

(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2014-515839  
(P2014-515839A)

(43) 公表日 平成26年7月3日(2014.7.3)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>GO2B 5/20 (2006.01)</b>	GO2B 5/20 101	2H148
<b>GO2B 5/28 (2006.01)</b>	GO2B 5/28	2H149
<b>GO2B 5/30 (2006.01)</b>	GO2B 5/30	2H191
<b>GO2F 1/1335 (2006.01)</b>	GO2F 1/1335 505	

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 37 頁)

(21) 出願番号 特願2014-506590 (P2014-506590)  
 (86) (22) 出願日 平成24年4月20日 (2012. 4. 20)  
 (85) 翻訳文提出日 平成25年12月16日 (2013.12.16)  
 (86) 国際出願番号 PCT/US2012/034526  
 (87) 国際公開番号 W02012/145677  
 (87) 国際公開日 平成24年10月26日 (2012.10.26)  
 (31) 優先権主張番号 61/477, 554  
 (32) 優先日 平成23年4月20日 (2011. 4. 20)  
 (33) 優先権主張国 米国 (US)  
 (31) 優先権主張番号 13/452, 313  
 (32) 優先日 平成24年4月20日 (2012. 4. 20)  
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

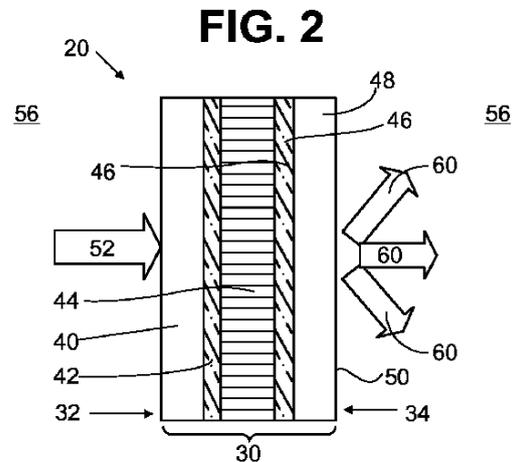
(71) 出願人 511000957  
 ザ・リージェンツ・オブ・ザ・ユニバーシ  
 ティ・オブ・ミシガン  
 THE REGENTS OF THE  
 UNIVERSITY OF MICHIGAN  
 アメリカ合衆国、48109-2590  
 ミシガン州、アナーバー、ヒューロン・パ  
 ークウェイ、1600、オフィス・オブ・  
 テクノロジー・トランスファー、セカンド  
 ・フロア  
 (74) 代理人 110000855  
 特許業務法人浅村特許事務所

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 最小角度依存性を有する表示装置及びイメージング用のスペクトルフィルタリング

(57) 【要約】

ファブリ・ペロー系共振器構造のような、高屈折率の誘電材料を含む干渉フィルタアセンブリを含む、低減された角度依存性を有する、光スペクトルフィルタリングデバイス、例えば、カラーフィルタが供される。フィルタアセンブリは、ノーマル(0度)から90度の範囲にある入射角の範囲から見られるとき、最小角度依存性を表示する、所定の範囲の波長を備えたフィルタをかけられた出力を生み出すために、電磁スペクトルの一部を誘電材料内に透過できる。最小角度依存性の光スペクトルフィルタを作る方法、及びそのようなデバイスのために角度依存性を低減する方法も供される。



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

光スペクトルフィルタリングデバイスであって：

平行な反射面の対の間に配列された、約 1.5 より大きな屈折率を有する誘電材料を含む干渉フィルタアセンブリを含んでなり；ここで、フィルタアセンブリは、電磁スペクトルの一部を透過でき、最小角度依存性を表示する所定の範囲の波長を有するフィルタをかけた出力を生み出す、上記光スペクトルフィルタリングデバイス。

**【請求項 2】**

請求項 1 に記載の光スペクトルフィルタリングデバイスであって、平行な反射面の各々が、銀、アルミニウム及びそれらの組合せから成るグループから選択される金属を含む、上記光スペクトルフィルタリングデバイス。

10

**【請求項 3】**

請求項 1 に記載の光スペクトルフィルタリングデバイスであって、平行な反射面の各々が、屈折率コントラストを有する大量の誘電体層を含む、上記光スペクトルフィルタリングデバイス。

**【請求項 4】**

請求項 1 に記載の光スペクトルフィルタリングデバイスであって、誘電材料が、約 2 以上の有効屈折率を有する光学メタマテリアルの部分を形成する、上記光スペクトルフィルタリングデバイス。

**【請求項 5】**

請求項 4 に記載の光スペクトルフィルタリングデバイスであって、光学メタマテリアルが、複数のサブ波長のスリットを含む金属製格子構造を含み、ここで、誘電材料がサブ波長のスリット中に埋め込まれる、上記光スペクトルフィルタリングデバイス。

20

**【請求項 6】**

透過フィルタである、請求項 1 に記載の光スペクトルフィルタリングデバイスであって、その結果、フィルタアセンブリが、誘電材料内への平行な反射面の対の一方を通して、平行な反射面の対の他方に電磁スペクトルの一部を透過でき、電磁スペクトルの一部がフィルタアセンブリの第一の側で入り、そしてフィルタをかけた出力が第一の側の反対の第二の側で出ていくように、それが透過される上記光スペクトルフィルタリングデバイス。

30

**【請求項 7】**

請求項 6 に記載の光スペクトルフィルタリングデバイスであって、フィルタアセンブリを出ていくフィルタをかけた出力の所定の範囲の波長が可視光の範囲にあり、そして赤、緑及び青から成るグループから選択される色を有する、上記光スペクトルフィルタリングデバイス。

**【請求項 8】**

反射フィルタである、請求項 1 に記載の光スペクトルフィルタリングデバイスであって、その結果、フィルタアセンブリが、該誘電材料内への平行な反射面の対の一方を通して、平行な反射面の対の他方に電磁スペクトルの一部を透過でき、ここで、電磁スペクトルの一部がフィルタアセンブリの第一の側で入り、そしてフィルタをかけた出力が第一の側の第一の側で出ていくように、それが反射される、上記光スペクトルフィルタリングデバイス。

40

**【請求項 9】**

請求項 8 に記載の光スペクトルフィルタリングデバイスであって、フィルタアセンブリを出ていくフィルタをかけた出力の所定の範囲の波長が可視光の範囲にあり、そしてシアン、マゼンタ及び黄色から成るグループから選択される色を有する、上記光スペクトルフィルタリングデバイス。

**【請求項 10】**

請求項 1 に記載の光スペクトルフィルタリングデバイスであって、誘電材料が、酸化アルミニウム ( $Al_2O_3$ )、窒化珪素 ( $Si_3N_4$ )、セレン化亜鉛 ( $ZnSe$ )、酸化

50

亜鉛 (  $ZnO$  )、酸化ジルコニウム (  $ZrO_2$  )、及び酸化チタン (  $TiO_2$  ) から成るグループから選択される、上記光スペクトルフィルタリングデバイス。

【請求項 1 1】

請求項 1 に記載の光スペクトルフィルタリングデバイスであって、フィルタアセンブリを出ていくフィルタをかけられた出力の所定の範囲の波長が赤外スペクトルの範囲にあり、そして誘電材料が、珪素 (  $Si$  )、ガリウム砒素 (  $GaAs$  )、リン化インジウム (  $InP$  )、硫化カドミウム (  $CdS$  ) から成る半導体のグループから選択される、上記光スペクトルフィルタリングデバイス。

【請求項 1 2】

請求項 1 に記載の光スペクトルフィルタリングデバイスであって、平行な反射面の対が第一の反射面を含み、そしてフィルタアセンブリが更に、誘電材料に隣接する第一の側を画成する透過性基板を含み、第一の反射面が透過性基板の第一の側上に配列される、上記光スペクトルフィルタリングデバイス。

10

【請求項 1 3】

請求項 1 2 に記載の光スペクトルフィルタリングデバイスであって、フィルタアセンブリのアーキテクチャが、フィルタをかけられた出力の透過又は反射を向上させるために、対称的である、上記光スペクトルフィルタリングデバイス。

【請求項 1 4】

請求項 1 2 に記載の光スペクトルフィルタリングデバイスであって、平行な反射面の対が、誘電材料を挟んでいる第一の反射面及び第二の反射面を含み、ここで、第一の反射面に隣接する側から、第二の反射面に隣接する反対側へと測定された誘電材料の厚みが、フィルタアセンブリを通過して透過される所定の範囲の波長を決定する、上記光スペクトルフィルタリングデバイス。

20

【請求項 1 5】

請求項 1 に記載の光スペクトルフィルタリングデバイスであって、フィルタアセンブリが、ディスプレイデバイス又はイメージングデバイス用のカラーフィルタとして使用され、そして最小角度依存性が、フィルタアセンブリの 0 から 90 度の範囲にある入射角から 50 ナノメートル以下だけ変わる所定の範囲の波長に対応する、上記光スペクトルフィルタリングデバイス。

【請求項 1 6】

請求項 1 に記載の光スペクトルフィルタリングデバイスであって、フィルタアセンブリが同調型構造であり、そして電場同調型特性を有する誘電材料を含む、上記光スペクトルフィルタリングデバイス。

30

【請求項 1 7】

請求項 1 に記載の光スペクトルフィルタリングデバイスであって、誘電材料が、約 3 以上の有効屈折率を有する、上記光スペクトルフィルタリングデバイス。

【請求項 1 8】

光スペクトルフィルタリングデバイスであって：

一对の平行な反射面の間に配列された、約 1.5 より大きな屈折率を有する誘電材料を含む干渉フィルタアセンブリを含んでなり、ここで、各反射面は、金属を含み；そして

40

ここで、フィルタアセンブリは、フィルタアセンブリを出ていく所定の範囲の波長を有するフィルタをかけられた出力を生み出すために、電磁スペクトルの一部を誘電材料内に透過でき、ここで、所定の範囲の波長が、0 度の入射角から 90 度の入射角で約 50 ナノメートル以下変わるように、フィルタをかけられた出力が所定の範囲の波長を有し、そして最小角度依存性を表示する、上記光スペクトルフィルタリングデバイス。

【請求項 1 9】

光スペクトルフィルタリングデバイスであって：

一对の平行な反射面の間に配列された、高い屈折率の誘電材料を含む干渉フィルタアセンブリ、ここで、各反射面は、分布ブラッグ反射器 (  $DBR$  ) 又は一次元のフォトニック結晶を含む、を含んでなり；そして

50

ここで、フィルタアセンブリは、フィルタアセンブリを出ていく所定の範囲の波長を有するフィルタをかけられた出力を生み出すために、電磁スペクトルの一部を誘電材料内に透過できる、上記光スペクトルフィルタリングデバイス。

【請求項 20】

請求項 19 に記載の光スペクトルフィルタリングデバイスであって、所定の範囲の波長が、0 度の入射角から 90 度の入射角で約 50 ナノメートル以下変わる、上記光スペクトルフィルタリングデバイス。

【請求項 21】

最小角度依存性を有する光スペクトルフィルタリングデバイスを作る方法であって：

ポリマー状レジスト材料を約 2 より大きい屈折率を有する誘電材料に塗布し、そしてポリマー状レジストを所定の高さを有する金型と接触させること；

ポリマー状レジスト及び誘電材料をエッチングすること；及び

一对の平行な反射面を含む、約 2 より大きい屈折率を有する干渉フィルタアセンブリを形成するために、残りの誘電材料に亘って金属を適用すること、ここで、干渉フィルタアセンブリからのフィルタをかけられた出力は、最小角度依存性を表示する、所定の範囲の波長を生み出す；を含んでなる、上記方法。

【請求項 22】

光スペクトルフィルタリングデバイスの角度依存性を低減する方法であって、方法は：

一对の平行な反射面を含む干渉フィルタアセンブリに、約 1.5 より大きい屈折率を有する誘電材料を組み込むこと、ここで、各反射面は金属を含み、その結果、フィルタアセンブリが 0 度から 90 度の範囲にある入射角から観察されるとき、フィルタアセンブリが、50 ナノメートル以下で外れる所定の範囲の波長を有するフィルタをかけられた出力を生み出す；を含んでなる、上記方法。

【請求項 23】

光スペクトルフィルタリングデバイスであって：

光学メタ材料を形成する導電性の金属格子構造を含む共振器構造を含む最小角度依存性を表示する共鳴フィルタアセンブリ、ここで、導電性の金属格子構造は、光学共鳴を介して、所定の範囲の波長を有するフィルタをかけられたそして偏光出力を生み出すために、電磁スペクトルの一部を透過できる少なくとも二つの開口部を含む、を含んでなる、上記光スペクトルフィルタリングデバイス。

【請求項 24】

請求項 23 に記載の光スペクトルフィルタリングデバイスであって、少なくとも二つの開口部がサブ波長であり、そして導電性の金属格子構造を含む共振器構造が更に、少なくとも二つの開口部中に埋め込まれた誘電材料を含む、上記光スペクトルフィルタリングデバイス。

【発明の詳細な説明】

【関連出願への相互参照】

【0001】

この出願は、2012 年 4 月 20 日に提出された米国特許出願第 13 / 452、313 号、及び 2011 年 4 月 20 日に提出された米国仮出願第 61 / 477、554 号の優先権を主張する。上記出願の全開示が、本明細書に参照することにより取り込まれている。

【技術分野】

【0002】

本開示は、見る方向からの最小角度依存性を有するファブリ - ペロー系光スペクトルフィルタのような表示装置用の光スペクトルフィルタに関する。本開示はまた、最小角度依存性を有するそのような光スペクトルフィルタを作る方法にも関する。

【背景技術】

【0003】

このセクションでは、必ずしも従来技術ではない本開示に関する背景情報が供される。

【0004】

10

20

30

40

50

カラーフィルタのような電磁スペクトルフィルタは、平面パネルディスプレイ、液晶ディスプレイ、プロジェクションディスプレイ、眼に装着するディスプレイ、相補型金属酸化物半導体（CMOS）画像センサ、発光ダイオードなどを含んでいる種々のディスプレイ技術に対して重要な部品である。例えば、透過性光スペクトルフィルタは、液晶ディスプレイ（LCD）パネルのような用途において広く利用される。従来のカラーフィルタは、補色を吸収することによって赤・緑・青（RGB）色を生み出すために、顔料分散を使用する。

#### 【0005】

しかしながら、そのような従来の顔料ベースのカラーフィルタは四つの別個のプロセスによって製造されるので、製造プロセスを複雑にして、コストを上昇させるのみならず、プロセス中において著しい化学的材料の浪費もする。ファブリ・ペロー系エタロンカラーフィルタが提案されてきた一方、従来のファブリ・ペロー系フィルタは、望ましくない角度依存性に関する課題を未だ呈し、それはフィルタデバイスから出るフィルタをかけた光の波長が、見る角度に依存して、波長の著しいシフト、従って色シフトの問題を抱えることを意味する。そのような角度依存性は、種々のイメージング及びディスプレイ用途において望ましくない。

10

#### 【0006】

従って、例えば、高い透過効率を有し、そして最小角度依存性並びに低減された製造の複雑さを有する、可視光又は近赤外範囲におけるカラーフィルタを生み出すことができる、カラーフィルタのような、新しいスペクトルフィルタ技術に対するニーズがある。

20

#### 【発明の概要】

#### 【発明が解決しようとする課題】

#### 【0007】

このセクションではまた、本開示の一般的概要も供されるが、その全範囲又はその機能の全ての網羅的開示ではない。本教唆の原理によれば、最小化された角度依存性を有する光スペクトルフィルタリングデバイスが供される。本技術によって、透過及び反射タイプの両者に対してスペクトルフィルタリング機能を実現する金属-誘電体-金属共振器構造が供される。誘電体層の厚みを同調することによって、透過又は反射ピークが、可視又は近赤外（近IR）範囲のような、所定の範囲の波長をカバーする。或る態様において、異なるカラーピクセルは、種々の変えられるパターン深さを有する金型を使用する印刷技術によって製作され得る。それは厚みコントラストを如何なる望まれる誘電体層にも移動するためのエッチング技術と組み合わせることができる。

30

#### 【課題を解決するための手段】

#### 【0008】

或る態様において、本開示は、干渉フィルタアセンブリを含む光スペクトルフィルタリングデバイスを供する。干渉フィルタアセンブリは、平行な反射面の対の間に配列された、約1.5より大きな屈折率を有する誘電材料を含む。各反射面は場合により金属を含む。フィルタアセンブリは、望ましくは最小角度依存性を表示する、所定の範囲の波長を有するフィルタをかけた出力を生み出すために、電磁スペクトルの一部を透過できる。

