



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公告本 (11)證書號數：TW I662260 B

(45)公告日：中華民國 108 (2019) 年 06 月 11 日

(21)申請案號：107111892 (22)申請日：中華民國 103 (2014) 年 01 月 28 日

(51)Int. Cl. : G01J3/02 (2006.01) G01J3/12 (2006.01)

(30)優先權：2013/01/29 美國 61/757,846

(71)申請人：美商唯亞威方案公司 (美國) VIAVI SOLUTIONS INC. (US)
美國(72)發明人：漢崔克凱倫 丹妮斯 HENDRIX,KAREN DENISE (US)；荷斯查爾斯 A
HULSE,CHARLES A. (US)；布萊迪瑞察 A 二世 BRADLEY,RICHARD A., JR.
(US)；庫納傑佛瑞 詹姆斯 KUNA,JEFFREY JAMES (US)

(74)代理人：陳長文

(56)參考文獻：

TW	200951495A	CN	1278157C
CN	101882625A	US	4957371
US	2011/0222060A1		

審查人員：林秀峰

申請專利範圍項數：10 項 圖式數：10 共 39 頁

(54)名稱

光學濾波器

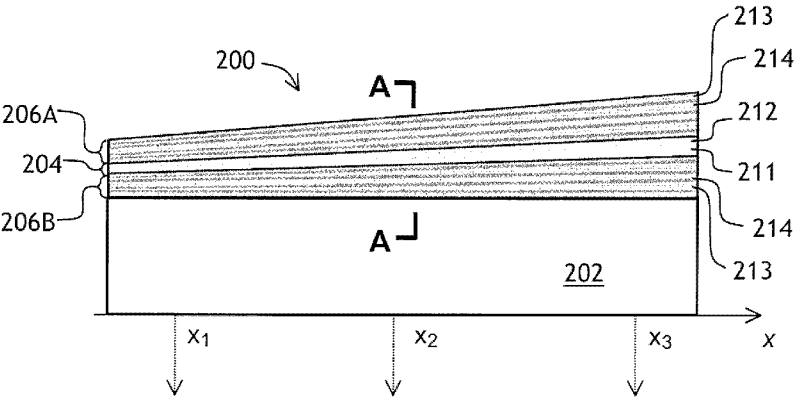
OPTICAL FILTERS

(57)摘要

本發明揭示一種可變光學濾波器，其包含一帶通濾波器及一阻斷濾波器。該帶通濾波器包含交替第一層及第二層之一堆疊，且該阻斷濾波器包含交替第三層及第四層之一堆疊。第一材料、第二材料及第四材料各包括不同材料，使得該第一材料之一折射率小於該第二材料之一折射率，該第二材料之該折射率小於該第四材料之一折射率；同時該第二材料之一吸收係數小於該第四材料之一吸收係數。該等材料可經選擇以確保該阻斷濾波器中之高折射率對比及該帶通濾波器中之低光學損耗。可將該等第一層至第四層直接沈積於一光偵測器陣列上。

A variable optical filter is disclosed including a bandpass filter and a blocking filter. The bandpass filter includes a stack of alternating first and second layers, and the blocking filter includes a stack of alternating third and fourth layers. The first, second and fourth materials each comprise different materials, so that a refractive index of the first material is smaller than a refractive index of the second material, which is smaller than a refractive index of the fourth material; while an absorption coefficient of the second material is smaller than an absorption coefficient of the fourth material. The materials can be selected to ensure high index contrast in the blocking filter and low optical losses in the bandpass filter. The first to fourth layers can be deposited directly on a photodetector array.

指定代表圖：



【圖2】

符號簡單說明：

- 200 . . . 光學濾波器
- 202 . . . 透明基板
- 204 . . . 帶通濾波器
- 206A . . . 頂部阻斷濾波器/第一阻斷濾波器
- 206B . . . 底部阻斷濾波器/第二阻斷濾波器
- 211 . . . 第一層
- 212 . . . 第二層
- 213 . . . 第三層
- 214 . . . 第四層

【發明申請專利範圍】

【第1項】

一種光學濾波器，其包括：

一第一濾波器，其包括：

一第一複數個層，其包含具有一第一折射率之一第一材料；

及；

一第二複數個層，其與該第一複數個層交替，

該第二複數個層包含具有一第二折射率之一第二材料，且

該第一折射率小於該第二折射率；及

一第二濾波器，其包含一第三材料。

【第2項】

如請求項1之光學濾波器，其中該第一濾波器或該第二濾波器之至少一者係直接安置於一光偵測器陣列上。

【第3項】

如請求項1之光學濾波器，其中該第一濾波器係安置於一基板上方。

【第4項】

如請求項1之光學濾波器，其中該第一複數個層之至少一層係介於該第二複數個層之至少一層與一基板之間。

【第5項】

如請求項1之光學濾波器，其中該第二複數個層之至少一層係最外層 (the external most layer)。

【第6項】

如請求項1之光學濾波器，其中該第一濾波器具有一橫向可變動厚度

(laterally variable thickness)。

【第7項】

如請求項1之光學濾波器，其中該第一折射率介於1.35與1.6之間。

【第8項】

如請求項1之光學濾波器，其中該第一材料包含二氧化矽。

【第9項】

如請求項1之光學濾波器，其中該第一材料與該第二材料包含介電材料。

【第10項】

一種光學濾波器，其包括：

一帶通濾波器；及

一阻斷濾波器，其中

該帶通濾波器包括：

複數個較高折射率材料層，其具有介於2.6與4.5之間的一折射率，及

複數個較低折射率材料層，其與該複數個較高折射率材料層交替。

【發明說明書】

【中文發明名稱】

光學濾波器

【英文發明名稱】

OPTICAL FILTERS

【技術領域】

本發明係關於光學濾波器，且特定言之，本發明係關於具有空間變動光譜特性之光學濾波器。

【先前技術】

一空間可變光學濾波器具有沿跨該濾波器之一橫向方向變動之一透射波長。可藉由將一光偵測器陣列附接至一空間可變光學濾波器而建構一緊湊型分光計。將具有隨沿跨一濾波器之一橫向方向之距離而線性變動之該透射波長之該濾波器稱為一線性可變濾波器(LVF)。該透射波長隨距離之線性變動係便利的，但其並非必要。使用一LVF及一恆定節距光偵測器陣列來獲得之光譜具有一恆定波長步進。

