する。なお、以下の説明および図面において、同じ符号は同じまたは類似の構成要素を示すこととし、よって、同じまたは類似の構成要素に関する重複した説明を省略する。

【００１３】

30

また、以下の説明では、或る構成要素と他の構成要素との位置関係を説明する際の表現として、「垂直」、「平行」および「直交」等の表現を用いているが、これらの表現は、厳密に「垂直」、「平行」、「直交」であることのみを意味するのではなく、概ね「垂直」、「平行」、「直交」であることを含む意味として説明する。

【００１４】

[第１の実施形態]

(概要)

本発明の第１の実施形態では、表示装置（１０Ａ，１０Ｂ，１０Ｃ，１０Ｄ，１０Ｅ）は、

光を吸収する蛍光体（６，６Ｒ，６Ｇ，１５，１６）から放射される蛍光が内部を伝搬する導光体（７）と、

40

導光体（７）の端面に配置され、導光体（７）の内部を伝搬する蛍光を光電変換する光電変換部（８）と、

液晶層（３３Ａ）を含む偏光制御部であって、導光体（７）の外光が入射する一方の面側に配置され、蛍光体（６，６Ｒ，６Ｇ，１５，１６）から放射され液晶層（３３Ａ）を透過する蛍光の偏光状態を制御することにより、画素の表示を切り替える偏光制御部（３Ａ）と、

を備え、蛍光体（６，６Ｒ，６Ｇ，１５，１６）から放射される一部の蛍光により画素を表示し、一部の蛍光により発電する。

蛍光体（６，６Ｒ，６Ｇ，１５，１６）は、導光体（７）の表面または内部に配置され

50

ている。偏光制御部(3A)は、導光体(7)の一方の面側に、空気層(11)を介して配置されている。空気層(11)は、偏光制御部(3A)と蛍光体(6, 6R, 6G, 15, 16)との間に配置されている。蛍光体(6, 6R, 6G, 15, 16)は、偏光制御部(3A)と導光体(7)の一方の面側との間に配置されている。蛍光体(6, 6R, 6G, 16)は層状に形成されていてもよい。

【0015】

第1の実施形態に係る表示装置10Aによると、高精細な画像を表示することが可能でさらに薄型化された、改良された発電機能を有する表示装置を提供することができる。

【0016】

(構成)

図1は、本発明の第1の実施形態に係る表示装置の分解斜視図である。図2は、本発明の第1の実施形態に係る表示装置の模式的な断面図である。

【0017】

第1の実施形態に係る表示装置10Aは、上部偏光板1と、上部透明基板2と、液晶層33Aを含む偏光制御部3Aと、下部透明基板4と、下部偏光板5と、蛍光体層6と、導光体7と、光電変換部8と、を備える。第1の実施形態に係る表示装置10Aは、蛍光体層6から放射される蛍光FLのON/OFFを、偏光制御部3Aにより切り替えることにより、画像の表示を行う。

【0018】

上部偏光板1と、上部透明基板2と、液晶層33Aを含む偏光制御部3Aと、下部透明基板4と、下部偏光板5とは積層されて、液晶パネルを構成している。上部偏光板1の透過軸は図中y軸に沿った方向とし、下部偏光板5の透過軸は図中x軸に沿った方向とする。上部偏光板1の透過軸と下部偏光板5の透過軸とは直交している。例示的には、液晶パネルには、twisted nematic (TN)パネルを用いることができる。

【0019】

本実施形態では、蛍光体層6と導光体7とは積層されて、液晶パネルを構成している下部偏光板5の下方に、空気層11を介して配置されている。第1の実施形態に係る表示装置10Aは、蛍光体層6が液晶パネルに積層された積層構造と呼ぶことができる。

【0020】

本実施形態では、蛍光体層6と導光体7と光電変換部8とがLSC(Luminescent Solar Concentrator)を構成している。本実施形態では、発光材料を含む蛍光体の層を蛍光体層6として用い、導光体7の表面に蛍光体層6を配置した構成のLSCを用いる。これに代えて、導光体7の内部に蛍光体を一様に分散させた構成のLSCを用いてもよい。あるいは、導光体7内に蛍光体層6を介装した構成のLSCとしてもよい。発光材料に含まれている蛍光体は、外光Lex等の光を吸収して蛍光FLを放射する。放射される蛍光FLは、可視光域の蛍光が好ましい。本実施形態において用いる蛍光体には、等方性または異方性を有する種々の蛍光体材料を用いることができる。

【0021】

光電変換部8は、本実施形態では導光体7の端面に配置されており、導光体7の内部を伝搬する蛍光FLを光電変換する。光電変換により得られた電力は、図示しない二次電池等の蓄電池に蓄えられる。蓄電池は、表示装置10Aが備えていてもよいし、電力線に接続されて表示装置10Aとは別体に構成されていてもよい。光電変換部8には、例えば太陽電池を用いることができる。光電変換部8は、導光体7の端面に密着させて配置することが好ましい。

【0022】

本実施形態では、液晶パネルを構成する下部偏光板5とLSCを構成する蛍光体層6との間に、空気層11が存在する。あるいは、空気層11に代えて、低屈折率の透明な誘電材料を介して下部偏光板5と蛍光体層6とを接着してもよい。例えば、旭硝子株式会社(AGC Inc.)の製品「サイトップ」(登録商標)の屈折率は1.33であり、水と同等である。この値は標準的な樹脂やガラス材料の屈折率1.5より低いため、蛍光FL

10

20

30

40

50

が全反射により導光体 7 の内部に閉じ込められ易くなる。ここで重要なのは、誘電材料の屈折率の値そのものではなく、導光体 7 との屈折率の差を大きくすることである。これにより 2 つの材料の界面での全反射の臨界角が大きくなり、蛍光 F L が光電変換部 8 に至る確率が増加する。例えば、導光体 7 として標準的な屈折率 1.5 程度の樹脂やガラス材料ではなく、屈折率 1.8 程度のガラス材料を使うことが発電量の増加に有効である。

【0023】

偏光制御部 3 A は、共通電極 3 1 と、上部配向膜 3 2 と、液晶層 3 3 A と、下部配向膜 3 4 と、画素電極 3 5 と、を含む。液晶層 3 3 A は液晶分子 3 6 を含み、上部配向膜 3 2 および下部配向膜 3 4 間に介装されている。共通電極 3 1 は上部配向膜 3 2 上に配置されており、画素電極 3 5 は下部配向膜 3 4 下の下部透明基板 4 上に配置されている。共通電極 3 1 および画素電極 3 5 は、例えば I T O (Indium Tin Oxide) 等により、一様な透明電極として形成されている。

10

【0024】

図 2 を参照して、第 1 の実施形態に係る表示装置 1 0 A の断面構造を説明する。図 2 に示す断面図の上部は、例示的な T N 形式の液晶パネルの隣り合う画素間の境界領域の構成を示している。即ち、下部透明基板 4 上の画素電極 3 5 は、画素毎に分離されており、図示していない薄膜トランジスタ (T F T) などにより電位が設定される。T F T を駆動するために、金属材料を用いて下部透明基板 4 の表面に配線 3 8 が形成されている。上部透明基板 2 の下方には、共通電極 3 1 が配置されている。配線 3 8、共通電極 3 1 および画素電極 3 5 上には、液晶パネルの略全面にわたって上部配向膜 3 2 または下部配向膜 3 4 が形成されており、液晶分子 3 6 を配向する。配向方向は、上部配向膜 3 2 では図中 y 軸方向であり、下部配向膜 3 4 では図中 x 軸方向である。電圧を印加しない ($V = 0$) 場合には、図の左側に示すように、液晶分子 3 6 は 90° ねじれている。液晶分子 3 6 の駆動に十分な電圧が印加されると、図の右側に示すように、液晶分子 3 6 は電気力線に平行に配向する。画素間の境界には、光吸収体層 3 9 (ブラックマトリクス) が格子状に形成されており、光吸収体層 3 9 が形成されている領域では光の透過が防止される。

20

【0025】

なお、例示的な寸法として、上部透明基板 2、下部透明基板 4 および導光体 7 は、それぞれ約 0.5 mm 程度の厚さを有しており、上部配向膜 3 2、下部配向膜 3 4、共通電極 3 1、画素電極 3 5 および液晶層 3 3 A 等の、液晶パネルを構成する他の構成要素に比べてはるかに厚い。

30

【0026】

(動作)

図 2 を参照して、第 1 の実施形態に係る表示装置 1 0 A の動作を説明する。外光 L e x t が上部偏光板 1 に入射すると、上部偏光板 1 の透過軸に平行な偏光成分 (図中 y 軸方向) が透過して、液晶層 3 3 A に入射する。

【0027】

液晶層 3 3 A に電圧が印加されていない図中左側の領域では、外光 L e x t は、偏光制御部 3 A において偏光面が進行方向に垂直な面内で 90° 回転されて、蛍光体層 6 に至る。外光 L e x t の偏光面と下部偏光板 5 の偏光軸とは平行となっており、外光 L e x t は下部偏光板 5 を透過することができる。この状態は、液晶パネルが光を透過させる、液晶シャッターが「ON」の状態である。蛍光体層 6 に至った外光 L e x t は蛍光体に効率よく吸収されて、蛍光体は蛍光 F L を放射する。また、液晶シャッターが「ON」の状態では、蛍光体層 6 において放射された蛍光 F L の一部は、液晶パネルを透過して上方へ伝搬し、外部へ放射される。これにより、この領域では「白」が表示される。ここで、液晶シャッターの透過率は連続して設定できるので、「白」という表現は中間調を含む。

40

【0028】

蛍光 F L の一部は、液晶パネルを透過して外部へ放射されるものの、大部分の蛍光 F L は導光体 7 内に閉じ込められる。例示的には、導光体 7 の材料が約 1.5 の標準的な屈折率を有する場合、全反射の臨界角は約 42° となり、約 75 % の蛍光 F L が導光体 7 内に

50

閉じ込められる。導光体 7 内に閉じ込められた蛍光 F L は、全反射を繰り返して導光体 7 の内部を伝搬し、導光体 7 の端面に配置された光電変換部 8 に至る。光電変換部 8 に到達した蛍光 F L は、光電変換により電力に変換され、図示しない蓄電池に蓄えられる。

【0029】

液晶層 33 A に電圧が印加されている図中右側の領域では、外光 L e x t は液晶層 33 A を透過するが、液晶層 33 A において偏光面は回転されない。外光 L e x t の偏光面と下部偏光板 5 の偏光軸とは垂直となっており、外光 L e x t は下部偏光板 5 を透過することができない。この状態は、液晶パネルが光を透過させない、液晶シャッターが「OFF」の状態である。外光 L e x t は蛍光体層 6 に至ることができず、蛍光 F L は放射されない。これにより、この領域では「黒」が表示される。以上に説明した通り、画素毎に「白」(中間調)と「黒」の表示を設定することにより、外光を利用して画像表示と発電とが実現される。

10

【0030】

(発電機能)

以下、第 1 の実施形態に係る表示装置 10 A の構成を一例として、本発明に係る表示装置の発電機能について説明する。

【0031】

一般に、太陽電池の発電機能を定量的に比較するためには、パワー変換効率 η_{PCE} (PCE: Power Conversion Efficiency) が用いられる。パワー変換効率 η_{PCE} は、入射光のパワーと出力される電力との比として定義される。太陽光のスペクトルは場所や時刻や天気などで変化し、また、太陽電池には多くの種類があり、変換効率も様々である。このため、LSC のパワー変換効率 η_{PCE} を評価する際には、使用する太陽電池の特性を特定し、標準の太陽光スペクトルの下で出力電力を測定する。例えば、GaAs 太陽電池を用いた LSC (入射面の面積は $5\text{ cm} \times 5\text{ cm}$ で厚さは 0.5 cm) では、標準の太陽光スペクトル "AM1.5G" (放射照度 100 mW/cm^2 に相当) の条件下で、パワー変換効率 η_{PCE} が最大で約 7 % になることが報告されている。(参考文献: L. H. Slooff, et al., phys. stat. sol. (RRL) 2, No. 6, 257-259, 2008.)