40

#### 【0009】

他の態様において、本開示は、干渉フィルタアセンブリを含んでなる光スペクトルフィルタリングデバイスを供する。干渉フィルタアセンブリは、平行な反射面の対の間に配列された、約1.5より大きな屈折率を有する誘電材料を含む。各反射面は金属を含む。フィルタアセンブリは、フィルタアセンブリを出ていく、所定の範囲の波長を有するフィルタをかけた出力を生み出すために、電磁スペクトルの一部を誘電材料内に透過でき、ここで、フィルタをかけた出力は、所定の範囲の波長を有し、そして最小角度依存性を示し、その結果、所定の範囲の波長が、0度の入射角から90度の入射角に、約50ナノメートル以下だけ変わる。

#### 【0010】

更に他の態様において、本開示は、平行な反射面の対の間に配列された、高屈折率の誘

50

電材料を含んでなる干渉フィルタアセンブリを含む光スペクトルフィルタリングデバイスを供する。各反射面は、場合により、分布ブラッグ反射器（DBR）又は一次元のフォトニック結晶を含む。そのようなフィルタアセンブリは、フィルタアセンブリを出ていく所定の範囲の波長を有するフィルタをかけられた出力を生み出すために、電磁スペクトルの一部を誘電材料内に透過できる。フィルタアセンブリからのフィルタをかけられた出力は、所定の範囲の波長を有し、そして最小角度依存性を表示する。

#### 【0011】

他の態様において、本教唆は、最小角度依存性を有する光スペクトルフィルタリングデバイスを作る方法を供する。本法は、約1.5より大きい、そして或る変形例において、約2より大きい屈折率を有する誘電材料にポリマー状レジスト材料を塗布することを含む。ポリマー状レジストは次いで、所定の高さを有する金型と接触させられる。ポリマー状レジスト及び誘電材料は次いでエッチングされる。平行な反射面の対の間に配列される誘電材料を含んでなる干渉フィルタアセンブリを形成するために、残りの誘電材料に亘って金属が適用される。或る変形例において誘電材料は約2以上の有効屈折率を有する。干渉フィルタアセンブリからのフィルタをかけられた出力は、最小角度依存性を表示する、所定の範囲の波長を生み出す。

10

#### 【0012】

他の態様において、本教唆によって、光スペクトルフィルタリングデバイスの角度依存性を低減する方法が供される。一つの変形例において、本方法は、一对の平行な反射面を含んでなる干渉フィルタアセンブリ内に、約1.5より大きい屈折率を有する誘電材料を組み込むことを含む。各反射面は金属を含む。このように、フィルタアセンブリは、フィルタアセンブリが0度から90度の範囲にある入射角から観察されるとき、約50ナノメートル以下で外れる所定の範囲の波長を有するフィルタをかけられた出力を生み出す。

20

#### 【0013】

他の態様において、本開示は光スペクトルフィルタリングデバイスも供する。光スペクトルフィルタリングデバイスは、最小角度依存性を表示する共鳴フィルタアセンブリを含む。或る変形例において、最小角度依存性を表示する共鳴フィルタアセンブリは、光学メタマテリアルを形成する導電性の金属格子構造を含んでなる共振器構造を含む。導電性の金属格子構造は少なくとも二つの開口部を含む。或る態様において、少なくとも二つの開口部はサブ波長である。或る変形例において、共振器構造は、場合により、開口部中に埋め込まれた誘電材料を含む。光スペクトルフィルタリングデバイスは、光学共鳴を介して、所定の範囲の波長を有するフィルタをかけられたそして偏光出力を生み出すために、電磁スペクトルの一部を透過できる。

30

#### 【発明の効果】

#### 【0014】

適用範囲の更なる領域は、本明細書において供される記述から明らかになるであろう。この概要における本記述及び特定の例は説明目的のみを意図されたものであり、本開示の範囲を制限することを意図されたものではない。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0015】

本明細書において述べられる図面は、全ての可能な実行例ではなく、選択された実施態様のための例証目的のためであり、本開示の範囲を制限することが意図されたものではない。

40

【図1】本教唆のある態様に従って調製された例示的カラーフィルタアセンブリの斜視図である。

【図2】例示的カラーフィルタアセンブリの図1の線2-2に沿って取られた断面図である。

【図3】ファブリ-ペロー系エタロン干渉フィルタの操作原理の模式図を示す。

【図4】A~Dは、ファブリ-ペロー系フィルタにおける、フィルタをかけられた波長シフトの入射角（ $\theta$ ）及び誘電体屈折率（ $n$ ）への依存性を示すグラフであり、ここで、A

50

は、1.0の屈折率を持つ誘電材料を有し、Bは1.5の屈折率を持つ誘電材料を有し、Cは2.0の屈折率を持つ誘電材料を有し、そしてDは2.5の屈折率を持つ誘電材料を有する。

【図5】本教唆のある態様に従って調製された、対称的な層構造を有する例示的カラーフィルタアセンブリの断面図を示す。

【図6】A～Bは、低屈折率の誘電材料( $\text{SiO}_2$ ) (B)及び高屈折率の誘電材料( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ) (A)の両者に対する波長対透過を比較するシミュレーションを示す。

【図7】A～Bは、本教唆のある態様に従って調製された、例示的光透過フィルタアセンブリの断面図を示し、ここで、Aは非対称的な層構造を有し、そしてBは対称的な層構造を有する。

【図8】A～Cは、フィルタをかけられた緑光出力の角度依存性を実証するために、透過型カラーフィルタアセンブリに対する波長対透過を比較するシミュレーションを示すグラフである。Aは、フィルタをかけられた緑光出力を供するための、約130ナノメートルの厚みでの低屈折率の誘電材料( $\text{SiO}_2$ )を有し、Bは、緑光を供するための、約50ナノメートルの厚みで約2.5の屈折率を有する、セレン化亜鉛( $\text{ZnSe}$ )を含んでなる誘電材料を有し、そしてCは、緑光を供するための、約80ナノメートルの厚みで高屈折率の誘電材料( $\text{Si}_3\text{N}_4$ )を含む。

【図9】二つの透過型フィルタに対する波長対透過の比較を示し、ここで、第一のフィルタは対称的な層構造を有し、そして第二のフィルタは非対称的な層構造を有する。

【図10】A～Dは、例示的な赤-緑-青透過フィルタを比較し、ここで、図A～Cは、透過型カラーフィルタアセンブリに対する波長対透過を比較する。図Dは、青、緑及び赤のカラーフィルタを達成するための、フィルタアセンブリ中の各誘電材料に対する各々の厚みを示す。Aは、低屈折率の誘電材料( $\text{SiO}_2$ )に対する赤、緑、及び青のフィルタを示す。Bは、 $\text{ZnSe}$ 誘電材料に対する、赤、緑、及び青のフィルタを示し、一方、Cは、誘電材料が高屈折率材料( $\text{Si}_3\text{N}_4$ )である、赤、緑、及び青フィルタを示す。

【図11】A～Cは、フィルタをかけられたマゼンタ光出力の角度依存性を実証するために、反射型カラーフィルタアセンブリに対する波長対反射を比較するシミュレーションを示すグラフである。Aは、(0から80度の範囲にある入射角を有する)フィルタをかけられたマゼンタ光出力を供するための、約130ナノメートルの厚みでの低屈折率の誘電材料( $\text{SiO}_2$ )を有する。Bは、(0から80度の範囲にある入射角を有する)フィルタをかけられたマゼンタ光の出力を供するための、約50ナノメートルの厚みでの $\text{ZnSe}$ (屈折率、 $n=2.5$ )を含んでなる、高屈折率を有する誘電材料を有する。Cは、(入射角が0から80度の範囲にある)フィルタをかけられたマゼンタ光の出力を供するための、約80ナノメートルの厚みで高屈折率の誘電材料( $\text{Si}_3\text{N}_4$ )(屈折率、 $n=2.0$ )を含む。

【図12】A～Dは、非対称的な層構造を有する例示的な黄-マゼンタ-シアンの反射フィルタを比較し、ここで、A～Cは、反射型カラーフィルタアセンブリに対する波長対反射を比較する(ここで、両方の反射層は銀を含む)。Dは、黄、マゼンタ、及びシアンのカラーフィルタリングを達成するための、フィルタアセンブリ中の各誘電材料の各々の厚みを示す。Aは低屈折率の誘電材料( $\text{SiO}_2$ )に対する黄、マゼンタ、及びシアンのフィルタリングを示す。Bは、高屈折率の $\text{ZnSe}$ 誘電材料に対する黄、マゼンタ、及びシアンのフィルタリングを示し、一方、Cは、誘電材料が高屈折率材料( $\text{Si}_3\text{N}_4$ )である場合の黄、マゼンタ、及びシアンのカラーフィルタリングを示す。

【図13】A～Dは、非対称的な層構造を有する例示的な黄-マゼンタ-シアンの反射フィルタを比較し、ここで、A～Cは、反射型のカラーフィルタアセンブリに対する波長対反射を比較する(ここで、第一の反射層は銀を含み、そして第二の反射層はアルミニウムを含む)。Dは、黄、マゼンタ、及びシアンのカラーフィルタリングを達成するための、フィルタアセンブリ中の各誘電材料の各々の厚みを示す。Aは、低屈折率の誘電材料( $\text{SiO}_2$ )に対する黄、マゼンタ、及びシアンのフィルタリングを示す。Bは、高屈折率の誘電材料 $\text{ZnSe}$ に対する黄、マゼンタ、及びシアンのフィルタリングを示し、一方、C

10

20

30

40

50

は、誘電材料が高屈折率材料 ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ) である場合の黄、マゼンタ、及びシアンのカラフィルタリングを示す。

【図14】A～Bは、非対称的な層構造を有する、本開示の或る態様による透過及び反射フィルタアセンブリを示し、ここで、誘電材料は高屈折率材料 ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ) であり、そして反射層は銀を含む。Aは、赤 - 青 - 緑の透過性フィルタリングを示し、そしてBは、黄 - マゼンタ - シアンの反射フィルタリングを示す。

【図15】本教唆の或る態様に従う表示装置に対して異なるカラーピクセルを用いてフィルタアセンブリを作成するプロセスを示す。

【図16】本教唆の或る態様によって調製された液晶誘電体を含んでなる透過型の同調型ファブリ - ペロー系スペクトルフィルタに対する波長対透過を示す。

【図17】本教唆の或る態様による同調型ファブリ - ペロー系スペクトルフィルタにおいて誘電材料として使用するための液晶屈折率対負荷電圧を示す。

【図18】格子開口部中に埋め込まれた誘電材料を有し、高屈折率の格子構造を有する、本教唆の或る代替実施態様によって調製された、最小角度依存性を有する例示的カラフィルタアセンブリの断面図を示す。

【図19】A～Bは、本教唆のある変形例によって調製された、比較的に最小角度独立性を有する反射色カラフィルタを示す。Aは、220ナノメータ (スケールバーは400ナノメータ) の周期を有するスリット開口部機能を有する基板上的銀から製作された例示的な高屈折率の導電性メッシュ格子ナノ構造の走査電子顕微鏡 (SEM) 画像を示す。Bは、45°、55°、65°、及び75°の別個の入射角での横磁気 (TM) 偏光の波長対反射のプロットを示す。

【図20】A～Bは、本教唆のある変形例によって調製された、最小角度独立性を有する別の反射色カラフィルタを示す。Aは、180ナノメータ (スケールバーは300ナノメータ) の周期を有するスリット開口部機能を有する基板上的銀から製作された例示的な高屈折率の導電性メッシュ格子ナノ構造の走査電子顕微鏡 (SEM) 画像を示す。Bは45°、55°、65°、及び75°の別個の入射角での横磁気 (TM) 偏光の波長対反射のプロットを示す。

【図21】図19において示されたものと類似の構造を有し、最小角度依存性を有する光フィルタアセンブリに対する波長対透過を比較するシミュレーションを示す。

【図22】少なくとも約60度までの入射角での強い角度許容誤差を示す (入射角が変えられるとき、比較的小さなシフトを示す) 赤のカラフィルタであるように設計された、角度に独立性の色濾過を有する図21におけるもののようなカラフィルタアセンブリに対する反射の計算されたマップである。

【図23】光フィルタアセンブリの導電性格子構造に対する設計原理の模式図を示し、ここで、導電性格子構造はサブ波長であり、大きな有効屈折率を示し、そして一方で、横電気 (TE) 偏光波を反射しながら、横磁気 (TM) 偏光を透過できる。

【0016】

対応する参照数字は、図面の幾つかを通して全て対応する部材を示す。

【発明を実施するための形態】

【0017】

この開示が完璧であり、そしてその範囲を当業者に完全に伝えるように、例示的实施態様が供される。本開示の実施態様の完璧な理解を供するために、特定の部材、デバイス及び方法の例のような多くの特定の詳細事項が明らかにされる。特定の詳細事項が採用される必要がないこと、例示的实施態様が多く異なる形態において具現化され得ること、そして本開示の範囲を制限すると考えられるべきではないことは当業者に明らかであろう。幾つかの例示的实施態様において、周知のプロセス、周知のデバイス構造及び周知の技術は詳細には述べられない。

【0018】

本明細書において使用される用語は、特別な例示的实施態様のみを述べる目的のものであり、制限的であることを意図されていない。本明細書において使用される単数形態、「

10

20

30

40

50

a」、「an」、及び「the」は、文脈が明確にそうではないと示さない限り、複数形態も同様に含むことを意図され得る。用語「含む」、「含んでなる」、「含んでいる」、及び「有する」は包括的であり、従って、述べられた機能、整数、工程、操作、エレメント及び/又は部材の存在を特定するが、一つ又はそれより多くの他の機能、整数、工程、操作、エレメント、部材それらのグループの存在又は追加を排除しない。本明細書において述べられる方法の工程、プロセス及び操作は、性能の順序として特定の確認されない限り、議論された又は説明された特定の順序において必ずしもそれらの性能を要求していると考えられるべきでない。追加の又は代替の工程が採用され得ることも理解されるべきである。

#### 【0019】

エレメント又は層が、別のエレメント又は層「の上」にある、「に係合される」、「に連結される」、又は「に繋がれる」として言及されるとき、それは直接的に、他のエレメント又は層の上にある、に係合される、に連結される、若しくは繋がれるか、または介在するエレメント又は層が存在し得る。対照的に、エレメントが別のエレメント又は層「の上に直接」にある、「に直接係合される」、「に直接連結される」、又は「に直接繋がれる」として言及されるとき、介在するエレメント又は層は全く存在し得ない。エレメントの間の関係を述べるために使用される他の用語は同様に解釈されるべきである（例えば、「間」と「直接、間に」、「隣接して」と「直接、隣接して」など）。本明細書において使用される用語「及び/又は」は、関連付けられるリストアップされた項目の一つ又はそれより多くの如何なるそして全ての組合せをも含む。

#### 【0020】

用語、第一の、第二の、第三のなどは本明細書において、種々のエレメント、部材、領域、層及び/又はセクションを述べるために使用されるが、これらのエレメント、部材、領域、層及び/又はセクションはこれらの用語によって制限されるべきではない。これらの用語は、或るエレメント、部材、領域、層又はセクションを別の領域、層又はセクションから区別するためにのみ使用され得る。「第一の」、「第二の」及び他の数字用語などの用語は、本明細書において使用されるとき、文脈によって明確に示されない限り、シーケンス又は順序を示唆しない。このように、以下に論じられる第一のエレメント、部材、領域、層又はセクションは、例示的实施態様の教唆から逸脱することなく、第二のエレメント、部材、領域、層又はセクションと名付けられ得るであろう。

#### 【0021】

「内の」、「外の」、「下方の」、「下の」、「より下の」、「上の」、「上方の」などのような空間的な相対用語は、図において図示される通り、或るエレメント又は機能の、別の一つ又は複数のエレメント又は機能に対する関連を述べるための記述の容易さのために、本明細書において使用され得る。空間的な相対用語は、図において描かれた向きに加えて、使用又は操作におけるデバイスの異なる向きを包含することを意図され得る。例えば、もし、図中のデバイスがひっくり返されると、他のエレメント又は機能の「下の」又は「下方の」として述べられたエレメントは、次いで、他のエレメント又は機能の「上の」に向けられるであろう。このように、例示的用语「下方の」は「上の」及び「下方の」向きの両方を包含できる。デバイスは他に向けられ得て（90度又は他の向きで回転される）、そして本明細書において使用される空間的に相対的記述子はそれに応じて解釈され得る。

#### 【0022】

この開示全体を通して、数値は、与えられた値、及び述べられた概略数値を有する実施態様、並びに述べられた正確にその数値を有する実施態様からの少しばかりの逸脱を包含する範囲に対する概略の寸法又は制限を表す。詳細な記述の目的で供される作業例における以外で、添付された請求の範囲を含むこの明細書におけるパラメータ（例えば、量又は条件の）の全ての数値は、「約」が数値の前に実際に現れるか否かに関わらず、用語「約」によって全ての場合において修正されることとして理解されるべきである。「約」は述べられた数値が、（値における正確さへのいくらかの接近を有して；値に略又はかなり近い；

