

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号  
特表2018-532161  
(P2018-532161A)

(43) 公表日 平成30年11月1日(2018.11.1)

(51) Int.Cl.			F I			テーマコード (参考)	
GO2F	1/01	(2006.01)	GO2F	1/01	D	2H042	
GO2B	5/30	(2006.01)	GO2B	5/30		2H148	
GO2B	5/22	(2006.01)	GO2B	5/22		2H149	
GO2B	5/08	(2006.01)	GO2B	5/08	A	2K102	

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 24 頁)

(21) 出願番号	特願2018-519705 (P2018-519705)	(71) 出願人	507226592 オックスフォード ユニヴァーシティ イ ノベーション リミテッド 英国 オーエックス2 オージェイビー オ ックスフォード ボトリー ウェスト ウ エイ3 バクストン コート
(86) (22) 出願日	平成28年10月14日 (2016.10.14)	(74) 代理人	100108833 弁理士 早川 裕司
(85) 翻訳文提出日	平成30年6月14日 (2018.6.14)	(74) 代理人	100162156 弁理士 村雨 圭介
(86) 国際出願番号	PCT/GB2016/053196	(72) 発明者	ペイマン ホセイニ イギリス国 OX26 6YW、オックス フォードシャー州、バイセスター、アボセ ット ウェイ 135
(87) 国際公開番号	W02017/064509	最終頁に続く	
(87) 国際公開日	平成29年4月20日 (2017.4.20)		
(31) 優先権主張番号	1518371.8		
(32) 優先日	平成27年10月16日 (2015.10.16)		
(33) 優先権主張国	英国 (GB)		

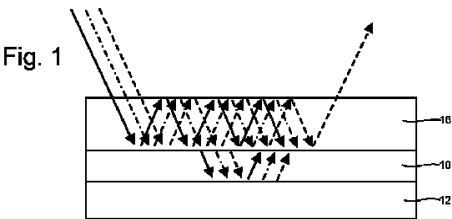
(54) 【発明の名称】 光学デバイス

(57) 【要約】

【解決手段】

キャッピング層、光吸収体材料の層、及び反射層を積層した積層体を備え、キャッピング層の屈折率が少なくとも1.6である光学デバイス。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

キャッピング層、光吸収体材料の層、及び反射層を積層した積層体を備え、  
前記キャッピング層の屈折率が少なくとも 1.6 である光学デバイス。

## 【請求項 2】

前記屈折率が少なくとも 1.8、好ましくは少なくとも 2.0、より好ましくは少なくとも 2.2 である請求項 1 に記載のデバイス。

## 【請求項 3】

前記キャッピング層が  $TiO_2$ 、 $ZnO$ 、ダイヤモンド、 $SiO_2$ 、 $Si_3N_4$ 、及び  $TaO$  の少なくとも 1 つを備える請求項 1 又は 2 に記載のデバイス。

10

## 【請求項 4】

前記キャッピング層と前記反射層の間にスペーサ層を更に備える請求項 1 ~ 3 のいずれかに記載のデバイス。

## 【請求項 5】

前記光吸収体層の厚さが少なくとも 10 nm である請求項 1 ~ 4 のいずれかに記載のデバイス。

## 【請求項 6】

キャッピング層、光吸収体材料の層、光学活性材料の層、及び反射層を積層した積層体を備える光学デバイス。

## 【請求項 7】

前記光学活性材料の屈折率を電圧の印加により変化させることを可能にするために電極が設けられている請求項 6 に記載のデバイス。

20

## 【請求項 8】

前記光学活性材料が液晶材料であり、前記積層体が更に偏光子層を備える請求項 6 又は 7 に記載のデバイス。

## 【請求項 9】

前記液晶材料層が 300 nm 未満の厚さである請求項 8 に記載のデバイス。

## 【請求項 10】

前記光学活性材料が電気光学活性材料である請求項 6 又は 7 に記載のデバイス。

## 【請求項 11】

前記電気光学活性材料層が 100 nm 未満の厚さである請求項 10 に記載のデバイス。

30

## 【請求項 12】

前記キャッピング層が複数のキャッピング層副層を備え、前記キャッピング層副層の少なくとも 2 つが互いに異なる屈折率を有する請求項 1 ~ 11 のいずれかに記載のデバイス。

## 【請求項 13】

前記反射層と前記光吸収体材料の層との間にスペーサ層が設けられている請求項 1 ~ 12 のいずれかに記載のデバイス。

## 【請求項 14】

前記スペーサ層が複数のスペーサ層副層を備え、前記スペーサ層副層の少なくとも 2 つが互いに異なる屈折率を有する請求項 13 に記載のデバイス。

40

## 【請求項 15】

前記光吸収体材料が、 $GeSbTe$ 、 $VO_x$ 、 $NbO_x$ 、 $GeTe$ 、 $GeSb$ 、 $GaSb$ 、 $AgInSbTe$ 、 $InSb$ 、 $InSbTe$ 、 $InSe$ 、 $SbTe$ 、 $TeGeSbS$ 、 $AgSbSe$ 、 $SbSe$ 、 $GeSbMnSn$ 、 $AgSbTe$ 、 $AuSbTe$ 、及び  $AlSb$  の組合せのリストから選択される元素の組み合わせに係る化合物又は合金を備える請求項 1 ~ 14 のいずれかに記載のデバイス。

## 【請求項 16】

受動光吸収体材料の層を更に備える請求項 1 ~ 15 のいずれかに記載のデバイス。

## 【請求項 17】

50

前記受動光吸収体材料の層が金属性である請求項 16 に記載のデバイス。

【請求項 18】

前記受動光吸収体材料の層が相変化材料を含まない請求項 16 又は 17 に記載のデバイス。

【請求項 19】

前記キャッピング層が複数のキャッピング層副層を備え、前記キャッピング層副層の少なくとも 2 つが互いに異なる屈折率を有し、且つ前記受動光吸収体材料の層が前記キャッピング層副層の 2 つに挟まれて前記キャッピング層内に設けられ、又は前記受動光吸収体材料の層が前記キャッピング層に直接的に隣接して設けられる請求項 16 ~ 18 のいずれかに記載のデバイス。

10

【請求項 20】

前記スペーサ層が複数のスペーサ層副層を備え、前記スペーサ層副層の少なくとも 2 つが互いに異なる屈折率を有し、且つ前記受動光吸収体材料の層が前記スペーサ層副層の 2 つに挟まれて前記スペーサ層内に設けられ、又は前記受動光吸収体材料の層が前記スペーサ層に直接的に隣接して設けられる請求項 16 ~ 19 のいずれかに記載のデバイス。

【請求項 21】

前記光吸収体材料が、前記デバイスに異なる光学特性を与える少なくとも 2 つの値に設定可能な複素屈折率を有する相変化材料である請求項 1 ~ 20 のいずれかに記載のデバイス。

【請求項 22】

前記反射層が部分的に反射性であり且つ前記デバイスが透過性であり、又は前記反射層が全体的に反射性である請求項 1 ~ 21 のいずれかに記載のデバイス。

20

【請求項 23】

前記層の 1 つ以上が、入射光に対する前記デバイスのスペクトル応答を決定する光学キャビティを備える請求項 1 ~ 22 のいずれかに記載のデバイス。

【請求項 24】

前記積層体が、複数の異なる領域において入射光に対して対応する複数の異なるスペクトル応答をもたらすように構成される請求項 1 ~ 23 のいずれかに記載のデバイス。

【請求項 25】

少なくとも部分的に、前記領域の少なくとも一部が一連の異なる層及び / 又は 1 つ以上の対応する層の異なる厚さを有するように前記領域の少なくとも一部を構成することによって、前記異なるスペクトル応答がもたらされる請求項 24 に記載のデバイス。

30

【請求項 26】

少なくとも部分的に、前記光吸収体材料の層が異なる相にスイッチングされるように前記領域の少なくとも一部を構成することによって、前記異なるスペクトル応答がもたらされる請求項 24 又は 25 に記載のデバイス。

