



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公開本

(11)公開編號：TW 201920997 A

(43)公開日：中華民國 108 (2019) 年 06 月 01 日

(21)申請案號：107145488

(22)申請日：中華民國 102 (2013) 年 07 月 15 日

(51)Int. Cl. : **G02B5/20 (2006.01)** **G01S7/481 (2006.01)**

(30)優先權：2012/07/16 美國 61/672,164

(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)；布萊迪瑞察 A 二世
BRADLEY,RICHARD A., JR. (US)；桂格尼瑪麗亞斯 GRIGONIS,MARIUS (CA)；
歐肯夫斯喬治 OCKENFUSS,GEORG (DE)

(74)代理人：陳長文

申請實體審查：有 申請專利範圍項數：30 項 圖式數：10 共 39 頁

(54)名稱

光學濾波器及感測器系統

OPTICAL FILTER AND SENSOR SYSTEM

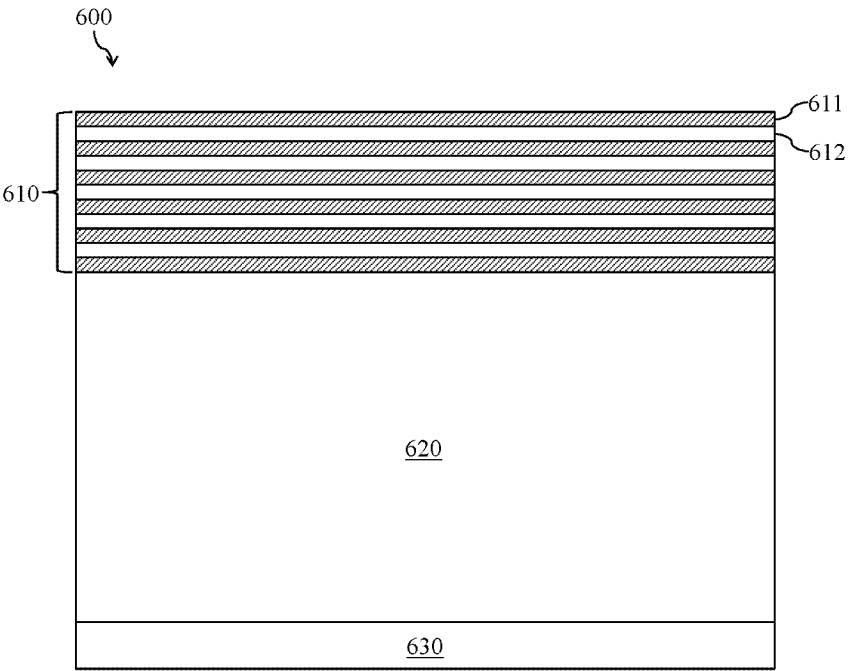
(57)摘要

本發明提供一種光學濾波器，其具有與 800 nm 至 1100 nm 之一波長範圍至少部分重疊之一通帶。該光學濾波器包含由交替堆疊之氫化矽層與較低折射率層形成之一濾波器堆疊。該等氫化矽層各自具有在 800 nm 至 1100 nm 之該波長範圍內大於 3 一折射率及在 800 nm 至 1100 nm 之該波長範圍內小於 0.0005 之一消光係數。

An optical filter having a passband at least partially overlapping with a wavelength range of 800 nm to 1100 nm is provided. The optical filter includes a filter stack formed of hydrogenated silicon layers and lower-refractive index layers stacked in alternation. The hydrogenated silicon layers each have a refractive index of greater than 3 over the wavelength range of 800 nm to 1100 nm and an extinction coefficient of less than 0.0005 over the wavelength range of 800 nm to 1100 nm.

指定代表圖：

- 符號簡單說明：
- 600 . . . 光學濾波器
 - 610 . . . 濾波器堆疊
 - 611 . . . 氮化矽層
 - 612 . . . 較低折射率層
 - 620 . . . 基板
 - 630 . . . 抗反射 (AR) 塗層



【圖 6】

【發明說明書】

【中文發明名稱】

光學濾波器及感測器系統

【英文發明名稱】

OPTICAL FILTER AND SENSOR SYSTEM

【技術領域】

本發明係關於光學濾波器及包括光學濾波器之感測器系統。更特定而言，本發明係關於包含氫化矽層之光學濾波器及包括此等光學濾波器之感測器系統。

【先前技術】

在一典型示意動作辨識系統中，一光源朝向一使用者發射近紅外線光。一個三維(3D)影像感測器偵測由該使用者反射之所發射光以提供該使用者之一3D影像。接著，一處理系統分析該3D影像以辨識由該使用者做出之一示意動作。

一光學濾波器(更具體而言，一帶通濾波器)用以將所發射光透射至3D影像感測器，同時實質上阻擋周圍光。換言之，光學濾波器用於篩選出周圍光。因此，需要具有在近紅外線波長範圍(亦即，800 nm至1100 nm)中之一窄通帶之一光學濾波器。此外，光學濾波器必須具有在通帶內之一高透射率位準及在通帶外之一高阻擋位準。