10

20

30

40

50

ほとんど)幾分少しばかりの不正確さを許すことを示す。もし、「約」によって供される不正確さが、この通常の意味でほかに当業技術によって理解されない場合、次いで本明細書において使用される「約」は、そのようなパラメータの測定及び使用の通常の方法から生じ得る少なくとも変化を示す。

【0023】

また、範囲の開示は、その範囲に対して与えられたエンドポイントを含む、全ての値、及び全体の範囲内で更に分割された範囲の開示を含む。例示的实施態様がここで、添付図面を参照してより完全に述べられるであろう。

【0024】

着色料材料による光吸収よりもむしろ光干渉効果に基づく、カラーフィルタのようなスペクトルフィルタリングを生み出す新しい構造が、開示される。或る態様において、本教唆は、最小角度依存性を有するフィルタを掛けられた電磁エネルギー出力を生み出す干渉フィルタアセンブリを含む光スペクトルフィルタリングデバイスを供する。非制限例として、そのような干渉フィルタデバイスは、本教唆によってフィルタを掛けられた光の角度依存性を最小化するために高屈折率の誘電体層を更に有しながら、光をフィルタするファブリ-ペローエタロンデバイスであり得る。

10

【0025】

透過及び反射のカラーフィルタの両者は、本教唆によって調製されたフィルタデバイスによって達成できる。このように、或る変形例において、光スペクトルフィルタリングデバイスは透過型フィルタであり得て、一方、他の変形例において、光スペクトルフィルタリングデバイスは反射型フィルタであり得る。更に別の変形例において、光スペクトルフィルタリングデバイスは透過型フィルタ及び反射型フィルタの両者を同時に示す。

20

【0026】

干渉フィルタアセンブリは誘電材料を含む。或る変形例において、そのような誘電材料は、比較的高い、例えば、約1.4より大きい屈折率を有する。或る態様において、誘電材料は、比較的高い、好ましくは、約1.5より大きい、場合により2以上の、場合により約3以上の、そして或る変形例において、約4以上の屈折率を有する。或る変形例において、干渉フィルタアセンブリは平行な反射面の対も含み、ここで、各反射面は金属を含む。誘電材料は平行な反射面の対の間に配列される。

30

【0027】

或る態様において、フィルタアセンブリは、フィルタアセンブリを出ていく、所定の範囲の波長を有する、フィルタを掛けられた出力を生み出すために、電磁スペクトルの一部分を誘電材料内に透過することができる。(金属によって吸収された光の非常に小さな部分と共に)如何なる透過されない光も主として反射され、従って再使用できる。フィルタを掛けられた光は、望ましくは最小角度依存性を示し、非限定例として、ディスプレイデバイスにおけるピクセルとしての使用に対してそれを特に有利にする。スペクトルフィルタ又はカラーフィルタは偏光無依存にできる。そのような光スペクトルフィルタリングデバイスは伝統的な着色剤系フィルタよりもエネルギー効率がよく、そして高い入力光パワーに更に耐えることができる。

40

【0028】

図1及び2を参照して、光スペクトルフィルタリングデバイス20の一つの実施態様はフィルタアセンブリ30を含む。フィルタアセンブリ30は第一の側32及び第二の反対側34を画成する。フィルタアセンブリ30は第一の透過性基板又は層40、透過性層40に隣接して配列される第一の反射面42を含む。フィルタアセンブリ30は第一の反射面42に隣接する少なくとも一つの誘電材料層44も含む。第二の反射面46は第一の反射面42の反対の側上の誘電材料層44に隣接して配列される。第一の反射面42及び第一の反射面46は一緒に誘電材料層44を挟む平行な反射面の対を形成する。図1及び2において示される通り、オプションの第二の透過性層48は第一の反射面46に隣接して配列される。光学的第二の透過性層48は、例えば、金属をかぶせられる。そのようなフィルタアセンブリ30は「対称的な構造」を有し、ここで、第一の透過性層40は、誘電

50

材料層 4 4 の側面に並べられる平行な反射面の対 4 2、4 6 の他の側 3 4 上に適合する第二の透過性層 4 8 を有する。図 1 において示されていないが、もし第二の透過性層 4 8 が省略された場合、第一の反射面 4 6 が第二の透過性層 4 8 の代わりに空気 5 6 又は別の外部媒体とインターフェースで繋がれるであろう（そしてそのためにアセンブリ構造が非対称的になるであろう）故に、フィルタアセンブリ 3 0 は非対称的な構造を有するであろう。

【 0 0 2 9 】

図 1 において、第二の透過性層 4 8 は、見ることができる面 5 0 を画成する。電磁照射の源 5 2 は第一の側 3 2 に沿って光スペクトルフィルタリングデバイス 2 0 のフィルタアセンブリ 3 0 に向かって向けられる。フィルタアセンブリ 3 0 は、電磁照射のスペクトルの一部を源 5 2 からアセンブリ 3 0 内に透過できる。このように、電磁照射の一部は第一の透過性層 4 0 を通り、そして第一の反射層 4 2 を通って誘電材料層 4 4 内に入る。干渉フィルタ内部の電磁照射の経路は、光スペクトルフィルタリングデバイス 2 0 が透過型フィルタ、反射型フィルタ又は透過型かつ反射型フィルタであるように設計されるか否かに依存する。図 1 の透過型ファブリ - ペロー系フィルタにおいて示される通り、誘電材料 4 4 に入る電磁エネルギーの部分は（ファブリ - ペロー系エタロン干渉フィルタのように）平行な反射面の対の間で共鳴する。電磁エネルギーの一部は第一の反射面 4 6 及び第二の透過性層 4 8 を通して透過され、フィルタアセンブリ 3 0 を出る所定に波長範囲を有するフィルタをかけられた出力 6 0 を生み出す。

10

【 0 0 3 0 】

背景として、ファブリ - ペロー系フィルタの一般的な操作原理が図 3 において示され、そしてここで論じられるであろう。電磁波 1 0 0 は、入射角  $\theta_1$  で第一の反射面 1 0 2 に近づく。誘電材料 1 0 4 は第一の反射面 1 0 2 に隣接して配列される。実質的に平行な第二の反射面 1 0 6 は誘電材料 1 0 4 の反対側上に配列される。（第一と第二の平行な反射面 1 0 2、1 0 6 の間の距離でもある）誘電材料 1 0 4 の厚みは、 $d$  によって表され、そして誘電材料の屈折率は、 $n$  によって表される。尚、ファブリ - ペロー系エタロンのような干渉フィルタに対して、 $d$  がサブ波長であるように、 $d$  は構造中でフィルタされるべき目標波長より小さい。反射される電磁波 1 0 0 の各部分は  $R_n$  で表され、ここで  $n$  は整数であり、そして電磁波 1 0 0 の各透過された部分は  $T_n$  で表され、ここで  $n$  は整数である。各連続して透過されるビーム（例えば、 $T_1$ 、 $T_2$  など）の間の相の違いは：

20

30

【 数 1 】

$$\delta = 2kd \cos(\theta_2) = 2 \frac{2\pi m}{\lambda} d \cos(\theta_2)$$

である。

【 0 0 3 1 】

透過最大値は

【 数 2 】

$$\delta = 2m\pi$$

40

で生じ、その結果

【 数 3 】

$$2nd \cos(\theta_2) = m\lambda$$

となり、ここで  $\lambda$  は波長である。 $\theta_2$  は、S n e l l の法則：

50

【数 4】

$$\sin(\theta_1) = n \sin(\theta_2)$$

によって求められることができる。 $\theta_1$  は外部媒体（例えば、空気）中の入射角である。フィルタをかけられた出力の波長シフトは入射角（ $\theta_1$ ）及び誘電体の屈折率（ $n$ ）に依存する。これらの結果は上の数式によって計算され、そして第一及び第二の反射層中の金属の厚みは計算に含まれない。

【0032】

種々の態様において、本開示は低減された角度依存性を有するフィルタを供し、それは、見る角度が、見る面（ほぼ90度）に対してノーマル（0度）から平行に外れる際、フィルタをかけられた光の波長は著しくはシフトされないことを意味する。上述の通り、角度依存性は、従来ファブリ・ペロー（F-P）系フィルタにおいてさえ、ディスプレイデバイスにおいて使用される従来のカラーフィルタでしばしば問題になる事柄である。しかしながら、増加する入射角（ $\theta_1$ ）に対する透過波長のシフトは、本教唆によって調製されたアセンブリにおける高屈折率の誘電材料を使用することによって低減される。これはSnellの法則による $\theta_1$ から $\theta_2$ への移行がある故であり、そしてF-P共振器の大きな屈折率の中間層は角度 $\theta_2$ を劇的に低減する。従って、本発明技術の原理によれば、望ましく高い屈折率を有する特定の誘電材料を含むことによって、フィルタデバイスの角度依存性は著しく低減/最小化できる。本明細書において述べられた高い屈折率の材料は伝統的な誘電材料を含み得るが、光学メタマテリアル、液晶、及び以下に述べる他の高い屈折率の材料も含み得る。この原理はカラーフィルタのように透過及び反射スペクトルフィルタの両者に適用される。

【0033】

このように、種々の態様において、光スペクトルフィルタリングデバイスは、平行な反射面の対の間に配列された、約1.5より大きな屈折率を有する誘電材料を含む干渉フィルタアセンブリを含む。或る態様において、角反射面は、非制限例として銀又はアルミニウムなどの金属のような反射材料を含む。フィルタアセンブリは、フィルタアセンブリを出ていく、所定の範囲の波長を有する、フィルタをかけられた出力を生み出すために、電磁スペクトルの一部分を誘電材料内に透過することができ、ここで、フィルタをかけられた出力は所定の範囲の波長を有し、そして最小角度依存性を表示する。

【0034】

特に適切な可視及び赤外の電磁照射は、約390から約750ナノメートルの範囲にある波長を有する可視光、及び（約0.75から約1.4ミクロンの範囲にある近赤外（NIR）を含む）赤外照射（IR）を含む。フィルタをかけられた電磁照射は、赤に対する約625から約740ナノメートルの範囲にある波長を有することができ；橙色は約590から約625ナノメートルにあり；黄色は約565から約590ナノメートルにあり；緑色は約520から約565ナノメートルにあり；青又はシアンは約500から約520ナノメートルにあり；青又はインジゴは約435から約500ナノメートルにあり；そして紫は約380から約435ナノメートルにある。更に、或る態様において、フィルタをかけられた光はエクストラスペクトル（extra-spectral）又は幾つかの異なる波長の混合物であり得る。例えば、マゼンタは赤（625から740ナノメートル）及び青（435から500ナノメートル）の波長のエクストラスペクトルの混合物である。

【0035】

或る態様において、光スペクトルフィルタリングデバイスは透過型フィルタである。そのような場合、フィルタアセンブリは、電磁スペクトルの一部分を平行な反射面の対の第一の面を通して誘電材料内に透過することができる。電磁スペクトルの透過された部分は、このように平行な反射面の対の他の第二の面に透過され、そこで、それはそれを通して透過される。このように、電磁スペクトルの部分（例えば、図1及び2の52）は、フィ

10

20

30

40

50

ルタアセンブリ 30 の第一の側 ( 図 1 及び 2 の側 3 2 ) 上に入り、そしてフィルタをかけられた出力 60 は第一の側 ( 3 2 ) に反対側の第二の側 ( 図 1 及び 2 の側 3 4 ) 上に出る。

【 0 0 3 6 】

或る変形例において、光スペクトルフィルタリングデバイスの透過型フィルタは、可視光範囲において、フィルタアセンブリを出ていく、所定の範囲の波長を有する、フィルタをかけられた出力を生み出す。そのような所定の範囲の波長は、赤、緑、青及びそれらの組合せから成るグループから選択された色を含み得る。

【 0 0 3 7 】

他の態様において、光スペクトルフィルタリングデバイスは反射型フィルタであり、その結果、フィルタアセンブリは、平行な反射面の対の一方を通して、誘電材料内に、平行な反射面の対の他方に電磁スペクトルの一部を透過できる。しかしながら、フィルタアセンブリの第一の側上に入る電磁スペクトルの一部は、フィルタをかけられた出力がフィルタアセンブリのそれが入った側と同じ第一の側上に出るように、アセンブリ内で反射される。

10

【 0 0 3 8 】

或る変形例において、光スペクトルフィルタリングデバイスは、可視光範囲において、フィルタアセンブリを出ていく、所定の範囲の波長を有する、フィルタをかけられた出力を生み出す。そのような所定の範囲の波長は、シアン、マゼンタ、黄及びそれらの組合せから成るグループから選択された色を含み得る。

20

【 0 0 3 9 】

或る他の変形例において、光スペクトルフィルタリングデバイスは同時に透過型フィルタ及び反射型フィルタの両者であり得て、その結果、電磁スペクトルがフィルタアセンブリに入った後、光の透過された部分及び光の反射された部分の両者が生み出される。このように、或る実施態様において、光スペクトルフィルタリングデバイスによって生み出された、透過された所定の範囲の波長は可視光範囲にあり、そして赤、緑、青及びそれらの組合せから成るグループから選択された色を含み得て、一方、反射された所定の範囲の波長はシアン、マゼンタ、黄及びそれらの組合せから成るグループから選択された色を含み得る。

【 0 0 4 0 】

図 4 A ~ 4 D は本発明の原理によるフィルタをかけられた出力の低減された角度依存性を説明し、フィルタをかけられた波長シフトの、ファブリ - ペロー系フィルタにおける入射角 ( ) 及び屈折率 ( n ) への依存性を示す。図 4 A において、フィルタアセンブリ中の誘電材料は 1 . 0 の屈折率を有し、そして波長における顕著な望ましくないシフトを示す ( 0 度よりほんのわずかに大きい入射角での約 1 . 0 から、入射角が 8 0 度に増えた際の 0 . 2 未満への範囲にある正規化された値 ) 。図 4 B は、フィルタアセンブリ中で 1 . 5 の屈折率を有する誘電材料を有し、そしてフィルタをかけられた波長シフトにおいて著しい改善を示し、ここで、正規化された値は、0 度よりほんのわずかに大きい入射角での約 1 . 0 から、入射角が 8 0 度に増えた際の 0 . 7 5 未満への範囲にある。図 4 C は、フィルタアセンブリ中で 2 . 9 の屈折率を有する誘電材料を有し、そして波長シフト低減において更にもっとよい改善を示し、ここで、正規化された値は、0 度よりほんのわずかに大きい入射角での約 1 . 0 から、入射角が 8 0 度に増えた際の 0 . 8 8 未満への範囲にある。図 4 D は、フィルタアセンブリ中で 2 . 5 の屈折率を有する誘電材料を有し、そしてフィルタをかけられた光の波長シフト低減において最もよい改善を示し、ここで、正規化された値は、0 度よりほんのわずかに大きい入射角での約 1 . 0 から、入射角が 8 0 度に増えた際の 0 . 9 2 未満への範囲にある。従って、フィルタアセンブリ構造中において誘電材料の屈折率が高いほど、生み出されたフィルタをかけられた出力の角度依存性の最小化が大きくなる。

30

40

【 0 0 4 1 】

図 5 は、本教唆の或る態様による対称的な層構造を有する例示的カラーフィルタアセン

50

ブリの断面図を示す。第一の透過性層 200 は、反射材料を含む第一の反射層 202 に隣接する。第二の反射層 212 は第一の反射層 202 に対して実質的に平行であり、そして同様に、(第一の反射層 202 中の一つ又は複数の反射材料と同じであるか又はそれから区別され得る) 反射材料を含む。このように、第一及び第二の反射層 202、212 は誘電材料 210 の横に並べられる一対の平行な反射基板を形成する。

#### 【0042】

一つの実施態様において、第一の透過性層 200 は(二酸化珪素、 $\text{SiO}_2$  を含む) ガラス基板であり得る。第一の反射層 202 は、場合により、銀を含み、そして約 20 ナノメートルの厚みを有する。第二の反射層 212 は、同様に、銀を含み、そして約 20 ナノメートルの厚みを有する。本教唆の或る態様による一つの実施態様において、誘電材料 210 は場合により、窒化珪素(約 2 である屈折率を有する  $\text{Si}_3\text{N}_4$ ) のような高屈折率材料を含み、それは場合により、約 100 ナノメートルの厚みを有する。20 ナノメートルの厚みを有する銀を含む二つの反射層 202 及び 212 は、ガラス基板 200 に隣接した誘電材料 210、及び約 100 ナノメートルの厚みを有するシリクラッキング 220 を囲むことができる。本教唆の或る態様による別の実施態様において、誘電材料 210 は場合により、窒化珪素(約 2 である屈折率を有する  $\text{Si}_3\text{N}_4$ ) のような高屈折率材料を含み、それは場合により、約 40 ナノメートルの厚みを有し、そして 20 ナノメートルの厚みを有する銀を含む二つの反射層 202 及び 212、ガラス基板 200 及び約 100 ナノメートルの厚みを有するシリクラッキング 220 を有する。第一の比較例において、反射層、基板及びクラッキングは上述のそれらの実施態様と同じであり得るが、誘電材料 210 は、約 150 ナノメートルでのシリカ(二酸化珪素、 $\text{SiO}_2$ 、ここで、屈折率は 1.5 である) を含む比較的低い屈折率材料であり得る。第二の比較例において、反射層、基板及びクラッキングは上述のそれらの実施態様と同じであり得るが、誘電材料 210 は再び、約 120 ナノメートルでのシリカ(二酸化珪素、 $\text{SiO}_2$ 、ここで、屈折率は 1.5 である) を含む比較的低い屈折率材料であり得る。