【請求項 27】

前記デバイスが、前記複数の異なるスペクトル応答を用いてホログラフィック効果をもたらすように構成される請求項 24 ~ 26 のいずれかに記載のデバイス。

【請求項 28】

請求項 1 ~ 27 のいずれかに記載の光学デバイスを備えるディスプレイ、カラーディスプレイ、セキュリティ標識、カラーフィルタ、装飾層、スペクトロメータ、又は窓。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は光学デバイスに関する。

【背景技術】

【0002】

これまで、例えば分光分析用のカラーフィルタ向けにスペクトル特性をカスタマイズすることができる改良された光学デバイスに対する要望があり、あるいはデバイスがスイッ

50

チング可能であれば、カラーディスプレイ向けにそのような要望がある。

【 0 0 0 3 】

デバイスに対する従来の提案は、光学的に透過性の層（即ちエタロンのような層）の対向表面での反射を用いた干渉の原理に基づいて機能するものであり、これにより反射又は透過におけるスペクトル応答（即ち色）がもたらされる。スペクトル（色）は、光吸収体材料の層を組み込むことによって設定することができる。光吸収体材料が相変化材料(phase change material) ( P C M ) である場合には、P C M の相をスイッチングすることによってデバイスの光学特性をスイッチングすることができる。

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

10

【 0 0 0 4 】

しかし、7 nm 等の極薄 P C M 層を用いる場合にのみ、観察可能な色コントラストを作り出すことができる。これは、デバイスがフレキシブルポリマ等の粗い基板上に作製される場合に問題となる。

【 0 0 0 5 】

ディスプレイのスイッチング可能要素として液晶材料を用いることも考えられる。しかし、従来のデバイスでは、液晶の最小厚さが1～2ミクロンであることが必要である（この数値は用いる液晶の複屈折に依存する）。この厚さは最大スイッチング速度を制限するだけでなく、より多くの材料を使用することでデバイスがより厚くなる。また、電気光学活性材料の採用も考えられるが、通常10 k V 等の非常に高い電圧が必要であり、そのような高電圧を発生する上で問題がある。

20

【 0 0 0 6 】

本発明は、上述の問題に鑑みてなされたものである。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 0 7 】

そこで、本発明は、キャッピング層、光吸収体材料の層、及び反射層を積層した積層体を備える光学デバイスであって、キャッピング層の屈折率が少なくとも1.6である光学デバイスを提供する。

【 0 0 0 8 】

本発明の別の態様は、キャッピング層、光吸収体材料の層、光学活性材料の層、及び反射層を積層した積層体を備える光学デバイスを提供する。

30

【 0 0 0 9 】

更なる随意的な態様は従属請求項において定義される。

【 0 0 1 0 】

本明細書を通して、「光学的」及び「光」の用語は、これらが電磁放射に関連する技術分野における通常用語であるという理由で用いられているが、本明細書の文脈においては、これらの用語は可視光に限定されるものではないことが理解される。本発明は、赤外光及び紫外光等の可視スペクトルの外側の波長でも使用され得ることが想定されている。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 1 1 】

添付図面の説明の後、それらを参照して本発明の種々の実施形態を単なる例示として説明する。

40

【 0 0 1 2 】

【 図 1 】 図 1 はデバイス用の本発明の実施形態に係る光学デバイスの一部分の概略断面図である。

【 図 2 】 図 2 は本発明の実施形態に係るデバイスにおける波長に対する反射率のプロットを示す図である。

【 図 3 】 図 3 ( a ) 及び図 3 ( b ) は従来のデバイス ( a ) 及び本発明の実施形態に係るデバイス ( b ) で達成可能な色域を示す色度図である。

【 図 4 】 図 4 は液晶層を備える本発明の別の実施形態の概略断面図である。

50

【図 5】図 5 は液晶層を備える本発明の更なる実施形態の概略断面図である。

【図 6】図 6 は図 4 の構造に基づく本発明の実施形態に係るデバイスにおける波長に対する反射率のプロットを示す図である。

【図 7】図 7 は電気光学活性材料層を備える本発明の実施形態の概略断面図である。

【図 8】図 8 は電気光学活性材料層を備える本発明の更なる実施形態の概略断面図である。

【図 9】図 9 は図 7 の構造に基づく本発明の実施形態に係る異なる印加電圧を伴うデバイスにおける波長に対する反射率のプロットを示す図である。

【図 10】図 10 は異なる印可電圧及び電気光学活性材料層の異なる厚さを伴う図 7 の構造に基づく本発明の実施形態に係るデバイスにおける波長に対する反射率のプロットを示す図である。

10

【図 11】図 11 は複数のキャッピング層副層から形成されたキャッピング層と複数のスペーサ層副層から形成されたスペーサ層とを備える例示的な積層体を示す図である。

【図 12】図 12 はキャッピング層内に設けられた受動光吸収体材料の層を備える例示的な積層体を示す図である。

【図 13】図 13 はスペーサ層内に設けられた受動光吸収体材料の層を備える例示的な積層体を示す図である。

【図 14】図 14 はキャッピング層内に設けられた受動光吸収体材料の層とスペーサ層内に設けられた受動光吸収体材料の層とを備える例示的な積層体を示す図である。

【図 15】図 15 は光学的に厚いカバーシート上に形成された例示的な積層体を示す図である。

20

【図 16】図 16 は異なるスペクトル応答をもたらす複数の領域を有するデバイスを示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0013】

図 1 を参照して光学デバイスの第 1 実施形態を以下に説明する。図 1 は層状構造の断面を概略的に示している。光吸収体材料の固体層 10 が設けられている。この層は薄膜吸収体としても知られており、その材料は、典型的には、広範囲の波長にわたって非ゼロである屈折率の虚数成分 ( $k$ ) を有している。多くの適切な材料を用いることができ、幾つかの具体例は後述する。層 10 は一般的には 10 ナノメートルを超える厚さである。この特定の

30

【0014】

吸収体材料層 10 は、反射層 12 (デバイスが透過モードで用いられているか否かに応じて、部分的に又は全体的に反射性である) 上に設けられている。

【0015】

以前の提案では、スペーサ層が吸収体層 10 と反射層 12 の間に挟まれていたし、シリカ又は ITO (インジウム錫酸化物) のキャッピング層がデバイスの前側 (頂部側) に設けられていた。従来、キャッピング層は色性能に寄与しておらず、吸収体層は極薄である必要があった。

【0016】

40

対照的に、この特定の実施形態では、高い屈折率 (ここでは屈折率の実数成分のことであり、屈折率の虚数成分は、材料が可能な限り透明になるように可能な限り小さいべきである) を有する材料が、キャッピング層 16 として用いられている。その屈折率は 1.6 を超え、例えば 1.8 以上であり、2.0 を超えていてもよく、更には 2.2 を超えていてもよい。キャッピング層 16 の材料の例としては、 $\text{TiO}_2$ 、 $\text{ZnO}$ 、 $\text{AgO}$ 、ダイヤモンド、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{SiN}$ 、及び  $\text{TaO}$  等が挙げられる。高屈折率なキャッピング層 16 に入射した光は、従来のデバイスにおけるよりも層内にとどまる傾向がある (光ファイバ等の導波路内に光が閉じ込められるのと同様に)。色は、「漏れ易い (leaky)」吸収体層及び下側界面との干渉によって生成される。極薄の吸収体層が必要でなくなる。吸収体層 10 を備える PCM としての GST の場合、GST が非晶質相にあるときに吸収が少なく

50

、キャッピング層 16 内の光は影響を受けにくい一方、GST が結晶質相にあるときには、より吸収性（より金属性）があり、従って光は特定の波長で漏れて干渉により色及び色変調を生じさせる。