20

【0032】

本実施形態では、液晶パネルを透過した外光が蛍光体に入射する。外光は太陽光に限定されないが、まずは非表示状態の装置に太陽光が入射して発電する場合について説明する。以下の数値例では、様々な条件を仮定しながら発電効率を求める。透過率が 0.10 の液晶パネルを用いると、AM1.5G の太陽光の場合では、蛍光体層 6 での放射照度は 10 mW/cm^2 となる。蛍光体の量子効率 (入射した光子がそれより低エネルギーの光子に変換される確率) を 0.8 とすると、このときに蛍光体が発射する蛍光のパワー密度は 8 mW/cm^2 である。導光体 7 の外寸が $5\text{ cm} \times 5\text{ cm} \times 1\text{ cm}$ とすると、放射される蛍光のパワーは $8\text{ mW/cm}^2 \times 25\text{ cm}^2 = 200\text{ mW}$ となる。ここで、蛍光が等方的に放射される場合には、標準的な屈折率 1.5 の導光体 7 に蛍光が閉じ込められる確率は約 0.75 である。さらに、導光体 7 の内部に閉じ込められた蛍光が伝搬するときの損失が無いと仮定すると、導光体 7 の 4 つの端面に設置された太陽電池 8 の表面には、 $200\text{ mW} \times 0.75 = 150\text{ mW}$ のパワーの蛍光が到達する。結晶シリコンの太陽電池 8 を導光体 7 の 4 つの端面に配置すると仮定し、標準的なパワー変換効率 η_{PCE} を 15 % と仮定する。この場合には、装置の発電量は、 $150\text{ mW} \times 0.15 = 22.5\text{ mW}$ となる。

30

40

【0033】

以上の説明では、装置の入力面が太陽光によって一様に照射されることが前提となっている。しかし、本発明では次の点において従来の LSC とは前提条件が異なっている。第一に、装置に入射する光は太陽光に限定されない。第二に、入射光の一部は液晶パネルで吸収または反射され、透過した一部の光が蛍光体を励起する。第三に、一般的な使用状態では、装置の全面に一様に光が入射するとは限らない。特に、画像を表示する際には、蛍光体に入射する光の強度分布は不均一になる。そこで、以下では、これらの条件の下で入射光のパワーが電力に変換される過程を解析する。

50

【 0 0 3 4 】

前述のように、本発明の装置の一般的な使用状態では、入射光の強度分布は一様ではない。このため、装置の表面の1点に光が入射したときに導光体の端面に蛍光が到達する場合の光学的な効率を、解析に用いるのが合理的である。この効率 η_{opt} は次式で定義される。

【 0 0 3 5 】

【 数 1 】

$$\eta_{opt} \equiv \frac{P_{edge}}{P_{in}} \quad (1)$$

10

【 0 0 3 6 】

ここで、 P_{in} は装置の表面の1点に入射する光のパワー、 P_{edge} は導光体の端面に到達する蛍光のパワーである。 P_{edge} は入射点の座標に依存するため、 η_{opt} もその関数になる。仮に、 η_{opt} が全ての入射点の座標 (x, y) の関数として既知であれば、任意の強度分布 $P_{in}(x, y)$ の光が装置に入射するときの、導光体の端面に到達する蛍光のパワー P_{out} は次式で求められる。

【 0 0 3 7 】

【 数 2 】

$$P_{out} = \iint \eta_{opt}(x, y) \cdot P_{in}(x, y) dx dy \quad (2)$$

20

【 0 0 3 8 】

η_{opt} は、発電機能を解析するうえで特徴的なパラメータであるので、さらに詳細に説明する。 η_{opt} は、装置の表面の1点に光が入射し、蛍光材料によって光が吸収されて蛍光が発生し、発生した蛍光が太陽電池に至る、という各過程の確率の積として求められる。即ち、光が液晶パネルを透過する確率を T_p 、透過した光を蛍光材料が吸収する確率を η_a 、蛍光材料の量子効率を η_{QE} 、放射された蛍光が導光体の内部を伝搬して太陽電池へ到達する確率を η_{trap} とすると、次式が成り立つ。

【 0 0 3 9 】

【 数 3 】

$$\eta_{opt} = T_p \times \eta_a \times \eta_{QE} \times \eta_{trap} \quad (3)$$

30

【 0 0 4 0 】

上式の右辺の T_p 、 η_a 、 η_{QE} は、装置を構成する要素の材料の選択や光学設計により制御することができる。したがって、効率 η_{trap} を知ることが重要になる。一例として、米国Sigma-Aldrich社から購入した蛍光材料Coumarin6を用いて、外寸が $5.0 \text{ cm} \times 5.0 \text{ cm} \times 1.0 \text{ cm}$ のLSCを試作し、装置の1点に波長が約 450 nm のレーザー光を入射させて、効率 η_{opt} を測定した。測定結果は、励起点とLSCの端面との距離に応じて変化した。端面から 5 mm 以上離れた場合にはほぼ一定の値になった。この値 η_{opt} は、LSCの端面の処理に依存した。4つの端面のうち3つに黒い塗料を塗り、ほぼ完全に光が吸収される処理を施した場合には、この値 η_{opt} は約 0.16 となり、3つの端面に反射率 67% の反射シートを設置すると、値 η_{opt} は約 0.3 に増加した。これらの値を用いると、本発明に係る表示装置の発電効率は、式(2)で求められる。このように、効率 η_{trap} の値を設定することにより、様々な特性 (η_{opt}) を有する装置の設計が可能になる。

40

【 0 0 4 1 】

次に、本発明の装置では、外光 L_{ext} を利用して表示する画像のコントラストは、外光の強度に依存せず一定の値になる。この理由を以下に説明する。

【 0 0 4 2 】

50

図 2 において液晶パネルに上方から入射する外光 I_a の強度を I_a 、液晶パネルの上面での反射率を R とする。液晶パネルに黒を表示するとき（図 2 の右側）、観察者の目には強度 $R I_a$ の光が届く。白表示の画素（図 2 の左側）では、液晶パネルの透過率を T_p とすると、蛍光体に到達する外光の強度は $T_p I_a$ である。蛍光材料の量子効率を η_{QE} とすると、放射される蛍光の強度は $\eta_{QE} T_p I_a$ となり、その一部が液晶パネルを透過して観察者に至る。その割合を f とすると、観察者に至る蛍光の強度は $f \eta_{QE} T_p^2 I_a$ と表すことができる。以上より、表示画像のコントラスト比 CR は、以下の通りに求められる。

【 0 0 4 3 】

【 数 4 】

10

$$CR = \frac{R I_a + f \eta_{QE} T_p^2 I_a}{R I_a} = 1 + \frac{f \eta_{QE} T_p^2}{R} \quad (4)$$

【 0 0 4 4 】

透過型液晶ディスプレイのコントラストについても同様に考察する。黒表示の場合には、表面での反射光が観察者に届く。したがって、黒表示の光の強度は $R I_a$ である。白表示の場合には、バックライトから放射された光の一部が液晶パネルを透過して観察者に至る。バックライトが放射する光の強度を I_{BLU} 、上方へ放射される割合を f とすると、観察者に至る蛍光の強度は、 $f T_p I_{BLU}$ と表すことができる。したがって、表示画像のコントラスト比 CR は、以下のように表すことができる。

20

【 0 0 4 5 】

【 数 5 】

$$CR = \frac{R I_a + f T_p I_{BLU}}{R I_a} \quad (5)$$

【 0 0 4 6 】

式 (5) において $I_a \rightarrow \infty$ とすると、コントラスト比 CR は 1 に近づいて、画像の表示は不可能になる。一方で、式 (4) では、コントラスト比 CR は 1 より大きな定数である。したがって、本発明の実施形態に係る表示装置による表示画像は、従来の透過型液晶ディスプレイや有機 EL ディスプレイに比べて、明所での視認性に優れていることが分かる。

30

【 0 0 4 7 】

なお、本実施形態では、等方的に蛍光が放射される蛍光体を用いたため、一般的な屈折率 1.5 の導光体内に蛍光が閉じ込められる確率は、約 0.75 となる。発光に異方性を有する蛍光体を導光体に垂直に配向すると、この確率を約 0.91 に改善することができる。さらに、屈折率 1.7 の導光体を用いると、確率は約 0.94 にまで増加する。一方で、発光に異方性を有する蛍光体を導光体に水平に配向すると、屈折率 1.5 の導光体では、導光体内に蛍光が閉じ込められる確率は、約 0.66 まで減少する。このように、発光に異方性を有する蛍光体を配向することにより、発電効率と表示の明るさとのどちらを優先するかを選択することができる。

40

【 0 0 4 8 】

このように、本実施形態に係る表示装置によると、外光のパワーを利用して画像を表示すると共に、発電を行うことができる。外光を利用して画像を表示する技術としては、反射型液晶ディスプレイが従来から知られている。反射型ディスプレイは、TN などの液晶パネルの下面に反射体を接着して構成されている。したがって、仮に、反射型ディスプレイの反射体を取り除いて代わりに LSC を配置すれば、図 1 に示す本実施形態に係る表示

50

装置に類似した構成となる。ここで、本実施形態では、液晶パネルとＬＳＣとを単に接着するのではなく、両者の間に空気層または低屈折率の誘電体層を介在させる点が特徴である。即ち、本実施形態では、液晶パネルとＬＳＣとの間に、空気層または低屈折率の誘電体層を介在させることにより、ＬＳＣを構成する導光体から上方へ蛍光が漏れる確率を減少させて、発電量が低下することを防いでいる。

【００４９】

さらに、反射型液晶ディスプレイでは、反射層によって反射された外光が液晶パネルを透過して観察者に至るので、眼に入る光のスペクトルは外光に依存する。したがって、外光のスペクトルの変化に応じて表示画像の色が変化する。これに対し、本実施形態では、外光を蛍光に変換して画像を表示するため、外光のスペクトルが変化しても、同じ色の画像を安定して表示することができる。さらに、人の知覚には、狭いスペクトルの光は明るく感じるという特徴があり、これはHelmholtz-Kohlrausch effectと呼ばれている。本実施形態では、蛍光体が放射する光は一般の外光よりスペクトルが狭いので、この現象を利用して明るい表示を実現することができる。

10

【００５０】

（効果）

以上、第１の実施形態に係る表示装置１０Ａによると、高精細な画像を表示することが可能でさらに薄型化された、改良された発電機能を有する表示装置を提供することができる。

【００５１】

また、表示装置１０Ａによると、薄型ディスプレイで外光を利用して画像表示と発電とを実現することができる。さらに、外光を蛍光に変換することにより、色再現域が外光に依存しないため、従来の反射型液晶ディスプレイに比べて、鮮やかな色を表現することができる。そのうえ、外光の強度に比例した強度の蛍光が放射されるため、従来の透過型液晶ディスプレイや有機ＥＬディスプレイに比べて、明所での優れた視認性を提供することができる。

20

【００５２】

[第１の実施形態の変形例]

以下において説明する第１の実施形態の変形例に係る表示装置１０Ｂ～１０Ｅの構成は、特に言及しない限り、第１の実施形態に係る表示装置１０Ａと同様であるので、重複する説明は省略する。

30

【００５３】

（変形例その１：バックライト）

図３は、第１の実施形態の第１の変形例に係る表示装置の模式的な断面図である。

【００５４】

第１の実施形態の第１の変形例に係る表示装置１０Ｂは、ＬＳＣを構成する導光体７の下方に面状光源１３をさらに備える点において、第１の実施形態に係る表示装置１０Ａと異なっている。面状光源１３には、例えばＬＥＤ等で構成される公知のバックライトを用いることができる。

40

【００５５】

導光体７と面状光源１３との間には、さらなる空気層１２が存在してもよい。あるいは、さらなる空気層１２に代えて、第１の実施形態に係る表示装置１０Ａと同様の低屈折率の誘電材料が存在してもよい。