10

20

#### 【0043】

図 5 におけるものに類似した構造に対して、波長対透過の比較シミュレーション結果が図 6A ~ 6B において示される。第一の比較フィルタアセンブリは、その結果が図 6B において示される、約 120 ナノメートルでのシリカ( $\text{SiO}_2$ ) を含む比較的低い屈折率の誘電材料材料( $n = 1.5$ ) を含み、そして本開示の或る態様によって調製された第二のアセンブリは、図 6A において示された高屈折率( $n = 2.0$ ) の誘電材料として、窒化珪素( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ) を含む高屈折率の誘電材料層を含む。 $\text{Si}_3\text{N}_4$  誘電体を含む誘電体層は約 40 ナノメートルの厚みを有する。

30

#### 【0044】

図 6B において見られるように、カラーフィルタアセンブリに対して低屈折率シリカの誘電材料を使用すると、入射角が 0 から 60 度が増える際に、波長が望ましくなく約 120 ナノメートルシフトする。本教唆の或る態様によるカラーフィルタアセンブリを反射する図 6A において、入射角が 0 から 60 が増えるとき、約 40 ナノメートル未満の最小波長シフトが生じ、そのようにして本発明技術が光スペクトルフィルタリングデバイスに対する角度依存性が著しく低減することが示される。

40

#### 【0045】

図 7A ~ 7B は本教唆の或る態様によって調製された例示的光透過フィルタアセンブリを示し、ここで、図 7A においては、干渉フィルタアセンブリに対する比較非対称的な層構造が、そして図 7B においては干渉フィルタアセンブリに対する対称的な層構造が示される。図 7A は、(二酸化珪素 -  $\text{SiO}_2$  を含む) ガラス基板のようなカラーフィルタデバイスに入る電磁波長に対して透過性の材料を場合により含む第一の透過性層 300 を含む透過型カラーフィルタアセンブリを示す。第一の反射層 302 は銀のような第一の反射材料を含む。そのような第一の反射層 302 は、非制限例として、約 20 ナノメートルの厚みを有し得る。第二の反射層 312 は第一の反射層 302 に対して実質的に平行であり、そして第一及び第二の反射層 302、312 は一緒に、誘電材料 310 の横に並ぶ一対の

50

平行な反射基板を形成する。第二の反射層 312 は銀のような第二の反射材料を含み、そして非制限例として約 20 ナノメートルの厚みを有する。誘電体層 310 は、場合により、非制限例として約 100 ナノメートルの厚みでの窒化珪素 ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ) を含む。尚、第二の反射層 312 は、空気のような周囲環境 316 とインターフェースで繋がる見ることができる面 314 を有する。このように、図 7 A における透過性フィルタアセンブリは、以下の材料の間にインターフェースを含む非対称的な層構造を有する：空気（外部環境又は大気 316）、20 ナノメートルの銀層（第二の反射層 312）、20 ナノメートルの銀層（第一の反射層 302）、及びガラス基板（第一の透過性層 / 基板 300）。

#### 【0046】

図 7 B は、図 7 A の実施態様に対して上で述べられたものと同じ透過性フィルタアセンブリ部材を含むが、第二の反射層 312 に亘って配列される透過性クラディング層 320 を更に含む。透過性クラディング層 320 は、ガラス（二酸化珪素、 $\text{SiO}_2$ ）のようなカラーフィルタデバイスに入ってくる波長に対して実質的に透過性である材料を含む。このように第二の透過性クラディング層 320 は、対称的な構造を形成するために、第一の透過性層 300 と調和する。このように、図 7 B において、カラーフィルタアセンブリは、以下の材料の間にインターフェースを含む対称的な層構造を有する：空気（外部環境又は大気 316）、第二の透過性ガラス上部クラディング層（320）、20 ナノメートルの銀層（第二の反射層 312）、誘電体層（310）、20 ナノメートルの銀層（第一の反射層 302）、及びガラス基板（第一の透過性層 / 基板 300）。

#### 【0047】

図 8 A ~ 8 C は、フィルタをかけられた緑光出力の角度依存性を実証するために、透過型対称的なカラーフィルタアセンブリに対する波長対透過を比較するシミュレーションを示すグラフである。図 8 A は、0 度の入射角でのフィルタをかけられた緑光出力を供するための、約 130 ナノメートルの厚みでの低屈折率 ( $n = 1$ ) の誘電材料 ( $\text{SiO}_2$ ) を有し；図 8 B は、0 度の入射角でのフィルタをかけられた緑光を供するための、約 50 ナノメートルの厚みで高屈折率 ( $n = 2.5$ ) の材料  $\text{ZnSe}$  を有する。最後に図 8 C は、0 度の入射角でのフィルタをかけられた緑光を供するための、約 80 ナノメートルの厚みで高屈折率 ( $n = 2.0$ ) の誘電材料 ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ) を含む。見られ得る通り、最も低い屈折率の誘電材料（図 8 A における二酸化珪素）は、入射角が 0 から 80 度に増えるとき、三つの誘電材料のすべての最大波長シフトを示し、ここで、波長シフトは約 100 ナノメートルである。図 8 C における高屈折率の誘電材料 ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ) は、入射角が 0 から 80 度に増えるとき、約 50 ナノメートルの波長シフトを有し、一方、図 8 B における最高屈折率の誘電材料 ( $\text{ZnSe}$ ) は、入射角が 0 から 80 度に増えるとき、約 30 ナノメートルのみの波長シフトを有する。

#### 【0048】

図 9 は、二つの透過型カラーフィルタに対する波長対透過の比較を示す。第一のフィルタは対称的な層構造を有し、そして第二のフィルタは非対称的な層構造を有する。見られ得る通り、（図 7 B において示されたフィルタアセンブリのような）対称的な構造におけるフィルタアセンブリの対称性によって、（図 7 A のような）非対称的なフィルタアセンブリと比較して、フィルタをかけられた電磁照射の透過の大きさが増大される。しかしながら、対称的な及び非対称的なフィルタアセンブリの両者はカラーフィルタとして低減された角度依存性を示し、従って両者は本教唆の変形例と考えられる。

#### 【0049】

図 10 A ~ 10 D は、本開示の或る変形例によって作られた、比較多数色（赤 - 緑 - 青）透過干渉フィルタの結果を示す。図 10 A ~ 10 C は、透過型カラーフィルタアセンブリに対する波長対透過を比較する。図 10 D は、透過性フィルタにおける青、緑及び赤のカラーフィルタを達成するための、フィルタアセンブリ中の各誘電材料に対する各々の厚みを示す。例えば、比較カラーフィルタは、二酸化珪素 ( $\text{SiO}_2$ ) を含む比較的到低屈折率の誘電材料を含み、そして青色のフィルタをかけられた出力を生み出すために約 100 ナノメートルの厚み、緑色のフィルタをかけられた出力を生み出すために約 130 ナノメ

10

20

30

40

50

ータの厚み、そして赤色のフィルタをかけられた出力を生み出すために約170ナノメートルの厚みを有する。本開示の或る態様によって調製された光透過型フィルタは、青色のフィルタをかけられた出力を生み出すために約60ナノメートルの厚み、緑色のフィルタをかけられた出力を生み出すために約80ナノメートルの厚み、そして赤色のフィルタをかけられた出力を生み出すために約110ナノメートルの厚みを有する窒化珪素 ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ) を含む高屈折率の誘電材料を含む。最後に、本開示の他の態様によって調製された別の光透過型フィルタは、高セレン化亜鉛 ( $\text{ZnSe}$ ) を含む屈折率の誘電材料を含む。本誘電材料は、青色のフィルタをかけられた出力を生み出すために約30ナノメートルの厚み、緑色のフィルタをかけられた出力を生み出すために約50ナノメートルの厚み、そして赤色のフィルタをかけられた出力を生み出すために約80ナノメートルの厚みを有する。

10

#### 【0050】

図10A~10Cは、同時の赤、緑、及び青のフィルタに対するノーマル入射(0度の入射角)を示す。図10Aは、低屈折率の誘電材料( $\text{SiO}_2$ )の比較例を有する。図10Bは、本発明技術の或る態様によって調製された高屈折率の $\text{ZnSe}$ 誘電材料に対する赤、緑、及び青光の同時フィルタを示し、一方、図10Cは、高屈折率の誘電材料が本発明技術の或る態様によって調製されたフィルタデバイスの $\text{Si}_3\text{N}_4$ である、赤、緑、及び青のカラーフィルタを示す。赤、緑、及び青のフィルタをかけられた光出力に対する全体的な透過レベルは、高い屈折率の $\text{Si}_3\text{N}_4$ 誘電材料及び低い屈折率の二酸化珪素( $\text{SiO}_2$ )誘電材料に対して最大である。しかしながら、上で論じられた通り、低屈折率の二酸化珪素の誘電材料は、入射視野角に依存する(例えば、角度依存性の)高いレベルの波長シフト問題を抱える。

20

#### 【0051】

反射型カラーフィルタアセンブリのシミュレーションが図11A~11Cにおいて示され、ここで、波長対反射はフィルタをかけられたマゼンタ光出力の角度依存性を説明する。これらのカラーフィルタは銀反射層及びシリカ基板を有する上述のもののような構造を有する。図11Aは、(0から80度の範囲にある入射角を有する)フィルタをかけられたマゼンタ反射光出力を供するための、約130ナノメートルの厚みでの低屈折率の誘電材料( $\text{SiO}_2$ )を有する。図11Bは、(0から80度の範囲にある入射角を有する)フィルタをかけられたマゼンタ光出力を供するための、約50ナノメートルの厚みでの $\text{ZnSe}$ に対して $n=2.5$ の高屈折率を有する誘電材料を有する。最後に、図11Cは、(入射角が0から80度の範囲にある)フィルタをかけられたマゼンタ光出力を供するための、約80ナノメートルの厚みで高屈折率の誘電材料( $\text{Si}_3\text{N}_4$ )( $n=2.0$ )を含む。

30

#### 【0052】

見られ得る通り、最も低い屈折率の誘電材料(図11Aにおける二酸化珪素)は、入射角が0から80度に増えるとき、反射型のフィルタに対して最大波長シフトを示し、ここで、波長シフトは約130ナノメートルである。図11Cにおける高屈折率の誘電材料( $\text{Si}_3\text{N}_4$ )は、入射角が0から80度に増えるとき、約80ナノメートルの波長シフトを有し、一方、図11Bにおける最高屈折率の誘電材料( $\text{ZnSe}$ )は、入射角が0から80度に増えるとき、約50ナノメートルのみの波長シフトを有する。

#### 【0053】

図12A~12Dは、本開示の或る変形例によって作られた、比較多数色(黄-マゼンタ-シアン)反射干渉フィルタを示す。図12A~12Cは、非対称的な層構造を有する反射型カラーフィルタアセンブリに対する波長対反射を比較する。図12Dは、反射フィルタにおける黄-マゼンタ-シアンのカラーフィルタを達成するための、フィルタアセンブリ中の各誘電材料に対する各々の厚みを示す。例えば二酸化珪素を含む比較的到低屈折率の誘電材料は、黄色のフィルタをかけられた出力を生み出すために約100ナノメートルの厚み、マゼンタ色のフィルタをかけられた出力を生み出すために約130ナノメートルの厚み、そしてシアン色のフィルタをかけられた出力を生み出すために約170ナノメートルの厚みを有する。本開示の或る態様によって調製された窒化珪素( $\text{Si}_3\text{N}_4$ )を含む高屈折率の誘電材料は、黄色のフィルタをかけられた出力を生み出すために約60ナノメー

40

50

タの厚み、マゼンタ色のフィルタをかけられた出力を生み出すために約 80 ナノメートルの厚み、そしてシアン色のフィルタをかけられた出力を生み出すために約 110 ナノメートルの厚みを有する。最後に、本開示の或る態様によって調製された別のカラーフィルタは、セレン化亜鉛 (ZnSe) を含む高屈折率の誘電材料は、黄色のフィルタをかけられた出力を生み出すために約 30 ナノメートルの厚み、マゼンタ色のフィルタをかけられた出力を生み出すために約 50 ナノメートルの厚み、そしてシアン色のフィルタをかけられた出力を生み出すために約 80 ナノメートルの厚みを有する。

【0054】

図 12A ~ 12C は、黄、マゼンタ、及びシアンの同時フィルタに対するノーマル入射 (0 度の入射角) を示す。図 12A は、低屈折率の誘電材料 ( $\text{SiO}_2$ ) の比較例を有する。図 12B は、高屈折率の ZnSe 誘電材料に対する黄、マゼンタ、及びシアンの同時フィルタを示し、一方、図 12C は、高屈折率の誘電材料が  $\text{Si}_3\text{N}_4$  である、黄、マゼンタ、及びシアンのカラーフィルタを示す。黄、マゼンタ、及びシアンのフィルタをかけられた光出力に対する全体的な反射レベルは、高い屈折率の  $\text{Si}_3\text{N}_4$  誘電材料及び低い屈折率の二酸化珪素 ( $\text{SiO}_2$ ) 誘電材料に対して最大である。しかしながら、上で論じられた通り、低屈折率の二酸化珪素の誘電材料は、入射視野角に依存する (例えば、角度依存性の) 高いレベルの波長シフト問題を抱える。

10

【0055】

図 13A ~ 13D は、低減された角度依存性を有すべく、本開示の或る変形例によって作られた、比較多数色 (黄 - マゼンタ - シアン) 反射干渉フィルタを示す。図 13A ~ 13C は、非対称的な層構造を有する反射型カラーフィルタアセンブリに対する波長対反射を比較する。図 13D は、反射フィルタにおける黄 - マゼンタ - シアンのカラーフィルタを達成するための、フィルタアセンブリ中の各誘電材料に対する各々の厚みを示す。例えば二酸化珪素を含む比較的到低屈折率の誘電材料は、黄色のフィルタをかけられた出力を生み出すために約 110 ナノメートルの厚み、マゼンタ色のフィルタをかけられた出力を生み出すために約 140 ナノメートルの厚み、そしてシアン色のフィルタをかけられた出力を生み出すために約 180 ナノメートルの厚みを有する。本発明技術の或る態様によって調製された窒化珪素 ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ) を含む高屈折率の誘電材料は、黄色のフィルタをかけられた出力を生み出すために約 70 ナノメートルの厚み、マゼンタ色のフィルタをかけられた出力を生み出すために約 90 ナノメートルの厚み、そしてシアン色のフィルタをかけられた出力を生み出すために約 120 ナノメートルの厚みを有する。最後に、高屈折率の誘電材料は、セレン化亜鉛 (ZnSe) を含み、そして黄色のフィルタをかけられた出力を生み出すために約 45 ナノメートルの厚み、マゼンタ色のフィルタをかけられた出力を生み出すために約 60 ナノメートルの厚み、そしてシアン色のフィルタをかけられた出力を生み出すために約 85 ナノメートルの厚みを有する。

20

30

【0056】

二つの反射器 (反射層) は異なる構造又は材料で作ることができる。例えば、コスト効果のために、反射カラーフィルタにおける底部反射器は、より厚いアルミニウム (Al) 金属によって置換できて、そしてデバイスの性能は著しく変わることはない。図 13A ~ 13C は、黄、マゼンタ、及びシアンの同時フィルタに対するノーマル入射 (0 度の入射角) を示す。図 13A は、低屈折率の誘電材料 ( $\text{SiO}_2$ ) を有する。図 13B は、高屈折率の ZnSe 誘電材料に対する黄、マゼンタ、及びシアンの同時フィルタを示し、一方、図 13C は、高屈折率の誘電材料が  $\text{Si}_3\text{N}_4$  である、黄、マゼンタ、及びシアンのカラーフィルタを示す。黄、マゼンタ、及びシアンのフィルタをかけられた光出力に対する全体的な反射レベルは、高い屈折率の  $\text{Si}_3\text{N}_4$  誘電材料及び低い屈折率の二酸化珪素 ( $\text{SiO}_2$ ) 誘電材料に対して最大である。しかしながら、上で論じられた通り、低屈折率の二酸化珪素の誘電材料は、入射視野角に依存する (例えば、角度依存性の) 高いレベルの波長シフト問題を抱える。

