



(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 201017899 A1

(43)公開日：中華民國 99 (2010) 年 05 月 01 日

(21)申請案號：098108310

(22)申請日：中華民國 98 (2009) 年 03 月 13 日

(51)Int. Cl. :

H01L31/042 (2006.01)

H01L31/18 (2006.01)

(30)優先權：2008/10/16 美國 61/106,058

2008/12/22 美國 61/139,839

(71)申請人：高通微機電系統科技公司 (美國) QUALCOMM MEMS TECHNOLOGIES, INC.

(US)

美國

(72)發明人：葛瑞費斯 強納生 C GRIFFITHS, JONATHAN C. (US) ; 克司里 曼尼須

KOTHARI, MANISH (US)

(74)代理人：陳長文

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：41 項 圖式數：6 共 64 頁

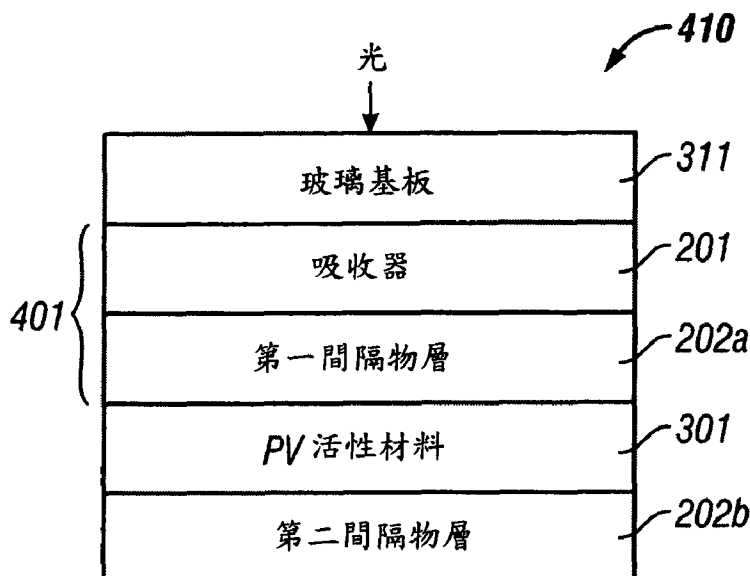
(54)名稱

單片干涉測量調變色彩增強光伏打電池

MONOLITHIC IMOD COLOR ENHANCED PHOTOVOLTAIC CELL

(57)摘要

本發明揭示一種將干涉測量堆疊併入光伏打裝置中之裝置及一種製造包含干涉測量堆疊之光伏打裝置的方法。在一實例中，光伏打裝置 410 包括光伏打活性層 301、吸收器層 201 及第一光學諧振腔層 202a。光學諧振腔層 202a 安置於吸收器層 201 與光伏打活性層 301 之間從而形成干涉測量調變器 200。干涉測量調變器 200 經組態以反射均一色彩。在另一實例中，一種製造光伏打裝置之方法包括將光伏打活性層 301 沈積於干涉測量堆疊 401 上。干涉測量堆疊 401 可包括吸收器層 201 及第一光學諧振腔 202a。光伏打活性層 301 沈積於光學諧振腔 202a 上且所形成之光伏打裝置反射均一色彩。



201：吸收器層

202a：第一間隔物層

202b：第二間隔物層

301：PV 活性區域

311：玻璃基板

401：干涉測量堆疊

410：光伏打裝置



(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 201017899 A1

(43)公開日：中華民國 99 (2010) 年 05 月 01 日

(21)申請案號：098108310

(22)申請日：中華民國 98 (2009) 年 03 月 13 日

(51)Int. Cl. : H01L31/042 (2006.01)

H01L31/18 (2006.01)

(30)優先權：2008/10/16 美國 61/106,058

2008/12/22 美國 61/139,839

(71)申請人：高通微機電系統科技公司 (美國) QUALCOMM MEMS TECHNOLOGIES, INC.

(US)

美國

(72)發明人：葛瑞費斯 強納生 C GRIFFITHS, JONATHAN C. (US) ; 克司里 曼尼須

KOTHARI, MANISH (US)

(74)代理人：陳長文

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：41 項 圖式數：6 共 64 頁

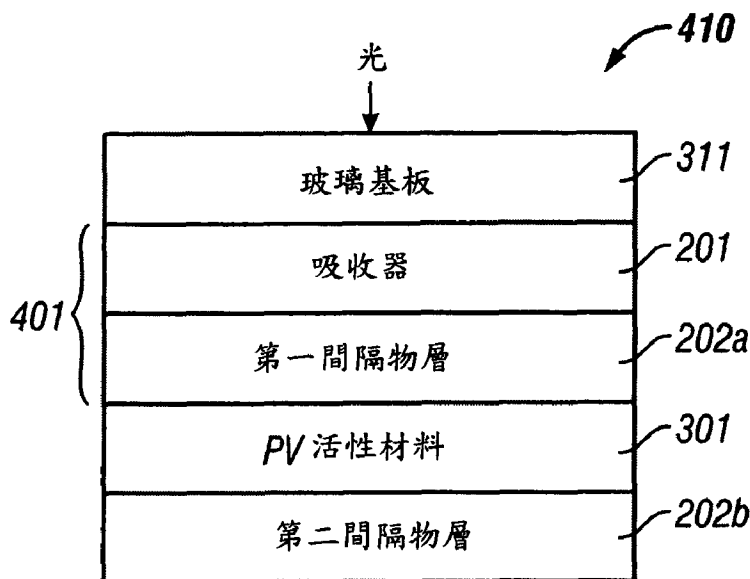
(54)名稱

單片干涉測量調變色彩增強光伏打電池

MONOLITHIC IMOD COLOR ENHANCED PHOTOVOLTAIC CELL

(57)摘要

本發明揭示一種將干涉測量堆疊併入光伏打裝置中之裝置及一種製造包含干涉測量堆疊之光伏打裝置的方法。在一實例中，光伏打裝置 410 包括光伏打活性層 301、吸收器層 201 及第一光學諧振腔層 202a。光學諧振腔層 202a 安置於吸收器層 201 與光伏打活性層 301 之間從而形成干涉測量調變器 200。干涉測量調變器 200 經組態以反射均一色彩。在另一實例中，一種製造光伏打裝置之方法包括將光伏打活性層 301 沈積於干涉測量堆疊 401 上。干涉測量堆疊 401 可包括吸收器層 201 及第一光學諧振腔 202a。光伏打活性層 301 沈積於光學諧振腔 202a 上且所形成之光伏打裝置反射均一色彩。



201：吸收器層

202a：第一間隔物層

202b：第二間隔物層

301：PV 活性區域

311：玻璃基板

401：干涉測量堆疊

410：光伏打裝置

六、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明大體而言係關於將光能轉化為電能之光電換能器(例如，光伏打電池)之領域。