【００５６】

表示装置１０Ｂによると、暗所でも画像を表示することができる。また、暗所での使用時において、光源が放出する光のパワーの一部を回収することができる。

【００５７】

図３を参照して、第１の実施形態の第１の変形例に係る表示装置１０Ｂの動作を説明する。暗所でも画像を表示するには、図３に示すように、ＬＳＣを構成する導光体７の下方に面状光源１３を配置して蛍光体を励起すればよい。即ち、蛍光体を励起する励起光Ｌｓ

50

r c は図中の下方から蛍光体層 6 に至り、蛍光体層 6 から蛍光 F L が放射される。蛍光体層 6 から放射された蛍光 F L の一部は、下部偏光板 5 の透過軸に平行な偏光成分（図中 x 軸方向）が透過して、液晶層 3 3 A に至る。

【0058】

液晶層 3 3 A に電圧が印加されていない図中左側の領域では、蛍光 F L は液晶層 3 3 A において偏光面が 90°回転されて上方へ伝搬し、液晶層 3 3 A を離れる時には偏光面が図中 y 軸方向になる。したがって、蛍光 F L は上部偏光板 1 を透過し外部へ放射される。これに対し、液晶層 3 3 A に電圧が印加されている図中右側の領域では、蛍光 F L は液晶層 3 3 A において偏光面が回転されず上部偏光板 1 を透過することができない。このように、液晶層 3 3 A を含む偏光制御部 3 A に印加する電圧印加の有無により、液晶シャッターの ON 状態 / OFF 状態を切り替えて、表示の ON / OFF を制御することができる。

10

【0059】

一方で、蛍光 F L の一部は、L S C を構成する導光体 7 内に閉じ込められ、全反射を繰り返して導光体 7 の内部を伝搬し、導光体 7 の端面において光電変換部 8 に至ることにより、発電に寄与する。これにより、面状光源 1 3 に投入した電力の一部を回収することができる。

【0060】

（変形例その 2：光拡散反射層）

図 4 は、第 1 の実施形態の第 2 の変形例に係る表示装置の模式的な断面図である。

【0061】

20

第 1 の実施形態の第 2 の変形例に係る表示装置 1 0 C は、L S C を構成する導光体 7 の下方に光拡散反射層 1 4 をさらに備える点において、第 1 の実施形態に係る表示装置 1 0 A と異なっている。光拡散反射層 1 4 には、例えば液晶ディスプレイで用いられている公知の光拡散フィルムまたは光拡散反射フィルムを用いることができる。

【0062】

導光体 7 と光拡散反射層 1 4 との間には、さらなる空気層 1 2 が存在してもよい。あるいは、さらなる空気層 1 2 に代えて、第 1 の実施形態に係る表示装置 1 0 A と同様の低屈折率の誘電材料が存在してもよい。

【0063】

表示装置 1 0 C によると、蛍光 F L の利用効率を向上させることができる。

30

【0064】

図 4 を参照して、第 1 の実施形態の第 2 の変形例に係る表示装置 1 0 C の動作を説明する。蛍光 F L の一部は、L S C を構成する導光体 7 内に閉じ込められ、全反射を繰り返して導光体 7 の内部を伝搬し、導光体 7 の端面において光電変換部 8 に至るものの、一定量の蛍光 F L は、導光体 7 の下方へも放射される。図 4 に示すように、導光体 7 の下方に光拡散反射層 1 4 を配置して、導光体 7 の下方から外部へ放射されようとする蛍光 F L を上方へ反射することにより、蛍光 F L の利用効率が向上する。

【0065】

なお、導光体 7 の下方に光拡散反射層 1 4 を配置することに代えて、L S C を構成する蛍光体層 6 および導光体 7 の上方にまたは蛍光体層 6 および導光体 7 の間に光拡散層を配置することにより、蛍光 F L の利用効率を向上させてもよい。あるいは、光拡散反射層 1 4 および光拡散層の両方を配置してもよい。

40

【0066】

（変形例その 3：異方性を有する蛍光体を用いたシースルー化）

図 5 は、第 1 の実施形態の第 3 の変形例に係る表示装置の模式的な断面図である。

【0067】

第 1 の実施形態の第 3 の変形例に係る表示装置 1 0 D は、蛍光体層 6 に代えて、異方性蛍光体 1 5 を含む異方性蛍光体層 1 6 を備える点と、下部偏光板 5 に代えて、異方性蛍光体 1 5 の配向方向に略垂直な透過軸を有する偏光板 1 7 を導光体 7 の下面に備える点において、第 1 の実施形態に係る表示装置 1 0 A と異なっている。

50

【 0 0 6 8 】

すなわち、第 3 の変形例に係る表示装置 1 0 D では、蛍光体 1 5 , 1 6 は、光の吸収および蛍光の発光に異方性を有している。表示装置 1 0 D は、導光体 7 の他方の面側に配置される偏光板 1 7 をさらに備えている。偏光板 1 7 の透過軸は、蛍光体 1 5 , 1 6 の配向方向に略垂直である。

【 0 0 6 9 】

表示装置 1 0 D によると、表示装置をシースルー化することができる。これは、第 1 の実施形態に係る表示装置 1 0 A において、使用する蛍光体材料を適切に選択して構成を修正することにより実現する。具体的には、図 5 に示すように、光の吸収と発光に異方性がある蛍光体 1 5 を図中 x 軸に沿って配向し、T N パネルの下面に配置されている下部偏光板 5 を取り除き、L S C を構成する導光体 7 の下面に新たに偏光板 1 7 を追加する。偏光板 1 7 の透過軸は、蛍光体 1 5 の配向方向に垂直（図中 y 軸方向）である。

10

【 0 0 7 0 】

図 5 を参照して、第 1 の実施形態の第 3 の変形例に係る表示装置 1 0 D の動作を説明する。

【 0 0 7 1 】

まず、図中の上方から下方へ伝搬する外光について説明する。液晶層 3 3 A に電圧が印加されていない図中左側の領域では、外光 L e x t は、偏光制御部 3 A において偏光面が進行方向に垂直な面内で 9 0 ° 回転されて、異方性蛍光体層 1 6 に至る。液晶層 3 3 A を透過した外光 L e x t の偏光方向と異方性蛍光体 1 5 の配向方向とは略一致しているため、外光 L e x t はよく吸収され、異方性蛍光体層 1 6 において蛍光 F L が放射される。この蛍光 F L には異方性蛍光体 1 5 の配向方向に沿った偏光成分が多く含まれる。液晶シャッターが「O N」の状態では、この蛍光 F L の偏光状態も同様に、液晶層 3 3 A により偏光面が 9 0 ° 回転されて、上部偏光板 1 を透過し外部へ放射される。これにより、「白」が表示される。

20

【 0 0 7 2 】

蛍光 F L の一部は、液晶パネルを透過して外部へ放射されるものの、一部の蛍光 F L は導光体 7 内に閉じ込められる。導光体 7 内に閉じ込められた蛍光 F L は、全反射を繰り返して導光体 7 の内部を伝搬し、導光体 7 の端面に配置された光電変換部 8 に至る。光電変換部 8 に到達した蛍光 F L は、光電変換により電力に変換され、図示しない蓄電池に蓄えられる。

30

【 0 0 7 3 】

これに対し、液晶層 3 3 A に電圧が印加されている図中右側の領域では、外光 L e x t は異方性蛍光体層 1 6 に至るものの、偏光制御部 3 A において偏光面が進行方向に垂直な面内で 9 0 ° 回転されない。よって、液晶層 3 3 A を透過した外光 L e x t の偏光方向と、異方性蛍光体 1 5 の配向方向とは略垂直なため一致せず、外光 L e x t は異方性蛍光体 1 5 において吸収されることなく、蛍光 F L を放射することなく異方性蛍光体層 1 6 を透過する。これにより、「黒」が表示される。

【 0 0 7 4 】

このように、液晶層 3 3 A を含む偏光制御部 3 A に印加する電圧印加の有無により、異方性蛍光体 1 5 の励起の O N 状態 / O F F 状態を切り替えて、表示の O N / O F F を制御することができる。

40

【 0 0 7 5 】

さらに、図中の下方から上方へ伝搬する外光は、L S C を構成する導光体 7 の下面に配置されている偏光板 1 7 により、異方性蛍光体 1 5 の配向方向に垂直な成分（図中 y 軸方向）だけが異方性蛍光体 1 5 に至る。このような、異方性蛍光体 1 5 の配向方向に垂直な成分の外光は、異方性蛍光体 1 5 において吸収されることなく異方性蛍光体層 1 6 を透過し、液晶層 3 3 A に電圧が印加されている図中右側の領域では、さらに液晶層 3 3 A および上部偏光板 1 の順に透過する。したがって、第 3 の変形例に係る表示装置 1 0 D はシースルーになる。

50

【0076】

(変形例その4：カラー化)

図6は、第1の実施形態の第4の変形例に係る表示装置の模式的な断面図である。

【0077】

第1の実施形態の第4の変形例に係る表示装置10Eは、画素を構成するサブ画素のそれぞれの位置において、液晶層33Aを介装する一対の帯域透過フィルタ(Band Pass Filter: BPF)41R₁, 41R₂, 41G₁, 41G₂をさらに備える点と、各色用の複数の蛍光体層6R, 6Gを蛍光体層6に用いる点とにおいて、第1の実施形態に係る表示装置10Aと異なっている。複数の種類の蛍光材料を含む各色用の複数の蛍光体層6R, 6Gのそれぞれについて、一対の帯域透過フィルタ41R₁, 41R₂は、蛍光材料を励起する波長範囲の光と、当該蛍光材料が放射する波長範囲の光とを透過させる。

10

【0078】

第4の変形例に係る表示装置10Eによると、カラー表示を実現することができる。表示装置10Eによると、色再現域が外光Lex_tに依存しない表示装置を提供することができる。

【0079】

図6には、隣り合うサブ画素間の境界領域の断面として、赤色用のサブ画素と緑色用のサブ画素との間の境界領域を示している。図6には図示していないが、三原色の加法混色によるカラー表示を実現するために、第4の変形例に係る表示装置10Eは、青色用のサブ画素についても、以下に説明する赤色用のサブ画素および緑色用のサブ画素と同様の構成を備えている。

20

【0080】

なお、第4の変形例に係る表示装置10Eの分解斜視図は、図1に示す第1の実施形態に係る表示装置10Aの分解斜視図において、偏光制御部3Aを、上部帯域透過フィルタ41R₁, 41G₁と偏光制御部3Aと下部帯域透過フィルタ41R₂, 41G₂との積層構造に入れ替え、蛍光体層6を、各色用の複数の蛍光体層6R, 6Gに入れ替えたものに相当するため、図示を省略する。

【0081】

第4の第4の変形例に係る表示装置10Eは、上部偏光板1と、上部透明基板2と、上部帯域透過フィルタ41R₁, 41G₁と、液晶層33Aを含む偏光制御部3Aと、下部帯域透過フィルタ41R₂, 41G₂と、下部透明基板4と、下部偏光板5と、各色用の複数の蛍光体層6R, 6Gと、導光体7と、光電変換部8と、を備える。

30

【0082】

上部偏光板1と、上部透明基板2と、上部帯域透過フィルタ41R₁, 41G₁と、液晶層33Aを含む偏光制御部3Aと、下部帯域透過フィルタ41R₂, 41G₂と、下部透明基板4と、下部偏光板5とは積層されて、液晶パネルを構成している。

【0083】

なお、下部帯域透過フィルタ41R₂, 41G₂は、これまでの実施例の変形実施例で説明したように、暗所での視認性を確保するための光源を図6の下方へ備える構成において必須となる。外光のみを用いて表示および発電をする構成においては、下部帯域透過フィルタ41R₂, 41G₂は省略することができる。

40

【0084】

光電変換部8は、本実施形態では導光体7の端面に配置されており、導光体7の内部を伝搬する蛍光FL_R, FL_Gを光電変換する。

【0085】

各色用の複数の蛍光体層6R, 6Gは、それぞれが互いに異なる種類の蛍光材料を含む。本実施形態では、赤色用の蛍光体層6Rは赤色の蛍光FL_Rを放射し、緑色用の蛍光体層6Gは緑色の蛍光FL_Gを放射する。蛍光体層6R, 6Gのそれぞれの発光波長の範囲は、光の三原色に対応しているのが好ましい。