照慣例，光學濾波器包含塗佈於一基板之相對表面上之一濾波器堆疊及一阻擋堆疊。該等堆疊中之每一者由交替堆疊之高折射率層及低折射率層形成。通常，不同氧化物用於高折射率層及低折射率層，諸如TiO₂、Nb₂O₅、Ta₂O₅、SiO₂及其混合物。舉例而言，某些習用光學濾波器包含一

TiO₂/SiO₂濾波器堆疊及一Ta₂O₅/SiO₂阻擋堆疊，其中高折射率層分別由TiO₂或Ta₂O₅構成，且低折射率層由SiO₂構成。

在經設計以在0°至30°之一入射角範圍內透射829 nm至859 nm之一波長範圍中之光的一第一習用光學濾波器中，濾波器堆疊包含71層，阻擋堆疊包含140層，且總塗層厚度係約24 μm。圖1中分別繪製此光學濾波器在0°及30°之入射角下之透射光譜100及101。在經設計以在0°至20°之一入射角範圍內透射在825 nm之一波長下之光的一第二習用光學濾波器中，濾波器堆疊包含43層，阻擋堆疊包含82層且總塗層厚度係約14 μm。圖2中分別繪製此光學濾波器在0°及20°之入射角下之透射光譜200及201。在經設計以在0°至24°之一入射角範圍內透射在845 nm至865 nm之一波長範圍中之光的一第三習用光學濾波器中，濾波器堆疊包含77層，阻擋堆疊包含148層且總塗層厚度係約26 μm。圖3中分別繪製此光學濾波器在0°及24°之入射角下之透射光譜300及301。

參考圖1至圖3，第一、第二及第三習用光學濾波器通常具有在通帶內之一高透射率位準及在通帶外側之一高阻擋位準。然而，通帶之中心波長隨著入射角之改變經受一相對大移位。因此，通帶必須相對寬以接受在所需入射角範圍內之光，從而增加經透射之周圍光之量且減小併入有此等習用光學濾波器之系統之信雜比。此外，濾波器堆疊及阻擋堆疊中之大數目之層增加製作此等習用光學濾波器中所涉及之費用及塗佈時間。大總塗層厚度亦使得難以(例如)藉由光微影來圖案化此等習用光學濾波器。

為增強示意動作辨識系統中之光學濾波器之效能，將期望減少層之數目、總塗層厚度及隨著入射角改變之中心波長移位。一種方法係針對高折射率層使用在800 nm至1100 nm之波長範圍內具有比習用氧化物高之一折

射率之一材料。除一較高折射率以外，材料亦必須在800 nm至1100 nm之波長範圍內具有一低消光係數以便在通帶內提供一高透射率位準。

Lairson等人在標題為「Reduced Angle-Shift Infrared Bandpass Filter Coatings」之一文章(SPIE之會議記錄，2007年，6545卷，65451C-1至65451C-5 頁)中及 Gibbons 等人在標題為「Development and Implementation of a Hydrogenated a-Si Reactive Sputter Deposition Process」之一文章(真空塗佈機協會之年度技術會議之會議記錄，2007年，50卷，327至330頁)中皆揭示了在光學濾波器中將氫化矽(Si:H)用於高折射率層。Lairson等人揭示了在1500 nm之一波長下具有3.2之一折射率且在大於1000 nm之波長下具有小於0.001之一消光係數之一氫化矽材料。Gibbons等人揭示了藉由交流電(AC)濺鍍生產之在830 nm之一波長下具有3.2之一折射率且在830 nm之一波長下具有0.0005之一消光係數之一氫化矽材料。遺憾地，此等氫化矽材料在800 nm至1100 nm之波長範圍內並不具有一合適低消光係數。

【發明內容】

因此，本發明係關於一種光學濾波器，其具有與800 nm至1100 nm之一波長範圍至少部分重疊之一通帶，該光學濾波器包括一濾波器堆疊，該濾波器堆疊包含：複數個氫化矽層，其各自具有在800 nm至1100 nm之波長範圍內大於3之一折射率及在800 nm至1100 nm之波長範圍內小於0.0005之一消光係數；及與該複數個氫化矽層交替堆疊之複數個較低折射率層，其各自具有在800 nm至1100 nm之波長範圍內小於3之一折射率。

本發明亦係關於一種感測器系統，其包括：一光源，其用於發射在800 nm至1100 nm之一波長範圍中之一發射波長下之光；一光學濾波器，其具

有包含該發射波長且與800 nm至1100 nm之波長範圍至少部分重疊之一通帶，該光學濾波器經安置以接收所發射光，用於透射該所發射光同時實質上阻擋周圍光，該光學濾波器包括一濾波器堆疊，該濾波器堆疊包含各自具有在800 nm至1100 nm之波長範圍內大於3之一折射率及在800 nm至1100 nm之波長範圍內小於0.0005之一消光係數之複數個氫化矽層以及與該複數個氫化矽層交替堆疊之各自具有在800 nm至1100 nm之波長範圍內小於3之一折射率之複數個較低折射率層；及一感測器，其經安置以接收在由該光學濾波器透射之後的該所發射光，用於偵測該所發射光。