40

【0057】

本教唆の或る実施態様は、透過及び反射のカラーフィルタの両者を同時に達成できる。

50

図14A～14Bは、非限定例として、空気、約20ナノメートルの厚みを有する銀を含む第一の反射層、高屈折率の誘電材料（例えば、 $\text{Si}_3\text{N}_4$ ）、約20ナノメートルの厚みを有する銀を含む第二の反射層、及びガラス基板を含む非対称的な層構造を有する、本開示による透過及び反射フィルタアセンブリを示す。フィルタアセンブリは、図14Aにおける赤青緑の透過性フィルタ、及び図14Bにおける黄マゼンタ-シアン色の反射フィルタを示す。

【0058】

今まで述べられてきた実施態様において、干渉フィルタアセンブリは最小角度依存性を示し、そして平行な反射面の対の間に配列された、約1.5より大きな屈折率を有する誘電材料を含み得る。反射面の各々は、場合により金属を含む。そのようなフィルタアセンブリは、フィルタアセンブリを出ていく、所定の範囲の波長を有する、フィルタをかけられた出力を生み出すために、電磁スペクトルの一部分を透過することができる。

10

【0059】

干渉フィルタアセンブリは誘電材料を含む。或る変形例において、そのような誘電材料は、例えば、約1.5より大きい比較的高い屈折率を有する。或る態様において、誘電材料は、好ましくは、2以上、場合により3以上、そして或る変形例において、4以上の比較的高い屈折率を有する。干渉フィルタアセンブリは、各反射面が金属を含む一対の反射面も含む。誘電材料は、平行な反射面の対の間に配列される。

【0060】

種々の態様において、本開示は、上述の又はここで述べられる如何なる実施態様にもよる、低減された角度依存性を有する干渉フィルタアセンブリの製造方法も供する。図15は、表示装置用の、本教唆の或る態様による異なるカラーピクセルを有するフィルタアセンブリを製作するために使用され得るあるプロセスを示す。第一に、レジスト材料400が、透過性基板406に亘って、（例えば銀又はアルミニウムのような金属を含む）第一の反射面層404の上に配列される高屈折率の誘電材料402の表面に塗布される。工程1において、第一の深さを有する第一の領域412、第二の深さを有する第二の領域414、及び第三の深さを有する第三の領域416を有する金型400に圧力が、レジスト材料400内にかけられる。適するポリマー状レジスト材料は、当業技術において周知である、加熱によって変形され得る広い範囲の熱可塑性ポリマー；又はプレス後にUV又は熱で硬化され得る前駆体材料を含む。これらの構造を形成するための材料は、その各々の全文を本明細書に参照することによりその各々が取り込まれているものとする、「ナノ-及びマイクロ-リソグラフィ用の材料組成」(MATERIAL COMPOSITION FOR NANO- AND MICRO-LITHOGRAPHY)という名称の、Fuらへの米国特許第7,648,767号、及び「ナノプリント・リソグラフィ用のUV硬化シルセスキオキサン樹脂」(UV Curable Silsesquioxane Resins For Nanoimprint Lithography)という名称の、Fuらへの米国特許公告第2009/0256287号(2009年4月9日に出版された、出願番号第12/421,333号)において述べられている。金型410が取り除かれた後、レジスト材料400は、第一の領域412の第一の高さ、第二の領域414の第二の高さ、第三の領域416の第三の高さに対応して異なる高さを有する。レジスト材料は更に硬化され又は処理され得る。

20

30

40

【0061】

工程2において、深さコントラストパターンを下の高屈折率の誘電体層402に移すために、レジスト材料400の表面上で反応性イオンエッチングのようなエッチングプロセスが行われ得る。これによって高屈折率の誘電材料402に、異なるスペクトルフィルタに対応する明確な厚みが付与され、それによってフィルタは多色又は多スペクトルのフィルタになることが可能になるであろう。更に、エッチングプロセスによって、場合により、レジスト材料400が高屈折率の誘電材料402から除かれるか又はそれは、当業技術において周知である通り、現像液又は溶媒によって除かれ得る。

【0062】

50

工程 3 において、第二の反射面を形成するために、薄い金属層 4 2 0 が高屈折率の誘電体の各々、段を付けられた部分の上面に適用される。そのように、多カラーフィルタアセンブリが生み出され、ここで、フィルタアセンブリの第一の領域 4 3 0 は高屈折率の誘電体層 4 0 2 を、青のような第一のフィルタ色に対応する第一の厚みで有し、一方、第二の領域 4 4 0 は高屈折率の誘電体層 4 0 2 を、緑のような第二のフィルタ色に対応する、第一の領域 4 3 0 よりも厚い第二の厚みで有する。最後に、フィルタアセンブリの第三の領域 4 5 0 は高屈折率の誘電体層 4 0 2 を、赤のような第三のフィルタ色に対応する第三の厚みで有する。当業者によって理解される通り、そのような製作技術は、複数の明確なカラーフィルタを作るために使用され得るか又は単一色又はスペクトル波長範囲用のカラーフィルタアセンブリを作るために使用され得る。

10

#### 【 0 0 6 3 】

図 1 及び 2 を新たに参照して、例示的光スペクトルフィルタリングデバイス 2 0 はフィルタアセンブリ 3 0 を含む。そのような変形例において、フィルタアセンブリ 3 0 は少なくとも一つの誘電材料層 4 4 を挟む平行な反射面の対 4 2、4 6 を含む。或る変形例において、反射面は、銀、アルミニウム、又はそれらの組合せのような金属などの反射材料を含み得る（例えば、一方の反射面が銀を含み得て、そして対の他方の反射面がアルミニウムを含む）。或る変形例において、両方の反射器面に対して銀のような金属の選択が好まれ得て、代替態様において、反射器の一方（例えば、反射カラーフィルタの底部反射器）がより厚いアルミニウム（A 1）金属によって置き換えられ得て、一方他の反射面は、如何なる著しく低減された性能も示すことなく、銀を含む。或る実施態様において、平行な反射面の対を囲んでいる一つ又は複数の透過性基板は、二酸化珪素を含む。他の変形例において、以下にもっと詳細に論じられるように、平行な反射面の一つ又は両者は、屈折率コントラストを有する積み重ねた誘電体層を含み得る。

20

#### 【 0 0 6 4 】

種々の態様において、誘電材料は高屈折率の一つ又は複数の材料を含み、それは本発明の原理によれば、スペクトルフィルタリングデバイスの角度依存性を最小化する。例えば、適する誘電材料は約 1 . 5 以上；場合により約 1 . 6 以上；場合により約 1 . 7 以上；場合により約 1 . 8 以上；場合により約 2 . 0 以上；場合により約 2 . 2 以上；場合により約 2 . 5 以上；場合により約 3 以上；場合により約 3 . 5 以上；場合により約 5 以上；そしてある態様においては、場合により約 5 以上の屈折率を有し得る。

30

#### 【 0 0 6 5 】

本開示による使用に対する適する高い屈折率の材料には、非制限例として、2 . 0 の屈折率を有する窒化珪素（ $\text{Si}_3\text{N}_4$ ）、約 2 . 5 の屈折率を有するセレン化亜鉛（ $\text{ZnSe}$ ）、約 2 . 0 の屈折率を有する酸化亜鉛（ $\text{ZnO}$ ）、約 2 . 2 の屈折率を有する酸化ジルコニウム（ $\text{ZrO}_2$ ）、及び約 2 . 2 の屈折率を有する酸化チタン（ $\text{TiO}_2$ ）が含まれる。そのような高屈折率材料は個別に又は組み合されたものとして使用され得る。

#### 【 0 0 6 6 】

他の考えられる高屈折率材料は光学メタマテリアルである。これらのメタマテリアルは、一般的に非等方性で不均一性である効果的な巨視的挙動を創出するために、小さい不均一性を使用することによって、材料自身の組成よりむしろ、それらの構造に基づく性質を有するように工作された合成材料である。そのような光学メタマテリアルの多くは、目標のスペクトル範囲において最小の吸収を未だ有しつつ、高い屈折率を有するか又は高い屈折率を有するように設計され得て、例えば、メタマテリアルは、約 2 以上；場合により約 3 以上、場合により約 3 . 5 以上、場合により約 4 以上の屈折率、そしてある態様においては、場合により 5 までの又はそれを超える屈折率を有し得る。以下に述べる或る追加の実施態様において、そのようなメタマテリアルは最小角度依存性を有するカラーフィルタを供するために、代替カラーフィルタデバイス実施態様において使用され得る。

40

#### 【 0 0 6 7 】

高屈折率の誘電材料型材料に対する他の適する選択肢には、約 1 . 6 の屈折率を有するポリスチレンのような高い屈折率を有するポリマー；又は約 2 . 0 の屈折率を有する液晶

50

材料又は強誘電性ポリマー又はポリマーマトリックスが含まれる。他の変形例において、誘電材料はポリマー及び高い屈折率を有する複数のナノ粒子を含むポリマーマトリックスであり得る。非制限例として、誘電材料用のポリマーマトリックスはポリマーとしてポリスチレンを含み得て、そして均一に分配された複数のナノ粒子はジルコニア  $ZrO_2$  又は上述の粒子形態をした如何なる他の高屈折率材料も含み得る。

【0068】

或る態様において、特に、スペクトルフィルタリングが可視光範囲にある場合（カラーフィルタ）、誘電材料は窒化珪素（ $Si_3N_4$ ）、セレン化亜鉛（ $ZnSe$ ）、酸化亜鉛（ $ZnO$ ）、酸化ジルコニウム（ $ZrO_2$ ）、及び酸化チタン（ $TiO_2$ ）から成るグループから選択され得る。他の変形例において、例えば、フィルタアセンブリを出ていくフィルタをかけられた出力の所定の範囲の波長が赤外スペクトル範囲にある場合、誘電材料は珪素（ $Si$ ）、ガリウム砒素（ $GaAs$ ）、リン化インジウム（ $InP$ ）、硫化カドミウム（ $CdS$ ）及びそれらの組合せから成る半導体のグループから選択され得る。

10

【0069】

或る態様において、誘電材料は単一材料を含み得て、一方、他の態様において、誘電材料は異なる組成を有する複数の明確な層を含み得る。上述の通り、誘電体層（又は複数の層）の厚みは、好ましくは、目標スペクトルの波長に対してサブ波長であり、そして当業者に周知の他の変数と組み合わせて、ファブリ・ペロー系光干渉フィルタからフィルタをかけられた光の波長を決定する。

【0070】

更に、或る代替変形例において、ファブリ・ペロー系カラーフィルタデバイスは同調型フィルタを有することができる。このように、一对の反射面（例えば二つの反射鏡）の間の高屈折率の誘電材料は、外場に対応して同調できる。例えば、高屈折率の誘電材料は、（やはり典型的により大きい屈折率を有する）液晶、及び誘電材料の物性を変えるためにかけられた電場に応じる或るタイプの圧電材料（例えば、ポリビニリデンフルオライド（ $PVDF$ ）及びそのコポリマー）のような、電場同調型特性を有し得る。

20

【0071】

本開示の更に他の変形例において、光スペクトルフィルタリングデバイスの代替実施態様は、最小角度依存性を有する、フィルタをかけられた電磁エネルギー出力を生み出す干渉フィルタアセンブリを含む。非制限例として、そのようなフィルタデバイスは、本教唆によるフィルタをかけられた光の角度依存性を最小化するために誘電体層を更に有しつつ、光をフィルタするファブリ・ペローエタロンであり得る。

30

【0072】

図18は、最小の視野角依存性を有する、そして高い有効屈折率の光学メタマテリアルを含む共振器フィルタアセンブリを使用するカラーフィルタアセンブリ500の例示的代替実施態様の断面図を示す。カラーフィルタアセンブリは透明な誘電体層504に隣接する基板502を含む。基板502及び透明な誘電体層504は、上述のもっと前の実施態様の文脈において前に論じられたシリカ（ $SiO_2$ ）又は如何なる他の透過性材料も含み得る。導電性ナノスケール又はマイクロスケールの導電性/金属製ワイヤーグリッド又は格子構造506は誘電体層504に亘って配列される。導電性材料は、非制限例としてアルミニウム又は銀のような上述の材料の如何なるものでもあり得る。

40

【0073】

「格子構造」とは、それを通して光の或る一つ又は複数の波長が通過することを可能にするために、それを通る一つ又はそれより多くの開口部を含む構造を形成するために、金属又はグラフェンのような高導電材料が使用されることを意味する。例えば、或る好ましい態様において、格子構造は、空間的に離れているが互いに対して実質的に平行な複数の導電材料の列又は明確な領域を含み得る。隣接する列の間の空間によって、それを通して光の或る波長が通過し得る複数の開口部が画成される。格子は、同様に空間的に離れるが実質的に互いに対して平行である第一の複数の列からの明確な向きを有する第二の複数の導電性列も含み得る。第一及び第二の複数の列は、グリッド又はメッシュ構造を形成す

50

るために、一つ又はそれより多くの場所で互いに交叉するか接触し得る。尚、好ましい態様において、格子は、少なくとも二つの開口部を形成するために、少なくとも二つの列を含むが、明確な格子構造の列及び層の数は二つにのみ限定されず、むしろ多数の異なる設計及び層を含み得る。更に、以下に述べるように、隣接する複数の導電列又は他の複数の領域は、好ましくは、互いからサブ波長距離（目標波長又は波長範囲未満の距離）で離され、列の各対の各々によって、その間の各開口部に対する明確な距離（又はスリット直径）が画成され得て、このようにして異なる波長の光がそれを通して走行することが可能になるであろう。このように、導電列が、場合により導電金属又はグラフェンを含む格子構造は、非制限例として、光学偏光子における共振器構造として採用され得る。

#### 【0074】

そのような格子構造は、最終用途に対して適合された種々の異なる形状を有することができる；例として、適するワイアグリッド偏光子は、可視（約400ナノメートルから約800ナノメートルの範囲にある波長）からIR（約1ミクロンから約10ミクロンでの近赤外を含む、約0.75ミクロンから約1ミクロンの範囲にある波長）における電磁エネルギー波を偏光する及び/又はフィルタすることに対して適する、約1ミクロン未満の周期（例えば、第一の機能と第二の機能の間のインターバル/距離、例えば、図18における周期「d」を参照）を有する。サブ波長の格子構造は、プラズモン共振器デバイスに対して、特に、望ましく、それは格子寸法の一つ又はそれより多くが、デバイスによってフィルタされる波長又は波長の範囲よりも小さいことを意味する（例えば、サブ波長格子は、0.7ミクロンの波長よりも短い、好ましくは約200ミクロンよりも短い一つ又はそれより多くの寸法を有する可視光に対する格子構造を意味する）。サブ波長金属格子の形態における、サブ波長の金属格子の形態をした、本教唆によるワイアグリッド又は格子構造は、それらが広い波長範囲に亘って、透過された横磁性（TM）偏光と反射された横電気（TE）偏光の間の高い消光比を供する故に、従来の偏光子フィルタに対する魅力的な代替である。

#### 【0075】

或る態様において、フィルタは光学共鳴プロセスを介して、少なくとも一部で生じる。ディスプレイデバイスは、光学共鳴を介したカラーフィルタのためのプラズモン共振器構造を含むディスプレイピクセルを含み得る。プラズモン共振器構造は、二つの平行な反射面を当然画成する導電性格子構造を含む。導電性格子構造は、ディスプレイデバイスによって生み出された電磁スペクトルの一部を透過できる少なくとも二つの開口部を含む。電磁波は、光共振器を介して、所定の範囲の波長を有するフィルタをかけられたそして偏光出力を生み出すために、二つ又はそれより多くの開口部を通して透過され得る。或る変形例において、そのようなディスプレイデバイスは液晶ディスプレイ（LCD）デバイスである。共振器構造は透明導電性電極及びそのようなLCDディスプレイ用のピクセル中の偏光子として役立つ。

#### 【0076】

誘電体層504上に形成された金属列506のグリッド又は格子パターンによって、周期「d」（複数の金属列506の第一の列515の第一の側514から金属列506の第二の隣接列517の第一の側516までと画成された距離）が画成される。各列506は厚み「L」を有する。隣接列515、517の間の距離[a]は、開口部（隙間又はスリット）又は間隙512と考えられる。尚、距離[d]は金属列506を通して変わり得る。金属列506は高さ「L」を有し、そして各金属列506の幅は「w」である。デューティサイクルは $f = w / d$ によって画成される。周期性は、格子パターンにおける一対の列の間の少なくとも一つの期間（d）のことであるが、二つより多い開口部がある場合、格子パターンにおける繰り返し期間（d）のことを典型的に指す。このように、高透明共振器構造は、開口部512（a）を通して異なる波長の光が透過できるように、例えば、金属列506の幅（w）及び期間（d）を調節することによって設計され得る。同様に高いコンダクタンスは、列506を形成している金属材料のフィルムの厚み（L）を調節することによって達成できる。そのような格子パターン500は、異なる性能基準に対して