【先前技術】

一個多世紀以來，化石燃料(諸如煤炭、石油及天然氣)在美國提供主要能源。對替代性能源之需要不斷增加。化石燃料為快速地耗盡之非可再生能源。發展中國家(諸如印度及中國)之大規模工業化對可用化石燃料造成顯著負擔。另外，地緣政治問題可迅速地影響此燃料之供應。全球變暖近年來亦引起更大關注。許多因素被認為促成全球變暖；然而，化石燃料之普遍使用被認為是全球變暖之主要原因。因此，迫切需要找到可再生且經濟上可行之能源，其亦應為不危害環境的。太陽能為不危害環境之可再生能源，其可被轉化為其他形式之能量(諸如熱及電)。

光伏打(PV)電池將光能轉化為電能且因此可用以將太陽能轉化為電力。可將光伏打太陽能電池製造得非常薄且模組化。PV電池之大小可在自約幾毫米至幾十公分或更大之範圍內。來自一個PV電池之個別電輸出可在自幾毫瓦至幾瓦特之範圍內。若干PV電池可按陣列進行電連接及封裝以產生充足電量。可將PV電池用於廣泛範圍之應用中(諸如，將電力提供至衛星及其他太空船、將電提供至住宅及商業財產、對汽車電池組進行充電，等等)。

儘管PV裝置具有減少對烴燃料之依賴性的潛力，但PV

裝置之普遍使用已由於效率低下及審美問題而受到阻礙。因此，在此等態樣中之任一者的改良皆可增加對PV裝置之使用。

【發明內容】

本發明之某些實施例包括光伏打電池或裝置，其整合有干涉測量調變器以將一或多種可見色彩反射至檢視者。根據特定應用之需要，可使此等干涉測量著色型 (interferometrically colored) 光伏打裝置反射寬廣色彩範圍中之任一色彩。此可使該等光伏打裝置更具美學愉悅性且因此更有用於營造或建築應用中。

根據一實施例，本發明包含一光伏打裝置，其界定光入射於其上之前側，該光伏打裝置包含具有前側及背側之光伏打活性層、吸收器層及由光伏打活性層之前側及吸收器層界定的第一光學諧振腔。在一些實施例中，第一光學諧振腔可包含第一間隔物層，且在其他實施例中，該間隔物層可包含透明導電氧化物。在一些實施例中，光伏打裝置可包含由反射器及光伏打活性層之背側界定之第二光學諧振腔。

根據另一實施例，本發明包含一種製造光伏打裝置之方法，該方法包含：提供干涉測量堆疊，該干涉測量堆疊包含位於基板上之吸收器層及由該吸收器界定於第一側上之第一光學諧振腔；及將光伏打活性層沈積於干涉測量堆疊上，該光伏打活性層界定第一光學諧振腔之第二側。在一些實施例中，第一光學諧振腔可包含第一間隔物層，且在

其他實施例中，該間隔物層可包含透明導電氧化物。

根據另一實施例，本發明包含光伏打裝置，該光伏打裝置包含干涉測量調變器，該干涉測量調變器包含光伏打活性層。在一些實施例中，光伏打活性層具有前側及背側，且該裝置進一步包含由光伏打活性層之前側界定之第一光學諧振腔。在一些實施例中，光伏打活性層包含薄膜光伏打材料。

根據另一實施例，本發明包含光伏打裝置，該光伏打裝置界定光入射於其上之前側，該光伏打裝置包含：用於部分地反射入射於前側上之光的第二構件、用於部分地反射入射於前側上並通過第一構件之光的第二構件，及由第一構件及第二構件界定之第一光學諧振腔。在一態樣中，第一構件包含光伏打活性層。在另一態樣中，第二構件包含吸收器層。

【實施方式】

在僅用於說明性目的之隨附示意性圖式中說明本文中所示之實例實施例。除非另外陳述為如此或有必要反映實施例之所說明態樣之相對大小，否則並不按比例繪製該等圖式。

阻礙在可用表面上普遍採用光伏打(PV)裝置以將光能轉化為電能或電流的一問題為歸因於其色彩而難以將其整合於各種應用中(例如，整合於招牌、廣告牌或建築物上)。活性PV材料自身可呈現為暗色。一些有光澤的導體/電極亦常常為可見的。此等因素皆可歸因於美學考量而阻礙PV

裝置與周圍材料之融合。本文中所描述之PV電池的實施例可使干涉測量(吸收器-間隔物)堆疊與充當部分或複合反射器之PV活性材料層耦接以產生IMOD堆疊。此等實施例可經設計以使用光學干涉原理來增強對可見範圍中之選定波長尖峰或峰值之反射。反射選擇性波長可導致PV電池將某種色彩呈現至檢視者。因此，PV電池可經設計以根據特定應用之需要而呈現某種色彩。干涉測量反射或透射由構成干涉測量薄膜堆疊之材料的尺寸及基本材料特性來支配。因此，與普通染料或塗料相比，著色效應不易隨時間的過去而消退。

儘管本文中論述了某些實施例及實例，但應理解，發明性標的物超出特定揭示之實施例而擴展至本發明之其他替代性實施例及/或用途以及其明顯修改及等效物。意欲使本文中所揭示之本發明之範疇不限於特定揭示之實施例。因此，例如，在本文中所揭示之任何方法或程序中，構成方法/程序之動作或操作可以任何合適序列來執行且未必限於任何特定揭示之序列。已在適當的情況下描述了實施例之各種態樣及特徵。將理解，可能未必根據任何特定實施例來達成所有此等態樣或特徵。因此，例如，應認識到，可以達成或最佳化如本文中所教示之一特徵或一特徵群組而未必達成如可在本文中教示或建議之其他態樣或特徵的方式來實施各種實施例。以下詳細描述係針對本發明之某些特定實施例。然而，可以許多不同方式來體現本發明。可在廣泛範圍之裝置中實施本文中所描述之實施例，

該等裝置併有光伏打裝置以用於將光能轉化為電流。舉例而言，預期可將該等實施例實施於廣告牌、招牌、建築結構中、實施於置放在住宅結構、商業建築物及車輛(包括船及汽車)上或周圍的太陽能面板中。

在此描述中，參考圖式，其中貫穿全文類似部分係使用類似數字來表示。如將自以下描述顯而易見，可在多種包含光伏打活性材料之裝置中實施該等實施例。

最初，圖1-圖2D說明一些光學原理及可用於與光伏打裝置整合之IMOD的不同實施例，如參看圖4-圖6E所描述。圖3A-圖3D說明光伏打裝置構造之實施例，干涉測量堆疊可與該等光伏打裝置構造整合以形成IMOD。圖4至圖6E說明干涉測量堆疊與光伏打裝置整合之實施例以及此等實施例之特性。