【圖式簡單說明】

將參考隨附圖式更詳細地闡述本發明，其中：

圖1係一第一習用光學濾波器在0°及30°之入射角下之透射光譜之一曲線圖；

圖2係一第二習用光學濾波器在0°及20°之入射角下之透射光譜之一曲線圖；

圖3係一第三習用光學濾波器在0°及24°之入射角下之透射光譜之一曲線圖；

圖4係一濺鍍沈積系統之一示意性圖解說明；

圖5A係在存在及不存在氫之情況下沈積之1500 nm厚之矽層之透射光譜之一曲線圖；

圖5B係氫化矽(Si:H)層在一退火步驟之前及之後在50%之一透射率位準下之吸收邊緣波長對氫流率之一曲線圖；

圖5C係氫化矽層在800 nm至1120 nm之波長下之折射率對氫流率之一曲線圖；

圖5D係氮化矽層在800 nm至880 nm之波長下之吸收係數對氫流率之一曲線圖；

圖6係根據本發明之一光學濾波器之一剖面之一示意性圖解說明；

圖7A係比較圖1之第一習用光學濾波器與根據本發明之一第一例示性光學濾波器之性質之一表；

圖7B係列舉第一例示性光學濾波器之抗反射(AR)塗層之層數目、材料及厚度之一表；

圖7C係列舉第一例示性光學濾波器之濾波器堆疊之層數目、材料及厚度之一表；

圖7D係第一例示性光學濾波器在0°及30°之入射角下之透射光譜之一曲線圖；

圖7E係類似於第一例示性光學濾波器但包含一Si/SiO₂濾波器堆疊之一光學濾波器在0°及30°之入射角下之透射光譜之一曲線圖；

圖8A係比較圖2之第二習用光學濾波器與根據本發明之一第二例示性光學濾波器之性質之一表；

圖8B係列舉第二例示性光學濾波器之濾波器堆疊之層數目、材料及厚度之一表；

圖8C係第二例示性光學濾波器在0°及20°之入射角下之透射光譜之一曲線圖；

圖8D係類似於第二例示性光學濾波器但包含一Si/SiO₂濾波器堆疊之一光學濾波器在0°及20°之入射角下之透射光譜之一曲線圖；

圖9A係列舉根據本發明之一第三例示性光學濾波器之濾波器堆疊之層數量、材料及厚度之一表；

圖9B係第三例示性光學濾波器在0°及40°之入射角下之透射光譜之一曲線圖；及

圖10係根據本發明之一感測系統之一方塊圖。

【實施方式】

本發明提供一種包含氫化矽(Si:H)層之光學濾波器，其尤其適合於在一感測器系統(諸如一接近感測器系統、一個三維(3D)成像系統或一示意動作辨識系統)中使用。

本發明之光學濾波器使用在800 nm至1100 nm之一波長範圍(亦即，在近紅外線波長範圍中)內具有一高折射率及一低吸收係數兩者之一經改良氫化矽材料。通常，氫化矽材料係非晶的。較佳地藉由脈衝式直流(DC)濺鍍生產該氫化矽材料。在Tilsch等人之於2012年4月24日頒佈之美國專利第8,163,144號中闡述適合於生產氫化矽材料之一濺鍍沈積系統，該專利以引用的方式併入本文中。

參考圖4，用以生產氫化矽材料之一典型濺鍍沈積系統400包含一真空室410、一基板420、一陰極430、一陰極電源供應器440、一陽極450、一電漿活化源(PAS) 460及一PAS電源供應器470。陰極430由陰極電源供應器440供電，陰極電源供應器440係一脈衝式DC電源供應器。PAS 460由PAS電源供應器470供電，電源供應器470係一射頻(RF)電源供應器。

陰極430包含在存在氫(H₂)以及一惰性氣體(諸如氬)之情況下濺鍍之一矽標的431以將氫化矽材料作為一層沈積在基板420上。透過陽極450及PAS 460將惰性氣體引入至真空室410中。另一選擇係，真空室410之若干壁可用作陽極，且可在一不同位置處引入惰性氣體。

透過用於活化氫之PAS 460將氫引入至真空室410中。經活化氫更具化

學反應性且因此更可能形成被認為負責氫化矽材料之光學性質之Si-H鍵。PAS 460位於極接近陰極430之處，此允許PAS電漿與陰極電漿重疊。據信，電漿中存在經活化氫之原子物種及分子物種兩者。PAS 460之使用允許以一相對低氫含量在一相對高沈積速率下沈積氫化矽層。通常，在0.05 nm/s至1.2 nm/s之一沈積速率下、較佳地在約0.8 nm/s之一沈積速率下沈積氫化矽層。另一選擇係，陰極電漿可單獨用於氫活化。