#### 【0017】

随意的には、層 10 と層 12 の間にスペーサ層（図示せず）を設けることができる。吸収体層 10 が PCM である場合、必要であれば、層の相をスイッチングする（電氣的又は熱的にスイッチングする）ために電極を設けることができ、即ち電圧源から適切な電圧パルスを加えることによって、PCM は誘起された可逆相を受けることができる。反射層 12 は、下部電極として作用することができ（又は ITO 等のように導電性である場合には随意的なスペーサ層がそのように作用することができ）、PCM に接触する第 2 の電極（図示せず）を側部又は頂部（層 10 と層 16 の間）に設けることができる。代替的には、例えば WO<sub>2</sub>O<sub>15</sub>/O<sub>9468</sub>A1 又は EP16000280.4 に記載されるように、PCM 層は、PCM に隣接する加熱要素によって又はミラー層の PCM とは反対側上の加熱要素によって供給される熱パルスにより活性化されてよい。この場合、スペーサ層は、非導電性であってよく、もっぱらその光学的及び熱的特性のために選択されてよい。

10

#### 【0018】

図 2 は種々のデバイスにおけるスペクトル応答の例を示しており、ここでは TiO<sub>2</sub> のキャッピング層 16 は、10, 50, 100 ナノメートルの厚さである。破線は GST が非晶質相にあるときのものであり、実線は GST が結晶質相にあるときのものである。これらの例で分かるように、色はスイッチング中に薄い色から明るい色に変化することができる。この構造を用いることにより、オン状態では薄い色（ほぼ白色）、他の状態では明るい原色（明るい青色、赤色、又は緑色等）である RGB 型の画素を作り出すことができる。より薄いキャッピング層 16 を用いることにより、デバイスは、かなり平坦なスペクトルを有することができ、あるいは単純に画素の明るい状態と暗い状態をスイッチングするために用いることができる。図 2 の全ての例において、反射層 12 は厚さ 100 nm の Ag の層である。

20

#### 【0019】

吸収体層 10 の厚さはそれ自体が独立して色を生じさせることができる。

#### 【0020】

図 1 の構造は、頂部電極を薄い透明電極層（10 nm の ITO 等）の頂面上の高屈折率層 16 に変更することにより、CMOS 回路の頂面上で PCM メモリデバイスから知られている構造と容易に一体化することができる。

30

#### 【0021】

本発明のこの態様の実施形態に係るデバイスを用いると、色域(gamut)（色空間においてアクセス可能な色の範囲）を劇的に改善することができる。図 3（a）の色度図にプロットされた点は、ITO キャッピング層を用いてこれまでに可能であった色域を示しているのに対し、図 3（b）は、高屈折率キャッピング層 16 で可能なはるかに広い色域を示しており、この例では、キャッピング層はダイヤモンド（例えば CVD によって成長された合成ダイヤモンド）である。

#### 【0022】

本発明の更なる実施形態では、スペーサ層及びキャッピング層のいずれか一方又は両方は、「複合(composite)」層を備えていてよく、複合層は、異なる屈折率を有する材料の複数の層を備える。このようにして、これらの複数の層の界面で更なる部分的内部反射が生じ、利用可能な状態の反射スペクトルの制御を高めることを可能にし得るより複雑な干渉モードの可能性がもたらされる。これは、波長の狭い範囲にわたって高い反射率を有する反射スペクトルを生じさせ、より鮮明な色及びそれによるより広い色域を生成する能力と、デバイスの複数の状態において所望の反射スペクトルをより独立して調整する能力の両方を含み得る。複合スペーサ又はキャッピング層内の副層として用いられ得る材料は、ZnO、TiO<sub>2</sub>、SiO<sub>2</sub>、Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>、TaO、及び ITO を含んでいてよい（但し、これらに限定されない）。そのような複合スペーサ又はキャッピング層を有する例示的

40

50

なデバイスを図 1 1 ~ 1 5 に示す。

【 0 0 2 3 】

図 1 1 は例示的な積層体を示しており、この積層体のキャッピング層 1 6 は、複数のキャッピング層副層 1 6 1 ~ 1 6 2 を備える。キャッピング層副層 1 6 1 ~ 1 6 2 の少なくとも 2 つは、互いに異なる屈折率を有する。典型的には、互いに直接的に隣接する少なくともそれらキャッピング層副層は、互いに相対的に異なる屈折率を有する。図示された特定の例では、キャッピング層 1 6 は、第 1 の屈折率の 2 つのキャッピング層副層 1 6 1 と、これらに挟まれた第 1 の屈折率とは異なる第 2 の屈折率の単一のキャッピング層副層 1 6 2 と、を備えるが、他の構成も可能である。図示された例では、反射層 1 2 と光吸収体材料の層 1 0 との間にスペーサ層 4 0 が追加的に設けられている。この特定の例では、スペーサ層 4 0 は複数のスペーサ層副層 4 0 1 ~ 4 0 2 を備えている。スペーサ層副層 4 0 1 ~ 4 0 2 の少なくとも 2 つは、互いに異なる屈折率を有する。典型的には、互いに直接的に隣接する少なくともそれらスペーサ層副層は、互いに相対的に異なる屈折率を有する。図 1 1 の特定の例では、2 つのスペーサ層副層のみが設けられているが、他の実施形態は 3 つ以上のスペーサ層副層を備えていてもよい。この実施形態では、積層体は、反射層 1 2 の下方の基板 5 0 から開始して形成される。図 1 5 を参照して後で説明するように、これは必須ではない。積層体は、キャッピング層 1 6 の上方の光学的に厚いカバー層 7 0 から開始して逆の順で形成することもできる（この場合、反射層の下方の基板 5 0 は随意的である）。

10

20

【 0 0 2 4 】

更なる実施形態では、図 1 2 ~ 1 4 に例が示されるように、デバイスは受動光吸収体材料の層 6 0 を更に備える。受動光吸収体材料の層 6 0 は、光吸収材料の薄い層又は薄膜を備えていてよい。受動光吸収体材料の層 6 0 は、キャッピング層 1 6 の一部として設けられてよく（例えば 2 つのキャッピング層副層の間に挟まれて）、キャッピング層 1 6 に直接的に隣接して設けられてよく（キャッピング層が複数のキャッピング層副層を備えているか否かにかかわらず）、スペーサ層 4 0 の一部として設けられてよく（例えば 2 つのスペーサ層副層の間に挟まれて）、及び / 又はスペーサ層 4 0 に直接的に隣接して設けられてよい（スペーサ層が複数のスペーサ層副層を備えているか否かにかかわらず）。

30

40

【 0 0 2 5 】

理論に束縛されることを望むものではないが、本発明者らの現在の考えでは、このような受動光吸収体材料の層の追加が、この層の界面での内部反射の増大に寄与していると共に、受動光吸収体材料の層の位置でデバイス内の他の層によってもたらされるキャビティ又は多重キャビティ上に定在波の波腹を有する波長の光を優先的に吸収している。繰り返すが、これにより、デバイスの複数の状態の反射スペクトルの色選択性を高め、各状態における達成可能な反射色の範囲及び / 又は反射される色の独立性を拡大することができる。ある実施形態では、受動光吸収体材料の層 6 0 は、例えば P C M 層におけるのと同様に、異なる状態間でスイッチング可能ではないという意味で受動的である。受動光吸収体材料の層 6 0 は、相変化材料を含まない。ある実施形態では、受動光吸収体材料の層 6 0 は金属性であり、例えば、A g、A u、A l、又は P t 等の金属材料から形成される。受動光吸収体材料の層 6 0 は、典型的には、入射光の大部分を吸収又は反射するほどの厚さではないが、所望の光学効果を生じさせるのに十分な厚さに設計される。3 n m ~ 3 0 n m が最適な範囲として確認されている。受動光吸収体材料の層 6 0 の酸化を防止するために（例えば層が酸化されやすい金属材料から形成される場合）、金属層の片面又は両面に安定な材料の層を堆積させてよい。この層は、デバイスによって生成される反射スペクトルに影響しないように十分に厚くてよく（典型的には 1 0 n m 未満）、あるいは意図された反射スペクトルにそれ自体が寄与する更に厚い層であってよい。代替的には、受動光吸収体材料の層 6 0 は非金属吸収体を備える。