圖1係說明光學諧振腔之實例的示意圖。此光學諧振腔之特定實例為可產生反射色彩譜之肥皂膜。光學諧振腔為可用以干涉測量地操縱光之結構。圖1中所示之光學諧振腔包含上部界面101及下部界面102，其界定位於其間之空間或體積。該兩個界面101及102可為同一層上之相反表面。舉例而言，兩個界面101及102可包含在玻璃或塑料板或薄片或者玻璃、塑料或任何其他透明材料之膜上的表面。空氣或其他媒體可圍繞板、薄片或膜。在上部界面101處在光學諧振腔一側上可具有一種材料，且在下部界面102處在另一側上可具有獨立(例如，不同)材料。與光學諧振腔形成界面101、102的材料可為金屬或部分反射層、

透明媒體或介電質(例如，空氣)。與光學諧振腔形成界面101、102的材料可相同或可不同。在所說明之實例中，光在界面101、102中之每一者處部分地反射且部分地透射。

入射於光學諧振腔之前表面101上的光射線103被部分地反射(如由光路徑104所指示)且沿光路徑105而被部分地透射穿過前表面101。射線103可具有寬廣之光譜分布。舉例而言，射線103可包含白光，且因此可具有來自可見範圍內之寬廣波長範圍(450 nm至700 nm)以及在可見範圍外部之波長的顯著分量。透射光射線105可沿光路徑107而被部分地反射且沿光路徑106而被部分地透射出諧振腔。光學諧振腔之光學特性(包括厚度)以及周圍材料之特性可影響自界面101與界面102兩者所反射之光的振幅與相位。因此，射線104及107將取決於光學諧振腔及周圍媒體之特性而各自具有振幅及相位。藉由省略多次內反射來簡化該實例，如將由熟習此項技術者所瞭解。

出於本文中所提供之論述的目的，自光學諧振腔所反射之光的總強度為兩個反射光射線104及107之相干疊加。藉由此相干疊加，兩個反射束之振幅與相位皆對集合強度作出貢獻。將此相干疊加稱作干涉。兩個反射射線104及107可相對於彼此而具有相位差。在一些實施例中，兩個波之間的相位差可為180度(180°)且彼此抵消。若兩個光射線104及107之相位及振幅經組態以便減小特定波長處之強度，則將該兩個光束稱作在彼波長處相消地干涉。另一方面，若兩個光束104及107之相位及振幅經組態以便增加特

定波長下之強度，則將該兩個光射線稱作在彼波長處相長地干涉。相位差取決於兩個路徑之光學路徑差，該光學路徑差既取決於光學諧振腔之厚度、在兩個界面101與102之間的材料之折射率，亦取決於周圍材料之折射率是高於還是低於形成光學諧振腔之材料。相位差對於入射束103中之不同波長而言亦不同。因此，射線104及107可相對於彼此而具有相位差，且此相位差可隨波長而變化。因此，一些波長可相長地干涉且一些波長可相消地干涉。一般而言，由光學諧振腔所反射及透射的色彩與總強度因此取決於厚度及形成光學諧振腔之材料以及周圍媒體。反射波長及透射波長亦取決於視角，在不同角度下反射及透射不同波長。

上文所描述之原理可用以建構如下結構，該等結構將取決於光之波長而干涉測量地選擇性地反射及/或透射入射光之可見波長的波長譜或範圍。可將使用干涉原理取決於光之波長來影響光之反射或透射的結構稱作干涉測量薄膜堆疊或更簡單地稱作干涉測量堆疊。在一些實施例中，干涉測量堆疊為干涉測量調變器(IMOD)，該IMOD包括形成於光學吸收器與反射器之間的光學諧振腔。或者，堆疊可僅包括吸收器及間隔物層且可獨立提供反射器以形成IMOD。在此情況中，間隔物層為光學諧振層且當將反射器置放於間隔物層上時在吸收器與反射器之間形成光學諧振腔。在此情況中，由吸收器層及反射器層形成之光學諧振腔包含間隔物層。獨立提供之反射器可為部分或全反射

層。在下伏裝置中具有其自身功能的(一或多個)其他層可充當部分或複合反射器。如將由熟習此項技術者所瞭解，在自干涉測量堆疊所反射之光的光學路徑長度與可見波長處於大約相同之數量級的情況下，視覺效應可相當明顯。當光學路徑長度增加且超過白光之相干長度(例如，5000 nm及以上)時，干涉不再有可能，因為光之相位失去其相干性，使得失去了視覺干涉測量色彩效應。

圖2A描繪干涉測量調變器(IMOD)200之實施例。IMOD 200包括：吸收器層201及間隔物層202，其一同形成干涉測量堆疊；以及反射器層203。在圖2A中，間隔物層202夾於兩個反射表面之間。在此特定實施例中，吸收器層201界定光學諧振腔之頂部(其包含間隔物層202)，而底部反射器層203界定光學諧振腔之底部。反射器層203可包括影響其反射比之單個材料層或多個材料層。可選擇吸收器201層及反射器203層之厚度以控制光之反射比及透射比之相對量。吸收器層與反射器層均可包含金屬，且兩者均可經組態以具有部分透射性。如圖2A所示，入射於光學干涉腔之吸收器層201上的光射線204可沿路徑205及206中之每一者而被部分地反射出光學干涉腔。如由觀測者在前側或入射側上所檢視的照明場為兩個反射射線205與206之疊加。可藉由改變反射器層之厚度及組合物來顯著地增加或減少大體上被反射或透射106穿過底部反射器203之光的量，而反射之視色主要地藉由由間隔物層202之大小或厚度及吸收器層201之材料特性(判定射線205與206之間的光學路徑

長度差)所支配的干涉效應來判定。調變底部反射器厚度 203(或省略而有利於由位於間隔物層 202與下伏媒體之間的界面提供的任何反射率)將調變反射色彩之強度對IMOD 200之總反射率，且因此影響穿過IMOD 200之透射106的強度。

在一些IMOD中，間隔物層 202由一固體層(例如，光學透明介電層)或複數個層界定。在其他IMOD中，間隔物層 202由氣隙或(一或多個)光學透明層與氣隙之組合界定。間隔物層 202之厚度可經調節以最大化或最小化入射光之一或多種特定色彩的反射。可藉由改變間隔物層之厚度來改變由光學干涉腔所反射之一或多種色彩。因此，由光學干涉腔所反射之一或多種色彩可取決於間隔物層 202之厚度。