氫化矽材料之光學性質主要取決於真空室410中之氫含量且因此取決於氫流率。然而，氫化矽材料之光學性質亦受其他參數影響，諸如惰性氣體之流率、PAS功率位準、陰極功率位準及沈積速率。

圖5A分別展示在存在氫之情況下以139 sccm之一氫流率沈積及在不存在氫之情況下沈積之1500 nm厚矽層之透射光譜500及透射光譜501。在存在氫之情況下沈積之矽層(亦即，氫化矽層)在800 nm至1100 nm之波長範圍內具有一顯著較高透射率位準。

圖5B分別展示氫化矽層在一退火步驟之前及之後在50%之一透射率位準下之吸收邊緣波長對氫流率之曲線510及曲線511。對於沈積態氫化矽層，吸收邊緣波長隨著氫流率之增加而減小。通常，吸收邊緣波長隨著氫流率大致以對數方式變化。藉由在約300°C之一溫度下實施約60分鐘之退火步驟進一步減小吸收邊緣波長。通常，在執行一選用塗佈後退火步驟時，以在高達350°C之一溫度下將氫化矽層退火高達120分鐘，較佳地，在250°C至350°C之一溫度下退火30分鐘至90分鐘。在某些例項中，可執行一個以上退火步驟。

因此，可藉由調整氫流率及視情況藉由退火來調諧氫化矽材料之吸收邊緣波長。同樣，亦可藉由調整氫流率及視情況藉由退火來調諧氫化矽材

料之折射率及吸收係數。通常，以大於80 sccm之一氫流率、較佳地以約80 sccm之一氫流率沈積氮化矽層。然而，應注意，與此流率相關聯之氫含量將取決於真空系統之泵送速度。

圖5C展示沈積態氮化矽層在800 nm至1120 nm之波長下之折射率對氫流率之一曲線圖。折射率隨著氫流率之增加而減小。通常，折射率隨著氫流率大致線性地變化。特定而言，在800 nm至1120 nm之波長範圍內，以80 sccm之一氫流率生產之氮化矽層之折射率大於3.55。

圖5D展示沈積態氮化矽層在800 nm至880 nm之波長下之吸收係數對氫流率之一曲線圖(在920 nm至1120 nm之波長下，吸收係數小於0.0001)。吸收係數隨著氫流率之增加而減小。通常，吸收係數隨著氫流率大致以指數方式變化。特定而言，在800 nm至1120 nm之波長範圍內，以80 sccm之一氫流率生產之氮化矽層之吸收係數小於0.0004。

在本發明之光學濾波器中使用經調諧而具有適合光學性質之經改良氮化矽材料。參考圖6，光學濾波器600包含安置於一基板620之一第一表面上之一濾波器堆疊610。在大多數例項中，基板620係一獨立式基板，通常係一玻璃基板(例如一borofloat玻璃基板)。另一選擇係，基板620可係一感測器或另一裝置。在基板620係一獨立式基板時，通常將一抗反射(AR)塗層630安置於基板620之與第一表面相對之一第二表面上。通常，AR塗層630係一多層干涉塗層，例如一 $\text{Ta}_2\text{O}_5/\text{SiO}_2$ 塗層。此外，通常，AR塗層630具有0.1 μm 至1 μm 之一厚度。

濾波器堆疊610包含交替堆疊的用作較高折射率層之複數個氮化矽層611及複數個較低折射率層612。通常，濾波器堆疊610由按 $(\text{H}/\text{L})_n$ 、 $(\text{H}/\text{L})_n\text{H}$ 或 $\text{L}(\text{H}/\text{L})_n$ 之一序列堆疊的複數個氮化矽層611及複數個較低折射率層612

組成。通常，濾波器堆疊610包含總共10層至100層，亦即， $5 \leq n \leq 50$ 。此外，通常，氮化矽層611及較低折射率層612各自具有3 nm 至300 nm之一厚度，且濾波器堆疊610具有1 μm 至10 μm 之一厚度。通常，根據一特定光學設計來選擇層數目及厚度。較佳地，光學濾波器600具有小於10 μm 之一總塗層厚度，亦即，濾波器堆疊610及AR塗層630之厚度。

氮化矽層611由經調諧而具有在800 nm至1100 nm之波長範圍內大於3之一折射率及小於0.0005之一消光係數之經改良氮化矽材料構成。較佳地，氮化矽材料具有在800 nm至1100 nm之波長範圍內大於3.5之一折射率，例如，在830 nm之一波長下大於3.64(亦即，約為3.6)之一折射率。通常期望一較高折射率。然而，通常，氮化矽材料具有在800 nm至1100 nm之波長範圍內小於4.5之一折射率。

較佳地，氮化矽材料具有在800 nm至1100 nm之波長範圍內小於0.0004之一消光係數，更佳地，在800 nm至1100 nm之波長範圍內小於0.0003之一消光係數。通常，氮化矽材料具有在小於600 nm之波長下大於0.01之一消光係數，較佳地，在小於650 nm之波長下大於0.05之一消光係數。由於氮化矽材料在小於600 nm之波長下相對強地吸收，因此在光學濾波器600中並不需要一額外阻擋堆疊。