【0086】

50

上部帯域透過フィルタ $41R_1$, $41G_1$ は、本実施形態では、上部透明基板 2 と共通電極 31 との間に介装されている。下部帯域透過フィルタ $41R_2$, $41G_2$ は、本実施形態では、画素電極 35 と下部透明基板 4 との間に介装されている。赤色用のサブ画素に対応する位置において、赤色用の上部帯域透過フィルタ $41R_1$ と赤色用の下部帯域透過フィルタ $41R_2$ とは、赤色用の帯域透過フィルタの組を構成している。同様に、緑色用のサブ画素に対応する位置において、緑色用の上部帯域透過フィルタ $41G_1$ と緑色用の下部帯域透過フィルタ $41G_2$ とは、緑色用の帯域透過フィルタの組を構成している。

【0087】

赤色用の帯域透過フィルタ $41R_1$, $41R_2$ の組は、赤色の光を透過するだけでなく、赤色用の蛍光体層 6R を励起するための光を透過させる。一般に、蛍光材料の吸収スペクトルと発光スペクトルの間には、重なる波長領域が存在する。したがって、赤色用の帯域透過フィルタ $41R_1$, $41R_2$ の波長透過特性を、一般的な液晶ディスプレイに用いられるカラーフィルタの赤色の波長領域と、それよりもやや短波長側の波長領域との両方を透過するような特性とする。同様に、緑色用の帯域透過フィルタ $41G_1$, $41G_2$ の組は、緑色の光を透過するだけでなく、緑色用の蛍光体層 6G を励起するための光を透過させる。

【0088】

なお、赤色用の帯域透過フィルタ $41R_1$, $41R_2$ の組と、緑色用の帯域透過フィルタ $41G_1$, $41G_2$ の組との間で、透過する波長領域は互いに重ならないようにすることが好ましい。

【0089】

図 6 を参照して、第 4 の変形例に係る表示装置 10E の動作を説明する。なお、図 6 に示す例では、赤色を表示する左側のサブ画素については、液晶層 33A に電圧が印加されていない状態であり、緑色を表示する右側のサブ画素については、液晶層 33A に電圧が印加されている状態である。

【0090】

外光 L_{ext} が上部偏光板 1 に入射すると、透過軸に平行な偏光成分（図中 y 軸方向）が透過して、偏光制御部 3A に入射する。

【0091】

図の左側に示す、赤色を表示するサブ画素に入射する外光 L_{ext} は、赤色用の帯域透過フィルタ $41R_1$ により、透過する波長範囲が狭められる。赤色を表示する左側のサブ画素では、液晶層 33A に電圧が印加されていない。よって、赤色用の蛍光体層 6R は、赤色用の帯域透過フィルタ $41R_1$ を透過した外光 L_{ext} を吸収することができ、赤色の蛍光 FL_R を放射する。

【0092】

図の右側に示す、緑色を表示するサブ画素に入射する外光 L_{ext} についても同様に、緑色用の帯域透過フィルタ $41G_1$ により、透過する波長範囲が狭められる。しかし、液晶層 33A に入射する光には、緑色用の蛍光体層 6G を励起するための光が含まれているものの、緑色を表示する右側のサブ画素では、液晶層 33A に電圧が印加されている。よって、緑色用の蛍光体層 6G は、緑色用の帯域透過フィルタ $41G_1$ を透過した外光 L_{ext} を吸収することができず、緑色の蛍光 FL_G は放射されない。

【0093】

このように、液晶層 33A を含む偏光制御部 3A に印加する電圧印加の有無により、液晶シャッターの ON 状態 / OFF 状態を切り替えて、表示の ON / OFF を制御することができる。図示していない、青色用のサブ画素についても同様である。このように、3つのサブ画素に印加する電圧を調整することにより、サブ画素毎に各色の放射量を制御することができ、三原色の加法混色によりカラー表示を実現することができる。

【0094】

[第 2 の実施形態]

以下において説明する第 2 の実施形態に係る表示装置 20A の構成は、特に言及しない

10

20

30

40

50

限り、第 1 の実施形態に係る表示装置 10 A と同様であるので、重複する説明は省略する。

【0095】

(概要)

本発明の第 2 の実施形態では、表示装置 (20 A, 20 B) は、
光を吸収する蛍光体 (6, 6 R, 6 G, 15, 16) から放射される蛍光が内部を伝搬する導光体 (4) と、

導光体 (4) の端面に配置され、導光体 (4) の内部を伝搬する蛍光を光電変換する光電変換部 (8) と、

液晶層 (33 A) を含む偏光制御部であって、導光体 (4) の外光が入射する一方の面側に配置され、蛍光体 (6, 6 R, 6 G, 15, 16) から放射され液晶層 (33 A) を透過する蛍光の偏光状態を制御することにより、画素の表示を切り替える偏光制御部 (3 A) と、

を備え、蛍光体 (6, 6 R, 6 G, 15, 16) から放射される一部の蛍光により画素を表示し、一部の蛍光により発電する。

蛍光体 (6, 6 R, 6 G, 15, 16) は、導光体 (4) の表面または内部に配置されている。偏光制御部 (3 A) は、導光体 (4) の一方の面側に、誘電体層 (9) を介して配置されている。誘電体層 (9) は、偏光制御部 (3 A) と蛍光体 (6, 6 R, 6 G, 15, 16) との間に配置されている。蛍光体 (6, 6 R, 6 G, 15, 16) は、偏光制御部 (3 A) と導光体 (4) の一方の面側との間に配置されている。蛍光体 (6, 6 R, 6 G, 16) は層状に形成されていてもよい。

【0096】

第 1 の実施形態に係る表示装置 10 A の構成では、液晶層 33 A と蛍光体層 6 との間に、液晶パネルを構成する下部透明基板 4 の厚さに主に対応した一定の距離が存在する。第 2 の実施形態に係る表示装置 20 A では、この距離に起因して生じる以下の 2 つの問題を解決する。

【0097】

第一に、仮にこの距離が画素の配列の周期に比べて大きい場合には、視差の問題が発生する。即ち、表示装置 10 A を斜めから観察した場合に、本来は白表示とすべき画素の領域を、隣接する画素に対応する位置の蛍光体から放射された蛍光が通過し、表示画像に乱れが生じる。したがって、表示される画像の精細さが低下する。第二に、携帯機器向けの表示装置にはさらなる薄型化が求められている。しかし、第 1 の実施形態に係る表示装置 10 A では、LSC を構成する蛍光体層 6 および導光体 7 の厚さだけ、表示専用の従来の表示装置に比べて厚くなる。

【0098】

第 2 の実施形態に係る表示装置 20 A によると、表示装置をさらに薄型化し、視差による影響を低下させて、より高精細な画像を表示することができる。

【0099】

(構成)

図 7 は、本発明の第 2 の実施形態に係る表示装置の分解斜視図である。図 8 は、本発明の第 2 の実施形態に係る表示装置の模式的な断面図である。

【0100】

第 2 の実施形態に係る表示装置 20 A は、上部偏光板 1 と、上部透明基板 2 と、液晶層 33 A を含む偏光制御部 3 A と、下部偏光板 5 と、誘電体層 9 と、蛍光体層 6 と、下部透明基板 4 と、光電変換部 8 と、を備える。上部偏光板 1 と、上部透明基板 2 と、液晶層 33 A を含む偏光制御部 3 A と、下部透明基板 4 と、下部偏光板 5 とは積層されて、液晶パネルを構成している。

【0101】

本実施形態では、誘電体層 9 と蛍光体層 6 とは積層されて、液晶パネルを構成している下部偏光板 5 と下部透明基板 4 との間に介装されている。第 2 の実施形態に係る表示装置

20Aは、蛍光体層6が液晶パネル内に配置されたIn-cell構造と呼ぶことができる。本実施形態では、蛍光体層6と、液晶パネルを構成している下部透明基板4と、光電変換部8とがLSCとして機能している。

【0102】

光電変換部8は、本実施形態では導光体として機能する下部透明基板4の端面に配置されており、下部透明基板4の内部を伝搬する蛍光FLを光電変換する。

【0103】

誘電体層9は、低屈折率の透明な誘電材料の層である。誘電体層9の材料には、例えば、旭硝子株式会社（AGC Inc.）の製品「サイトップ」（登録商標）を用いることができる。「サイトップ」の屈折率は1.33であり、水と同等である。この値は標準的な樹脂やガラス材料の屈折率1.5より低いため、蛍光FLが全反射により下部透明基板4の内部に閉じ込められ易くなる。ここで重要なのは、誘電材料の屈折率の値そのものではなく、下部透明基板4との屈折率の差を大きくすることである。これにより2つの材料の界面での全反射の臨界角が大きくなり、蛍光FLが光電変換部8に至る確率が増加する。例えば、下部透明基板4として標準的な屈折率1.5程度の樹脂やガラス材料ではなく、屈折率1.8程度のガラス材料を使うことが発電量の増加に有効である。

【0104】

図8を参照して、第2の実施形態に係る表示装置20Aの断面構造を説明する。蛍光体層6および下部偏光板5は、下部透明基板4の液晶層33A側に配置されている。上部偏光板1の透過軸は図中y軸に沿った方向とし、下部偏光板5の透過軸は図中x軸に沿った方向とする。上部偏光板1の透過軸と下部偏光板5の透過軸とは直交している。液晶分子36の駆動方式として、本実施形態でもTN方式を採用する。即ち、図7および図8中の偏光制御部3Aに示すように、上部配向膜32および下部配向膜34により、液晶分子36の配向方向は直交している。また、下部偏光板5と蛍光体層6との間には、低屈折率の誘電体層9が存在している。導光体として機能する下部透明基板4の4つの端面には、太陽電池として機能する光電変換部8が配置されている。

【0105】

（動作）

図8を参照して、第2の実施形態に係る表示装置20Aの動作を説明する。外光Lex tが上部偏光板1に入射すると、透過軸に平行な偏光成分（図中y軸方向）が透過して、液晶層33Aに入射する。

【0106】

液晶層33Aに電圧が印加されていない図中左側の領域では、外光Lex tは、液晶層33Aを透過する際に偏光面が90°回転されて、蛍光体層6に至る。外光Lex tの偏光面と下部偏光板5の偏光軸とは平行となっており、外光Lex tは下部偏光板5を透過することができる。この状態は、液晶パネルが光を透過させる、液晶シャッターが「ON」の状態である。蛍光体層6に至った外光Lex tは蛍光体に効率よく吸収されて、蛍光体は蛍光FLを放射する。また、液晶シャッターが「ON」の状態では、蛍光体層6において放射された蛍光FLの一部は、液晶パネルを透過して上方へ伝搬し、外部へ放射される。これにより、画像が表示される。

【0107】

蛍光FLの一部は、液晶パネルを透過して外部へ放射されるものの、一部の蛍光FLは下部透明基板4内に閉じ込められる。下部透明基板4内に閉じ込められた蛍光FLは、全反射を繰り返して下部透明基板4の内部を伝搬し、下部透明基板4の端面に配置された光電変換部8に至る。光電変換部8に到達した蛍光FLは、光電変換により電力に変換され、図示しない蓄電池に蓄えられる。

【0108】

液晶層33Aに電圧が印加されている図中右側の領域では、外光Lex tの中の上部偏光板1を透過した偏光成分が液晶層33Aを透過するが、液晶層33Aにおいて偏光面は回転されない。外光Lex tの偏光面と下部偏光板5の偏光軸とは垂直となっており、外

光 L e x t は下部偏光板 5 を透過することができない。この状態は、液晶パネルが光を透過させない、液晶シャッターが「OFF」の状態である。外光 L e x t は蛍光体層 6 に至ることができず、蛍光 F L は放射されない。これにより、「黒」が表示される。以上に説明した通り、外光を利用して画像表示と発電とが実現される。

【0109】

(効果)