Pellicori等人在美國專利4,957,371中揭示一種楔形濾波器分光計其包含具有第一複數個高折射率材料層及第二複數個低折射率材料層之一LVF(個別之高折射率層及低折射率層彼此重疊且具有一實質上線性漸縮厚度)以形成一線性可變之光學薄膜干涉濾波器。將一光偵測器陣列附接至該LVF以導致一非常緊湊之整體建構。

Anthon在美國專利6,057,925中揭示一種緊湊型分光計裝置，其包含一薄膜干涉LVF及經由一陣列之梯度折射率透鏡或一陣列之微透鏡而耦合

至該LVF之一光偵測器陣列以用於一色彩感測裝置(諸如一可攜式比色計)中。基於薄膜干涉LVF之分光計之輕量且穩固建構允許該可攜式比色計特徵化場條件中之物品之色彩。

Weigl等人在美國專利6,091,502中揭示一種基於LVF之緊湊型分光計，其用於執行具有空間解析度之流動細胞中之螢光及吸收光譜量測。可藉由將LVF放置於一光學路徑中使得濾波器之透射變動沿流動方向發生而利用分光設備來判定一生物細胞流中之蛋白質之染色劑之濃度。

參考圖1A，一先前技術之典型緊湊型分光計100(其類似於用於Pellicori裝置、Anthon裝置及Weigl裝置中之分光計)包含光學耦合至一光偵測器陣列104之一LVF 102。透射波長 λ_T 沿跨LVF 102之一方向106變動。在操作中，光108照射至LVF 102上。LVF 102僅使透射波長 λ_T 周圍之一窄波長帶穿過，該窄波長帶沿平行於光偵測器陣列104之方向106變動。因此，光偵測器陣列104之各光偵測器105對光108之一不同波長帶作出回應。可藉由量測光偵測器陣列104之各光偵測器105之光電流而獲得光108之一光譜。

LVF 102包含由一基板110支撐之一薄膜堆疊112。參考圖1B，薄膜堆疊112包含兩個區域：一阻斷區域121，其用於阻斷比 λ_T 短及比 λ_T 長之波長；及一帶通區域122，其用於僅透射圍繞 λ_T 之一窄通帶。兩個區域121及122之各者包含分別具有高折射率及低折射率之交替的多個高折射率層131及多個低折射率層132。跨區域121及122之高折射率層131/低折射率層132之材料相同，僅厚度經變動以實現所需光學效能。阻斷區域121包含用於阻斷除 λ_T 之外之波長之四分之一波堆疊，且帶通區域122包含用於透射圍繞 λ_T 之窄通帶之半波堆疊。材料對中之材料組合可包含金屬氧化物或氟化物。

LVF 102之一缺陷為LVF 102之光學效能與薄膜堆疊112之總厚度之間之一內在權衡。為確保除 λ_T 之外之波長之良好阻斷，阻斷區域121必須包含諸多層。對於低損耗氧化物，層之數目可高達一百層。為確保 λ_T 周圍之窄通帶，帶通區域122亦需包含諸多層及/或包含一厚中央層。薄膜堆疊112之大厚度導致薄膜堆疊112中之內應力增大以引起其自基板110分離及/或分層。高折射率材料(諸如矽)可用於減少層之總數目。然而，高折射率材料通常會增加LVF 102之光學損耗。

【發明內容】

本發明之一目標為減緩一可變光學濾波器之厚度與光學效能之間之權衡。

發明者已認識到：一可變光學濾波器之阻斷區域及帶通區域中之材料之關鍵光學需求以下列方式彼此不同。在阻斷區域中，高折射率對比係一關鍵需求。高折射率對比允許減少層之數目且提升阻斷效率。在帶通區域中，低損耗比高折射率對比更重要，此係因為光在該區域中經歷多重反射以比其在阻斷層中之穿越次數更多地穿越帶通區域之層。因此，在帶通區域中提供低損耗但較低折射率之材料組合以及在阻斷區域中提供高折射率對比但相當損耗之材料組合可導致同時具有一低光學損耗、一窄帶透射峰值及強帶外抑制之一薄的低應力可變光學濾波器。

根據本發明，提供一種光學濾波器，其在一波長範圍內具有一橫向可變透射波長，該光學濾波器包括：

一帶通濾波器，其包括分別包括第一材料及第二材料之交替第一層及第二層之一堆疊，且具有用於提供該橫向可變透射波長之橫向變動厚度；

一阻斷濾波器，其包括分別包括第三材料及第四材料之交替第三層及第四層之一堆疊，且具有與該第一介電層及該第二介電層之該等橫向變動厚度協調之橫向變動厚度以阻斷大於或小於該橫向可變透射波長之該波長範圍內之波長；

其中該第一材料、該第二材料及該第四材料各包括不同材料，使得該第一材料之一折射率小於該第二材料之一折射率，該第二材料之該折射率小於該第四材料之一折射率，且該第二材料之一吸收係數小於該第四材料之一吸收係數。

有利地，該帶通濾波器進一步包含至少一第五層，其包括該第四材料且安置於該帶通濾波器內之一光學駐波之一局部最小值之一區域中，藉此加寬該帶通濾波器之一阻斷波長區域且減小該帶通濾波器之一厚度。