圖 2B係IMOD 200之實施例的簡化示意圖。如所說明，IMOD 200為吸收器-間隔物層堆疊，其包含吸收器 201、部分或全反射器 203，及位於吸收器 201與反射器 203之間の間隔物層 202。所選擇之用於吸收器 201的材料可藉由特定材料之消光係數 k 來選擇。特定物質之消光係數係其散射及吸收電磁輻射之程度的度量，如由方程式 1(下文)所界定。若電磁波可非常容易地穿過材料，則該材料具有低消光係數。另一方面，若電磁波不能穿透材料，而是變成在其內「熄滅」或「滅絕」，則消光係數係高的。

$$\kappa = \frac{\lambda}{4\pi} \alpha \quad \text{[方程式 1]}$$

在方程式 1 中，由 k 表示特定材料之消光係數，由 α 表示彼材料之吸收係數，且 λ 表示電磁波之真空波長(並非電磁波在材料中之波長)。如可藉由檢查方程式 1 所見，消光係數 k 直接與吸收係數 α 和真空中之電磁波波長 λ 的乘積有關。吸收器 201 可包含各種材料(例如，鉬(Mo)、鈦(Ti)、鎢(W)、鉻(Cr)，等等)以及合金(例如，MoCr)。吸收器可在約 20 Å 與 300 Å 之間。反射器 203 可(例如)包含金屬層(例如，鋁(Al)、銀(Ag)、鉬(Mo)、金(Au)、Cr，等等)，且可足夠厚而為不透明的(例如，300 nm)。在其他 IMOD 中，反射器 203 為部分反射器且可薄達 20 Å。通常，為部分反射器之反射器 203 將在約 20 Å 與 300 Å 之間。間隔物層 202 可包含氣隙及/或一或多種光學透明材料。間隔物層 202 可由安置於反射器 203 與吸收器層 201 之間的單個材料層界定。在此等實施例中，材料可包括光學諧振材料(例如，透明導體或透明介電質)。用於間隔物層 202 之例示性透明材料可包含介電質(例如，二氧化矽(SiO₂)、二氧化鈦(TiO₂)、氟化鎂(MgF₂)、氧化鉻(III)(Cr₃O₂)、氮化矽(Si₃N₄)，等等)以及透明導電氧化物(TCO)(例如，氧化銦錫(ITO)、氧化鋅(ZnO)，等等)。更一般而言，任何具有在 1 與 3 之間的折射率(n)的介電質皆可形成合適之間隔物層。在需要導電彩色 IMOD 堆疊的情形中，間隔物層 202 可包含導電透明膜。在一些 IMOD 中，間隔物層 202 可包含複合結構，該複合結構包含多種材料，其可包括氣隙、透明導電材料(例如，透明導電氧化物)及透明介電層中之兩者或兩

者以上。多個層及/或氣隙之一可能功能為堆疊之所選層可提供多個功能(例如，除了其在IMOD 200中之光學作用以外的裝置鈍化或抗擦傷性)。在一些實施例中，間隔物層202可包含一或多種部分透明材料(不管是導電的還是為介電的)。

參看圖2C，在其他實施例中，間隔物層202之厚度可包含由間隔物211(例如，橫桿、柱樁或支柱)所支撐之氣隙202。在IMOD 200內，間隔物層202可為靜態氣隙，或可為動態氣隙(例如，使用(例如)MEMS技術而可變)。

干涉測量調變器(IMOD)結構200(諸如圖2B或圖2C中所示)使用光學干涉來選擇性地產生所要的反射輸出。可藉由選擇靜態間隔物層202之厚度及光學特性以及吸收器201與反射器203之厚度及光學特性來「調變」此反射輸出。由檢視吸收器201之表面的檢視者所觀測到的色彩將對應於彼等大體上被反射出IMOD 200且大體上未由IMOD 200之各種層吸收或相消地干涉之頻率。可藉由選擇間隔物層202之厚度來改變干涉且大體上未被吸收之頻率。

圖2D說明如自與干涉測量堆疊之前表面正交或垂直之方向所見的IMOD(例如，圖2B之IMOD 200)之反射比對波長的圖表。此圖表描繪反射光之波長譜，其可大體不同於入射於IMOD上之光的波長譜。在所說明之圖表中，反射比在近似540 nm之峰值250周圍被最大化。因此，峰值波長251為近似540 nm(黃色)。峰值250亦具有半峰值頻寬，其為在反射比253處之等於峰值或最大反射比254之一半的峰

值寬度。如先前所提及，全反射曲線之峰值的位置可藉由改變間隔物層 202 之厚度或材料或藉由改變 IMOD 中之一或多個層的材料及厚度而偏移。峰值的位置可取決於視角。如所說明，僅存在一個峰值；然而，可取決於間隔物層之高度或厚度而存在具有不同振幅之多個峰值。如將為熟習此項技術者所知，IMOD 亦可經組態以調變吸收或透射比以及反射比。

圖 3A 展示光伏打 (PV) 電池 300。光伏打電池可將光能轉化為電能或電流。PV 電池為具有較小碳佔據面積且對環境具有更小影響之可再生能源的實例。使用 PV 電池可減少能量產生之成本。PV 電池可具有許多不同大小及形狀 (例如，自小於郵票至跨越若干英吋)。若干 PV 電池可常常連接在一起以形成長度可高達若干英尺且寬度可高達幾英尺之 PV 電池模組。模組又可組合及連接以形成具有不同大小及功率輸出之 PV 陣列。

陣列之大小可取決於若干因素 (例如，可用於特定位置中之太陽光的量及消費者之需要)。陣列之模組可包括電連接件、安裝硬體、功率調節設備及儲存太陽能以在非晴天時使用的電池組。PV 裝置可為具有其附帶電連接件及周邊裝置之單個電池、PV 模組、PV 陣列或太陽能面板。PV 裝置亦可包括功能上無關之電組件 (例如，由 (一或多個) PV 電池供電之組件)。

參看圖 3A，PV 電池包含安置於兩個電極 302、303 之間的 PV 活性區域 301。在一些實施例中，PV 電池包含其上形

成有層堆疊之基板。PV電池之PV活性層可包含半導體材料(例如，矽)。在一些實施例中，活性區域可包含藉由使n型半導體材料301a與p型半導體材料301b接觸(如圖3A所示)而形成之p-n接面。此p-n接面可具有類二極體特性且因此亦可被稱作光電二極體結構。

PV活性材料301夾於提供電流路徑之兩個電極之間。背部電極302可由鋁、銀或鈾或某一其他導電材料形成。背部電極可為粗糙的且未經拋光。前部電極303可經設計以覆蓋p-n接面之前表面的顯著部分，以便降低接觸電阻且提高收集效率。在其中前部電極303係由不透明材料形成的實施例中，前部電極303可經組態以在PV活性層之前部上留下開口以允許照明照射在PV活性層上。在一些實施例中，前部電極及背部電極可包括透明導體，例如，透明導電氧化物(TCO)(例如，氧化錫(SnO_2)或氧化銦錫(ITO))。TCO可提供電接觸及導電性且同時使入射光透過。在一些實施例中，PV電池亦可包含安置於前部電極303上之抗反射(AR)塗層304。AR塗層304可減少自PV活性材料301之前表面所反射之光的量。