以上、第2の実施形態に係る表示装置 20A によると、誘電体層 9 と蛍光体層 6 とを積層した構成を、液晶パネルを構成している下部偏光板 5 と下部透明基板 4 との間に介装することにより、L S C を構成するための導光体 7 を別途積層することなく、発電機能を有する表示装置を実現することができる。これにより、第2の実施形態に係る表示装置 20A によると、表示装置をさらに薄型化し、視差による影響を低下させて、より高精細な画像を表示することができる。

10

【0110】

[第2の実施形態の変形例]

以下において説明する第2の実施形態の変形例に係る表示装置 20B の構成は、特に言及しない限り、第2の実施形態に係る表示装置 20A と同様であるので、重複する説明は省略する。

【0111】

(変形例その1：バックライト)

図9は、第2の実施形態の第1の変形例に係る表示装置の模式的な断面図である。

20

【0112】

第2の実施形態の第1の変形例に係る表示装置 20B は、液晶パネルおよび L S C を構成し導光体として機能する下部透明基板 4 の下方に面状光源 13 をさらに備える点において、第2の実施形態に係る表示装置 20A と異なっている。面状光源 13 には、例えば L E D 等で構成される公知のバックライトを用いることができる。

【0113】

下部透明基板 4 と面状光源 13 との間には、さらなる空気層 12 が存在してもよい。あるいは、さらなる空気層 12 に代えて、第2の実施形態に係る表示装置 20A と同様の低屈折率の誘電材料が存在してもよい。

【0114】

30

表示装置 20B によると、暗所でも画像を表示することができる。また、暗所での使用時において、光源が放出する光のパワーの一部を回収することができる。

【0115】

図9を参照して、第2の実施形態の第1の変形例に係る表示装置 20B の動作を説明する。暗所でも画像を表示するには、図9に示すように、液晶パネルおよび L S C を構成する下部透明基板 4 の下方に面状光源 13 を配置して蛍光体を励起すればよい。即ち、蛍光体を励起する励起光 L s r c は図中の下方から蛍光体層 6 に至り、蛍光体層 6 から蛍光 F L が放射される。蛍光体層 6 から放射された蛍光 F L の一部は、下部偏光板 5 の透過軸に平行な偏光成分(図中 x 軸方向)が透過して、液晶層 33A に至る。

【0116】

40

液晶層 33A に電圧が印加されていない図中左側の領域では、蛍光 F L は液晶層 33A において偏光面が 90°回転されて上方へ伝搬し、液晶層 33A を離れる時には偏光面が図中 y 軸方向になる。したがって、蛍光 F L は上部偏光板 1 を透過し外部へ放射される。これに対し、液晶層 33A に電圧が印加されている図中右側の領域では、蛍光 F L は液晶層 33A において偏光面が回転されず上部偏光板 1 を透過することができない。このように、液晶層 33A を含む偏光制御部 3A に印加する電圧印加の有無により、液晶シャッターの ON 状態 / OFF 状態を切り替えて、表示の ON / OFF を制御することができる。

【0117】

一方で、蛍光 F L の一部は、L S C を構成する下部透明基板 4 内に閉じ込められ、全反射を繰り返して下部透明基板 4 の内部を伝搬し、下部透明基板 4 の端面において光電変換

50

部 8 に至ることにより、発電に寄与する。これにより、面状光源 1 3 に投入した電力の一部を回収することができる。

【 0 1 1 8 】

[第 3 の実施形態]

以下において説明する第 3 の実施形態に係る表示装置 3 0 A の構成は、特に言及しない限り、第 2 の実施形態に係る表示装置 2 0 A と同様であるので、重複する説明は省略する。

【 0 1 1 9 】

(概要)

本発明の第 3 の実施形態では、表示装置 (3 0 A , 3 0 B) は、
光を吸収する蛍光体 (3 7) から放射される蛍光が内部を伝搬する導光体 (4) と、
導光体 (4) の端面に配置され、導光体 (4) の内部を伝搬する蛍光を光電変換する光
電変換部 (8) と、

液晶層 (3 3 B) を含む偏光制御部であって、導光体 (4) の外光が入射する一方の面
側に配置され、蛍光体 (3 7) から放射され液晶層 (3 3 B) を透過する蛍光の偏光状態
を制御することにより、画素の表示を切り替える偏光制御部 (3 B) と、
を備え、蛍光体 (3 7) から放射される一部の蛍光により画素を表示し、一部の蛍光によ
り発電する。

蛍光体 (3 7) は、光の吸収および蛍光の発光に異方性を有し、液晶層 (3 3 B) 内に
混合されている。表示装置 (3 0 A , 3 0 B) は、導光体 (4) の他方の面側に配置され
る偏光板 (5) をさらに備えることができる。

【 0 1 2 0 】

第 1 の実施形態に係る表示装置 1 0 A および第 2 の実施形態に係る表示装置 2 0 A では
、蛍光体を含む蛍光体層 6 を液晶層 3 3 A に近接して配置している。第 3 の実施形態に係
る表示装置 3 0 A では、蛍光体 3 7 を液晶層 3 3 B に混合する。液晶層 3 3 B に混合する
蛍光体 3 7 は、光の吸収と発光に異方性を有している。

【 0 1 2 1 】

第 3 の実施形態に係る表示装置 3 0 A によると、表示装置をさらに薄型化し、視差によ
る影響を低下させて、より高精細な画像を表示することができる。

【 0 1 2 2 】

(構成)

図 1 0 は、本発明の第 3 の実施形態に係る表示装置の分解斜視図である。図 1 1 は、本
発明の第 3 の実施形態に係る表示装置の模式的な断面図である。

【 0 1 2 3 】

第 3 の実施形態に係る表示装置 3 0 A は、上部偏光板 1 と、上部透明基板 2 と、液晶層
3 3 B を含む偏光制御部 3 B と、下部透明基板 4 と、下部偏光板 5 と、光電変換部 8 と、
を備える。上部偏光板 1 と、上部透明基板 2 と、液晶層 3 3 B を含む偏光制御部 3 B と、
下部透明基板 4 と、下部偏光板 5 とは積層されて、液晶パネルを構成している。

【 0 1 2 4 】

光電変換部 8 は、本実施形態では導光体として機能する下部透明基板 4 の端面に配置さ
れており、下部透明基板 4 の内部を伝搬する蛍光 F L を光電変換する。

【 0 1 2 5 】

偏光制御部 3 B は、共通電極 3 1 と、上部配向膜 3 2 と、液晶層 3 3 B と、下部配向膜
3 4 と、画素電極 3 5 と、を含む。液晶層 3 3 B は、液晶分子 3 6 と、異方性蛍光体 3 7
とを含み、上部配向膜 3 2 および下部配向膜 3 4 間に介装されている。

【 0 1 2 6 】

異方性蛍光体 3 7 は、光の吸収と発光に異方性を有する蛍光体である。液晶層 3 3 B に
電場が印加されると、異方性蛍光体 3 7 は、液晶分子 3 6 と共に電場の方向に沿って整列
される。これは Guest-Host (GH) 技術と呼ばれている。第 3 の実施形態に係る表示装置 3
0 A は、異方性蛍光体 3 7 が液晶分子 3 6 と共に整列する Guest-Host 構成と呼ぶことがで

10

20

30

40

50

きる。

【 0 1 2 7 】

図 1 1 を参照して、第 3 の実施形態に係る表示装置 3 0 A の断面構造を説明する。偏光制御部 3 B の液晶層 3 3 B には、液晶分子 3 6 に加えて、光の吸収と発光に異方性を有する蛍光体 3 7 が混入されている。液晶層 3 3 B を含む偏光制御部 3 B は、上部透明基板 2 と下部透明基板 4 との間に介装されている。上部透明基板 2 の上面には上部偏光板 1 が配置され、下部透明基板 4 の下面には下部偏光板 5 が配置されている。上部偏光板 1 の透過軸は図中 y 軸に沿った方向とし、下部偏光板 5 の透過軸は図中 x 軸に沿った方向とする。上部偏光板 1 の透過軸と下部偏光板 5 の透過軸とは直交している。液晶分子 3 6 の駆動方式として、本実施形態でも T N 方式を採用する。即ち、図 1 0 および図 1 1 中の偏光制御部 3 B に示すように、上部配向膜 3 2 および下部配向膜 3 4 により、液晶分子 3 6 の配向方向は直交している。導光体として機能する下部透明基板 4 の 4 つの側面には、太陽電池として機能する光電変換部 8 が配置されている。

10

【 0 1 2 8 】

(動作)

図 1 1 を参照して、第 3 の実施形態に係る表示装置 3 0 A の動作を説明する。外光 L e x t が上部偏光板 1 に入射すると、透過軸に平行な偏光成分 (図中 y 軸方向) が透過して、液晶層 3 3 B に入射する。

【 0 1 2 9 】

液晶層 3 3 B に電圧が印加されていない図中左側の領域では、外光 L e x t は、液晶層 3 3 B を透過する際に偏光面が 9 0 ° 回転される。異方性蛍光体 3 7 も液晶分子 3 6 と同じ方向を向いており、外光 L e x t の偏光方向と異方性蛍光体 3 7 の配向方向とは略一致しているため、外光 L e x t はよく吸収され、異方性蛍光体 3 7 から蛍光 F L が放射される。この放射される蛍光 F L の偏光面も、液晶分子 3 6 の配向方向と概ね一致している。したがって、蛍光 F L の一部はその偏光面を回転させながら液晶層 3 3 B を図の上方へ伝搬し、液晶層 3 3 B を離れ上部透明基板 2 に到達するときには偏光面は図中 y 軸方向になる。したがって、蛍光 F L は上部偏光板 1 を透過して外部へ放射される。これにより、「白」が表示される。

20

【 0 1 3 0 】

蛍光 F L の一部は、液晶パネルを透過して外部へ放射されるものの、大部分の蛍光 F L は下部透明基板 4 内に閉じ込められる。例示的には、下部透明基板 4 の材料が約 1 . 5 の標準的な屈折率を有する場合、約 7 5 % の蛍光 F L が下部透明基板 4 内に閉じ込められる。下部透明基板 4 内に閉じ込められた蛍光 F L は、全反射を繰り返して下部透明基板 4 の内部を伝搬し、光電変換部 8 に至る。光電変換部 8 に到達した蛍光 F L は、光電変換により電力に変換され、図示しない蓄電池に蓄えられる。

30

【 0 1 3 1 】

液晶層 3 3 B に電圧が印加されている図中右側の領域では、外光 L e x t は液晶層 3 3 B を透過するが、液晶層 3 3 B において偏光面は回転されない。したがって、外光 L e x t は、液晶層 3 3 B と下部透明基板 4 とを透過する。蛍光体 3 7 は励起されないで、液晶層 3 3 B からは蛍光 F L は放射されない。これにより、「黒」が表示される。以上に説明した通り、外光を利用して画像表示と発電とが実現される。

40

【 0 1 3 2 】

(効果)

以上、第 3 の実施形態に係る表示装置 3 0 A によると、液晶層 3 3 B に異方性蛍光体 3 7 を混合することにより、L S C を構成するための層を別途積層することなく、発電機能を有する表示装置を実現することができる。これにより、第 3 の実施形態に係る表示装置 3 0 A によると、表示装置をさらに薄型化し、視差による影響を低下させて、より高精細な画像を表示することができる。

【 0 1 3 3 】

[第 3 の実施形態の変形例]

50

以下において説明する第 3 の実施形態の変形例に係る表示装置 30B の構成は、特に言及しない限り、第 3 の実施形態に係る表示装置 30A と同様であるので、重複する説明は省略する。

【0134】

(変形例その 1: バックライト)

図 12 は、第 3 の実施形態の第 1 の変形例に係る表示装置の模式的な断面図である。

【0135】

第 3 の実施形態の第 1 の変形例に係る表示装置 30B は、液晶パネルを構成し導光体として機能する下部透明基板 4 の下方に面状光源 13 をさらに備える点において、第 3 の実施形態に係る表示装置 30A と異なっている。面状光源 13 には、例えば LED 等で構成される公知のバックライトを用いることができる。

10

【0136】

下部透明基板 4 と面状光源 13 との間には、さらなる空気層 12 が存在してもよい。あるいは、さらなる空気層 12 に代えて、低屈折率の誘電材料が存在してもよい。