在一實施例中，可沿該光學濾波器之一長度尺寸單調地變動該透射波長。在一較佳實施例中，可沿該長度尺寸對數地變動該透射波長。該第一材料及該第三材料可包含一相同材料。該光學濾波器可包含三種、四種或四種以上不同材料。

根據本發明，進一步提供一種波長選擇性感測器，其包括如上文所描述之光學濾波器、及耦合至該光學濾波器之一陣列之光偵測器。使該等光偵測器沿該長度尺寸隔開。因此，該陣列之不同光偵測器對自與該陣列相對之一側照射於該光學濾波器上之光之不同波長作出回應。

較佳地，該陣列之光偵測器包括用於該光學濾波器之一基板。提供該陣列之光偵測器，且將該第一層至該第五層直接沈積至該陣列上，以便分別形成由該陣列支撐之該帶通濾波器及該阻斷濾波器。將該光學濾波器直接沈積至該光偵測器陣列上之優點為：增大之光譜解析度，其歸因於光

未必傳播穿過一分離塊狀基板；相鄰光偵測器之間之減少光洩漏；及改良之可靠性。亦可單獨製造該光學濾波器且將其直接貼附至該陣列，例如與一光學環氧樹脂結合。

根據本發明之另一實施例，進一步提供一種波長選擇性感測器，其中該光偵測器陣列包括具有相對第一表面及第二表面之一裝置晶片。將該陣列之該等光偵測器安置於該裝置晶片之該第一表面中，且將該光學濾波器安置於第一表面上之該等光偵測器上方。可藉由以下操作而製造此一波長選擇性感測器：

(A) 藉由以下操作而製造該裝置晶片：

(i) 提供具有相對第一表面及第二表面之一裝置晶圓；

(ii) 在該裝置晶圓之該第二表面中形成面向該第一表面之該陣列之該等光偵測器；

(iii) 拋光該裝置晶圓之該第一表面以暴露該陣列之該等光偵測器；

及

(B) 在步驟(iii)中所拋光之該裝置晶圓之該第一表面上沈積該第一層至該第五層以便形成該光學濾波器之該帶通濾波器及該阻斷濾波器。

根據本發明之另一實施例，進一步提供一種製造一波長選擇性感測器之方法，其包括：

(a) 提供一陣列之光偵測器；

(b) 將以下各者沈積於該陣列之光偵測器上：

一帶通濾波器，其包括分別包括第一材料及第二材料之交替第一層及第二層之一堆疊，且具有用於提供橫向可變透射波長之橫向變動厚度；
及

一阻斷濾波器，其包括分別包括第三材料及第四材料之交替第三層及第四層之一堆疊，且具有與該第一介電層及該第二介電層之該等橫向變動厚度協調之橫向變動厚度以阻斷大於或小於該橫向可變透射波長之波長範圍內之波長；

其中該第一材料、該第二材料及該第四材料各包括不同材料，使得該第一材料之一折射率小於該第二材料之一折射率，該第二材料之該折射率小於該第四材料之一折射率，且該第二材料之一吸收係數小於該第四材料之一吸收係數。

在一實施例中，步驟(a)包含：

(i) 提供具有相對第一表面及第二表面之一裝置晶圓；

(ii) 在該裝置晶圓之該第二表面中形成面向該第一表面之該陣列之光偵測器；及

(iii) 拋光該裝置晶圓之該第一表面以暴露該陣列之該等光偵測器，

其中在步驟(b)中，將該帶通濾波器及該阻斷濾波器沈積於步驟(iii)中所拋光之該裝置晶圓之該第一表面中。

【圖式簡單說明】

現將結合圖式而描述例示性實施例，其中：

圖1A係基於一薄膜LVF之一先前技術分光計之三維圖；

圖1B係圖1A之LVF之薄膜結構之一放大橫截面圖；

圖2係一基板上之本發明之一可變光學濾波器之一橫截面圖；

圖3A至圖3C係圖2之可變光學濾波器之阻斷濾波器區段及帶通濾波器區段在沿透射波長變動之一方向之不同位置處之透射光譜；

圖4A係沿圖2之線A-A截取之圖2之濾波器之一示意橫截面圖，其展

示帶通濾波器區段及阻斷濾波器區段；

圖4B係圖4A之濾波器之帶通區段之一放大橫截面圖；

圖5A及圖5B係由不同材料製成之帶通濾波器區段在由準直光照亮(圖5A)時及在由發散光或會聚光照亮時(圖5B)之透射光譜；

圖6係由不同材料製成之阻斷濾波器之透射光譜；

圖7A及圖7B係包含僅低損耗氧化物(圖7A)及根據本發明之材料之一組合(圖7B)之一可變光學濾波器之空間折射率繪圖(依相同比例繪製)；

圖7C係圖7B之空間折射率繪圖之一放大圖；

圖7D係圖7A及圖7B之可變光學濾波器之帶通區段之透射光譜；

圖8A至圖8D係包含圖2或圖7B之可變光學濾波器的本發明之波長選擇性感測器之各種實施例之側橫截面圖；

圖9A及圖9B係具有一背面拋光之光偵測器陣列(圖9A)及一覆晶安裝之多工器電路(圖9B)之波長選擇性感測器之實施例之側橫截面圖；及

圖10A至圖10C係包含圖9A之波長選擇性感測器之一晶圓在不同製造階段中之側橫截面圖。

【實施方式】

儘管結合各種實施例及實例而描述本發明之教示，但本發明之教示不意欲受限於此等實施例。相反，本發明之教示涵蓋各種替代、修改及等效物，如熟悉技術者所瞭解。

參考圖2及圖3A、圖3B及圖3C，一光學濾波器200(圖2)在 λ_1 至 λ_2 之間之一波長範圍內之一橫向可變透射波長 λ_T 處具有一窄通帶310(圖3A至圖3C)。可沿圖2中所展示之一方向x變動透射波長 λ_T 。光學濾波器200可安置於一透明基板202上。可變光學濾波器200包含一帶通濾波器204及安