當照明PV活性材料301之前表面時，光子將能量轉移至活性區域中之電子。若由光子所轉移之能量大於半導體材料之帶隙，則電子可具有充足能量以進入導帶。藉由形成p-n接面而產生內電場。內電場對被激勵之電子起作用以導致此等電子移動，藉此在外部電路305中產生電流。所得電流可用以對各種電裝置(例如，如圖3A中所示之電燈

泡306)供電。

(一或多個)PV活性材料層可由多種光吸收、光伏打材料中之任一者形成，例如，結晶矽(c-矽)、非晶矽(a-矽)、碲化鎘(CdTe)、二硒化銅銦(CIS)、二硒化銅銦鎳(CIGS)、光吸收染料及聚合物、藉由光吸收奈米粒子而分散之聚合物、III-V族半導體(例如，GaAs)，等等。亦可使用其他材料。本文中將(一或多種)光吸收材料(其中光子被吸收且將能量轉移至電載流子(電洞及電子))稱作PV電池之PV活性層或材料，且此術語意欲包含多個活性子層。可取決於PV電池之所要效能及應用來選擇用於PV活性層之材料。

在一些配置中，可藉由使用薄膜技術來形成PV電池。舉例而言，在一實施例中，在光能穿過透明基板之情況下，可藉由將第一或前部電極TCO層沈積於基板上來形成PV電池。可將PV活性材料沈積於第一電極層上。可將第二電極層沈積於PV活性材料層上。可使用沈積技術(例如，物理氣相沈積技術、化學氣相沈積技術、電化學氣相沈積技術，等等)來沈積該等層。薄膜PV電池可包含非晶、單晶或多晶材料(例如，薄膜矽、CIS、CdTe或CIGS)。薄膜PV電池促進較小裝置佔據面積及製造程序之可縮放性。

圖3B為示意性地說明薄膜PV電池310之實例的方塊圖。PV電池310包括光可穿過之玻璃基板311。第一電極層312、PV活性層301(被展示為包含非晶矽)及第二電極層313安置於玻璃基板311上。第一電極層312可包括透明導

電材料(例如，ITO)。如所說明，第一電極層312及第二電極層313將薄膜PV活性層301夾於其間。所說明之PV活性層301包含非晶矽層。如此項技術中所知，充當PV材料之非晶矽可包含一或多個二極體接面。此外，一或多個非晶矽PV層可包含p-i-n接面，其中本質矽層301c夾於p摻雜層301b與n摻雜層301a之間。p-i-n接面可具有高於p-n接面之效率。在一些其他實施例中，PV電池可包含多個接面。

圖3C及圖3D說明PV裝置330。如所說明，PV裝置330包含形成於半導體晶圓(例如，矽晶圓)上之前部電極331、332。然而，如將自以下描述所瞭解，其他PV裝置可包含薄膜光伏打材料。包括薄膜或晶圓型PV材料的PV裝置可為干涉測量增強型裝置(見圖4A及附帶描述)。如圖3C及圖3D中所說明，許多PV裝置在裝置之前側或光入射側上以及在PV裝置330之背側上利用鏡面或反射導體。前側或光入射側上之導體可包含匯流排電極331或柵線電極332。當光能由PV活性材料301吸收時，產生電子-電洞對。此等電子及電洞可藉由移至前部電極331、332或背部電極333中之一者或另一者而產生電流，如圖3D中所示。前部導體或電極331、332經圖案化以既減少電子或電洞必須行進以到達電極之路徑的電阻，同時亦允許足夠光穿過而至PV活性層301。前部電極331、332之圖案可包括窗334以允許入射光透射至PV活性材料301。儘管將PV裝置330說明為具有經圖案化之前部導體或電極331、332及未經圖案化之背部電極333，但熟習此項技術者將理解，亦可以不同方式來

圖案化背部導體或電極。前部電極331、332及背部電極333可包含反射金屬性導電材料。在一些實施例中，前部電極331、332及背部電極333可包括透明導電材料(例如，ITO)，或包括透明導電材料與反射導電材料兩者。

傳統上，PV電池之外觀由構成電極之材料及PV電池之PV活性材料規定。然而，隨著PV電池之使用變得更普遍存在且出現PV電池之新應用，設計及製造著色PV電池可變得重要。此等著色電池可增加視覺吸引力且添加美學價值。舉例而言，在設計及製造建築物整合PV應用(BIPV)中已存在許多興趣。圖案化或毯覆PV裝置上之色彩的能力可幫助接受部署於建築物屋頂及正面、廣告牌、汽車、電子設備、服裝、鞋子及曝露至光之許多其他位置上的PV電池。干涉測量堆疊不僅提供產生耐久、抗褪色色彩的能力，而且其可產生所要強度及吸引人色彩，同時仍允許設計選擇穿過干涉測量堆疊之光透射的程度。

用以將色彩併入PV電池中之替代性方法係添加具有適當色彩之染料或顏料或添加著色材料於PV堆疊中。然而，由此染色而引起之高光吸收降低了PV電池之效率。此外，色彩具有在比PV裝置之使用壽命短的時間中褪色的趨勢(尤其係因為裝置常常要持續地曝露至太陽光)。

因此，下文之實施例描述藉由將干涉測量堆疊與PV電池或裝置合併或整合來對PV電池「著色」。在PV裝置上使用干涉測量堆疊(諸如吸收器-間隔物層堆疊)可允許呈現自干涉測量堆疊反射之色彩，因此向PV電池或裝置賦予

「色彩」。由於可藉由使用具有適當厚度及材料(折射率)的間隔物層以及藉由選擇並使用吸收器的適當厚度及材料來選擇自干涉測量堆疊之反射的色彩，所以與PV電池或裝置合併之干涉測量堆疊可經組態以反射為任何特定應用所要之色彩。干涉測量色彩反射效應可由間隔物層之厚度及(一或多種)材料以及反射器材料與吸收器材料之厚度與(一或多種)材料來影響。因此，與普通染料或塗料相比，色彩效應不易隨時間的過去而褪色。

圖4A說明PV裝置或電池410之實施例，該PV裝置或電池410併有干涉測量堆疊401以反射色彩。裝置410包含安置於第二間隔物層202b上之光伏打活性材料301。PV活性層301可包含薄膜光伏打材料(例如，非晶矽、CIGS或其他薄半導體膜光伏打材料)。PV活性層可在約500 Å與2000 Å之間。在所說明之實施例中，干涉測量堆疊401覆蓋光伏打活性材料301之前側。干涉測量堆疊401可為吸收器-間隔物層堆疊，其包含安置於第一間隔物層202a上之吸收器層201。干涉測量堆疊401之所說明之前側具有透射反射性(例如，同時具有透射性及反射性)且可經組態以反射足夠光以便賦予色彩，但仍透射充足光以便產生電。干涉測量堆疊401連同充當部分反射器之PV活性材料301經組態以形成IMOD以干涉測量地增強可見波長範圍內之一或多個波長譜之反射。第一間隔物層202a及第二間隔物層202b各自可包含TCO層，該TCO層既充當光學諧振間隔物層亦充當用於使電洞及/或電子傳導出PV活性層301的導電層。裝置