【0137】

表示装置 30B によると、暗所でも画像を表示することができる。また、暗所での使用時において、光源が放出する光のパワーの一部を回収することができる。

【0138】

図 12 を参照して、第 3 の実施形態の第 1 の変形例に係る表示装置 30B の動作を説明する。暗所でも画像を表示するには、図 12 に示すように、液晶パネルを構成する下部透明基板 4 の下方に面状光源 13 を配置して、液晶層 33B 内の異方性蛍光体 37 を励起すればよい。

20

【0139】

即ち、異方性蛍光体 37 を励起する励起光 $Lsrc$ は、図中の下方から下部偏光板 5 に至り、下部偏光板 5 の透過軸に平行な偏光成分 (図中 x 軸方向) が下部偏光板 5 を透過する。液晶層 33A に電圧が印加されていない図中左側の領域では、励起光 $Lsrc$ は液晶層 33B において偏光面が 90° 回転されながら異方性蛍光体 37 に至り、異方性蛍光体 37 から蛍光 FL が放射される。蛍光 FL の一部はその偏光面を回転させながら液晶層 33B を上方へ伝搬し、液晶層 33B を離れ上部透明基板 2 に到達するときには偏光面は図中 y 軸方向になる。したがって、蛍光 FL は上部偏光板 1 を透過して外部へ放射される。

30

【0140】

これに対し、液晶層 33B に電圧が印加されている図中右側の領域では、励起光 $Lsrc$ は液晶層 33B を透過するが、液晶層 33B において偏光面は回転されない。したがって、液晶層 33B からは蛍光 FL は放射されない。また、励起光 $Lsrc$ の偏光面は液晶層 33B において回転されないため、励起光 $Lsrc$ は上部偏光板 1 を透過することができない。このように、液晶層 33B を含む偏光制御部 3B に印加する電圧印加の有無により、液晶シャッターの ON 状態 / OFF 状態を切り替えて、表示の ON / OFF を制御することができる。

【0141】

一方で、蛍光 FL の一部は下部透明基板 4 内に閉じ込められ、全反射を繰り返して下部透明基板 4 の内部を伝搬し、下部透明基板 4 の端面において光電変換部 8 に至ることにより、発電に寄与する。これにより、面状光源 13 に投入した電力の一部を回収することができる。

40

【0142】

[第 4 の実施形態]

以下において説明する第 4 の実施形態に係る表示装置 40A の構成は、特に言及しない限り、第 3 の実施形態に係る表示装置 30A と同様であるので、重複する説明は省略する。

【0143】

(概要)

50

本発明の第４の実施形態では、表示装置（４０Ａ）は、
光を吸収する蛍光体（３７Ｒ，３７Ｇ）から放射される蛍光が内部を伝搬する導光体（４）と、

導光体（４）の端面に配置され、導光体（４）の内部を伝搬する蛍光を光電変換する光電変換部（８）と、

液晶層（３３Ｃ）を含む偏光制御部であって、導光体（４）の外光が入射する一方の面側に配置され、蛍光体（３７Ｒ，３７Ｇ）から放射され液晶層（３３Ｃ）を透過する蛍光の偏光状態を制御することにより、画素の表示を切り替える偏光制御部（３Ｃ）と、
を備え、蛍光体（３７Ｒ，３７Ｇ）から放射される一部の蛍光により画素を表示し、一部の蛍光により発電する。

10

蛍光体（３７Ｒ，３７Ｇ）は、光の吸収および蛍光の発光に異方性を有し、液晶層（３３Ｃ）内に混合されている。表示装置（４０Ａ）は、導光体（４）の他方の面側に配置される偏光板（５）をさらに備えることができる。

表示装置（４０Ａ）は、複数の画素のそれぞれの位置において、液晶層（３３Ｃ）を介装する一对の帯域透過フィルタ（４１Ｒ_１，４１Ｒ_２，４１Ｇ_１，４１Ｇ_２）をさらに備える。蛍光体（３７Ｒ，３７Ｇ）は、複数の種類の蛍光材料を含む。複数の種類の蛍光材料のそれぞれについて、一对の帯域透過フィルタ（４１Ｒ_１，４１Ｒ_２，４１Ｇ_１，４１Ｇ_２）は、蛍光材料を励起する波長範囲の光と、蛍光材料が放射する波長範囲の光とを透過させる。なお、外光のみを用いて表示および発電をする図示する構成においては、下部帯域透過フィルタ４１Ｒ_２，４１Ｇ_２は省略することができる。

20

【０１４４】

第３の実施形態に係る表示装置３０Ａでは、光の吸収と発光に異方性を有する異方性蛍光体３７を、液晶層３３Ｂに混合している。第４の実施形態に係る表示装置４０Ａでは、複数の種類の蛍光材料を含む複数の異方性蛍光体３７Ｒ，３７Ｇを、液晶層３３Ｃに混合する。画素を構成するサブ画素のそれぞれの位置には、液晶層３３Ｃを介装する一对の帯域透過フィルタ（Band Pass Filter: BPF）４１Ｒ_１，４１Ｒ_２，４１Ｇ_１，４１Ｇ_２を配置する。複数の種類の蛍光材料のそれぞれについて、一对の帯域透過フィルタ４１Ｒ_１，４１Ｒ_２は、蛍光材料を励起する波長範囲の光と、当該蛍光材料が放射する波長範囲の光とを透過させる。

30

【０１４５】

第４の実施形態に係る表示装置４０Ａによると、カラー表示を実現することができる。

【０１４６】

（構成）

図１３は、本発明の第４の実施形態に係る表示装置の模式的な断面図である。図１３には、隣り合うサブ画素間の境界領域の断面として、赤色用のサブ画素と緑色用のサブ画素との間の境界領域を示している。図１３には図示していないが、三原色の加法混色によるカラー表示を実現するために、第４の実施形態に係る表示装置４０Ａは、青色用のサブ画素についても、以下に説明する赤色用のサブ画素および緑色用のサブ画素と同様の構成を備えている。

40

【０１４７】

なお、第４の実施形態に係る表示装置４０Ａの分解斜視図は、図１０に示す第３の実施形態に係る表示装置３０Ａの分解斜視図において、偏光制御部３Ｂを、上部帯域透過フィルタ４１Ｒ_１，４１Ｇ_１と偏光制御部３Ｃと下部帯域透過フィルタ４１Ｒ_２，４１Ｇ_２との積層構造に入れ替えたものに相当するため、図示を省略する。

【０１４８】

第４の実施形態に係る表示装置４０Ａは、上部偏光板１と、上部透明基板２と、上部帯域透過フィルタ４１Ｒ_１，４１Ｇ_１と、液晶層３３Ｃを含む偏光制御部３Ｃと、下部帯域透過フィルタ４１Ｒ_２，４１Ｇ_２と、下部透明基板４と、下部偏光板５と、光電変換部８と、を備える。上部偏光板１と、上部透明基板２と、上部帯域透過フィルタ４１Ｒ_１，４１Ｇ_１と、液晶層３３Ｃを含む偏光制御部３Ｃと、下部帯域透過フィルタ４１Ｒ_２，４１

50

G₂と、下部透明基板4と、下部偏光板5とは積層されて、液晶パネルを構成している。

【0149】

なお、下部帯域透過フィルタ41R₂、41G₂は、これまでの実施例の変形実施例で説明したように、暗所での視認性を確保するための光源を図13の下方へ備える構成において必須となる。外光のみを用いて表示および発電をする構成においては、下部帯域透過フィルタ41R₂、41G₂は省略することができる。

【0150】

光電変換部8は、本実施形態では導光体として機能する下部透明基板4の端面に配置されており、下部透明基板4の内部を伝搬する蛍光FL_R、FL_Gを光電変換する。

【0151】

偏光制御部3Cは、共通電極31と、上部配向膜32と、液晶層33Cと、下部配向膜34と、画素電極35と、を含む。液晶層33Cは、液晶分子36と、複数の種類の蛍光材料を含む異方性蛍光体37R、37Gとを含み、上部配向膜32および下部配向膜34間に介装されている。

【0152】

複数の異方性蛍光体37R、37Gは、それぞれが互いに異なる種類の蛍光材料を含み、それぞれが光の吸収と発光に異方性を有する蛍光体である。これらの蛍光体は、液晶層33Cの内部に均一に分布している。液晶層33Cに電場が印加されると、異方性蛍光体37R、37Gは、Guest-Host (GH) 技術の原理により、液晶分子36と共に電場の方向に沿って整列される。本実施形態では、赤色用の異方性蛍光体37Rは赤色の蛍光FL_Rを放射し、緑色用の異方性蛍光体37Gは緑色の蛍光FL_Gを放射する。異方性蛍光体37R、37Gのそれぞれの発光波長の範囲は、光の三原色に対応しているのが好ましい。

【0153】

上部帯域透過フィルタ41R₁、41G₁は、本実施形態では、上部透明基板2と共通電極31との間に介装されている。下部帯域透過フィルタ41R₂、41G₂は、本実施形態では、画素電極35と下部透明基板4との間に介装されている。赤色用のサブ画素に対応する位置において、赤色用の上部帯域透過フィルタ41R₁と赤色用の下部帯域透過フィルタ41R₂とは、赤色用の帯域透過フィルタの組を構成している。同様に、緑色用のサブ画素に対応する位置において、緑色用の上部帯域透過フィルタ41G₁と緑色用の下部帯域透過フィルタ41G₂とは、緑色用の帯域透過フィルタの組を構成している。

【0154】

赤色用の帯域透過フィルタ41R₁、41R₂の組は、赤色の光を透過するだけでなく、赤色用の異方性蛍光体37Rを励起するための光を透過させる。一般に、蛍光材料の吸収スペクトルと発光スペクトルの間には、重なる波長領域が存在する。したがって、赤色用の帯域透過フィルタ41R₁、41R₂の波長透過特性を、一般的な液晶ディスプレイに用いられるカラーフィルタの赤色の波長領域と、それよりもやや短波長側の波長領域との両方を透過するような特性とする。同様に、緑色用の帯域透過フィルタ41G₁、41G₂の組は、緑色の光を透過するだけでなく、緑色用の異方性蛍光体37Gを励起するための光を透過させる。

【0155】

なお、赤色用の帯域透過フィルタ41R₁、41R₂の組と、緑色用の帯域透過フィルタ41G₁、41G₂の組との間で、透過する波長領域は互いに重ならないようにすることが好ましい。

【0156】

(動作)

図13を参照して、第4の実施形態に係る表示装置40Aの動作を説明する。なお、図13に示す例では、赤色を表示する左側のサブ画素については、液晶層33Cに電圧が印加されていない状態であり、緑色を表示する右側のサブ画素については、液晶層33Cに電圧が印加されている状態である。

【0157】

外光 L_{ext} が上部偏光板 1 に入射すると、透過軸に平行な偏光成分（図中 y 軸方向）が透過して、偏光制御部 3 C に入射する。

【0158】

図の左側に示す、赤色を表示するサブ画素に入射する外光 L_{ext} は、赤色用の帯域透過フィルタ $41R_1$ により、透過する波長範囲が狭められる。赤色を表示する左側のサブ画素では、液晶層 33 C に電圧が印加されていない。よって、複数の異方性蛍光体 $37R$ 、 $37G$ のうち、赤色用の異方性蛍光体 $37R$ のみが、赤色用の帯域透過フィルタ $41R_1$ を透過した外光 L_{ext} を吸収することができ、赤色の蛍光 FL_R を放射する。

【0159】

図の右側に示す、緑色を表示するサブ画素に入射する外光 L_{ext} についても同様に、緑色用の帯域透過フィルタ $41G_1$ により、透過する波長範囲が狭められる。しかし、液晶層 33 C に入射する光には、緑色用の異方性蛍光体 $37G$ を励起するための光が含まれているものの、緑色を表示する右側のサブ画素では、液晶層 33 C に電圧が印加されている。よって、複数の異方性蛍光体 $37R$ 、 $37G$ の何れも、緑色用の帯域透過フィルタ $41G_1$ を透過した外光 L_{ext} を吸収することができず、緑色の蛍光 FL_G は放射されない。