10

20

30

40

50

容易に調節され得る高度に柔軟な設計を供する。

【0077】

或る態様において、反射型カラーフィルタデバイスはそのような導電性金属格子パターンを含み得る。或る態様において、厚い導電性金属層が基板（又は場合により、誘電体層）に適用できる。基板は、金属を適用される前にパターン化され得て、又は実質的に平らであり得る。複数の開口部、例えば、スリットは厚い金属層中に穴開けされ、エッチングされ又は他の方法で形成され得る。或る態様において、二酸化珪素のような誘電材料フィルムは、高いアスペクト比を有する複数の列又はフィンを画成するナノ格子の形態でパターン化できる。次いで、ナノ格子は導電性金属を用いるスパッタリングによって埋め戻される。例えば、本明細書において更に述べられる図19A及び19Bを参照。

10

【0078】

一つの例示的实施態様において、列506の間の隙間512(a)は約40ナノメートルであり、列506の間の周期(d)は約170ナノメートル以上であり、（例えば、アルミニウムを含む）各金属列の506の高さ(L)又は厚みは約170ナノメートルである。別の実施態様において、列506の間の隙間512(a)は約40ナノメートルであり、列506の間の周期(d)は約190ナノメートル以上であり、（例えば、アルミニウムを含む）各金属列の506の高さ(L)又は厚みは約80ナノメートルである。更に別の実施態様において、列506の間の隙間512(a)は約40ナノメートルであり、列506の間の周期(d)は約190ナノメートル以上であり、（例えば、アルミニウムを含む）各金属列の506の高さ(L)又は厚みは約110ナノメートルである。

20

【0079】

更なる背景として、図23は、サブ波長電磁共鳴を有するカラーフィルタアセンブリの光学メタ材料として使用される導電性格子構造のための設計原理の模式図を示し、ここで、導電性格子構造はサブ波長であり、大きな有効屈折率を示し、そして横電気(TE)偏光を反射しつつ、横磁気(TM)偏光を透過する能力を有する。高屈折率のメタ材料は、金属システムにおけるサブ波長伝播モードの存在故に、そのような格子構造を用いて創出できる。開口部又は隙間の周期的配置を有する金属フィルムで形成される導電性格子構造は、周波数に依存しない有効屈折率を有する誘電体層として見なさすことができる。このシステムにおける有効屈折率は幾何形状によって制御され、従って任意に高い屈折率が創出できて、それは、低い角度依存性カラーフィルタの或る変形例において、特に、有用である。このように、そのような格子構造設計をメタ材料として採用する際に、有効屈折率は金属フィルムの幾何形状によって制御され、そしてポジティブで周波数に依存されず、そして任意に大きく設計できる。

30

【0080】

図23を参照して、厚い金属フィルム600は一次元の周期的切り開きスリット又は開口部602を有する。開口部において、幅(「a」)が如何に小さいかに無関係に、電場がx方向を指している伝播TEMモードが存在する。このモードの存在によって、サブ波長スリット列を通る光の完全な透過が可能になる。示される通り、「a」は開口部又は各金属列604の間の隙間の幅であり、「d」は周期であり、そして「L」は金属フィルムの厚みである。有効屈折率は

40

【数5】

$$n = \frac{d}{a}$$

であり、一方、厚みは

【数6】

$$\bar{L} = \frac{L}{n}$$

50

であると思われる。TM偏光のための金属フィルム600の性質は、独特に画成された屈折率「n」及び幅又は厚み

$$\bar{L}$$

を有する誘電体層のそれらに漸近的に近づくとと思われる。大きな

$$\frac{d}{a}$$

10

比はこのように高い有効屈折率nに達する。このようにスリット又は開口部602を有する金属フィルム600の透過性は、屈折率

【数7】

$$n = \frac{d}{a}$$

及び厚み

20

【数8】

$$\bar{L} = \frac{L}{n}$$

を有する誘電体スラブのそれらと漸近的に等しいと思われる。誘電体スラブに対する格子構造のこの対応は、望ましくは全ての斜め入射角に対しても同様に有効に留まる。この点に関して、金属フィルム600の厚みL、各開口部602の周期d及び隙間幅aは、カラーフィルタのとき、角度依存性を最小化する、望ましくは高い屈折率の材料を設計するために採用され得る。

30

【0081】

望まれる屈折率を有するそのような導電性格子構造の設計は、本明細書に参照することにより全開示が取り込まれているものとする、Shenらの、「高屈折率を有する金属製メタマテリアルを設計するための機構」(Mechanism for Designing Metallic Metamaterials with a High Index of Refraction)、Physical Review Letters、94(19)、pp.197401-1:4(2005年5月20日)に述べられている。本発明技術の或る態様によるスペクトルフィルタは、一組の誘電体層の頂部上にサブ波長金属格子を作成することによって得られることができ、それはある態様において、本明細書に参照することにより取り込まれているものとする、Kaplanらの「ナノインプリントリソグラフィを使用して製作された同調型透過バンド幅を有する高効率共鳴系カラーフィルタ」(High Efficiency Resonance-Based Color Filters with Tunable Transmission Bandwidth Fabricated Using Nanoimprint Lithography)Appl. Phys. Lett. 99、143111、2011に述べられている。図19A及び19Bは、基板(スケールバーは各々400ナノメートル及び300ナノメートル)上に制作された高屈折率の導電性メッシュ格子ナノ構造(光学メタマテリアル)の二つの明確な実施態様の走査電子顕微鏡(SEM)画像を示す。

40

【0082】

図19Aにおいて、ナノ格子構造は約220ナノメートルの周期を有し、そして図20Aにおいて、ナノ格子構造は約180ナノメートルの周期を有する。図19B及び20Bは、45°、55°、65°、及び75°の各々の入射視野角でのこれらの構造の各々に対する横磁性(TM)偏光の波長対反射を示す。見られ得る通り、図20Aにおける180ナ

50

ノメータの周期構造は、図19Aにおける構造よりも、より少ない角度依存性（各視野角でのより少ない波長シフト）を示す。しかしながら、そのようなナノ格子構造は、フィルタ（反射又は透過）されるべき光の望まれる波長に基づいて角度依存性を低減するために設計されそして最適化され得て、そのようにして最小視野角依存性を有する優れたカラーフィルタデバイスを形成する能力を供する。

#### 【0083】

更に、本開示の或る態様において、フィルタアセンブリ500は、隙間512（又は開口部又はスリット）を満たし、そしてその中に埋め込まれ、そして図18において金属格子構造506を覆う材料520を含むことができる。そのような材料520は、酸化アルミニウム（ $Al_2O_3$ ）、窒化珪素（ $Si_3N_4$ ）、二酸化珪素（ $SiO_2$ ）、又は当業技術において周知である誘電性を有する種々のポリマーのような、上で論じられた如何なる材料のような第二の誘電材料であり得る。このように、図18において示される通り、格子中のナノスリット又は開口部を通して電磁照射又は光が共鳴的に通過するサブ波長金属格子の大きな有効屈折率を採用する角度許容ファブリ-ペローカラーフィルタの別の設計が供される。（ナノ格子の下方の随意の層に加えて第二の誘電材料であり得る）誘電材料は、金属製格子構造の開口部又はスリット中に埋め込むことができる。更に、そのような実施態様は有利なことに、偏光された入りフィルタを供し、それは横磁気（TM）偏光を透過し、一方、横電気（TE）偏光波を反射する。或る変形例において、TEの透過は1パーセント未満である。

10

#### 【0084】

このように、或る態様において、最小角度依存性を表示する共鳴フィルタアセンブリを含む光スペクトルフィルタリングデバイスが供される。フィルタアセンブリは、導電性金属格子構造を含む誘電材料及び共振器構造を含む。導電性金属格子構造は、所定の範囲の波長を有するフィルタをかけられたそして偏光出力を、光共振器を介して生み出すために、電磁スペクトルの一部を透過できる少なくとも二つの開口部を含む。偏光出力は、好ましくは、透過された横磁気（TM）偏光であり、一方、横電気（TE）偏光は実質的に反射される。そのような偏光子カラーフィルタデバイスの使用によって、偏光子構造に対する必要性を排除することにより、単純化されたLCD構造が供され得る。それは、一つの偏光子シートが排除され得る故に、LCDパネル用途に対して有利である、偏光された透過も生み出す。

20

30

#### 【0085】

或る態様において、本教唆によって、光スペクトルフィルタリングデバイスの角度依存性を低減する方法が供される。一つの変形例において、本方法は、誘電材料及び導電性金属格子構造を含む共振器構造を含む共振器フィルタアセンブリ組み込むことを含む。導電性金属格子構造は、所定の範囲の波長を有するフィルタをかけられたそして偏光出力を、光共振器を介して生み出すために、電磁スペクトルの一部を透過できる少なくとも二つの開口部を含む。このように、フィルタアセンブリは最小角度依存性を有し、そしてフィルタアセンブリが0度から90度の範囲にある入射角から観察されるとき、50ナノメータ以下で外れる所定の範囲の波長を有するフィルタをかけられた出力を生み出すことができる。

40

#### 【0086】

格子構造（格子構造の寸法）の一つ又はそれより多くの開口部又はスリット中に埋め込まれた二酸化珪素（ $SiO_2$ ）の誘電材料を有する図18におけるそれに類似した構造に対する波長対透過の比較シミュレーション結果が図21において示される。埋め込まれた誘電材料は如何なる従来の誘電材料でもあり得る。誘電材料を埋め込まれた導電性格子構造によって形成された光学メタマテリアルはこのように、約1.5より大きい；場合により、約1.75より大きい；場合により、約2より大きい；場合により、約3より大きい；場合により、約4より大きい；全体的な有効屈折率を有し得る。

#### 【0087】

青のカラーフィルタは、約40ナノメータの隙間a、約170ナノメータの間の周期（

50

d)、及び約70ナノメートルの厚み又は高さ(L)を有するアルミニウムを含む光学メタマテリアル格子構造を有するように設計され、ここで、誘電体層及び基板は二酸化珪素( $\text{SiO}_2$ )を含み、そして格子開口部の間を満たす頂部誘電体層は $\text{Al}_2\text{O}_3$ である。 $\text{Si}_3\text{N}_4$ のような高屈折率を有する他の誘電材料も、導電性格子構造中の開口部を満たす材料として採用できる。緑カラーフィルタは約40ナノメートルの隙間a、約190ナノメートルの間の周期(d)、及び約80ナノメートルの厚み又は高さ(L)を有するアルミニウムを含む格子構造を有するように設計され、ここで、誘電体層及び基板は二酸化珪素( $\text{SiO}_2$ )を含み、そして格子開口部の間を満たす頂部誘電体層は、約1.76の有効屈折率を有する $\text{Al}_2\text{O}_3$ である。最後に、赤カラーフィルタは、約40ナノメートルの隙間a、約190ナノメートルの間の周期(d)、及び約110ナノメートルの厚み又は高さ(L)を有するアルミニウムを含む格子構造を有するように設計され、ここで、誘電体層及び基板は二酸化珪素( $\text{SiO}_2$ )を含み、そして格子開口部の間を満たす頂部誘電体層は、約1.45の有効屈折率を有する $\text{Al}_2\text{O}_3$ である。図21から見られ得る通り、青、緑、及び赤フィルタの各々は、対象となる異なる波長で少なくとも75パーセントの透過率を有する。

10

#### 【0088】

図22は、反射の計算されたマップを有し、そして60度の入射視野角まで強い角度許容誤差を示す、上で丁度論じられた、赤カラーフィルタ設計の例を示す。これらのフィルタの角度非依存性は、理想的金属に対して、(d/a)の因子だけ増大させられる、金属スリット構造の有効屈折率故であると思われる(つまり、逆デューティサイクル)。層の有効屈折率がd/aの因子だけ向上される故に(ここで、dは格子の周期であり、そしてaはスリット幅である)、光が斜めに入射されても、光は直角方向に近く、有効ファブリ-ペロー空洞内部に屈折される。例えば、図18において示されたもののような設計を有するこの構造において、金属製格子の二つの面は、当然、反射面を供する。種々の態様において、本教唆によって、上述の又はここで述べられる如何なる実施態様にもよる、低減された角度依存性を有する干渉フィルタアセンブリを含む光スペクトルフィルタリングデバイスが供される。

20

#### 【0089】

更に、或る変形例において、光スペクトルフィルタリングデバイスは、ファブリ-ペロー系カラーフィルタであり得て、それは本教唆による最小角度依存性を有しそして更に場合により同調性を有して作ることができる。例えば、所定の波長範囲(カラースペクトル)を有するフィルタをかけられた色出力は、その屈折率が電場をかけることによって修正できる、高屈折率材料の使用によって電氣的に同調可能である。更に、各々が金属を含む平行な反射面の対は電圧をかけるための電極として便利に機能できる。図16は、そのようなフィルタデバイスから電場をかけることによって、青から緑に同調された透過性カラースペクトル(液晶誘電体を含む透過型同調型ファブリ-ペロー系スペクトルフィルタに対する波長対透過)の例を示す。図17は、本教唆の或る態様による同調型ファブリ-ペロー系スペクトルフィルタにおける誘電材料としての使用に対する、液晶の屈折率対かけられた電圧の模式図を示す。適切な材料は、本明細書に参照することにより全開示が取り込まれているものとする、Zhangらの、「光ファイバシステム用の新規同調型液晶ファブリ-ペローフィルタ」(Novel Tunable Liquid Crystal Fabry-Perot Filters For Fiber-Optical Systems)、Prog.SPIE.0277(2001)において教唆される。そのような性質は、バックライトユニット(光源)が、例えば、特定の発光スペクトルを有する発光ダイオードによって作られる場合の、カラーピクセルの透過強度を制御するためにも使用できる。

30

40

#### 【0090】

上で論じられた通り、或る実施態様において、光スペクトルフィルタリングデバイスは対称的であるフィルタアセンブリ構造を有することができる。フィルタアセンブリにおける層のそのような対称性は、カラーフィルタデバイスを通してフィルタをかけられた波長の全体的反射又は透過を増大させると思われる。

#### 【0091】

50

種々の態様において、本開示は光スペクトルフィルタリングデバイスの角度依存性を低減する方法も供する。フィルタアセンブリにおいて使用されるために選択される、特に好ましい誘電材料は、約 1.6 以上；場合により約 1.7 以上；場合により約 1.8 以上；場合により約 2.0 以上；場合により約 2.2 以上；場合により約 2.5 以上；場合により約 3 以上；場合により約 3.5 以上；場合により約 4 以上；そしてある態様においては、場合により約 5 以上の屈折率を有し得る。

【0092】

そのようなフィルタアセンブリは、フィルタアセンブリが 0 度から 90 度の範囲にある入射角から観察されるとき、最小のはずれを有する、所定の範囲の波長を有するフィルタをかけられた出力を生み出し、従ってフィルタアセンブリの角度依存性は低減される。例えば、フィルタをかけられた出力の最小偏差は最小角度依存性として表すことができる。

10

【0093】

ある変形例において、カラーフィルタデバイスの最小角度依存性は、90 度の入射角での第二の波長と較べて、0 度の入射角での第一の波長の間の違いを比較したとき、80 ナノメートル以下だけ；場合により 70 ナノメートル以下だけ；場合により 60 ナノメートル以下だけ；変わる所定の範囲の波長を有するフィルタをかけられた出力に対応する。或る特別に有利な変形例において、カラーフィルタデバイスの最小角度依存性は、(90 度の入射角で観察された第二の波長と較べて、0 度の入射角で観察された関心のある第一の波長の間の違いを比較したとき)、入射可能角の範囲に基づいて、50 ナノメートル以下だけ；場合により約 45 ナノメートル以下だけ；場合により約 40 ナノメートル以下だけ；場合により約 35 ナノメートル以下だけ；場合により約 30 ナノメートル以下だけ；変わる(例えば、波長シフトを有する)所定の範囲の波長を有するフィルタをかけられた出力に対応する。

20

【0094】

ある他の変形例において、ファブリ-ペロー系カラーフィルタの反射面の平行な対を形成する第一及び第二の反射面は、代わりに他の材料からも同様に作られ得る。例えば、他の態様において、スペクトルフィルタリングデバイスは、或る波長範囲内の反射性を所有する分布ブラッグ反射器(DBR)又は一次元のフォトニック結晶を含む二つの反射器によって挟まれた高屈折率欠陥空洞層を使用することによって、最小角度依存変化を有し得る。DBRは、異なる屈折率を有する、又は(高さのような)特定の性質の周期的変化を有する代替材料の多層で典型的に形成され、その結果、DBRの有効屈折率における周期的変化が生じる。各層の境界によって、光波の部分的反射が生じることになる。典型的には、フォトニック結晶は、高いそして低い誘電率の規則的に繰り返す内部領域を有する周期的な誘電又はメタ誘電体ナノ構造から構成される。一次元のフォトニック結晶は、ブラッグ格子のような、一つの方向にバンドギャップを形成するために、蒸着された又は一緒に接着された異なる誘電率の層を有する。