50

【 0 0 2 6 】

図 1 2 は受動光吸収体材料の層 6 0 を有する例示的な積層体を示す。この特定の実施形態では、積層体は、複数のキャッピング層副層 1 6 1 ~ 1 6 2 を備える。受動光吸収体材

50

料の層 60 は、2 組のキャッピング層サブ層 161 ~ 162 の間に挟まれてキャッピング層内に設けられる。

【0027】

図 13 は受動光吸収体材料の層 60 を有する更なる例示的な積層体を示す。この特定の実施形態では、積層体は、複数のスペーサ層副層 401 ~ 402 を含む。受動光吸収体材料の層 60 は、2 つのスペーサ層副層 401 ~ 402 の間に挟まれてスペーサ層内に設けられる。

【0028】

図 14 は受動光吸収体材料の 2 つの層 60 を有する例示的な積層体を示す。受動光吸収体材料の層 60 のうちの第 1 の層は、2 つのキャッピング層副層 161 ~ 162 の間に挟まれてキャッピング層内に設けられる。受動光吸収体材料の層 60 のうちの第 2 の層は、2 つのスペーサ層副層 401 ~ 402 の間に挟まれてスペーサ層内に設けられる。

【0029】

本発明の別の実施形態が図 4 に示されている。この実施形態では、光吸収体層 10 と反射層 12 の間に液晶材料の層が設けられている。LCD (液晶ディスプレイ) の技術分野から知られているように、液晶キャビティの各面上には透明電極 21, 22 (例えばITO からなり、厚さ 10 nm) が設けられている。このデバイスは、例えばITO、シリカ、アルミナ、硫化亜鉛、又はポリマー材料からなる透明な頂部層 24 と、偏光子 26 と、を有する。電極 21, 22 に適切な電圧を印加することによって、液晶分子の配向がスイッチングされてキャビティの屈折率が変化させられ、それによりデバイスの色に変調される (デバイスは薄膜の形態にあってよく、画素化されていてもよい)。

【0030】

従来の液晶デバイスは、これを動作させるために 1 ~ 2 ミクロンの一定の最小厚さを必要とする。この厚さは、次式によって表される。

$$d = \lambda / (4n)$$

ここで、d は最小厚さ、 $\lambda$  は波長、n はデバイスで用いられる特定の液晶の複屈折である。

【0031】

しかし、光は、従来の LCD デバイスにおけるように光の位相に作用することによってではなく、ナノキャビティ (層 20) の屈折率を変化させることによって変調されるので、この等式は本発明のこの実施形態には適用されない。結果として、液晶層 20 は、200 nm のオーダ等で従来の 10 倍ほどは薄くすることができる。このことは、デバイスを超薄型にすることができ、従来のデバイスよりもはるかに高速でスイッチングすることができることを意味する。その結果、このデバイスは電気通信用途に有利である。その一方で、このデバイスは、低消費電力での色変調を採用する装飾用途、あるいは受動反射型ディスプレイにも使用することができる。反射層 12 の厚さを減少させることにより、透過モードでの色変調が可能になり、スペクトロメータ用のカラーフィルタ又はチューナブル広帯域吸収体として使用することができる。

【0032】

図 5 は本実施形態の変形例を示しており、ここでは吸収体層 10 が反射層 12 に隣接して図 1 のものと同様の「漏洩型 (leak-type)」デバイスを提供する。頂部層 24 は不要である。

【0033】

図 4 及び 5 の実施形態に係るデバイスでは、GST 等の吸収体層 10 は、スイッチング可能である必要もなく、相変化を示す必要もないので、それ自身の電極を設ける必要はない。しかし、吸収体層 10 を予め所望の相に設定することができる。

【0034】

図 6 は図 4 に係るデバイスの範囲に対するスペクトル応答 (反射) を示しており、このデバイスは、ITO 頂部層 24、GST 吸収体層 10、ITO 電極 21、TL216 の液晶層 20、ITO 電極 22、及び Ag の反射層 12 をこの順で備えている。GST 及び T



L 2 1 6 の厚さは、図 6 の凡例に示されている通りである。厚さの各対について、電極 2 1 , 2 2 により印加された電界内で液晶をスイッチングすることによって得られた常光屈折率 ( $n_o$ ) 又は異常光屈折率 ( $n_e$ ) での液晶 T L 2 1 6 に対するプロットが示されている。図から分かるように、顕著なスペクトル変化、従って色の変化が明らかである。

#### 【 0 0 3 5 】

本発明の更なる実施形態が図 7 及び 8 に示されている。これらの構造は、液晶層が E O 層 3 0 と称される電気光学活性材料層 3 0 に置き換えられている点を除き、図 4 及び 5 のデバイスと類似している。E O 層の各面上には、透明電極 3 1 , 3 2 (例えば I T O からなり、厚さ 1 0 n m) が設けられている。図 7 のデバイスは透明な頂部層 3 4 を有しており、頂部層 3 4 は、例えば、I T O、シリカ、アルミナ、硫化亜鉛、又はポリマー材料からなる。

10

#### 【 0 0 3 6 】

電気光学活性材料は、印加電界の強度に基づいて屈折率を変化させる。E O 材料の例としては、無水リン酸アンモニウム (A D P)、リン酸二水素カリウム (K D P)、ニオブ酸リチウム、タンタル酸リチウム、テルル化カドミウム、及び D A N S、D R、F T C、C L D 1、A J L 8 等の種々の高分子発色団などが挙げられる。電極 3 1 , 3 2 に適切な電圧を印加することにより、E O 層 3 0 の屈折率がスイッチングされ、それによりデバイスの色に変調される (デバイスは薄膜の形態にあってよく、画素化されていてもよい)。

#### 【 0 0 3 7 】

デバイスは、1 0 ~ 2 0 0 n m の範囲内等の非常に薄い E O 層を採用することができる。このことは、1 0 0 V 以下等の比較的低い電圧でも、目に見えるスイッチングを引き起こす高い電界が生じ得ることを意味する。最大 1 0 0 V で動作する表面実装デバイス D C - D C コンバータが容易に利用可能である。E O 材料は全て絶縁性が高いので、高電圧であっても実際には電流は流れない。従って、エネルギー消費は非常に低く、高電圧であってさえ動作し、バッテリー動作が可能である。

20

#### 【 0 0 3 8 】

スイッチング速度は、1 2 0 G H z 等、非常に高速にでき、膨大な数のスイッチングサイクルの寿命が達成可能である。その結果、このデバイスは電気通信用途に有利である。その一方で、このデバイスは、低消費電力での色変調を採用する装飾用途、あるいはディスプレイにも使用することができる。反射層 1 2 の厚さを減少させることにより、透過モードでの色変調が可能になり、スペクトロメータ用のカラーフィルタ又はチューナブル広帯域吸収体として使用することができる。

30

#### 【 0 0 3 9 】

図 7 及び 8 の実施形態に係るデバイスでは、G S T 等の吸収体層 1 0 は、スイッチング可能である必要もなく、相変化を示す必要もないので、それ自身の電極を設ける必要はない。

#### 【 0 0 4 0 】

図 9 は図 7 に係るデバイスにおけるスペクトル応答 (反射) を示しており、このデバイスは、厚さ 4 0 n m の S i O<sub>2</sub> 頂部層 3 4、厚さ 5 n m の G S T (非晶質) 吸収体層 1 0、厚さ 1 0 n m の I T O 電極 3 1、2 0 n m の L i N b O<sub>3</sub>・E O 層 3 0、1 0 n m の I T O 電極 3 2、及び厚さ 1 0 0 n m の A g の反射層 1 2 をこの順で備えている。比較的平坦なスペクトルは、電圧が + 1 0 0 V から - 1 0 0 V に低下するにつれて、暗から明への遷移を示している。図 1 0 は、G S T の厚さが 6 n m であり E O 層 3 0 が 2 つの例においてそれぞれ厚さ 2 0 n m 及び 1 2 0 n m の C L D 1 ポリマーであることを除いて図 9 と同じ構造を有する例におけるスペクトル応答を示している。図から分かるように、+ 1 0 0 V から - 1 0 0 V へのスイッチングに伴う顕著なスペクトル変化、従って色の変化が明らかである。