置於基板202上方之阻斷濾波器206A、206B。帶通濾波器204包括分別包含第一材料及第二材料之交替第一層211及第二層212之一堆疊。第一層211及第二層212具有沿方向x橫向變動之厚度(圖2)以提供通帶310之橫向可變透射波長 λ_T 。透射波長 λ_T 依與第一層211及第二層212之局部厚度之一近似比例變動。例如，透射波長 λ_T 在一座標 x_1 處接近於波長範圍(λ_1, λ_2)之最短波長 λ_1 (圖2及圖3A)，在一座標 x_2 處位於波長範圍(λ_1, λ_2)之中間(圖2及圖3B)，且在一座標 x_3 處接近於波長範圍(λ_1, λ_2)之最長波長 λ_2 (圖2及圖3C)。

阻斷濾波器206A、206B各包含分別包含第三材料及第四材料之交替第三層213及第四層214之一堆疊。第三層213及第四層214具有與第一層211及第二層212之橫向變動厚度協調之橫向變動厚度以阻斷短於或長於橫向可變透射波長 λ_T 之波長範圍(λ_1, λ_2)內之波長。具體言之，頂部阻斷濾波器206A用於阻斷短於 λ_T 之波長(分別為圖3A、圖3B及圖3C中之左側頻帶301A、302A及303A)，且底部阻斷濾波器206B用於阻斷長於 λ_T 之波長(分別為圖3A、圖3B及圖3C中之右側頻帶301B、302B及303B)。

根據本發明，第一層211、第二層212及第四層214之第一材料、第二材料及第三材料全部分別包含不同材料。通常，第一材料及第二材料包含介電材料，且第三材料及第四材料包含介電或半導體材料。第一材料之折射率小於第二材料之折射率。第二材料之折射率小於第四材料之折射率。第二材料之吸收係數小於第四材料之吸收係數。換言之，儘管第四材料在全部四種材料中具有最高折射率，但第四材料亦可具有某種程度之吸收性。例如，一半導體材料(諸如矽)可用於第四材料。第一材料及第三材料可(但非必須)包含一相同低折射率材料，例如二氧化矽。第二材料可包含

一高折射率氧化物，諸如(例如)五氧化二鉬。作為一指導方針，第一材料及第三材料之折射率可介於1.35至1.6之間，第二材料之折射率可介於1.8至2.5之間，且第四材料之折射率可介於2.6至4.5之間。

將不同材料用於帶通濾波器204之第一層211及第二層212及阻斷濾波器206A、206B之第四層214允許獨立地最優化帶通濾波器204及阻斷濾波器206A、206B之光學參數，如下文詳細所解釋。當然，阻斷濾波器206A、206B亦可經彼此緊鄰地安置以形成一單一阻斷濾波器，其中帶通濾波器204由該單一阻斷濾波器(其由基板202支撐)支撐。此外，圖2中所展示之層211至214之厚度可沿x方向自左至右地非線性增加以提供光學濾波器200之一非線性橫向可變透射波長 λ_T 。在一實施例中，可沿長度方向x對數地變動透射波長 λ_T 。當沿x方向安置一恆定節距之光偵測器陣列時，透射波長 λ_T 之對數變動導致沿方向x之一恆定解析力。將該解析力定義為 $R=\lambda_T/\Delta\lambda$ ，其中 $\Delta\lambda$ 係一透射帶寬。

參考圖4A，圖2之可變光學濾波器200之一之截面圖A-A展示安置於第一阻斷濾波器206A與第二阻斷濾波器206B之間之一光學路徑420中之帶通濾波器204，第一阻斷濾波器206A及第二阻斷濾波器206B用於分別阻斷短於及長於帶通濾波器204之透射波長 λ_T 之波長。各阻斷濾波器206A及206B分別包含三個部分431A、432A及433A及431B、432B及433B。帶通濾波器204及阻斷濾波器部分431A至433A及431B至433B之厚度沿垂直於圖4A之平面之方向x以一協調方式變動，如圖2中最佳所見。

阻斷濾波器部分431A至433A及431B至433B之阻斷帶(圖中未展示)經級聯以覆蓋一更寬波長範圍。通常，該阻斷波長範圍指定可變光學濾波器200之可用波長範圍(λ_1, λ_2)。在長波長邊緣 λ_2 處，第二阻斷濾波器206B

之部分431B至433B之阻斷必須在 λ_T 至 λ_2 之間延伸，且在短波長邊緣 λ_1 處，第一阻斷濾波器206A之部分431A至433A之阻斷必須在 λ_1 至 λ_T 之間延伸。當光學濾波器200之光學頻率範圍跨度一個倍頻程時，由阻斷濾波器206A及206B提供之帶外波長阻斷尤為重要，此係因為標準具型光學濾波器具有由光學頻率之倍頻程分離之多個透射峰值。

參考圖4B，帶通濾波器204包含在所要中心波長 λ_T 處具有多個半波之一介電間隔層450，其在波長 λ_T 處夾於四分之一波反射體堆疊432之間。藉由增大四分之一波堆疊432之反射率及/或藉由增加間隔層450之厚度或半波數而使帶通濾波器204之帶寬變窄。無論何種情況，藉由增加跨間隔層450之光440之行程數而減小透射帶寬。因此，間隔層450之材料及四分之一波反射體堆疊432之相鄰層具有低光學損耗係重要的。