較低折射率層612由具有在800 nm至1100 nm之波長範圍內低於氮化矽層611之折射率之一較低折射率材料構成。通常，較低折射率材料具有在800 nm至1100 nm之波長範圍內小於3之一折射率。較佳地，較低折射率材料具有在800 nm至1100 nm之波長範圍內小於2.5之一折射率，更佳地，在800 nm至1100 nm之波長範圍內小於2之一折射率。

針對較低折射率層612通常期望一較低折射率以增加光學濾波器600

之阻擋波長範圍(亦即，阻帶)之寬度，從而允許在濾波器堆疊610中藉助較少層達成相同阻擋位準。然而，在某些例項中，可期望仍低於氮化矽層611之折射率之一稍高折射率以減少光學濾波器600隨著入射角改變之中心波長移位，亦即，角移位。

在大多數例項中，較低折射率材料係一介電材料，通常係氧化物。適合較低折射率材料包含二氧化矽(SiO_2)、氧化鋁(Al_2O_3)、二氧化鈦(TiO_2)、五氧化二銻(Nb_2O_5)、五氧化二鉭(Ta_2O_5)及其混合物(亦即，混合之氧化物)。

可藉由使用一濺鍍製程來製作光學濾波器600。通常，在類似於圖4中所圖解說明之系統之一濺鍍沈積系統之真空室中提供基板620。接著在基板620之第一表面上依序沈積氮化矽層611及較低折射率層612以作為一多層塗層來形成濾波器堆疊610。通常，在存在氫之情況下藉由一矽標的之脈衝式DC濺鍍來沈積氮化矽層611，如迄今為止所闡述。此外，通常，在存在氧之情況下藉由一或多個適合金屬標的(例如一矽標的、一鋁標的、一鈦標的、一銻標的及/或一鉭標的)之脈衝式DC濺鍍來沈積較低折射率層612。以一類似方式在基板620之第二表面上沈積AR塗層630。應注意，形成濾波器堆疊610及AR塗層630之次序通常係不重要的。

光學濾波器600係具有與800 nm至1100 nm之波長範圍至少部分重疊之一通帶之一干涉濾波器。該通帶可包含800 nm至1100 nm之整個波長範圍或更通常該波長範圍之僅一部分。通帶可限制於800 nm至1100 nm之波長範圍之部分或全部或者可延伸超出該波長範圍。較佳地，光學濾波器600具有在800 nm至1100 nm之波長範圍內在該通帶內大於90%之一透射率位準。

光學濾波器600通常在400 nm至1100 nm之一波長範圍內、較佳地在

300 nm至1100 nm之一波長範圍內在通帶之外側提供阻擋(亦即，在該通帶之一側或兩側上之一阻帶)。較佳地，光學濾波器600具有在400 nm至1100 nm之波長範圍內在通帶之外側大於OD2之一阻擋位準，更佳地，在300 nm至1100 nm之一波長範圍內大於OD3之一阻擋位準。

在某些例項中，光學濾波器600係一長波通邊緣濾波器，且通帶具有在800 nm至1100 nm之波長範圍中之一邊緣波長。然而，在大多數例項中，光學濾波器600係一帶通濾波器，較佳地係一窄帶通濾波器。通常，通帶具有在800 nm至1100 nm之波長範圍中之一中心波長。較佳地，通帶具有小於50 nm之半峰全幅值(FWHM)。通常，整個通帶在800 nm至1100 nm之波長範圍內。

通常，光學濾波器600具有隨著入射角之改變之一低中心波長移位。較佳地，隨著入射角自0°至30°之一改變，通帶之中心波長在量值上移位小於20 nm。因此，光學濾波器600具有一寬入射角接受範圍。

光學濾波器600可具有多種光學設計。一般而言，針對一特定通帶藉由選擇濾波器堆疊610之適合層數目、材料及/或厚度來最佳化光學濾波器600之光學設計。下文所闡述之某些例示性光學濾波器包含塗佈於一borofloat玻璃基板之相對表面上之一Si:H/SiO₂濾波器堆疊及一Ta₂O₅/SiO₂ AR塗層。

參考圖7，一第一例示性光學濾波器係經設計以在0°至30°之一入射角範圍內透射在829 nm至859 nm之一波長範圍中之光的一窄帶通濾波器。圖7之第一例示性光學濾波器與圖1之第一習用光學濾波器相當，且在圖7A中比較該等光學濾波器之某些性質。圖7B及圖7C中分別列舉了第一例示性濾波器之AR塗層及濾波器堆疊之設計資料，亦即，層數目(自基板至空氣)、