30

【0095】

種々の態様において、本教唆による光スペクトルフィルタリングデバイスは、ディスプレイデバイス用のカラーフィルタ、例えば、ピクセルとしての使用に対して特に適している。このように、最小角度依存性を有する光スペクトルフィルタリングデバイスは、平面パネルディスプレイ、液晶ディスプレイ、プロジェクションディスプレイ、眼に装着するディスプレイ、相補型金属酸化物半導体(CMOS)画像センサ、発光ダイオードなどのような用途において、特に、有用である。

40

【0096】

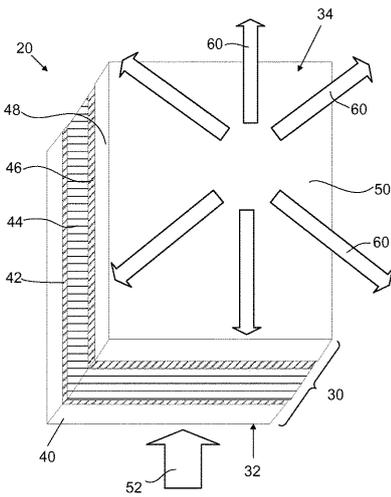
従って、本技術によって、視野角依存性を示すことなくスペクトルフィルタリング機能を供することができる、透過型及び反射型の両者を含む、金属-誘電体-金属共振器構造、又は金属格子-誘電体共振器構造が供される。上述の本技術は、透過型又は反射型のどちらかの、特に、三次元(3-D)プロジェクションディスプレイのような、高入力パワー用途に対する、如何なる平面パネルディスプレイにも一般的に適用可能である。薄いフィルムフィルタ構造の設計によって、カラーフィルタ製作及び全体的なより高い透過効率のための、反射された光の再利用が簡略化できる。

50

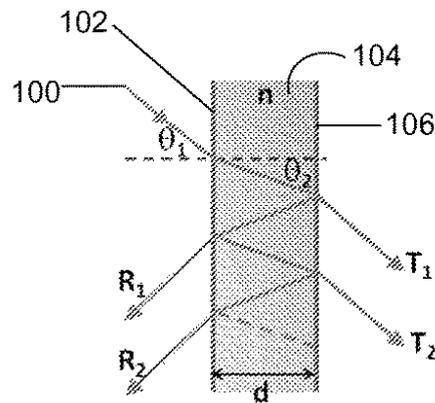
【 0 0 9 7 】

実施態様の上記記述は説明及び記述の目的で供されてきた。それは網羅的であること又は開示を制限することを意図されていない。特別な実施態様の個々のエレメント又は機能は、一般的にその特別な実施態様に制限されず、適切な場合、特定の示されて又は述べられていなくても、相互交換可能でありそして選択された実施態様において使用され得る。同じことは多くの方法においても変更され得る。そのような変更例は本開示から逸脱するものとして見なされるべきではなく、そして全てのそのような修正は本開示の範囲内に含まれると意図される。

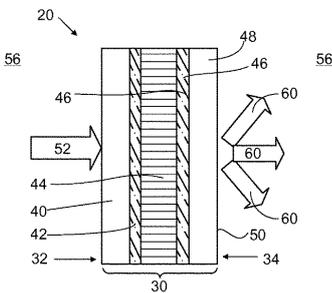
【 図 1 】



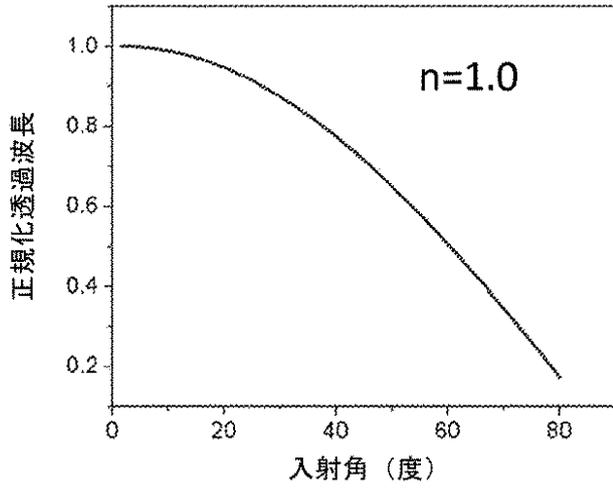
【 図 3 】



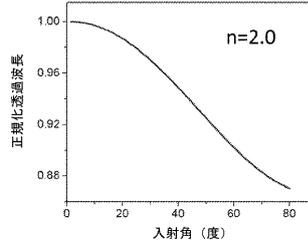
【 図 2 】



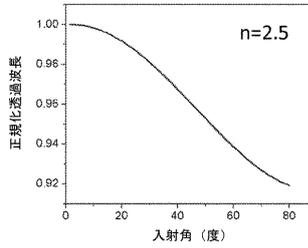
【 図 4 A 】



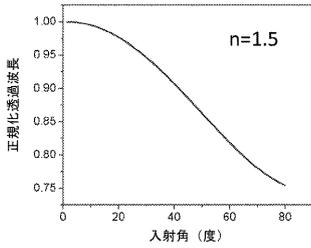
【 図 4 C 】



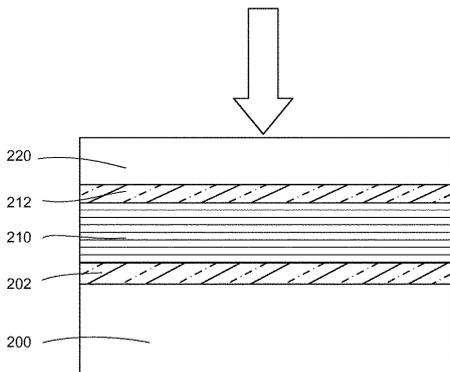
【 図 4 D 】



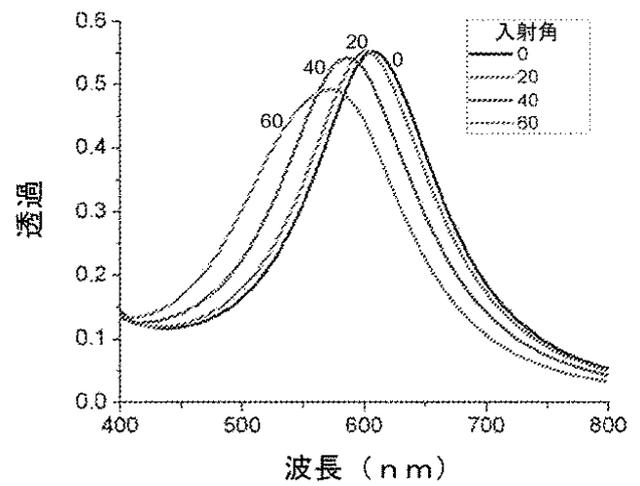
【 図 4 B 】



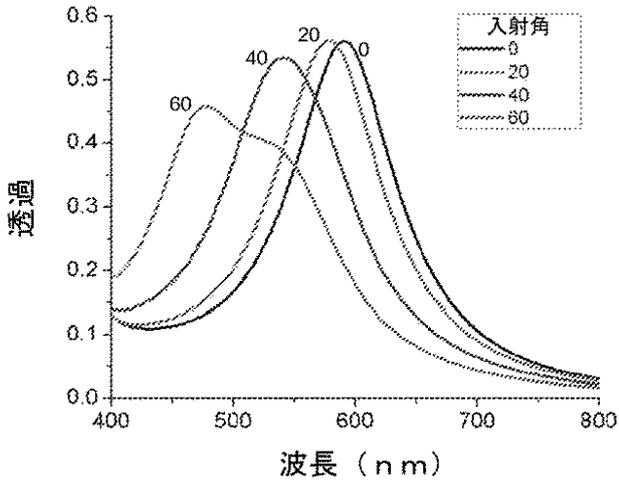
【 図 5 】



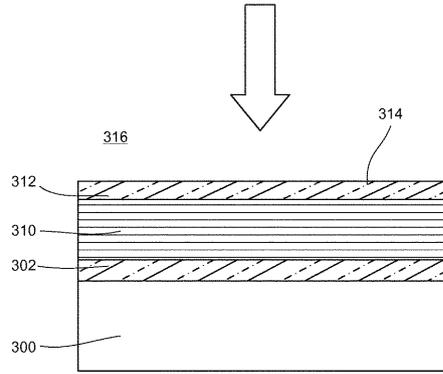
【 図 6 A 】



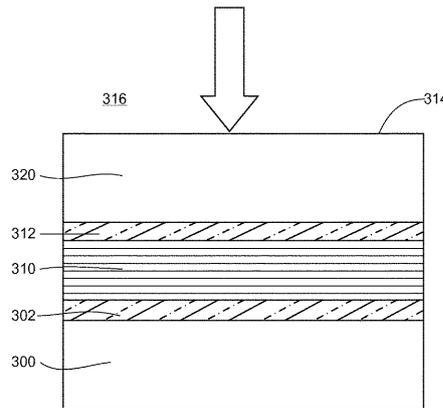
【図 6 B】



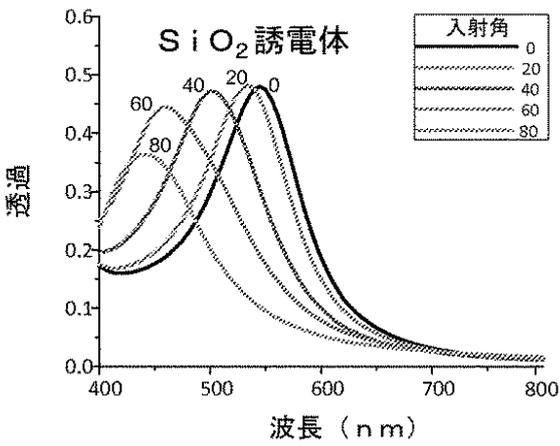
【図 7 A】



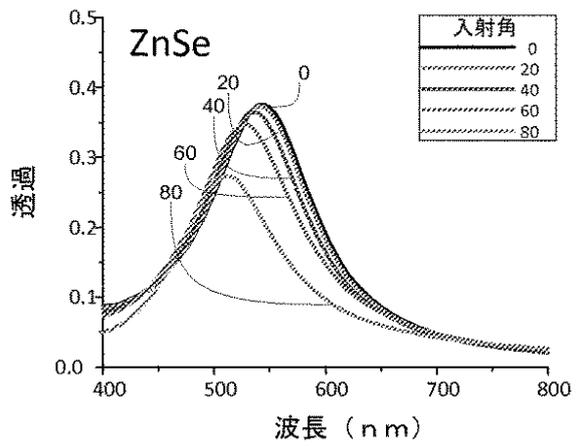
【図 7 B】



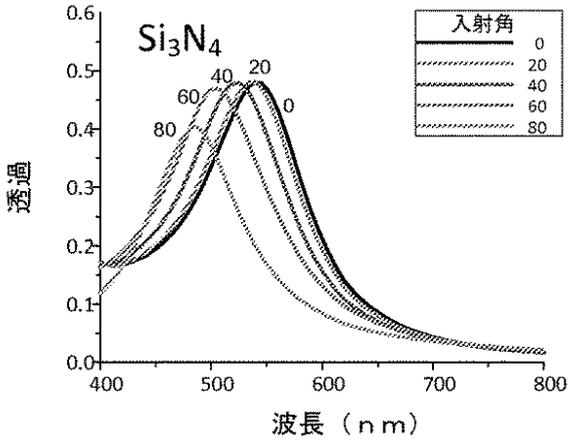
【図 8 A】



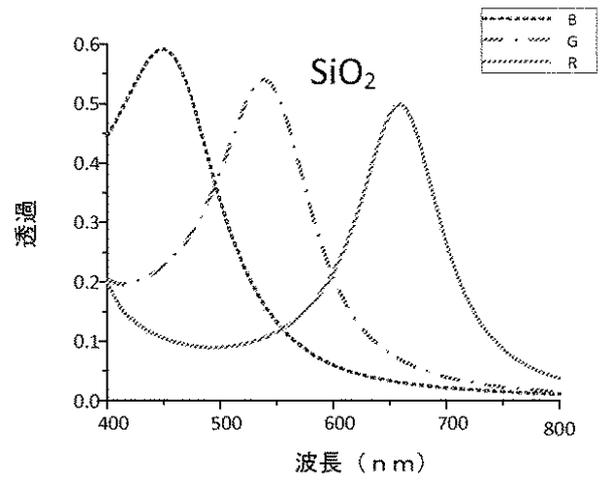
【図 8 B】



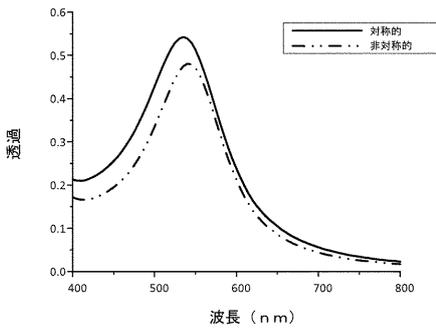
【 図 8 C 】



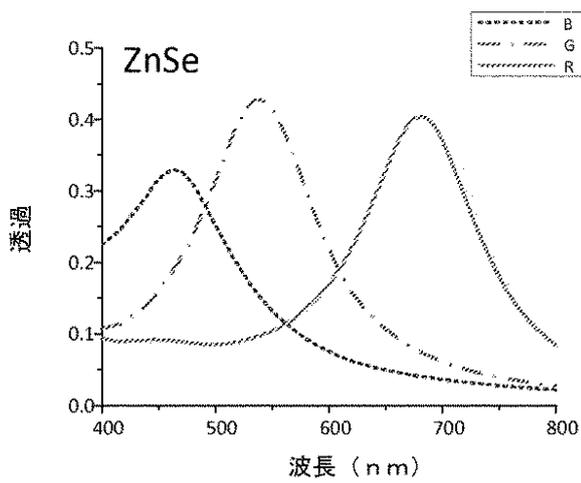
【 図 1 0 A 】



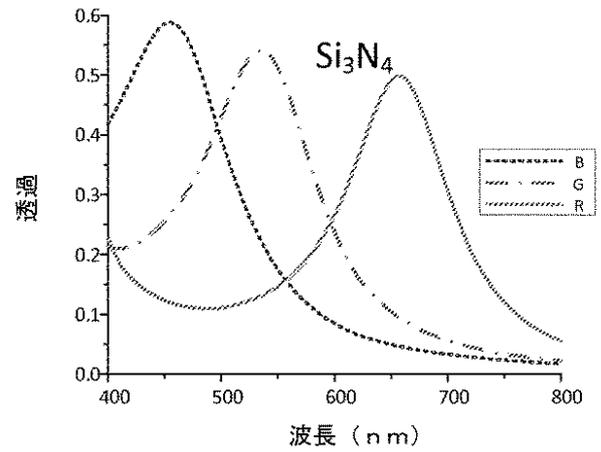
【 図 9 】



【 図 1 0 B 】



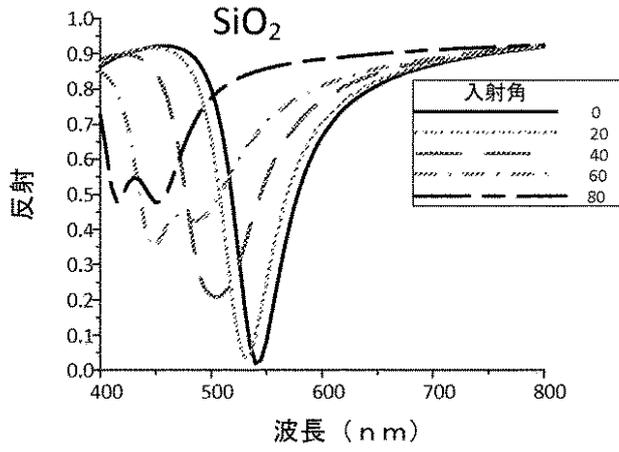
【 図 1 0 C 】



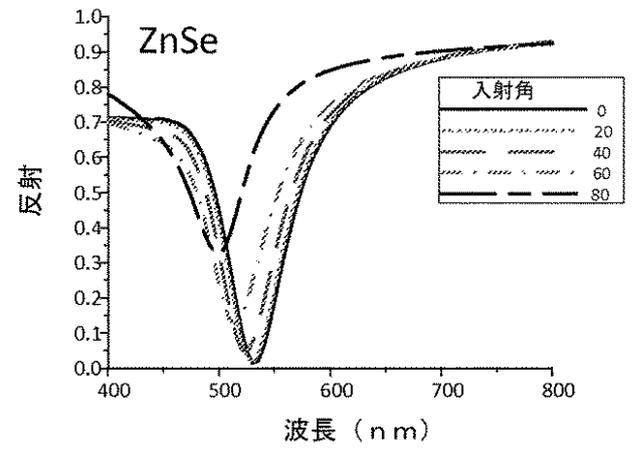
【 図 1 0 D 】

	青	緑	赤
$\text{SiO}_2$	100nm	130nm	170nm
$\text{Si}_3\text{N}_4$	60nm	80nm	110nm
ZnSe	30nm	50nm	80nm