返回參考圖4A且進一步參考圖4B，可變光學濾波器200(圖4A)通常與含有一入射角範圍或一光錐之光一起使用。為減弱具有一入射角之透射波長之位移效應，間隔層450之材料(圖4B)之折射率較佳地應儘可能高。為此，可使用一高折射率高熔點氧化物，諸如五氧化二鉭(Ta_2O_5)、五氧化二鉬(Nb_2O_5)、五氧化二鉭及五氧化二鉬之一合金或二氧化鈦(TiO_2)。金屬氧化物一般具有一非常低之光學損耗，且五氧化二鉭、五氧化二鉬及二氧化鈦在900 nm至1700 nm之間之所關注波長範圍內具有高於2.0之折射率。適合用於反射體堆疊432之一低折射率材料為二氧化矽(SiO_2)，其在上述波長範圍內具有約1.5之折射率。應注意，帶通濾波器204及/或阻斷濾波器431A、431B、432A、432B及433A、433B可包含不同高折射率材料及不同低折射率材料。例如，帶通濾波器204可包含二氧化矽(SiO_2)及五氧化二鉭(Ta_2O_5)之一組合，且阻斷濾波器431A、431B、432A、

432B及433A、433B可包含氟化鎂(MgF_2)及矽(Si)之一組合。可根據光學濾波器200之目標光譜效能而使用四種或四種以上材料類型。

由阻斷濾波器部分431A至433A及431B至433B之高折射率層及低折射率層之所謂折射率對比或折射率之一比率設定阻斷濾波器部分431A至433A及431B至433B之光阻斷程度及帶寬。因為需要更少層來實現一所要阻斷程度，且因為阻斷濾波器部分431A至433A及431B至433B將具有一更寬帶寬，所以可藉由增加折射率對比而顯著減小阻斷濾波器部分431A至433A及431B至433B之總厚度，使得需要更少堆疊來覆蓋一所要帶寬。沿光學路徑420(圖4A)傳播之光440(圖4B)未如同其在帶通濾波器204中般地多次跨阻斷濾波器部分431A至433A及431B至433B行進，所以可使用一更廣材料範圍，且具體言之，較佳地使用矽(Si)。矽具有超過3.0之折射率，且可用作為高折射率材料，即使其在900 nm至1700 nm之間之波長範圍內具有一些光學吸收。矽亦與具有低折射率之二氧化矽天然相容以因此在阻斷濾波器部分431A至433A及/或431B至433B中提供所追求之高折射率對比。

已藉由生長多層堆疊且量測其等之透射性而用實驗方法證實與不同材料系統之波長選擇性及光學損耗有關之上述結論。參考圖5A及圖5B，呈現使用不同材料組合來製造之帶通濾波器204之準直光(圖5A)及非準直或「錐形」光(圖5B)中之光學透射光譜。在圖5A及圖5B中，「H/L」表示五氧化二鉬及二氧化矽之高折射率/低折射率材料組合，且「S/L」表示矽及二氧化矽之材料組合。相應地，「L cav」表示「腔」或由低折射率材料(即，二氧化矽)製成之間隔層450。「H cav」表示由五氧化二鉬製成之間隔層450。「S cav」表示由矽製成之間隔層450。

具體參考圖5A，光譜501及502分別對應於具有二氧化矽間隔層450及五氧化二鉬間隔層450之五氧化二鉬及二氧化矽之材料組合。吾人應明白，在準直光中，光譜501及502彼此幾乎無法辨別且展現一非常高(接近100%)之最大透射。光譜503及504分別對應於具有二氧化矽間隔層及矽間隔層之矽及二氧化矽之材料組合。對應於二氧化矽間隔層450之光譜503展現比對應於矽間隔層450之光譜504(約38%)高之一最大透射(約67%)。此係因為(如上文所提及)矽具有比二氧化矽或五氧化二鉬高很多之光學吸收，且因為光440(圖4B)多次穿越間隔層450，所以光學透射之差異變得非常明顯(在此實例中為38%或67%對100%)。

現轉至圖5B，全部光譜501至504展現歸因於錐形光照明之增加光學損耗。在前兩個光譜501及502中，對應於五氧化二鉬間隔層450之第二光譜502展現比對應於二氧化矽間隔層450之第一光譜501(其展現一41%透射下降(自100%至約59%最大透射))低之一約32%透射下降(自100%至約68%最大透射)。如上文所解釋，間隔層450之材料之折射率越高，帶通濾波器204之角敏感度越小。在對應於矽/二氧化矽材料組合之其他兩個光譜503及504中觀察到一類似趨勢。對於對應於矽間隔層450之光譜504，光學透射僅下降約3%(自38%至35%)，而對於對應於二氧化矽間隔層450之光譜503，光學透射下降約17%(自67%至50%透射)。因此，應根據帶通濾波器204之間隔層450而選擇低損耗但高折射率之材料。

現參考圖6且進一步參考圖4A，呈現分別由五氧化二鉬/二氧化矽及矽/二氧化矽材料組合製成之下阻斷濾波器206B之透射光譜601及602。第一光譜601之一帶寬611僅為275 nm，其比第二光譜602之一帶寬612(其為664 nm)窄很多。因此，應根據阻斷濾波器206A及206B而選擇高折射率