10

【0160】

このように、液晶層 33 C を含む偏光制御部 3 C に印加する電圧印加の有無により、液晶シャッターの ON 状態 / OFF 状態を切り替えて、表示の ON / OFF を制御することができる。図示していない、青色用のサブ画素についても同様である。このように、3 つのサブ画素に印加する電圧を調整することにより、サブ画素毎に各色の放射量を制御することができ、三原色の加法混色によりカラー表示を実現することができる。

20

【0161】

（効果）

以上、第 4 の実施形態に係る表示装置 40 A によると、複数の異方性蛍光体 $37R$ 、 $37G$ を液晶層 33 C に混合し、画素を構成するサブ画素のそれぞれの位置に帯域透過フィルタ $41R_1$ 、 $41R_2$ 、 $41G_1$ 、 $41G_2$ を配置することにより、発電機能を有する表示装置において、カラー表示を実現することができる。

【0162】

また、本実施形態に係る表示装置 40 A によると、色再現域が外光 L_{ext} に依存しない表示装置を提供することができる。即ち、従来の反射型の液晶ディスプレイでは、外光の一部を反射して画像を表示するため、その色再現域は外光のスペクトルに依存する。これに対し、本実施形態に係る表示装置 40 A では、赤色用の蛍光体 $37R$ 、緑色用の蛍光体 $37G$ 、図示していない青色用の蛍光体 $37B$ がそれぞれ蛍光 FL_R 、 FL_G 、 FL_B を放射して画像を表示するため、色再現域は蛍光体 $37R$ 、 $37G$ 、 $37B$ によって決定される。即ち、外光のスペクトルが変化しても表示画像の色は変わらない。さらに、例えば量子ドットや量子ロッドのような発光スペクトルが狭い蛍光材料を使用することにより、液晶ディスプレイの色再現域を広げることができる。本発明に係る表示装置においてもこれらの材料を使用することで、従来の反射型の液晶ディスプレイに比べて、画像表示の色再現域を格段に広げることができる。

30

40

【0163】

なお、本実施形態では、3 種類の蛍光体とそれらに対応する帯域透過フィルタとを用いてサブ画素を構成しているが、仮にこれらを 4 種類にすると色再現域は四角形となる。このような、用いる原色の数を増やすことにより色再現域を拡張する技術は、プロジェクタや液晶ディスプレイの分野において知られており、本発明にもこのような技術を適用することができる。

【0164】

〔その他の形態〕

以上、本発明を特定の実施形態によって説明したが、本発明は上記した実施形態に限定されるものではない。

50

【0165】

上記した第1から第4の実施形態では、蛍光FLの透過を画素ごとに制御するための液晶の配向技術としてTNモードを用いたが、用いる液晶の駆動モードはTNモードに限らず、種々な駆動モードを用いることができる。例えば、TNパネルに代えて、Vertical Alignment (VA)、In-Plane Switching (IPS)、Fringe Field Switching (FFS)、等の既知の液晶モードに基づく液晶パネルを用いてもよい。また、下部偏光板5を、反射型偏光板(DBEF: Double Brightness Enhancement Film)等に適宜置き換えてもよい。

【0166】

上記した第1の実施形態の第4の変形例および第4の実施形態では、表示装置10E、40Aのカラー表示を実現しているが、カラー表示を実現する表示装置の構成はこれらに限定されない。第1の実施形態の第1および第2の変形例、第2の実施形態の第1および第2の変形例等についても同様に、表示装置10B、10C、20A、20Bのカラー表示を実現することができる。この場合、カラー表示化された表示装置10B、10C、20A、20Bは、画素を構成するサブ画素のそれぞれの位置において、液晶層33Aを介装する一対の帯域透過フィルタ41R₁、41R₂、41G₁、41G₂をさらに備え、各色用の複数の蛍光体層6R、6Gを蛍光体層6に用いるとよい。異方性蛍光体層16を用いる第1の実施形態の第3の変形例についても同様である。

10

【0167】

上記した第1から第3の実施形態では、第1の変形例において、表示装置10B、20B、30Bは面状光源13をさらに備えている。カラー表示を実現した第4の実施形態に係る表示装置40Aおよび第1の実施形態の第4の変形例に係る表示装置10Eについてもこれらと同様に、面状光源13をさらに備えることにより、暗所での画像表示を可能にしてもよい。なおこの場合、表示装置40A、10Eは下部帯域透過フィルタ41R₂、41G₂をさらに備える。

20

【0168】

上記した第1の実施形態では、第2の変形例において、表示装置10Cは光拡散反射層14をさらに備えている。第2から第4の実施形態に係る表示装置20A、30A、40Aについてもこれと同様に、光拡散反射層14をさらに備えることにより、または光拡散層を配置することにより、蛍光FLの利用効率を向上させてもよい。あるいは、光拡散反射層14および光拡散層の両方を配置してもよい。カラー表示を実現した表示装置40A、10Eについてもこれらと同様である。

30

【0169】

上記した第1の実施形態では、第3の変形例において、表示装置10Dは異方性蛍光体37を用いてシースルー化されている。第2の実施形態に係る表示装置20Aについてもこれと同様に、異方性蛍光体37を用いてシースルー化されてもよい。

【0170】

カラー表示を実現した上記した第4の実施形態では、上部帯域透過フィルタ41R₁、41G₁は上部透明基板2と共通電極31との間に介装されており、下部帯域透過フィルタ41R₂、41G₂は画素電極35と下部透明基板4との間に介装されているが、これら帯域透過フィルタ41R₁、41G₁、41R₂、41G₂の配置はこれに限定されない。上部帯域透過フィルタ41R₁、41G₁は、液晶層33Cの、外光Lex_tが入射する側の面に配置されていればよく、下部帯域透過フィルタ41R₂、41G₂は、液晶層33Cと下部偏光板5との間に配置されていればよい。カラー表示を実現した第1の実施形態の第4の変形例に係る表示装置10Eについてもこれと同様に、上部帯域透過フィルタ41R₁、41G₁は、液晶層33Aの、外光Lex_tが入射する側の面に配置されていればよく、下部帯域透過フィルタ41R₂、41G₂は、液晶層33Aと下部偏光板5との間に配置されていればよい。

40

【0171】

上記した第3の実施形態では、Guest-Host技術による表示装置30A、30Bの構成が示されているが、表示装置30A、30Bの構成はこれに限定されない。表示装置30A

50

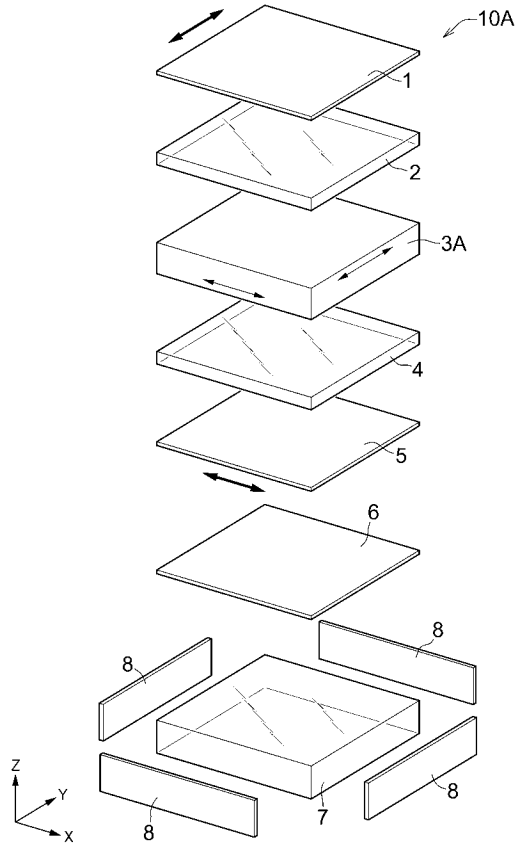
、30Bにおいて、偏光制御部3Bは、導光体4の外光L e x tが入射する一方の面側に、空気層11を介して配置されていてもよい。同様に、偏光制御部3Bは、導光体4の外光L e x tが入射する一方の面側に、誘電体層9を介して配置されていてもよい。

【符号の説明】

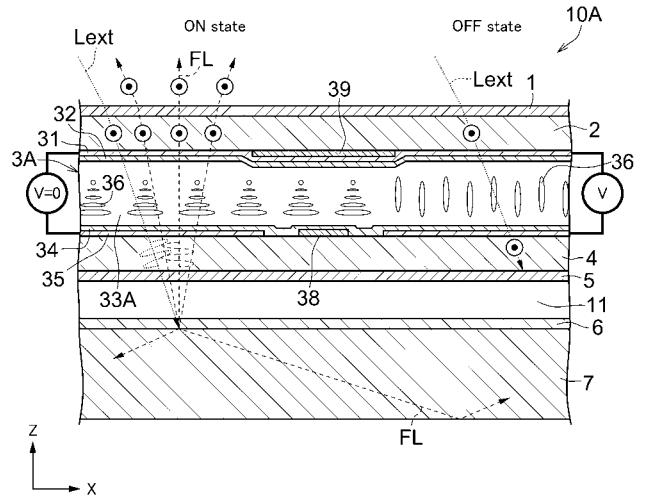
【0172】

10A～10E，20A，20B，30A，30B，40A	表示装置	
1	上部偏光板	
2	上部透明基板	
3A～3C	偏光制御部	
4	下部透明基板（導光体）	10
5	下部偏光板	
6，6R，6G	蛍光体層	
7	透明基板（導光体）	
8	光電変換部（太陽電池）	
9	誘電体層	
11	空気層	
12	空気層	
13	面状光源（バックライト）	
14	光拡散反射層	
15	異方性蛍光体	20
16	異方性蛍光体層	
17	偏光板	
31	共通電極	
32	上部配向膜	
33A～33C	液晶層	
34	下部配向膜	
35	画素電極	
36	液晶分子	
37，37R，37G	異方性蛍光体	
38	配線	30
39	光吸収体層（ブラックマトリクス）	
41R ₁ ，41R ₂ ，41G ₁ ，41G ₂	帯域透過フィルタ	
91	導光体	
92	透明基板	
93	蛍光体層	
94	太陽電池	
95a，95b	光源	
FL，FL _R ，FL _G	蛍光	
LB	励起光	
L e x t	外光	40
L s r c	励起光	