401可進一步包含安置於吸收器上之玻璃、聚合物或類似之基板層311。

圖4B描繪一類似於圖4A中所示之干涉測量增強PV裝置之干涉測量增強PV裝置或電池412的另一實例。在此實施例中，干涉測量堆疊401可包含安置於吸收器201與第一間隔物層202a之間的色彩設定間隔物420。色彩設定間隔物420可包含氣隙或任何其他合適之光學諧振材料。PV活性材料301充當部分反射器。色彩設定間隔物420、吸收器201及第一間隔物層202a之厚度係如此使得干涉測量堆疊401經組態以在與PV材料301耦接時增強可見波長內之一或多個波長譜的反射。所組合之第一間隔物層202a與色彩設定間隔物之厚度可在約500 Å與約5000 Å之間。又，吸收器之厚度可在約20 Å與約300 Å之間。

圖4C描繪干涉測量增強PV裝置或電池414之實例。干涉測量增強PV裝置414包括PV活性材料或層301。PV活性層301可包含薄膜光伏打材料(例如，非晶矽、CIGS或其他形成於干涉測量堆疊401及玻璃基板311下之半導體薄膜光伏打材料)。干涉測量堆疊401可包含吸收器201及第一間隔物層202a。干涉測量堆疊401經組態以增強可見範圍內之一或多個波長譜的反射。安置於PV活性材料301之下的第二間隔物層202b及安置於第二間隔物層202b之下的反射器413經組態以干涉測量地增強PV活性層301中之電場的強度，從而產生一具有改良之效率的干涉測量增強PV裝置414。反射器413可包含部分或全反射器。在一些實施例

中，PV活性層301可在一些區域中覆蓋有不透明電極(未圖示)以促進電子及/或電洞傳導出PV活性層301。或者，在其他實施例中，第一間隔物層202a及第二間隔物層202b可包含TCO層，該等TCO層既充當光學諧振間隔物層202a、202b之一部分，亦充當用於使電洞及/或電子傳導出PV活性層301之導電層。反射器413及第二間隔物層202b之光學特性(尺寸及材料特性)經選擇，使得自分層PV裝置414之界面的反射相干地合計以在光伏打電池之PV活性層301中(在該處光能被轉化為電能)產生具有合適之波長分布及相位的增加的場。此等干涉測量增強光伏打裝置增加了對干涉測量光伏打電池之活性區域中的光能之吸收且藉此提高裝置之效率。如在所說明之實施例中所示，可利用多個光學諧振間隔物層來獨立地調節不同光波長且最大化PV活性層中之吸收。內埋式間隔物層可包含透明導電或介電材料、氣隙或其組合。

圖4D說明PV裝置或電池之實施例，該PV裝置或電池併有干涉測量堆疊401以反射色彩。PV裝置400包含光伏打(PV)活性材料301。在所說明之實施例中，干涉測量堆疊401覆蓋光伏打活性材料301之前側。在各種實施例中，干涉測量堆疊401可包含吸收器-間隔物層堆疊(如圖4A及圖4C中所示)，其中PV活性層301充當部分反射器且前部電極331、332充當反射器。所說明之前側干涉測量堆疊401具有透射反射性(亦即，同時具有透射性及反射性)且可經組態以反射足夠光以便賦予色彩，但仍透射充足光以便產生

電。可將入射至干涉測量堆疊401上的光射線402特徵化為具有表達存在於光射線402中之各種波長分量的光譜分布402a。如所說明，光射線402包含可見範圍中之寬廣波長譜(自400至750 nm)且可因此表示自環境白光源(例如，太陽或人造照明)入射之光。入射至PV裝置400上之射線402部分由干涉測量堆疊401反射(如由射線403所指示)，且部分在射線404及405中透射。干涉測量堆疊401連同充當部分反射器之PV活性層301經組態以干涉測量地增強可見波長範圍內之一或多個波長譜的反射。因此，亦可將反射射線403特徵化為具有光譜分布403a。該光譜分布可包含一或多個波長譜或範圍，使得與可見範圍中之其他光波長相比反射射線403具有一或多個光波長之相對較高強度。由於反射射線403中之一或多個波長的選擇性增強，所以自光入射側檢視PV裝置400之檢視者將察覺到干涉測量堆疊401且因此PV裝置400之相干色彩。

如上文參看圖3D所提及，PV電池或裝置之一些實施例包括前部或背部電極以及經圖案化以允許光透射至光伏打活性材料的窗334。如圖4D中所示，入射於窗區域334內之光射線402可沿射線404及405而透射穿過干涉測量堆疊401。干涉測量堆疊可經組態以既增強某一光部分之反射以便賦予色彩外觀，同時仍透射入射光402之實質部分(如由透射射線405所表示)。

在一些應用中，可能需要最小化自PV裝置之前側的反射。在其他實施例中，PV電池可併有故意地增強一些波長

的光之反射的特定干涉測量堆疊以反射一或多種特定色彩。由於反射特定波長亦可影響PV電池之效率，所以在一在各種應用(例如，建築物、招牌或廣告牌)中反射匹配周圍環境之色彩的PV電池的效率與美學訴求之間可存在折衷。再次參看圖4D，在一些實施例中，被反射出干涉測量堆疊401(包括位於曝露PV活性材料401之窗434前側上的部分)之可見光的反射率大於10%。在其他實施例中，相對於可見入射光，其大於15%。在此等實施例中，除了歸因於干涉測量堆疊401中之吸收的任何損失以外，入射可見光之至少10%或15%被損失。在其他實施例中，反射率可高達約35%。然而，此可歸因於需要增加具有干涉測量堆疊401之PV裝置400的美感而為可接受的，且隨之發生之更普遍接受可導致總體上對太陽能之更多俘獲。另外，可藉由添加第二干涉測量堆疊來最小化歸因於經組態以反射某種色彩之干涉測量堆疊的效率損失，該第二干涉測量堆疊用以藉由將特定波長之光反射回至PV活性材料301(如圖4C中所示)中來增強PV裝置400之效率。

仍參看圖4D，在各種實施例中，在射線403中的被反射之光可取決於干涉測量堆疊401內之吸收器層或間隔物層的光學特性而具有各種特徵。因此，射線403可具有不同於入射光402a之光譜分布的光譜分布403a。被反射出干涉測量堆疊之光的光譜分布403a在可見波長範圍內並不平坦。亦即，在一些實施例中，光譜分布403a包含一或多個峰值，其對應於一或多個峰值波長，在該一或多個峰值波