對比材料組合。應注意，在一更薄很多之濾波器(僅為1.7微米之矽/二氧化矽堆疊，相較於4.9微米厚度之五氧化二鉬/二氧化矽堆疊)處實現第二光譜602之更寬帶寬。

現將繪示由三材料系統(自最低折射率至最高折射率：二氧化矽、五氧化二鉬及矽)提供之可變濾波器厚度減小。轉至圖7A及圖7B，空間折射率繪圖700A及700B係以一堆疊深度座標d為函數之折射率n之相依性。在圖7A及圖7B中，空間折射率繪圖700A及700B依一相同比例繪製以繪示可由本發明實現之總厚度減小。圖7A之折射率繪圖700A對應於使用二氧化矽/五氧化二鉬之雙材料系統來實施之一可變光學濾波器。由較低黑條701表示二氧化矽層，且由較高灰條702表示五氧化二鉬層。折射率繪圖700A包含一第一阻斷區段726A、一帶通區段724及一第二阻斷區段726B。帶通區段724包含用作帶通濾波器腔(間隔)層702A之兩個較厚五氧化二鉬層702。因此，帶通區段724為一雙腔帶通濾波器。各間隔層702A在各側上具有一反射體堆疊，該等反射體堆疊在某種程度相對於該等間隔層對稱。兩個間隔層702A之間之反射體堆疊組合成一個反射體堆疊724C。圖7A之折射率繪圖700A之總長度(其對應於一雙材料可變光學濾波器之厚度)長達40微米。

圖7B之折射率繪圖700B對應於使用二氧化矽/五氧化二鉬/矽之三材料系統來實施之一可變光學濾波器。參考圖7C(其係圖7B之一放大圖)，由最低黑條701表示二氧化矽層，由較高灰條702表示五氧化二鉬層，且由最高黑條703表示矽層。

折射率繪圖700B包含一第一阻斷區段746A、一帶通區段744及一第二阻斷區段746B。暫時返回參考圖2，第一阻斷區段746A對應於圖2之光

學可變濾波器200之第一阻斷濾波器206A，帶通區段744對應於圖2之光學可變濾波器200之帶通濾波器204，且第二阻斷區段746B對應於圖2之光學可變濾波器200之第二阻斷濾波器206B。第一阻斷區段746A及第二阻斷區段746B包含交替之二氧化矽層701及矽層703。帶通區段744包含二氧化矽層701、五氧化二鉬層702及矽層703。圖7B及圖7C之光學濾波器700B之帶通區段744與圖2之光學濾波器200之帶通濾波器204之間之一差異為：光學濾波器700B之帶通區段744為一雙腔帶通濾波器，其類似於圖7A之光學濾波器700A之雙腔帶通區段724，但使用三種而非兩種不同材料，如下文所解釋。

帶通區段744包含第一腔744A及第二腔744B，其等各包含介於兩個四分之一波反射體區段之間之五氧化二鉬間隔層702A。將一矽層751引入至各反射體區段中。由於該等反射體區段在某種程度上相對於間隔層702A對稱，所以此將四個矽層751添加至帶通區段744，如圖所展示。將至少一且較佳為若干之選用高折射率矽層(代替H層702)引入至帶通區段744之四分之一波反射體區段中允許用更少層實現相同反射率，其歸因於比五氧化二鉬與二氧化矽之折射率比率(H/L)高之矽與二氧化矽之折射率比率(S/L)。可藉由將四個額外矽層751放置於對應於光場之局部最小至之(若干)區域中(即，放置於帶通區段744內之透射波長 λ_T 處之光學駐波之波谷中)而減少歸因於包含該等額外矽層751之光學透射損耗。圖7B之折射率繪圖700B之總長度(其對應於圖2之可變光學濾波器200之三材料變體之厚度)僅為10微米，即，比圖7A中之總長度薄四倍。

額外矽層751之一進一步優點為：矽/二氧化矽組合之較高折射率比率加寬帶通濾波器區段744之一阻斷區域且減小下阻斷區段746A及上阻斷

區段746B之所需阻斷波長帶。參考圖7D，透射比例為0%至1%透射以更佳地展現止帶效能。虛線781為用兩種材料(五氧化二鉬及二氧化矽)實施之圖7A之可變光學濾波器700A之帶通濾波器區段724之一透射繪圖。實線782為如圖7C中所展示般實施之帶通濾波器區段744之一透射繪圖。吾人應明白，使用選用之矽層751允許吾人大幅擴大帶通光譜782之翼782A、782B之阻斷帶寬及阻斷強度。此全部在圖7B及圖7C之可變光學濾波器700B之一更小總厚度之帶通濾波器區段744中實現。

返回參考圖2，濾波器200之所得厚度取決於所使用之材料及目標光學規格。例如，帶通濾波器204之第一層211可包含二氧化矽，第二層212可包含五氧化二鉬或五氧化二鈮，阻斷光學濾波器206之第三層亦可包含二氧化矽(與第一層211相同)，且阻斷光學濾波器206之第四層214可包含矽。所得之三材料系統允許吾人減小可變光學濾波器200之厚度。對於900 nm至1700 nm之一近紅外線波長範圍，帶通濾波器204可包含不超過20個層，阻斷濾波器206A、206B可包含總計不超過60個層。濾波器200之總厚度在對應於1300 nm之透射波長之一位置處較佳地不大於20微米，且更佳地不大於10微米。層之數目及厚度將取決於諸多因數，諸如帶通寬度、所需阻斷程度及可變光學濾波器700B之波長覆蓋範圍。

現轉至圖8A且進一步參考圖2，本發明之一波長選擇性感測器800A包含：圖2之可變光學濾波器200或圖7B、圖7C之可變光學濾波器700B；及一光偵測器陣列802A，其耦合至可變光學濾波器200，光偵測器陣列802A具有沿x方向隔開之光偵測器812，其中層厚度單調增大。因為透射波長 λ_T 沿方向x變動，所以光偵測器陣列802A之不同光偵測器812對自與光偵測器陣列802A相對之一側820照射於光學濾波器200上之光840之不

同波長作出回應。光偵測器812之數目可自用於偵測若干隔離波長帶之僅兩個或三個光偵測器變動至用於執行更詳細光譜量測之數百個或更多光偵測器。在後一情況下，波長選擇性感測器800A本質上用作一光學發射分光計。