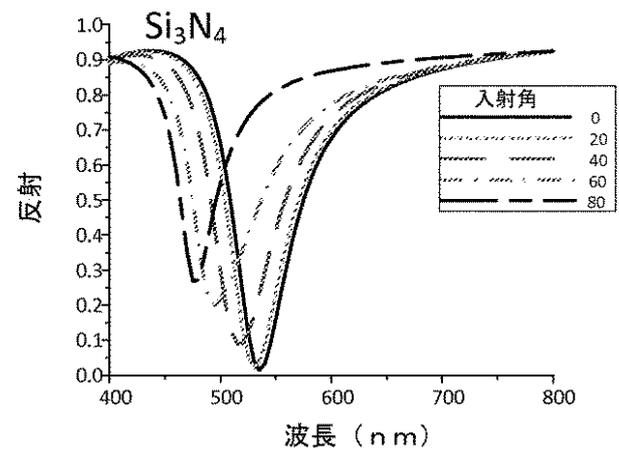
【図 1 1 A】



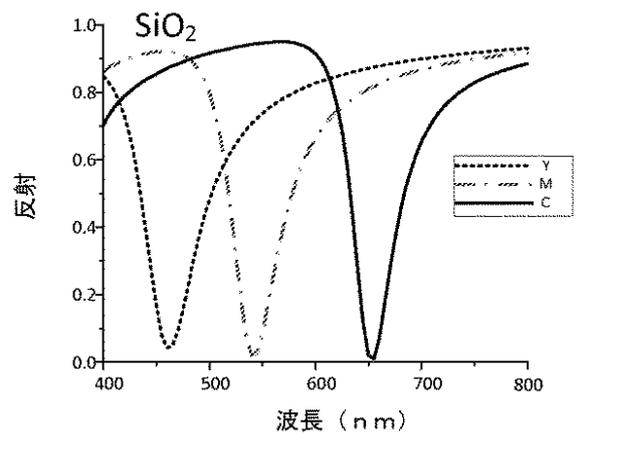
【図 1 1 B】



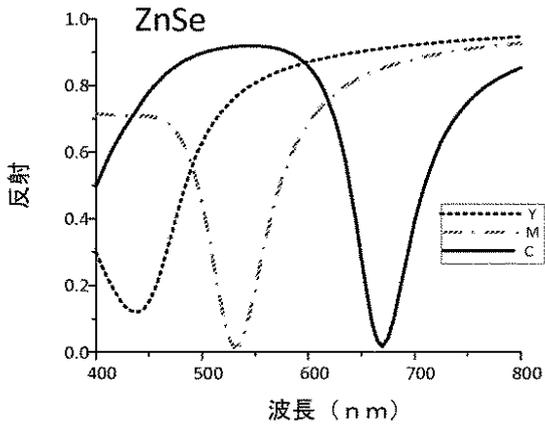
【図 1 1 C】



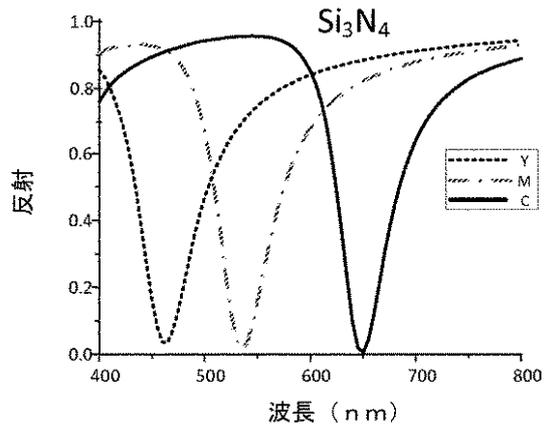
【図 1 2 A】



【図 1 2 B】



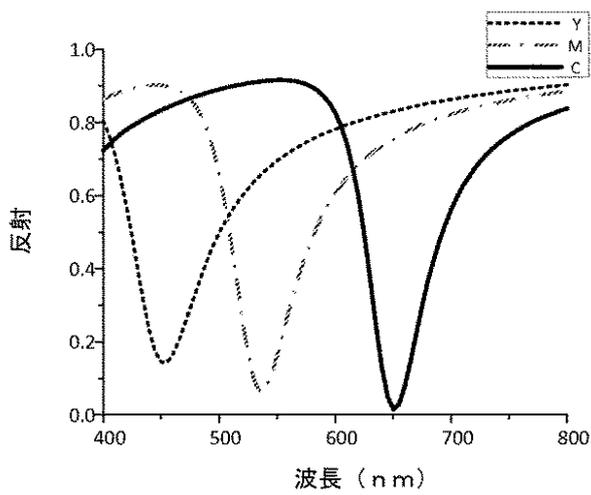
【図 1 2 C】



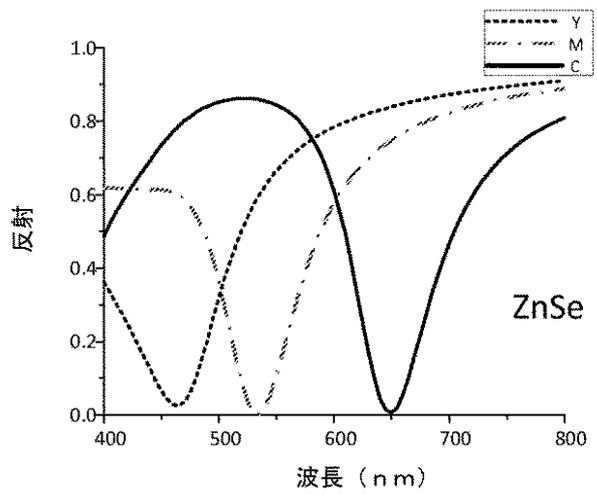
【図 1 2 D】

	黄	マゼンタ	シアン
SiO <sub>2</sub>	100nm	130nm	170nm
Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub>	60nm	80nm	110nm
ZnSe	30nm	50nm	80nm

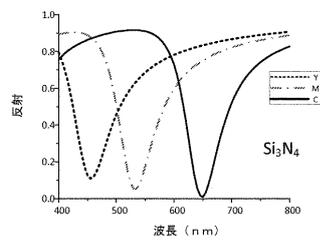
【図 1 3 A】



【図 1 3 B】



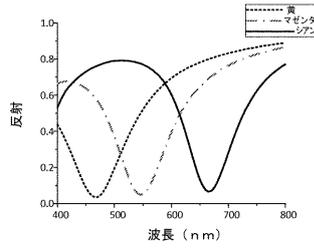
【図 1 3 C】



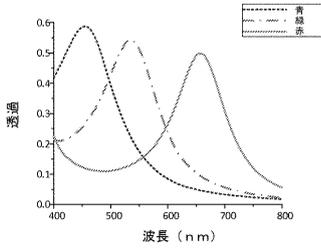
【図13D】

	黄	マゼンタ	シアン
SiO <sub>2</sub>	110nm	140nm	180nm
Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub>	70nm	90nm	120nm
ZnSe	45nm	60nm	85nm

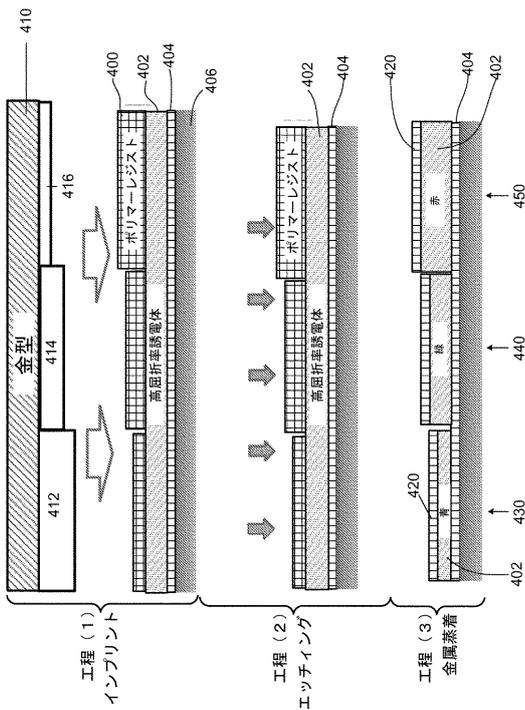
【図14B】



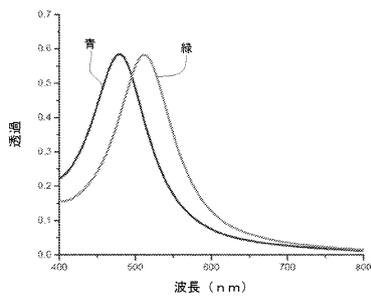
【図14A】



【図15】



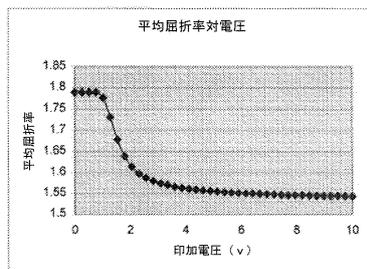
【図16】



青色は緑色に変わる、同調範囲～350ナノメートル

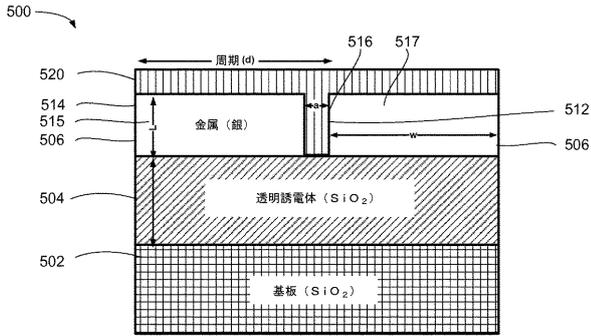
【図17】

市販液晶の屈折率

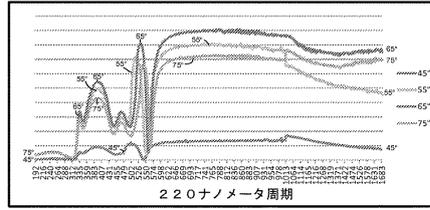


LCの屈折率を同調させる印加電圧

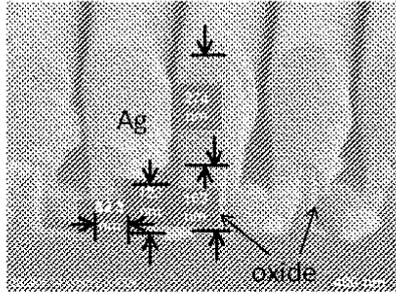
【図 18】



【図 19 B】

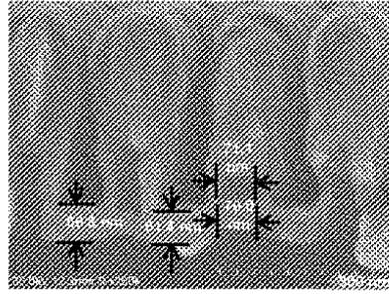


【図 19 A】



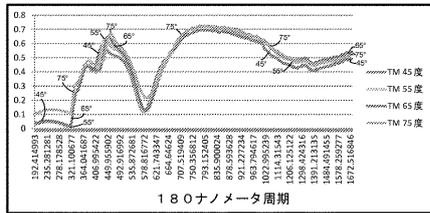
30度 $\Delta\theta$ につき25 nm $\Delta\lambda$

【図 20 A】

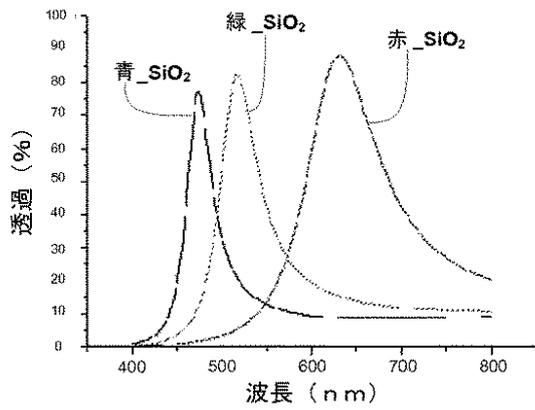


30度 $\Delta\theta$ につき3 nm $\Delta\lambda$

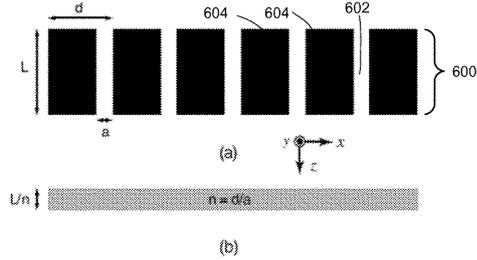
【図 20 B】



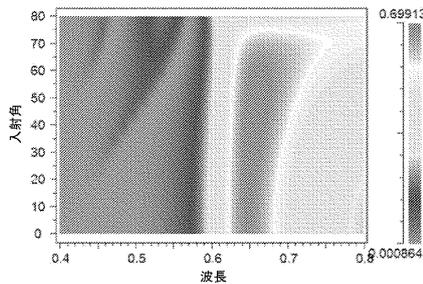
【図 21】



【図 23】



【図 22】



## 【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. <b>PCT/US2012/034526</b>
<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b>		
<i>G02B 5/20(2006.01)i, G02F 1/1335(2006.01)i</i>		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b>		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) G02B 5/20; G02B 5/08; G02F 1/035; G03B 21/60; G02F 1/1335; G02B 6/10		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Korean utility models and applications for utility models Japanese utility models and applications for utility models		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) eKOMPASS(KIPO internal) & Keywords: spectrum filtering, minimal angle dependence, reflective surface		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2010-0002979 A1 (DIEST et al.) 07 January 2010 See abstract, paragraph [0039] and figures 1, 3.	1-24
A	US 2006-0262250 A1 (DOUGLAS HOBBS) 23 November 2006 See abstract, claim 1 and figure 1.	1-24
A	EP 1571467 A2 (BOSE CORPORATION) 07 September 2005 See abstract and figures 1-4.	1-24
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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 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 "&" document member of the same patent family
Date of the actual completion of the international search 27 NOVEMBER 2012 (27.11.2012)		Date of mailing of the international search report <b>28 NOVEMBER 2012 (28.11.2012)</b>
Name and mailing address of the ISA/KR  Korean Intellectual Property Office 189 Cheongsa-ro, Seo-gu, Daejeon Metropolitan City, 302-701, Republic of Korea Facsimile No. 82-42-472-7140		Authorized officer KANG Sung Chul Telephone No. 82-42-481-5666 

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

Information on patent family members

International application No.

**PCT/US2012/034526**

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2010-0002979 A1	07.01.2010	US 7925122 B2 WO 2009-002522 A1	12.04.2011 31.12.2008
US 2006-0262250 A1	23.11.2006	None	
EP 1571467 A2	07.09.2005	CN 100533264 C CN 1430097 A0 CN 1664695 A CN 1664695 C0 CN 1680869 A CN 1680869 C0 EP 1324114 A2 EP 1324114 A3 EP 1324114 B1 EP 1569466 A2 EP 1569466 A3 EP 1571467 A3 EP 1798968 A2 EP 1798968 A3 JP 2003-248108 A JP 2005-242361 A JP 2005-242362 A US 2003-0117704 A1 US 2004-0233524 A1 US 2005-0030480 A1 US 2005-0105176 A1 US 2005-0231800 A1 US 2007-0133088 A1 US 6847483 B2 US 7515336 B2 US 7520624 B2 US 7535636 B2 WO 2006-076229 A1	26.08.2009 16.07.2003 07.09.2005 07.09.2005 12.10.2005 12.10.2005 02.07.2003 30.07.2003 30.05.2007 31.08.2005 22.08.2007 23.11.2005 20.06.2007 05.12.2007 05.09.2003 08.09.2005 08.09.2005 26.06.2003 25.11.2004 10.02.2005 19.05.2005 20.10.2005 14.06.2007 25.01.2005 07.04.2009 21.04.2009 19.05.2009 20.07.2006

## 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, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, 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, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN

(72)発明者 グォ、リンギェ ジェイ

アメリカ合衆国、ミシガン、アン アーバー、ラヴィーン コート 4910

(72)発明者 スー、ティン

アメリカ合衆国、メリーランド、ロックヴィル、イー . ジェファーソン ストリート 1637  
、アパートメント 203

Fターム(参考) 2H148 BA01 BD05 BG01 BH05 GA07 GA13 GA23 GA48 GA61

2H149 AA01 AB06 BA04 BA23 FC08

2H191 FA02Y FA03Y FB12 FB14 FC10 FC24 GA01 LA25 MA01 MA11