長下的反射比高於其他波長下的反射比。對照其他可見波長之降低之反射率的背景，(一或多個)峰值造成特定著色外觀。在一些實施例中，峰值波長下之反射率或反射比可比整體可見反射率高得多。在此等實施例中，當反射離開前部電極331、332時，峰值反射比可高達20%至95%。分布將亦包含在峰值波長附近之波長，在該等波長下，反射比相對較高，但不如峰值波長下之反射比高。在(一或多個)峰值下之反射率可因此藉由頻寬(例如，半峰值頻寬)而被特徵化。反射率尖峰之半峰值頻寬為在等於峰值波長下之反射比之一半的反射比下之頻帶的寬度。在一些實施例中，反射波長譜中之峰值或尖峰的半峰值頻寬等於或小於150 nm。特定言之，反射光分布中之尖峰的半峰值頻寬可在50 nm與100 nm之間。在一些實施例中，反射光之光譜分布包含單個峰值。在其他實施例中，光譜分布可包含以多個反射比峰值為中心的多個尖峰或脈衝，其中每一峰值對應於一峰值波長。

仍參看圖4D，PV活性材料或層301可包含沈積之薄膜，或可由單晶、半導體基板及/或其上之磊晶層的部分形成。沈積之薄膜PV活性材料可包含(例如)近來已得到普及的非晶矽薄膜。尤其可藉由物理氣相沈積(PVD)、化學氣相沈積(CVD)、電化學氣相沈積或電漿增強化學氣相沈積(PECVD)而將作為薄膜之非晶矽沈積於較大區域上。如由熟習此項技術者所知，包含非晶矽層之PV活性材料可包括具有n摻雜及/或p摻雜矽之一或多個界面且可進一步包含p-

i-n接面。PV活性材料301可包含其他適當材料，包括鍍(Ge)、Ge合金及如硒化銅銦鎵(CIGS)、碲化鎘(CdTe)之合金以及III-V族半導體材料或串聯多接面光伏打材料及膜。III-V族半導體材料包括諸如砷化鎵(GaAs)、氮化銦(InN)、氮化鎵(GaN)、砷化硼(BAs)之材料。亦可使用如氮化銦鎵之半導體合金。其他光伏打材料及裝置亦為可能的。形成此等材料之方法為熟習此項技術者所知。作為一說明性實例，可藉由基於真空之程序來形成如CIGS之合金，其中將銅、鎵及銦共蒸鍍或共濺鍍，接著使用硒化物蒸汽進行退火以形成CIGS結構。基於非真空之替代性程序亦為熟習此項技術者所知。

如圖4D中所示，將PV層301組態為IMOD中之第二部分反射器。換言之，PV層301自身可被組態為部分反射器且可執行與圖2B中之反射器203相同的功能。在此等實施例中，當與干涉測量堆疊401組合時，PV層301形成IMOD。當PV層301包含沈積之薄膜時，PV層301可具有在約1000 Å與約100,000 Å之間的厚度。為形成IMOD，可將具有至少部分反射性之PV層301與干涉測量堆疊401組合。PV層301之厚度可經選擇以影響PV裝置400之透明度。另外，干涉測量堆疊401之設計可根據PV層301之厚度而變化。舉例而言，當將PV裝置400設計成具有半透明性時，PV活性層301之厚度可較小且干涉測量堆疊401可經組態以最佳化穿過PV層301之透射。另外，當PV層301包含沈積之薄膜時，可能不需要不透明之前部電極及後部電極(例如，圖

4D中所示之電極331、332及333)。可獨立於PV裝置400來調節圖4A及圖4B中所示之含有間隔物層202a及吸收器201的干涉測量堆疊401以反射特定色彩。

圖4E說明如自與IMOD之前表面正交或垂直之方向所見的干涉測量堆疊(例如，圖4A或圖4B之干涉測量堆疊401)之反射比對波長的曲線。此曲線描繪反射光之波長譜，其可大體不同於入射於堆疊上之光的波長譜。在所說明之曲線中，反射比在近似575 nm之峰值450周圍被最大化。峰值450亦具有半峰值頻寬452，其為在反射比453處等於峰值或最大反射比454之一半的峰值的寬度。可藉由改變堆疊中之一或多個層的材料厚度而使全反射曲線之峰值的位置偏移。

圖4F說明CIE 1931色度圖，其描繪當第一間隔物層之厚度改變時自如圖4A中所示而組態之包含非晶矽活性層之光伏打電池的前(基板)側反射的色彩。光伏打電池包括具有20 Å厚度之鉬吸收器層及具有1000 Å厚度之非晶矽活性層。當第一間隔物層之厚度改變時自PV電池之前側反射之色彩由一系列點496來展示。為產生該系列點496，使第一間隔物層之厚度自1000 Å變化至4000 Å。如可藉由表示反射光之系列點496所瞭解，如圖4A中所示而組態之PV電池能夠反射廣泛範圍之色彩。

圖4G說明CIE 1931色度圖，其描繪當第一間隔物層之厚度改變時自如圖4A中所示而組態之包含二硒化銅錳鎳(CIGS)活性層之光伏打電池的前(基板)側反射的色彩。光

伏打電池包括具有20 Å厚度之鉬吸收器層及具有1000 Å厚度之非晶矽活性層。當第一間隔物層之厚度改變時自PV電池之前側反射之色彩亦由一系列點497來展示。為產生該系列點497，使第一間隔物層之厚度自1000 Å變化至4000 Å。如可藉由表示反射光之系列點497所瞭解，如圖4A中所示而組態之包含CIGS層的PV電池亦可反射廣泛範圍之色彩。

圖4H展示CIE 1931色度圖，其描繪當第一間隔物層之厚度改變時透射穿過如圖4A中所示而組態之PV電池或裝置的色彩。光伏打電池包括具有20 Å厚度之鉬吸收器層及具有1000 Å厚度之非晶矽活性層。當第一間隔物層之厚度改變時透射穿過PV裝置之色彩由一系列點498來展示。為產生該系列點498，使第一間隔物層之厚度自1000 Å變化至4000 Å。如由表示透射光之系列點498所示，改變第一間隔物層之厚度對透射光具有很小的影響。

圖4I展示CIE 1931色度圖，其描繪當第一間隔物層之厚度改變時自如圖4A中所示而組態之PV電池之後(PV活性材料)側反射遠離PV電池的色彩。光伏打電池包括具有20 Å厚度之鉬吸收器層及具有1000 Å厚度之非晶矽活性層。當第一間隔物層之厚度改變時自第二間隔物層反射之色彩由一系列點499來展示。為產生該系列點499，使第一間隔物層之厚度自1000 Å變化至4000 Å。如由表示反射光之系列點499所示，改變第一間隔物層之厚度對自PV電池之後(PV活性材料)側反射之光具有很小的影響。