材料及厚度。濾波器堆疊包含48層，AR塗層包含5層，且總塗層厚度係約5.7 μm 。

圖7D中分別繪製了第一例示性光學濾波器在0°及30°之入射角下之透射光譜700及701。第一例示性光學濾波器在450 nm至1050 nm之一波長範圍內具有在通帶內大於90%之一透射率位準及在通帶外側大於OD3之一阻擋位準。通帶在0°之一入射角下具有約850 nm之一中心波長及約46.5 nm之一FWHM。隨著入射角自0°改變至30°，通帶之中心波長移位約-12.2 nm。

有利地，圖7之第一例示性光學濾波器包含比圖1之第一習用光學濾波器更少之層且具有一更小總塗層厚度。特定而言，第一例示性光學濾波器之總塗層厚度係第一習用光學濾波器之總塗層厚度之約四分之一。因此，第一例示性光學濾波器製作成本較低且易於圖案化。此外，有利地，第一例示性光學濾波器具有隨著入射角之改變之一較低中心波長移位。因此，第一例示性光學濾波器之通帶可顯著地較窄，同時接受在相同入射角範圍內之光，從而改良併入有第一例示性光學濾波器之系統之信雜比。

亦可比較第一例示性光學濾波器與包含一Si/SiO₂濾波器堆疊(亦即，包含非氫化矽層之一濾波器堆疊而非一Si:H/SiO₂濾波器堆疊)之一類似光學濾波器。圖7E中分別繪製了此光學濾波器在0°及30°之入射角下之透射光譜710及711。此光學濾波器在通帶內之透射率位準過低而無用。

參考圖8，一第二例示性光學濾波器係經設計以在0°至20°之一入射角範圍內透射在825 nm之一波長下之光的一較窄帶通濾波器。圖8之第二例示性光學濾波器與圖2之第二習用光學濾波器相當，且在圖8A中比較該等光學濾波器之某些性質。圖7B中列舉與第一例示性光學濾波器之AR塗層相同之第二例示性光學濾波器之AR塗層之設計資料。圖8B中列舉第二例

示性光學濾波器之濾波器堆疊之設計資料。濾波器堆疊包含25層，AR塗層包含5層，且總塗層厚度係約3.3 μm 。

圖8C中分別繪製第二例示性光學濾波器在0°及20°之入射角下之透射光譜800及801。第二例示性光學濾波器在400 nm至1100 nm之一波長範圍內具有在通帶內大於90%之一透射率位準及在通帶外側大於OD2之一阻擋位準。通帶在0°之一入射角處具有約829 nm之一中心波長及約29.6 nm之一FWHM。隨著入射角自0°改變至20°，通帶之中心波長移位約-7.8 nm。

類似於圖7之第一例示性光學濾波器，圖8之第二例示性光學濾波器有利地包含比圖2之第二習用光學濾波器更少之層，具有一更小總塗層厚度，且具有隨著入射角改變之一較低中心波長移位。

亦可比較第二例示性光學濾波器與包含一Si/SiO₂濾波器堆疊而非一Si:H/SiO₂濾波器堆疊之一類似光學濾波器。圖8D中分別繪製此光學濾波器在0°及20°之入射角下之透射光譜810及811。此光學濾波器在通帶內之透射率位準過低而無用。

參考圖9，一第三例示性光學濾波器係經設計以在0°至40°之入射角範圍內透射在845 nm至865 nm之一波長範圍內之光的一窄帶通濾波器。圖9之第三例示性光學濾波器與圖3之第三習用光學濾波器相當。圖7B中列舉與第一例示性光學濾波器之AR塗層相同之第三例示性光學濾波器之AR塗層之設計資料。圖9A中列舉第三例示性光學濾波器之濾波器堆疊之設計資料。濾波器堆疊包含29層，AR塗層包含5層，且總塗層厚度係約4.8 μm 。

圖9B中分別繪製了第三例示性光學濾波器在0°及40°之入射角下之透射光譜900及901。圖9之第三例示性光學濾波器具有與圖3之第三習用光學濾波器實質上相同之通帶寬度，但在通帶內具有一略低透射率位準。然而，

有利地，與接受在僅 0° 至 24° 之一入射角範圍內之光之第三習用光學濾波器相比，第三例示性光學濾波器接受在 0° 至 40° 之一顯著更大入射角範圍內之光。換言之，第三例示性光學濾波器具有一顯著更寬入射角接受範圍。此外，有利地，第三例示性光學濾波器包含更少之層且具有約為第三習用光學濾波器之總塗層厚度之約五分之一的一較小總塗層厚度。

如迄今為止所提及，在本發明之光學濾波器形成一感測器系統(諸如一接近感測器系統、一3D成像系統或一示意動作辨識系統)之一部分時，其尤其有用。參考圖10，一典型感測器系統1000包含一光源1010、根據本發明之一光學濾波器1020及一感測器1030。注意，為圖解說明之簡單起見，省略了一感測器系統中通常包含之其他元件(諸如光學器件)。

光源1010發射在800 nm至1100 nm之一波長範圍中之一發射波長下之光。通常，光源1010發射經調變光，例如光脈衝。較佳地，光源1010係一發光二極體(LED)、一LED陣列、一雷射二極體或一雷射二極體陣列。光源1010朝向一標的1040發射光，標的1040將所發射光朝向感測器系統1000往回反射。在感測器系統1000係一示意動作辨識系統時，標的1040係該示意動作辨識系統之一使用者。