40

#### 【 0 0 4 1 】

上述の実施形態では、液晶材料及び E O 材料の両方が、「光学活性材料」の総称に含まれる。

50

## 【0042】

## &lt;材料&gt;

多くの用途において、光吸収体材料層10は、特に相変化材料である必要はないが、相変化材料であってもよい。吸収体層10に適した材料の例としては、下記の相変化材料；加えて非晶質シリコン、非晶質カーボン、Ge、GaAs、InAs、InP、CdTe、Ag<sub>2</sub>S、有機半導体；光を吸収し数nmの厚さの膜として堆積させることができる任意の適切な材料（典型的には半導体材料が理想的である）等が挙げられる。化学量論比を変更することができ、また所望の吸収体特性を得るためにドーピングを使用することができる。実際には、バルク状態で光を吸収する材料を使用する必要はなく、そのような材料は、吸収に関して所望の特性を有するメタマテリアルを生成するように設計することができる。

10

## 【0043】

多くの適切な相変化材料が単独で又は組み合わせにおいて利用可能であり、そのような相変化材料は、GeSbTe、GeTe、GeSb、AgInSbTe、InSb、InSbTe、InSe、SbTe、TeGeSbS、AgSbSe、SbSe、GeSbMnSn、AgSbTe、AuSbTe、及びAlSbのリストから選択される元素の組み合わせに係る化合物又は合金を含む。これらの材料の種々の化学量論的形態が可能であることも理解され、例えばGe<sub>x</sub>Sb<sub>y</sub>Te<sub>z</sub>が挙げられ、別の適切な材料はAg<sub>3</sub>In<sub>4</sub>Sb<sub>7</sub>Te<sub>17</sub>（AISTとしても知られる）である。他の適切な材料としては、任意の所謂「モットメモrista(Mott memristors)」(特定の温度で金属から絶縁体への遷移(metal-to-insulator transition)、即ちMITを受ける材料)、例えばVO<sub>x</sub>又はNbO<sub>x</sub>等が挙げられる。更に、材料は、C又はN等の1つ以上のドーパントを備えることもできる。

20

## 【0044】

このような所謂相変化材料(PCM)は、非晶質相及び結晶質相の間でスイッチングされたときに屈折率の実部及び虚部の両方で大きな変化を受ける。スイッチングは、例えば、適切な電気パルス又はレーザ光源からの光パルスにより誘起される加熱によって達成することができ、あるいは例えば相変化材料に熱接触する隣接層の電気抵抗加熱を用いる熱的加熱であってもよい。材料が非晶質相と結晶質相の間でスイッチングされると、屈折率が大きく変化する。材料はいずれかの状態で安定である。スイッチングは、事実上無制限の回数行うことができる。しかし、スイッチングが可逆的であることは必須ではない。

30

## 【0045】

全ての実施形態に適用可能な更なる改良では、層10の材料は完全な結晶質状態と完全な非晶質状態の間で単純にスイッチングされる必要はない。20%結晶質、40%結晶質等の複数相の混合物が得られてよい。結果としてもたらされる材料の有効屈折率は、部分的結晶化の程度に応じて、完全な結晶質と完全な非晶質の両極端の間のどこかである。4段階から8段階の区別可能な混合相であって、対応する数の異なる検出可能な反射率を有する混合相を容易に得ることができるが、適切な制御によって、当該数を128等の更に高い値にすることができる。

## 【0046】

ここに記載される幾つかの実施形態では、材料層が結晶質相及び非晶質相等の2つの状態の間でスイッチング可能であることに言及したが、この変化は任意の2つの固相の間で生じてよく、そのような例としては、限定はされないが、結晶質から他の結晶質若しくは準結晶質への変化又はその逆、非晶質から結晶質若しくは準結晶質/半秩序(semi-ordered)への変化又はその逆、及び中間の全ての形態が挙げられる。また、実施形態はちょうど2つの状態には限定されない。

40

## 【0047】

好ましい実施形態では、吸収体材料層10は、厚さ200nm未満のGe<sub>2</sub>Sb<sub>2</sub>Te<sub>5</sub>(GST)から構成される。

## 【0048】

50

反射層 12 は、典型的には、例えば Au、Ag、Al、又は Pt から構成される薄い金属膜である。この層が部分的に反射性となる場合、5 ~ 15 nm の範囲の厚さが選択されてよく、そうでない場合、層は、実質的に全反射性になるように、100 nm 等のように厚くされる。

#### 【0049】

図 1, 4, 5, 7, 8, 11, 12, 13, 14 に示す全体構造は、製造の容易性又は構造的堅牢性のために、ガラス、石英、又はプラスチック材料、ポリカーボネート、PET 等の基板 50 (例えば図 11 ~ 14 に示す) 上に設けることができる。基板 50 は、反射スペクトルに影響を与えないように光学的に厚くてよく又は完全に不透明な反射層 12 の背後に設けられていてよい。それらの層は、吸収体材料 10、ITO、SiO<sub>2</sub> 等の無機材料層の場合にはスパッタリングにより堆積され、スパッタリングは、100 以下、更には 70 以下の比較的低温で行うことができる。ポリマー層は、スピンコーティング及び硬化によって形成することができる。必要に応じて追加的な層を設けることもできる。低温プロセスでよいということは、基板を備える物品と同時に光学デバイスを製造する必要がないことを意味し (物品は例えば窓ガラスであってよい)、光学デバイスは、後で適用される表面コーティングとして例えば既存の窓やパネルに対して据え付けることができる。代替的には、光学的に重要な層は、透明で光学的に厚いスーパーストレート (superstrate) (光学的に厚いカバー層 70 と称される) の上に逆の順序で堆積されてよく、次いで随意的に更なる堅牢性又は封入のために随意的な基板 50 に積層され又は取り付けられてよい。そのような構成の例を図 15 に示す。この特定の例では、積層体は、キャッピング層 16、光吸収体材料の層 10、スペーサ層 40、及び反射層 12 を備えるが、ここに開示される任意の積層体構成 (複数のキャッピング層副層及び / 又は複数のスペーサ層副層及び / 又は受動光吸収体材料の 1 つ以上の層を有する積層体を含む) が対応する方法で光学的に厚いカバー層 70 上に形成されてよい (追加的な基板 50 の有無にかかわらず) ことが理解される。基板 50 及び / 又はスーパーストレート 70 は、ガラス又はシリコン等のように剛性を有してよく、あるいはポリマーシート又は薄いフレキシブルガラス等のように柔軟性を有してよい。スーパーストレートは、随意的には、デバイスによって生成された有色反射の視認性を改善するために、上部 (観察者側) 表面上に反射防止膜がコーティングされてよい。

#### 【0050】

##### < 応用 >

ここでの任意の実施形態に係る光学デバイスは、LCD/OLED ディスプレイ及びプロジェクタのための超薄型色フィルタ等の透過型色 (スペクトル) フィルタ (スイッチング可能又は固定型のいずれか) として使用することができる。また、ヘッドアップディスプレイ (HUP) 等のシースルーディスプレイにおいても使用することもできる。

#### 【0051】

ここでの任意の実施形態に係る光学デバイスは、透過型セキュリティ標識として用いることができ、物品、パッケージング、ID バッジ / パス、紙幣等に適用することができる。パターンは、異なる領域の結晶学的状態を設定することによって、相変化材料層内に記憶することができる。パターンは単純に認識可能画像であってよく、あるいはバーコード、QR コード (登録商標)、又は他の適切なコードの形態等で特定の情報を符号化していてもよい。PCM ベースの光変調器の利点の 1 つは、非常に高解像度のパターンをデバイスに書き込む可能性である (ネイチャー誌、511、206 211 (2014 年 7 月 10 日) 参照) (c.f Nature 511, 206 211 (10 July 2014))。これによりホログラフィックパターンを使用することが可能になる。ホログラフィックパターンは、追加的なレンズ又は他の光学素子の支援の有無にかかわらず、実像、複数の実像、又は 3 次元立体画像をデバイスからある距離又は一連の複数の距離にて形成するように入射光を回折させるために用いられてよい。また、ホログラフィックパターンは、ビームステアリング、集束、多重化、又は他の光学的効果を入力ビームに与えるためにデバイスと共に使用されてよい。