在一分光計之實施例中，當光偵測器812之數目達到數十個、數百個或更高數目個光偵測器時，可使透射波長 λ_T 沿可變光學濾波器200之長度方向x對數地變動。當將透射波長 λ_T 之對數變動與光偵測器陣列802A之光偵測器812之均等間隔組合時，由分光計800收集之光譜點之解析力 $R=\lambda_T/\Delta\lambda$ 為一恆定值，其較佳地(例如)用於太空應用。

光偵測器陣列802可包含用於光學濾波器200之一基板。換言之，光偵測器陣列802可用作支撐光學濾波器200之一基板。可用一選用之黏著層填充光學濾波器200與光偵測器陣列802之間之一間隙814。替代地，一機械外殼(圖中未展示)可用於將光學濾波器200支撐於光偵測器陣列802上方。在後一實施例中，間隙814可包含真空、空氣、氣體等等。此外，光偵測器陣列802可在光學濾波器200之第一層211至第四層214之沈積期間用作為一基板。在此實施例中，間隙814可(但非必須)包含一平面化層以更佳均勻地沈積第一層211至第四層214。當該平面化層填充間隙814時，陣列802之不同光偵測器812可具有不同高度。例如，參考圖8B，一波長選擇性感測器800B之一陣列802B之光偵測器812A、812B及812C具有不同高度，且填充間隙814之該平面化層確保將光學濾波器200沈積至一平坦表面815上。

參考圖8C，本發明之一波長選擇性感測器800C分別類似於圖8A及圖8B之波長選擇性感測器800A及800B。在圖8C之波長選擇性感測器800C

中，由橫向間隔間隙813分離一光偵測器陣列802C之光偵測器812，且將一不透明隔離材料817安置於間隙813中以使陣列802C之個別光偵測器812電及/或光學隔離。該不透明隔離材料可包含一黑色或電隔離環氧樹脂，例如由美國馬薩諸塞州之Epoxy Technology製造之353NDB環氧樹脂。

轉至圖8D，本發明之一波長選擇性感測器800D類似於圖8C之波長選擇性感測器800C。在圖8D之波長選擇性感測器800D中，移除(例如蝕刻穿過)光學濾波器200之部分以形成各直接安置於一光偵測器陣列802D之像素812之間之間隙813之一對應者上方之槽孔816，且將選用之不透明隔離材料817安置於槽孔816中以更佳地光學隔離個別光偵測器812且減少個別光偵測器812之間之光學串擾。

參考圖9A，本發明之一波長選擇性感測器900A為圖8A之波長選擇性感測器800A之一變體。圖9A之波長選擇性感測器900A包含圖2之光學濾波器200及一陣列902A之光偵測器912A。陣列902A有效用作為光學濾波器200之一基板。可將光學濾波器200直接安置於陣列902A上以避免需要用於支撐光學濾波器200之一分離厚基板(例如至少0.8 mm厚之一分離玻璃基板)。陣列902A包含具有相對第一表面921及第二表面922之一裝置晶片920。將陣列902A之光偵測器912A安置於裝置晶片920之第一表面921中。將光學濾波器200安置於第一表面921上之光偵測器912A上方。接合墊929A可延伸穿過裝置晶片920，例如位於光學濾波器200之相對側上，如圖9A中所展示。可將一載體晶片930接合至裝置晶片920之第二表面922以在裝置晶片920之選用拋光期間強化裝置晶片920，參閱下文。

現轉至圖9B，本發明之一波長選擇性感測器900B為圖8A之波長選擇性感測器800A及圖9A之波長選擇性感測器900A之一變體。圖9B之波長

選擇性感測器900B包含圖2之光學濾波器200及一陣列902B之光偵測器912B。陣列902B包含具有相對第一表面941及第二表面942之一陣列基板940。將陣列902B之光偵測器912B安置於陣列基板940之第一表面941內，且將光學濾波器200安置於陣列基板940之第二表面942上。在此實施例中，光840藉由傳播穿過陣列基板940而到達陣列902B之光偵測器912B。

在一較佳實施例中，波長選擇性感測器900B亦包含一多工器晶片950，其包含用於讀取陣列902B之光偵測器912B之光電信號之多工器電路955。將多工器晶片950覆晶接合至陣列基板940之第一表面941。接合墊929B可在多工器晶片950與陣列基板940之間延伸以在多工器晶片950與陣列902B之光偵測器912B之間建立電接觸。

可使用圖7B之可變光學濾波器700B來分別替代圖8A至圖8D及圖9A、圖9B之波長選擇性感測器800A至800D、900A、900B中之可變光學濾波器200。不僅可在三材料系統中且可在包含四種及四種以上材料之一材料系統中實施濾波器200、700B。第一材料可包含二氧化矽，第二材料可包含五氧化二鉬，且第三材料可包含矽。在適當選擇材料之後，可變光學濾波器200可具有不大於20微米且較佳為10微米或更小之一厚度以大幅減小可變光學濾波器200中之機械應力且提高製造良率。

較佳地，將可變光學濾波器200或700B分別直接安置於圖8A至圖8D、圖9A及圖9B之光偵測器陣列802A至802D、902A及902B上。在此等實施例中，光偵測器陣列802A至802D、902A及902B在交替第一層211及第二層212及交替第三層213及第四層214之沈積期間有效用作為可變光學濾波器200或700B之基板以便分別在所提供之光偵測器陣列802A至

802D、902A及902B上形成帶通濾波器204及阻斷濾波器206A、206B。將光學濾波器200或700B直接安置於圖8A至圖8D、圖9A及圖9B之光偵測器陣列802A至802D、902A及902B上導致一更緊湊之整體建構且改良對應波長選擇性感測器800A至800D、900A及900B之光譜解析度，此係因為相較於包含選用之塊狀基板202(圖2)之光學濾波器200之實施例，光行進相對於光偵測器812、812A、812B、812C、912A及912B之一更短距離，且更少發散。