光學濾波器1020經安置以接收由標的1040反射之後的所發射光。光學濾波器1020具有包含發射波長且與800 nm至1100 nm之波長範圍至少部分重疊之一通帶。通常，光學濾波器1020係一帶通濾波器，較佳地係一窄帶通濾波器，如迄今為止所闡述。光學濾波器1020透射來自光源1010之所發射光，同時實質上阻擋周圍光。簡言之，光學濾波器1020自光源1010接收由標的1040反射之後的所發射光且將所發射光透射至感測器1030。

感測器1030經安置以接收由光學濾波器1020透射之後的所發射光，亦

即，感測器1030經安置在光學濾波器1020後面。在某些例項中，光學濾波器1020直接形成於感測器1030上，且因此安置於感測器1030上。舉例而言，可在晶圓層級處理(WLP)中例如藉由光微影在感測器(例如接近感測器)上塗佈及圖案化光學濾波器1020。

根據此項技術中已知之方法，在感測器系統1000係一接近感測器系統時，感測器1030係偵測所發射光以感測標的1040之一接近之一接近感測器。在感測器系統1000係一3D成像系統或一示意動作辨識系統時，感測器1030係偵測所發射光以提供標的1040(在某些例項中，係使用者)之一3D影像之一3D影像感測器(例如一電荷耦合裝置(CCD)晶片或一互補金屬氧化物半導體(CMOS)晶片)。通常，根據此項技術中已知之方法，3D影像感測器將光學資訊轉換成用於由一處理系統(例如一特殊應用積體電路(ASIC)晶片或一數位信號處理器(DSP)晶片)處理之一電信號。舉例而言，在感測器系統1000係一示意動作辨識系統時，處理系統處理使用者之3D影像以辨識該使用者之一示意動作。

【符號說明】

100	透射光譜
101	透射光譜
200	透射光譜
201	透射光譜
300	透射光譜
301	透射光譜
400	典型濺鍍沈積系統
410	真空室

420	基板
430	陰極
431	矽標的
440	陰極電源供應器
450	陽極
460	電漿活化源
470	電漿活化源電源供應器/電源供應器
500	透射光譜
501	透射光譜
510	曲線
511	曲線
600	光學濾波器
610	濾波器堆疊
611	氮化矽層
612	較低折射率層
620	基板
630	抗反射(AR)塗層
700	透射光譜
701	透射光譜
710	透射光譜
711	透射光譜
800	透射光譜
801	透射光譜

810	透射光譜
811	透射光譜
900	透射光譜
901	透射光譜
1000	感測器系統
1010	光源
1020	光學濾波器
1030	感測器
1040	標的



【發明摘要】

【中文發明名稱】

光學濾波器及感測器系統

【英文發明名稱】

OPTICAL FILTER AND SENSOR SYSTEM

【中文】

本發明提供一種光學濾波器，其具有與800 nm至1100 nm之一波長範圍至少部分重疊之一通帶。該光學濾波器包含由交替堆疊之氫化矽層與較低折射率層形成之一濾波器堆疊。該等氫化矽層各自具有在800 nm至1100 nm之該波長範圍內大於3一折射率及在800 nm至1100 nm之該波長範圍內小於0.0005之一消光係數。

【英文】

An optical filter having a passband at least partially overlapping with a wavelength range of 800 nm to 1100 nm is provided. The optical filter includes a filter stack formed of hydrogenated silicon layers and lower-refractive index layers stacked in alternation. The hydrogenated silicon layers each have a refractive index of greater than 3 over the wavelength range of 800 nm to 1100 nm and an extinction coefficient of less than 0.0005 over the wavelength range of 800 nm to 1100 nm.

【指定代表圖】

圖6

【代表圖之符號簡單說明】

600 光學濾波器

- 610 濾波器堆疊
- 611 氮化矽層
- 612 較低折射率層
- 620 基板
- 630 抗反射(AR)塗層

【發明申請專利範圍】

【第1項】

一種物件(article)，其包括：

複數個氫化矽(hydrogenated silicon)層；及

複數個較低折射率層，其中該複數個較低折射率層包括二氧化矽除外之至少一氧化物，

其中該複數個較低折射率層包括氧化鋁(Al_2O_3)、二氧化鈦(TiO_2)、五氧化二鉬(Nb_2O_5)、五氧化二鉭(Ta_2O_5)及其一混合物中之至少一者。