#### 【0052】

本発明の更なる実施形態では、図 16 に概略的に示すように、積層体は、複数の異なる領域 80 において入射光に対して対応する複数の異なるスペクトル応答をもたらすように構成される。ある実施形態では、少なくとも部分的には、領域 80 の少なくとも一部が一連の異なる層（より多くの若しくはより少ない層及び／又は一連の異なる層組成及び／又は厚み）及び／又は 1 つ以上の対応する層の異なる厚さを有する（例えば同組成の一連の層であるが、それらの層の 1 つ以上が異なる領域で異なる厚さを有する）ように領域 80 の少なくとも一部を構成することによって、異なるスペクトル応答がもたらされる。代替的又は追加的に、少なくとも部分的には、光吸収体材料の層が異なる状態、例えば異なる相にスイッチングされるように領域 80 の少なくとも一部を構成することによって、異なるスペクトル応答がもたらされる。各領域は、ここに開示される積層体のいずれかを個別に備えていてよい。複数の領域 80 は、より多くの複数の領域（画素と称されることもある）の一部を形成してよい。ある実施形態では、デバイスは、異なる領域に設けられた複数の異なるスペクトル応答を用いてホログラフィック効果、例えば上述したホログラフィックパターン、をもたらすように構成される。

#### 【0053】

ホログラフィック用途のためのデバイスの性能を最適化するために、スペーサと能動及び受動薄膜吸収体とキャッピング層とによる構成は、デバイスの照明がホログラフィック効果を再現することを意図して、特定の狭帯域波長で高いコントラスト変調を与えるように調整されてよい。この高コントラスト変調は、振幅ベース（即ち特定の波長帯域での反射率の強い変化）であってよく、あるいは複数の状態での反射に際しての光の位相における大きな変化（理想的には 又は 2 ラジアン）であってよい。代替的に、光学層の構成は、ある波長の範囲でホログラフィック効果を可能にするのに十分広い波長範囲にわたって十分な変調を与えるような仕様にすることができる。

#### 【0054】

複製することが困難な光学デバイスに固有の所定の色変化又はスペクトル応答に頼ることができるので、パターンは必須ではない。

#### 【0055】

一実施形態では、セキュリティ標識はスマートラベル又は ID フィルム等のフレキシブル基板上にあり、フレキシブル基板を湾曲させることによって、色の既知の変化を見せることができ、あるいはパターンを警備担当者に提示することができる。色の変化及び／又はパターンの提示が生じるのは、デバイスを湾曲させることによりそれぞれの層、特にスペーサ層の厚みが変わり、デバイスのスペクトル透過応答が変化するためである。

#### 【0056】

更なる変形例は、相変化材料として  $\text{VO}_x$  又は  $\text{NbO}_x$  等のモットメムリスタのパターンを用いて標識が規定される場合である。標識が遷移温度を超えて加熱されると色コントラストの変化が生じるので、デバイスを加熱することによってセキュリティ標識を見せることができ、それが再び冷えると標識は見えなくなる。

#### 【0057】

単純なスペクトロメータを組み込んだデバイスリーダは、異なる角度で（曲げの有無にかかわらず）標識の色変化を評価し、それを前もって記憶されている応答と比較して標識の信ぴょう性を非常に高い信頼度で認証することができる。

#### 【0058】

他のデバイスリーダは、1 つ以上の低パワーレーザダイオードを用いて、角度の関数としての固定波長での透過率を測定し、既知の応答と比較する。

#### 【0059】

標識内に書き込まれたパターンの場合には、デバイスリーダは、特定の照明波長又は角度で標識の 1 つ以上の画像を撮像するカメラを含むことができ、コントラスト比較及び／又は画像認識を用いて標識を照合することができる。

#### 【0060】

上述したいずれのセキュリティ標識においては、言うまでもなく、上述したような適切

10

20

30

40

50

なスイッチング手段（レーザ、電氣的、又は熱的なもの等）を用いて標識に対する消去及び／又は再書き込みが可能である。これにより多目的なセキュリティ階層が可能になり、例えば、ユーザのカードは第1のチェックポイントで照合され、そこでデバイスリーダが標識に対して第2の情報を書き込む。次いで第2のチェックポイントが第2の情報が存在することを検証した後、更なる情報の消去及び／又は書き込みを行う。このようにして、これらのチェックポイントは順序どおりにのみ通過することができ、あるチェックポイントを迂回すると、それ以降のチェックポイントへのアクセスは拒絶される。デバイスに与えられたパターン書き込み能力及び書き換え能力により、投影システム又はホログラフィック投影システムの一部としての、直接見るための又はデバイス自体から離れた場所に画像を形成するためのディスプレイ又は空間光変調器としてデバイスを使用することも可能になる。ディスプレイシステムの光変調素子として使用される場合、デバイスは、フルカラー能力を提供するために、一連の異なる波長帯域を変調するように構成されてよい。このことは、異なる波長帯域の変調のための、スペーサと能動及び受動薄膜吸収体とキャッピング層とによる異なる構成をディスプレイ内の複数の領域に設けることによって（即ちディスプレイ内に異なるタイプの副画素を設けることによって）達成されてよく、あるいは相変化材料ベースのデバイス的高速（典型的にはサブマイクロ秒）スイッチング能力を用いて、一連の入力色の変調を時間的に連続してもたらしことによって達成されてよい。

10

#### 【0061】

図2, 6, 9, 10のスペクトルは、主として電磁スペクトルの可視部に関係しているが、赤外（IR）光等のスペクトルの他の部分を変調するために透過型フィルムを用いることもできる。従って、特定の帯域の透過又は減少のためのIRフィルタを製造することができる。スイッチング可能な吸収体材料層10を用いる場合、デバイスは、例えば建物向けの熱管理のための窓ガラス用の表面コーティングとして適用することができる。吸収体層の非晶質状態と結晶質状態の間でスペクトルの赤外部における透過率の大きな変化を達成することができるので、デバイスを透過する全赤外線エネルギーの変化を、25%を超えてスイッチングすることができる。このように、太陽光の赤外光エネルギーに窓ガラスを透過させて建物の内部に暖房をもたらしことができ、あるいはデバイスをスイッチングすることでより多くの赤外線を反射させ、建物の内部の望ましくない加熱を低減することができる。

20

#### 【0062】

材料及び層厚の適切な選択によって、デバイスは、可視光にそれほど影響を与えずに、スペクトルの赤外部に大きな変化をもたらしすることができる。例えば、可視波長で透過する総エネルギーは、20%未満の影響を受ける場合がある。このようにして、透過した熱エネルギー（赤外線エネルギー）を控えめに調節しつつ、窓ガラスを通して建物に入る可視光の明るさを維持することができる。換言すれば、赤外線透過率を変化させたとしても、目に見える外観は必ずしも変化したり色付けされとは限らない。

30

#### 【0063】

##### <スペクトロメータ>

広帯域フィルタベースのスペクトロメータとして知られるある種のスペクトロメータがある。分析すべきスペクトルを表す光は、波長の関数として既知の透過特性を有する広帯域フィルタを通過する。異なる帯域が異なる量で減衰され、その結果としての光は単一の検出器に到達し、この検出器は結果として単一の全強度値をもたらし。このプロセスは複数の広帯域フィルタで繰り返され、各フィルタは異なる方法でスペクトルを修正する。全ての広帯域フィルタの既知の透過スペクトル及び強度測定値から、元のスペクトルを計算的に再構成することができる。

40

#### 【0064】

スペクトロメータは、一連の強度を同時に測定することにより、より効率的なものにすることができる。これを行う一実施形態では、電荷結合デバイス（CCDs）等の複数の検出器の二次元配列を備えた基板が採用される。検出器アレイの前には、部分的反射層を有する上述のような透過フィルタをそれぞれ備えた一連のスペクトルフィルタがある。そ