參考圖10A、圖10B及圖10C且進一步參考圖9A而繪示製造波長選擇性感測器900A(圖9A)之一方法。提供具有相對第一表面1021及第二表面1022之一裝置晶圓1020(圖10A)。接著，在第二表面1022中形成光偵測器912A及一選用之接合墊929A，使得光偵測器912A自裝置晶圓1020(圖10A)之內側面向第一表面1021。接著，將裝置晶圓1020接合至一選用之載體晶圓1030，且第一表面1021經拋光去除以便暴露陣列902之光偵測器912A以及接合墊929A(圖10B)。載體晶圓1030經接合以提供用於使拋光便利之機械強度。接著，將光學濾波器200逐層地沈積於接合墊929A之間之第一表面1021(圖10C)上。接著，可將裝置晶圓1020切成個別裝置晶片920。

已為繪示及描述目的而呈現本發明之一或多個實施例之先前描述。並不意欲具窮舉性或將本發明限制於所揭示之精確形式。可鑒於以上教示而進行諸多修改及變動。意欲本發明之範疇不受限於[實施方式]，而是受限於本發明之隨附專利申請範圍。

【符號說明】

100 分光計

102	線性可變濾波器(LVF)
104	光偵測器陣列
105	光偵測器
106	方向
108	光
110	基板
112	薄膜堆疊
121	阻斷區域
122	帶通區域
131	高折射率層
132	低折射率層
200	光學濾波器
202	透明基板
204	帶通濾波器
206A	頂部阻斷濾波器/第一阻斷濾波器
206B	底部阻斷濾波器/第二阻斷濾波器
211	第一層
212	第二層
213	第三層
214	第四層
301A	頻帶
301B	頻帶
302A	頻帶

302B	頻帶
303A	頻帶
303B	頻帶
310	通帶
420	光學路徑
431A	阻斷濾波器部分/阻斷濾波器
431B	阻斷濾波器部分/阻斷濾波器
432	四分之一波反射體堆疊
432A	阻斷濾波器部分/阻斷濾波器
432B	阻斷濾波器部分/阻斷濾波器
433A	阻斷濾波器部分/阻斷濾波器
433B	阻斷濾波器部分/阻斷濾波器
440	光
450	間隔層
501	第一光譜
502	第二光譜
503	光譜
504	光譜
601	透射光譜/第一光譜
602	透射光譜/第二光譜
611	帶寬
612	帶寬
700A	空間折射率繪圖/光學濾波器

700B	空間折射率繪圖/光學濾波器
701	黑條/二氧化矽層
702	灰條/五氧化二鉭層
702A	間隔層
703	黑條/矽層
724	帶通區段
724C	反射體堆疊
726A	第一阻斷區段
726B	第二阻斷區段
744	帶通區段
744A	第一腔
744B	第二腔
746A	第一阻斷區段/下阻斷區段
746B	第二阻斷區段/上阻斷區段
751	矽層
781	虛線
782	實線/帶通光譜
782A	翼
782B	翼
800	分光計
800A	波長選擇性感測器
800B	波長選擇性感測器
800C	波長選擇性感測器

802A	光偵測器陣列
802B	光偵測器陣列
802C	光偵測器陣列
802D	光偵測器陣列
812	光偵測器/像素
812A	光偵測器
812B	光偵測器
812C	光偵測器
813	間隙
814	間隙
815	平坦表面
816	槽孔
817	不透明隔離材料
820	側
840	光
900A	波長選擇性感測器
900B	波長選擇性感測器
902A	光偵測器陣列
902B	光偵測器陣列
912A	光偵測器
912B	光偵測器
920	裝置晶片
921	第一表面

922	第二表面
929A	接合墊
929B	接合墊
930	載體晶片
940	陣列基板
941	第一表面
942	第二表面
950	多工器晶片
955	多工器電路
1020	裝置晶圓
1021	第一表面
1022	第二表面
1030	載體晶圓



I662260

【發明摘要】

【中文發明名稱】

光學濾波器

【英文發明名稱】

OPTICAL FILTERS

【中文】

本發明揭示一種可變光學濾波器，其包含一帶通濾波器及一阻斷濾波器。該帶通濾波器包含交替第一層及第二層之一堆疊，且該阻斷濾波器包含交替第三層及第四層之一堆疊。第一材料、第二材料及第四材料各包括不同材料，使得該第一材料之一折射率小於該第二材料之一折射率，該第二材料之該折射率小於該第四材料之一折射率；同時該第二材料之一吸收係數小於該第四材料之一吸收係數。該等材料可經選擇以確保該阻斷濾波器中之高折射率對比及該帶通濾波器中之低光學損耗。可將該等第一層至第四層直接沈積於一光偵測器陣列上。

【英文】

A variable optical filter is disclosed including a bandpass filter and a blocking filter. The bandpass filter includes a stack of alternating first and second layers, and the blocking filter includes a stack of alternating third and fourth layers. The first, second and fourth materials each comprise different materials, so that a refractive index of the first material is smaller than a refractive index of the second material, which is smaller than a refractive index of the fourth material; while an absorption coefficient of the second material is smaller than an

absorption coefficient of the fourth material. The materials can be selected to ensure high index contrast in the blocking filter and low optical losses in the bandpass filter. The first to fourth layers can be deposited directly on a photodetector array.

【指定代表圖】

圖2

【代表圖之符號簡單說明】

200	光學濾波器
202	透明基板
204	帶通濾波器
206A	頂部阻斷濾波器/第一阻斷濾波器
206B	底部阻斷濾波器/第二阻斷濾波器
211	第一層
212	第二層
213	第三層
214	第四層