【第2項】

如請求項1之物件，其中該物件具有與800 nm至1100 nm之一波長範圍至少部分重疊之一通帶(passband)，且

該通帶具有一中心波長，且該中心波長在入射角自0°至30°間之一改變之情況下在量值(magnitude)上移位(shifts)小於20 nm。

【第3項】

如請求項2之物件，其中該通帶具有一中心波長，且該中心波長在入射角自0°至30°間之一改變之情況下在量值上移位小於13 nm。

【第4項】

如請求項2之物件，其中該通帶具有一中心波長且該中心波長在入射角自0°至30°間之一改變之情況下在量值上移位大約12.2 nm。

【第5項】

如請求項1之物件，其中該複數個氫化矽層在830 nm之一波長具有大於3.6之一折射率。

【第6項】

如請求項1之物件，其中該複數個氫化矽層之至少一者比該複數個較低折射率層之至少一者更大。

【第7項】

如請求項1之物件，其進一步包含：

一第一濾波器堆疊，其中該複數個較低折射率層之至少一者係位於該複數個氫化矽層之兩個氫化矽層之間。

【第8項】

如請求項7之物件，其進一步包含：

一第二濾波器堆疊。

【第9項】

一種物件，其包含：

複數個氫化矽層，及

複數個較低折射率層，其中該複數個氫化矽層中之至少一者比該等較低折射率層中之至少一者更厚，

其中該複數個氫化矽層在800 nm之一波長具有大於3.65之一折射率。

【第10項】

如請求項9之物件，其中在一特定波長範圍內該複數個氫化矽層具有大於3之一折射率。

【第11項】

如請求項9之物件，其中在一特定波長範圍內該複數個氫化矽層具有小於0.0005之一消光係數(extinction coefficient)。

【第12項】

如請求項9之物件，其中該複數個較低折射率層包括至少一氧化物。

【第13項】

如請求項12之物件，其中該複數個較低折射率層包括二氧化矽(SiO_2)、氧化鋁(Al_2O_3)、二氧化鈦(TiO_2)、五氧化二銱(Nb_2O_5)、五氧化二鉭(Ta_2O_5)及其一混合物中之至少一者。

【第14項】

如請求項9之物件，其中該物件具有一通帶，該通帶具有一中心波長，且該中心波長在一入射角自 0° 至 30° 間之一改變之情況下在量值上移位小於13 nm。

【第15項】

如請求項9之物件，其中該物件具有一通帶，該通帶具有一中心波長且該中心波長在一入射角自 0° 至 30° 間之一改變之情況下在量值上移位大約12.2 nm。

【第16項】

如請求項9之物件，其中在830 nm之一波長該複數個氮化矽層具有大於3.6之一折射率。

【第17項】

如請求項9之物件，其進一步包含：

一第一濾波器堆疊，其中該複數個較低折射率層之至少一者係位於該複數個氮化矽層之兩個氮化矽層之間。

【第18項】

如請求項17之物件，其進一步包含：

一第二濾波器堆疊。

【第19項】

如請求項18之物件，其中

該第一濾波器堆疊界定具有一低通截止(cutoff)波長之一低通濾波器，

該第二濾波器堆疊界定具有一高通截止波長之一高通濾波器，且

該物件具有一通帶，其經界定介於該高通截止波長及該低通截止波長之間。

【第20項】

一種光學濾波器，其包含：

一第一濾波器堆疊，其在一基板之一第一側，該第一濾波器堆疊包括若干氮化矽層及一較低折射率材料之若干層之若干交替層；及

一第二濾波器堆疊，其在該基板之一第二、相對側(a second, opposite side)，

該第二濾波器堆疊包括至少二個、不同(two, different)氧化物。

【第21項】

如請求項20之光學濾波器，其中該第二濾波器堆疊包括二氧化矽(SiO₂)及五氧化二鉭(Ta₂O₅)中之至少一者。

【第22項】

如請求項20之光學濾波器，其中該第二濾波器堆疊具有0.1 μm至1 μm之一厚度。

【第23項】

如請求項20之光學濾波器，其中該光學濾波器具有小於10μm之一總塗層厚度。

【第24項】

如請求項20之光學濾波器，其中在830 nm之一波長該等氮化矽層具有大於3.6之一折射率。

【第25項】

如請求項20之光學濾波器，其中該複數個氮化矽層中之至少一者比該等較低折射率層中之至少一者更厚。

【第26項】

如請求項20之光學濾波器，其中

該第一濾波器堆疊界定具有一低通截止波長之一低通濾波器，

該第二濾波器堆疊界定具有一高通截止波長之一高通濾波器，且

該光學濾波器具有一通帶，其經界定介於該高通截止波長及該低通截止波長之間。

【第27項】

一種光學濾波器，其包含：

複數個層，其中該複數個層包括若干氮化矽層及若干較低折射率層，且其中該光學濾波器具有一通帶且該通帶具有一中心波長，且該中心波長在一入射角自0°至30°間之一改變之情況下在量值上移位小於13 nm。

【第28項】

如請求項27之光學濾波器，其中該通帶在該入射角之一改變之情況下在量值上移位少於12.5 nm。

【第29項】

如請求項27之光學濾波器，其中該複數個氮化矽層中之至少一者比該等較低折射率層中之至少一者更厚。

【第30項】

如請求項27之光學濾波器，其中該等氮化矽層之一折射率大於3。