50

れぞれの層の組成及び／又は厚さを調整することによって、各フィルタのスペクトル透過率を異ならせることができる。

#### 【 0 0 6 5 】

検出器ごとにフィルタが１つである必要はなく、１つのフィルタが複数の検出器要素の役割をすることもできる。更に、フィルタは個別に製造する必要もない。

#### 【 0 0 6 6 】

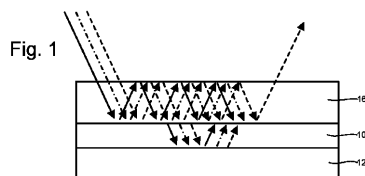
この構造及び技術により、スペクトロメータ・オン・チップを提供するためにデバイスをＣＣＤアレイ上で安価且つ迅速に製造することが簡単になる。デバイスは、赤外線及び紫外線用のスペクトロメータ並びに可視スペクトロメータとして使用することができ、スペクトル全体の電磁放射にさらされても安定である。アレイ内の異なるフィルタ３４及び検出器３２の数は、数百又はそれ以上のオーダーであり、この数がスペクトル分解能を決定する。±１ｎｍのスペクトル分解能を達成することができる。

#### 【 0 0 6 7 】

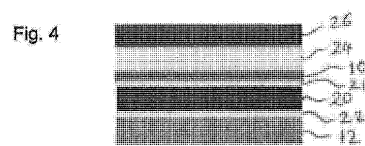
上述の任意のデバイスの更なる応用は、装飾層としての用途である。例えば、光学デバイスでコーティングされたサングラスのレンズを提供することができる。色及びパターンは予め定めておくことができ及び／又は後で変化させることができる。

10

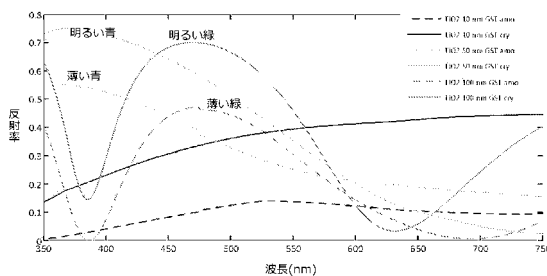
【 図 １ 】



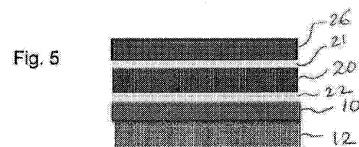
【 図 ４ 】



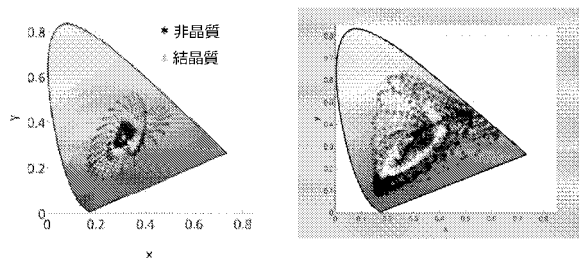
【 図 ２ 】



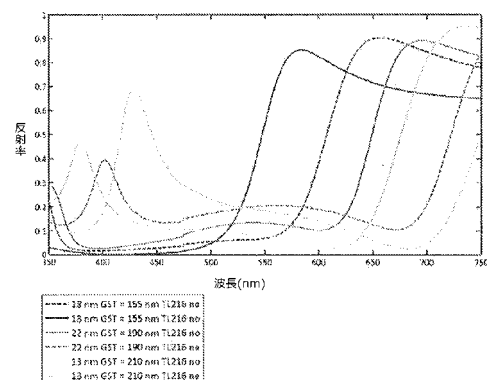
【 図 ５ 】



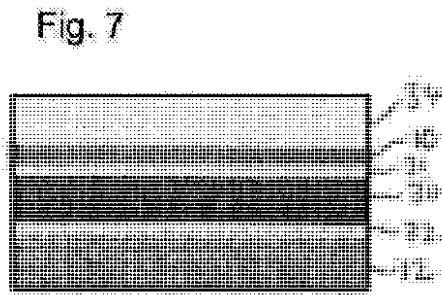
【 図 ３ 】



【 図 ６ 】



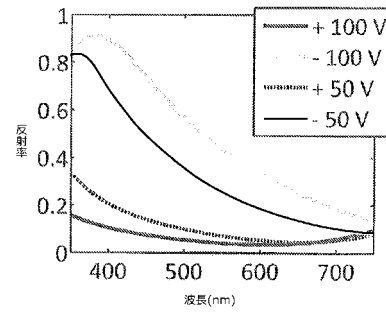
【図 7】



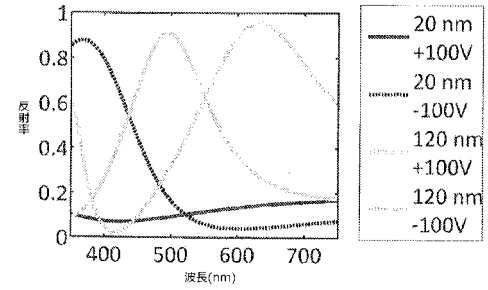
【図 8】



【図 9】

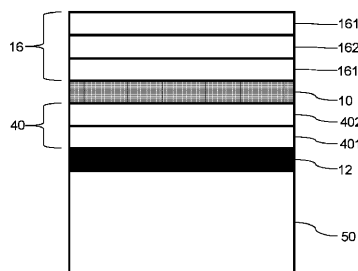


【図 10】



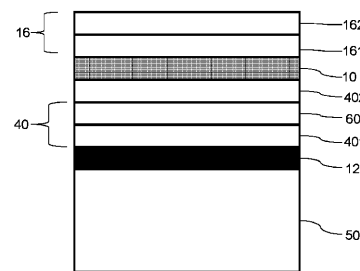
【図 11】

Fig. 11



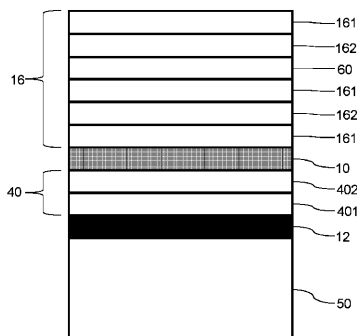
【図 13】

Fig. 13



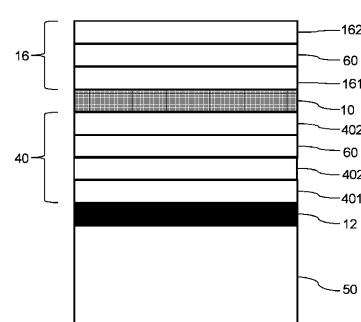
【図 12】

Fig. 12



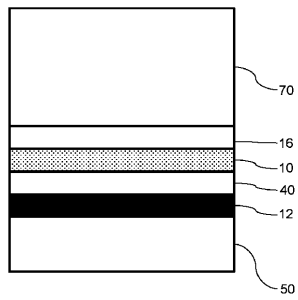
【図 14】

Fig. 14



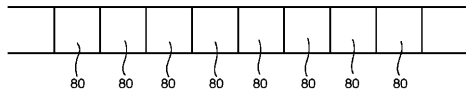
## 【 図 1 5 】

Fig. 15



## 【 図 1 6 】

Fig. 16





## 【 国際調査報告 】

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/GB2016/053196

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. G02F1/01 G02F1/19  
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G02F B82Y G11B G02B G01K C03C

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

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

EPO-Internal, INSPEC, WPI Data

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	<p>PEIMAN HOSSEINI ET AL: "An optoelectronic framework enabled by low-dimensional phase-change films", NATURE, vol. 511, no. 7508, 9 July 2014 (2014-07-09), pages 206-211, XP055130931, ISSN: 0028-0836, DOI: 10.1038/nature13487 page 206 - page 207; figure 1 figure 3</p> <p style="text-align: center;">----- -/--</p>	<p>1,2,4, 13,15, 21,22,28</p>

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☒ See patent family annex.