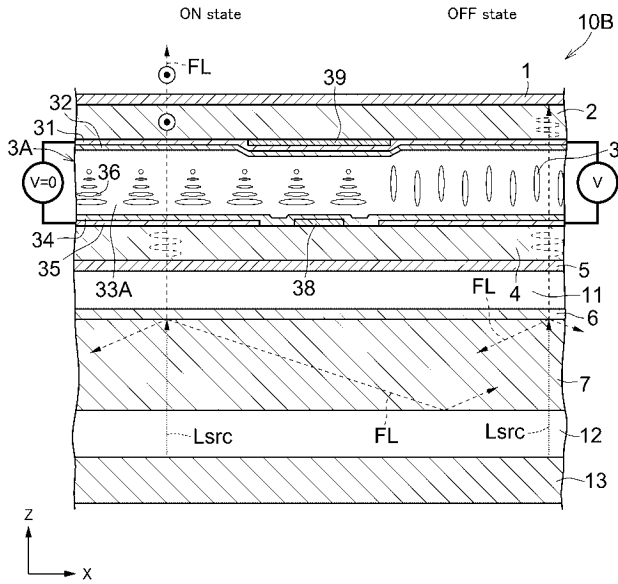
【 図 1 】



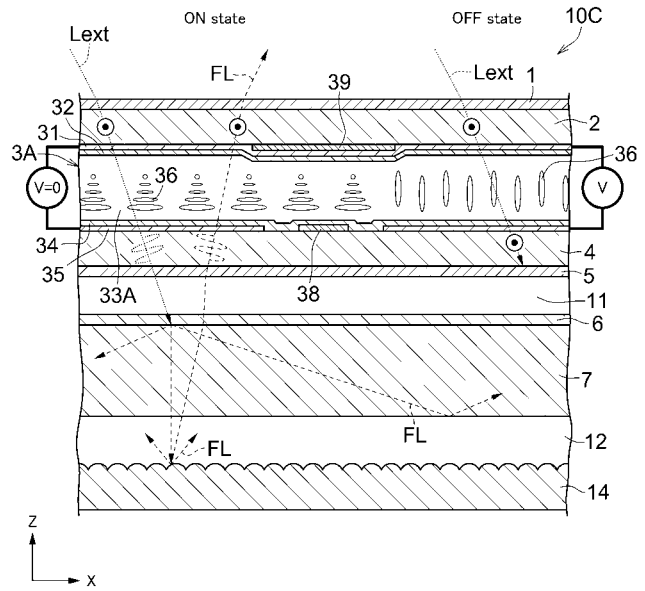
【 図 2 】



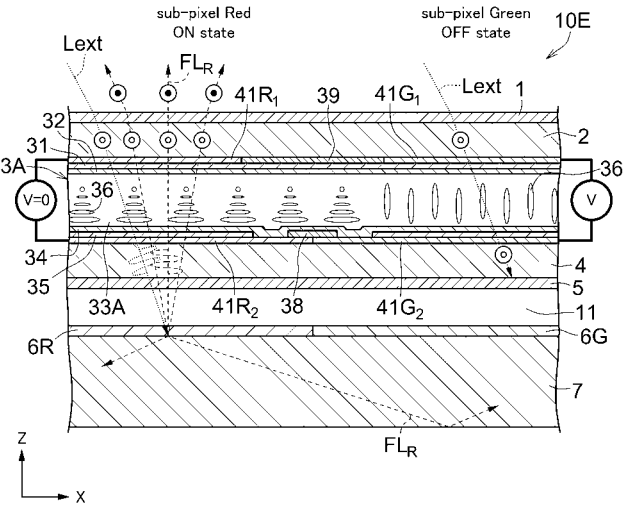
【 図 3 】



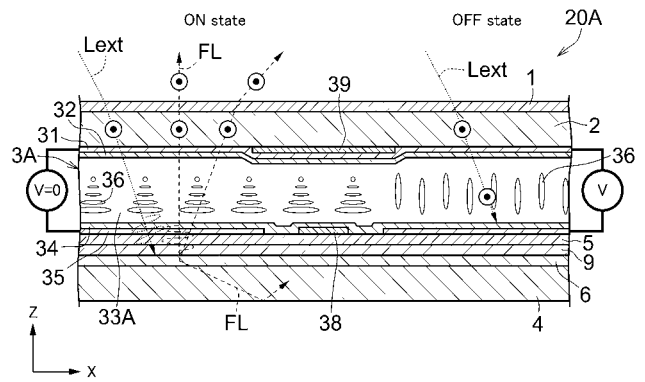
【 図 4 】



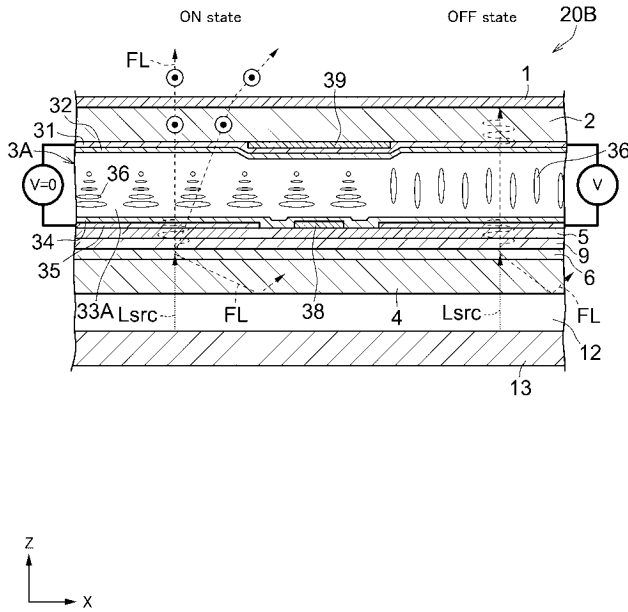
【 図 6 】



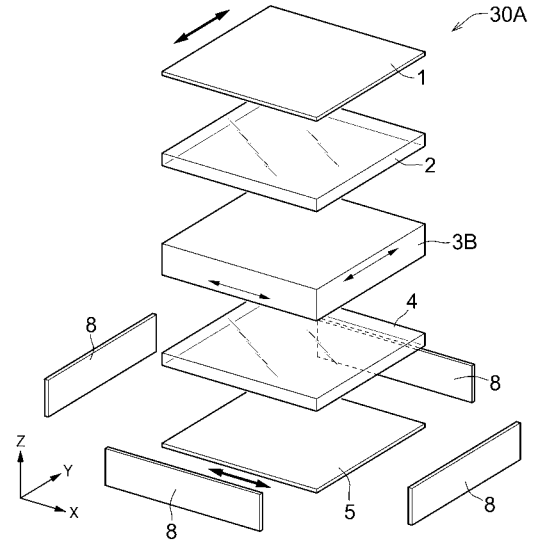
【圖 8】



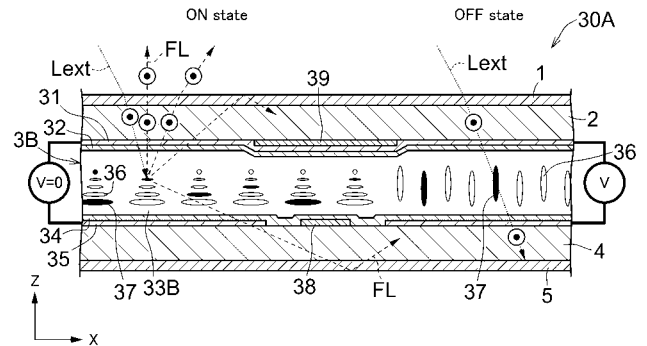
【図 9】



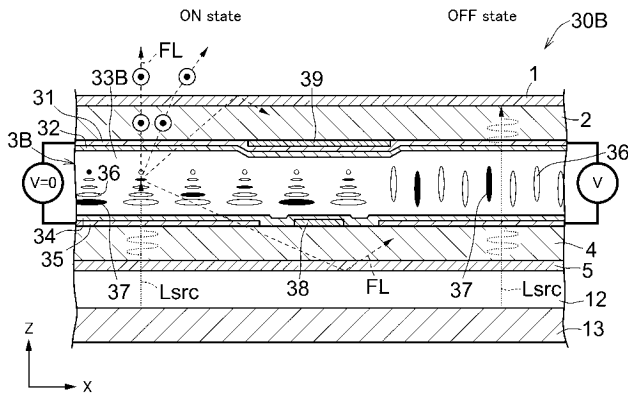
【図 10】



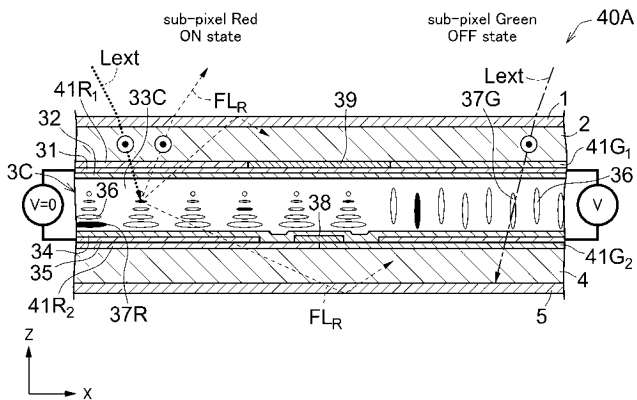
【図 11】



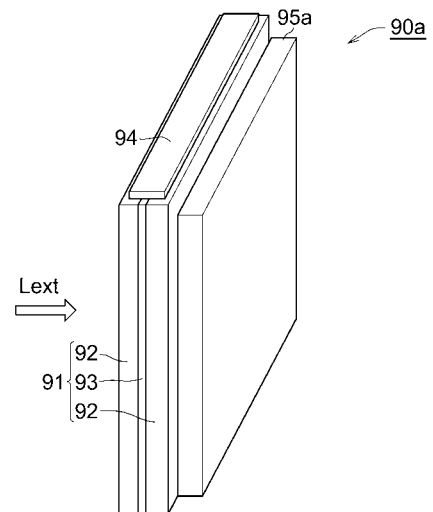
【図 12】



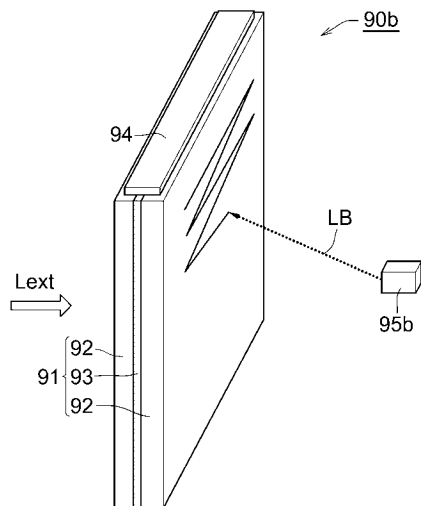
【図 13】



【図 14】



【図 15】



フロントページの続き

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
	G 0 9 F 9/00	3 4 7 A
	G 0 9 F 9/00	3 3 6 J

F ターム(参考) 2H291 FA22X FA22Z FA25Z FA34Z FA71Z FA81Z FA83Z FA85Z FB02 FD15
HA06 HA07
2H391 AA01 AA18 AB04 AB09 AB34 AB40 AC13 AC32 CB41 EA05
EA22 FA02
5F151 JA21 JA25 JA28
5G435 AA01 AA18 BB12 CC09 EE27 EE49 FF05 GG11 LL19

专利名称(译)	显示装置		
公开(公告)号	JP2020091419A	公开(公告)日	2020-06-11
申请号	JP2018229069	申请日	2018-12-06
[标]申请(专利权)人(译)	学校法人立命馆		
申请(专利权)人(译)	学校法人立命馆		
[标]发明人	藤枝 一郎 繁田 光浩		
发明人	藤枝 一郎 繁田 光浩		
IPC分类号	G09F9/00 H01L31/055 G02F1/1335 G02F1/13 G02F1/13357		
FI分类号	G09F9/00.324 H01L31/04.622 G02F1/1335 G02F1/13.505 G02F1/13357 G09F9/00.347.A G09F9/00.336.J		
F-TERM分类号	2H088/EA33 2H088/EA47 2H088/GA02 2H088/GA13 2H088/GA14 2H088/HA02 2H088/HA07 2H088/HA08 2H088/HA28 2H088/JA05 2H088/JA06 2H291/FA22X 2H291/FA22Z 2H291/FA25Z 2H291/FA34Z 2H291/FA71Z 2H291/FA81Z 2H291/FA83Z 2H291/FA85Z 2H291/FB02 2H291/FD15 2H291/HA06 2H291/HA07 2H391/AA01 2H391/AA18 2H391/AB04 2H391/AB09 2H391/AB34 2H391/AB40 2H391/AC13 2H391/AC32 2H391/CB41 2H391/EA05 2H391/EA22 2H391/FA02 5F151/JA21 5F151/JA25 5F151/JA28 5G435/AA01 5G435/AA18 5G435/BB12 5G435/CC09 5G435/EE27 5G435/EE49 5G435/FF05 5G435/GG11 5G435/LL19		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

要解决的问题：提供一种显示装置，该显示装置能够显示高清图像，进一步变薄并且具有改进的发电功能。显示装置（10A）包括：从吸收光的荧光体（6）发出的荧光在其中传播的光导（7）和在光导（7）中传播的光导（7）的端面。用于对荧光进行光电转换的光电转换单元8以及包括液晶层的偏振控制单元3A，该液晶控制层3A布置在光导7的入射有外部光的一个表面侧上，并从荧光体6辐射以形成液晶层。偏振控制单元3A通过控制所通过的荧光的偏振状态来切换像素的显示，并且通过从荧光体6发射的一部分荧光来显示像素，并且通过一部分荧光来产生电力。去做。[选择图]图1