## \* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&amp;" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

21 December 2016

Date of mailing of the international search report

27/02/2017

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Cossu, Alessandro

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/GB2016/053196

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
T	KIM H ET AL: "Electrical, optical, and structural properties of indium-tin-oxide thin films for organic light-emitting devices", JOURNAL OF APPLIED PHYSICS, AMERICAN INSTITUTE OF PHYSICS, US, vol. 86, no. 11, 1 December 1999 (1999-12-01), pages 6451-6461, XP012048105, ISSN: 0021-8979, DOI: 10.1063/1.371708 figure 10; table II -----	
X	US 2005/007937 A1 (MORI GO [JP] ET AL) 13 January 2005 (2005-01-13)  paragraph [0084] - paragraph [0105]; figure 1 paragraph [0120] - paragraph [0125]; figure 2 paragraph [0160] - paragraph [0161] paragraph [0178]; figure 9 paragraph [0198] - paragraph [0199]; figure 13 -----	1-3,5, 13, 15-19,22
X	WO 02/082172 A1 (ISIS INNOVATION [GB]; TOPPING ALEXANDER JOHN [GB]) 17 October 2002 (2002-10-17) page 2, line 9 - line 20 page 4, line 8 - line 16 page 6, line 13 - page 10, line 17; figures 1,2 page 17, line 3 - page 18, line 25; figures 5-7 -----	1,2,4,5, 12-15, 20-26

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

Information on patent family members

International application No

PCT/GB2016/053196

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2005007937 A1	13-01-2005	JP 2005018964 A US 2005007937 A1	20-01-2005 13-01-2005
WO 02082172 A1	17-10-2002	EP 1373970 A1 US 2004155154 A1 WO 02082172 A1	02-01-2004 12-08-2004 17-10-2002

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.  
PCT/GB2016/053196**Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of Item 2 of first sheet)**

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:  
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
  
2. ☒ Claims Nos.: 27(completely); 23-26(partially)  
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:  
see FURTHER INFORMATION sheet PCT/ISA/210
  
3. ☐ Claims Nos.:  
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

**Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of Item 3 of first sheet)**

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

see additional sheet

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
  
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
  
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
  
4. ☒ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:  
1-5, 12-28

**Remark on Protest**

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- ☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

International Application No. PCT/GB2016/053196

**FURTHER INFORMATION CONTINUED FROM PCT/ISA/ 210**

This International Searching Authority found multiple (groups of) inventions in this international application, as follows:

1. claims: 1-5, 12-28

An optical device comprising a stack of a capping layer, a light-absorbing material layer and a reflective layer, wherein the refractive index of the capping layer is at least 1.6.

---

2. claims: 6-11

An optical device comprising a stack of a capping layer, a light-absorbing material layer, an optically active material layer and a reflective layer.

---

International Application No. PCT/GB2016/053196

**FURTHER INFORMATION CONTINUED FROM PCT/ISA/ 210**

Continuation of Box II.2

Claims Nos.: 27(completely); 23-26(partially)

Claim 23, which depends inter alia upon independent claim 1, claims an optical device comprising a stack of layers (see claim 1), wherein one or more of the layers comprise an optical cavity "that determines the spectral response of the device to incident light".

The technical limitations imposed on the claimed optical device by the functional limitation that the cavity should determine the spectral response of the device to incident light are totally unclear: the claim does not limit the desired spectral response in any way; materials and geometry of the optical cavity are undefined; likewise undefined is the spatial relationship of the cavity to the other layers. The functional limitation thus merely expresses a desideratum.

The description contains no example of an optical cavity "comprised" in the other layers and cannot therefore help to identify the technical features required to attain the desideratum and to clarify the subject matter that should be searched. The obscurity of the subject matter encompassed by claim 23 and the lack of support and disclosure in the description in the sense of Articles 6 and 5 PCT are such that a complete search for this claim is not possible.

Claim 23 has been searched only to the extent that it defines an optical device as defined in claim 1 and further comprising an optical cavity.

Claim 24, which also depends inter alia upon independent claim 1, claims an optical device comprising a stack of layers (see claim 1), wherein the stack is configured to provide a plurality of different spectral responses to incident light in a corresponding plurality of different regions. Similarly to claim 23, claim 24 provides no guidance at all as regards the desired spectral responses and fails to define any features of the layers forming the stack - either structural or functional - which could help the reader to clearly identify the subject matter that should be searched.

The description of figure 16 from line 3 to 11 of page 13 appears to describe an embodiment of the subject matter defined in claim 24; however, the passage merely states that "the different spectral responses are provided at least partly by configuring at least a subset of the regions 80 to have different sequences of layers (more or fewer layers and/or a different sequence of layer compositions and/or thicknesses) and/or different thicknesses of one or more corresponding layers (e.g. the same compositional sequence of layers but one or more of the layers in the sequence have different thicknesses in different regions)". No concrete example or indication as to the number of layers and the sequence of compositions and thicknesses is provided in this passage; due to the vague, generic language used ("more or fewer layers", "different sequence", "different thicknesses"), the passage potentially encompasses a huge number of structures, which cannot be however precisely defined. The obscurity of the subject matter encompassed by claim 24 and the lack of support and disclosure in the description in the sense of Articles 6 and 5 PCT are such that a complete

International Application No. PCT/GB2016/053196

**FURTHER INFORMATION CONTINUED FROM PCT/ISA/ 210**

search for this claim is not possible.

In view of the statement that each region 80 "may individually comprise any of the stacks disclosed herein", the passage can be at least understood to suggest that the structure of figure 16 and, by implication, the subject matter of claim 24 encompass the stacking of at least two stacks of the type defined in claim 1.

The search for claim 24 has been therefore restricted to optical devices comprising at least two stacks of the type defined in claim 1 and differing by at least one optical property. The same conclusions apply to the subject matter of claims 25 and 26, which depend on claim 24.

Claim 27 claims a device "configured to provide a holographic effect using the plurality of different spectral responses" defined in claim 24. In view of the utter obscurity of claim 24, a complete search for claim 27 is likewise impossible for the same reasons noted above.

The description does not provide any explanation at all of how a holographic effect could be attained "using the plurality of different spectral response" and merely repeats the unclear wording of the claim (page 13, lines 17-18). The achievement of a "holographic effect" is described solely in connection with the storage of holographic patterns in the light absorber material; however, a skilled person would not understand the storage of patterns as relying on a spectral response and would therefore gain no further understanding of claim 27.

For these reasons the subject matter of claim 27 is considered to fail to comply with the substantive provisions of Articles 6 and 5 PCT to such an extent that no meaningful search of the claim is possible at all.

The applicant's attention is drawn to the fact that claims relating to inventions in respect of which no international search report has been established need not be the subject of an international preliminary examination (Rule 66.1(e) PCT). The applicant is advised that the EPO policy when acting as an International Preliminary Examining Authority is normally not to carry out a preliminary examination on matter which has not been searched. This is the case irrespective of whether or not the claims are amended following receipt of the search report or during any Chapter II procedure. If the application proceeds into the regional phase before the EPO, the applicant is reminded that a search may be carried out during examination before the EPO (see EPO Guidelines C-IV, 7.2), should the problems which led to the Article 17(2) declaration be overcome.

## フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), EP(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA

(72)発明者 ハリシュ バスカラン

イギリス国 O X 3 3 1 A E、オックスフォードシャー州、オックスフォード、ホールトン・カム・スタッドリー、ザ グリーン 2

(72)発明者 ベン プロートン

イギリス国 O X 5 1 P F、オックスフォードシャー州、オックスフォード、ベグブローク サイエンス パーク、ボウドル テクノロジーズ リミテッド内

F ターム(参考) 2H042 DA04 DA11 DA12 DB01 DE00

2H148 CA05 CA14 CA17 CA24

2H149 AA02 AA22 AA28 AB05 AB23 AB26 BA02 FC07 FC08

2K102 AA21 BA05 BA16 BB00 BB03 BC04 BC10 BD08 BD09 CA21

DC09 DD02 DD10 EA02 EA16 EB02 EB11 EB28