圖4J說明兩個光伏打電池之光透射對波長的曲線。第一光伏打電池如圖4A中所示而被組態且包括具有20埃厚度之鉬吸收器。此光伏打電池之光透射對波長由線491描繪。第二光伏打電池經組態而無間隔物層(如圖3B中所示)且因此不具有吸收器。此第二光伏打電池之光透射對波長由線493描繪。如圖4J中所示，添加薄吸收器對穿過光伏打電池之光透射具有有限的影響，且非常薄之吸收器層(例如，用以產生線491之吸收器層)能夠產生明亮色彩。因此，可選擇吸收器以根據要求而最佳化透射及色彩。用於吸收器層之替代性材料可包括鉻、鈦、鋁或矽。

圖5A描繪在不同區域中具有不同反射色彩之PV裝置的實施例，該PV裝置經組態以顯示特定影像、形狀、資訊或字元(如在顯示器、招牌或廣告牌中)。在圖5A中，靜態顯示器500含有多個具有均一色彩之區域501a-501g。舉例而言，背景(沿截面5B之區域501a、501c、501e及501g)可為黃色、紅色、綠色或者白色或黑色。字母「ABC」(截面5B中之區域501b、501d及501f)可更暗。舉例而言，字母「ABC」可為藍色。

圖5B展示PV顯示裝置500之截面。如圖5B中所示，入射至干涉測量堆疊401上之光射線511及512被部分地反射(如由射線513、514所指示)，且沿射線515及516而被部分地透射。在所說明之截面中，干涉測量堆疊401包含吸收器201及第一間隔物層202a。IMOD 200包含干涉測量堆疊401及PV活性材料301。PV活性材料301安置於第二間隔物

層 202b 上。如圖 5B 中所示，第一間隔物層 202a 之高度或厚度並不均一。第一間隔物層 202a 經圖案化使得干涉測量堆疊 401 包含多個具有不同間隔物層高度(對應於不同反射色彩)之區域 501a-501g。如所說明，靜態顯示器 500 包含第一間隔物層 202a，該第一間隔物層 202a 具有對應於兩種不同色彩之兩個間隔物層高度。然而，顯示器 500 可包含兩種以上之高度且因此可包含兩種以上之反射的干涉測量顯示色彩。如圖 5B 中所示，區域 501a、501c、501e 及 501g 具有相對較大之間隔物層高度 517a。另一方面，區域 505b、505d 及 505f 具有較小之間隔物層高度 517b。此等不同高度經組態以產生對反射射線 513、514 之不同峰值(在不同峰值波長下)之反射。以此方式，顯示器之一區域將展示一種色彩，且另一區域將展示不同色彩。在該等區域中之至少一者中，干涉測量堆疊 401 可經組態以反射足夠光以便顯示可見光色彩，同時亦使充足光透射至 PV 材料 301 以產生電。因此，儘管入射射線 511 及 512 被部分地反射於射線 513 及 514 中，但充足的光可在射線 517 及 518 之至少一者中被透射以允許在光伏打材料 301 中產生電流。圖 5B 描繪薄膜 PV 裝置。然而，如將由熟習此項技術者所瞭解，PV 裝置 500 可包含具有前部電極之傳統 PV 活性層，該等前部電極可位於第一間隔物層 202a 與光伏打材料 301 之間。類似地，熟習此項技術者將瞭解，PV 裝置 500 可包含此處未展示之層，例如，位於 PV 活性層 301 或干涉測量堆疊 401 上之抗反射塗層、漫射體或鈍化層。又，PV 裝置 500 可包含具

有連續色彩變化之區域，而非具有均一色彩之相異區域。如將不難由熟習此項技術者所瞭解，可使用干涉測量堆疊401藉由連續地改變第一間隔物層202a或吸收器201之高度來實現連續色彩變化。

圖5C及圖5D描繪PV顯示裝置520之另一實施例。在圖5C中，顯示於PV顯示裝置520上之影像或圖案經像素化使得任何影像皆由多個像素P1-P15構成。因此，影像或圖案包含規則像素陣列，如圖5C中所示。如將由熟習此項技術者所瞭解，像素化對於將數位影像轉移至如圖5C所示的靜態干涉測量堆疊上而言可為方便的。圖5D為圖5C之截面，其展示經像素化之PV顯示裝置520的實施例。如所說明，干涉測量堆疊401包含經圖案化以便形成像素的吸收器201及靜態、可變高度第一間隔物層202a。PV活性材料301安置於第二間隔物層202b上。IMOD 200包含干涉測量堆疊401及充當部分反射器之PV活性材料層301。每一像素P1-P15可由具有均一干涉測量堆疊之區域形成，使得一像素可由離散吸收器及第一間隔物層構成。舉例而言，像素P13可由吸收器201及間隔物層202c構成。吸收器201以及間隔物層202d與202e類似地分別形成像素陣列中之像素P14及P15。如所說明，間隔物層202c、202d、202e可具有不同高度，從而產生不同著色像素。在其他實施例中(例如，在具有均一色彩之區域中)，若干鄰近間隔物層可具有約略相等之高度。

在RGB機制中，像素P1-P15可包含紅色像素、綠色像素

及藍色像素。更一般而言，一規則像素陣列可包含複數個紅色像素、複數個綠色像素及複數個藍色像素。因此，舉例而言，間隔物層202c可形成紅色像素，而間隔物層202d可形成綠色像素，且間隔物層202e可形成藍色像素。其他色彩機制亦為可能的，例如，CMY(青色、品紅色、黃色)、RYB(紅色、黃色、藍色)及VOG(紫色、橙色、綠色)。如圖5D中所示，主要改變間隔物層202c、202d、202e之高度以改變色彩。然而，吸收器201厚度連同間隔物層厚度亦可隨像素不同而變化。此允許在任何像素中具有任何所要色彩(色相)及色調(飽和度及明度)的靈活性，因為吸收器201或間隔物層中之任一者或全部的高度皆可按需要加以定製。

如圖5D中所示，入射至經像素化之干涉測量堆疊401中之像素P11、P12上的光射線522a、523a被部分地反射(如由射線522b、523b所指示)且沿射線522c、523c而被部分地透射。反射射線522b、523b可含有不同波長分布且因此可取決於像素P11及P12之間隔物層的高度或厚度而反射或顯示不同色彩。如上文所提及，為了允許合理的電產生，干涉測量堆疊401可經組態以反射足夠光以顯示色彩，同時允許充足光沿射線522c、523c透射至光伏打活性材料層301。

圖5D中之具有可變高度之第一間隔物層202a可包含介電材料(例如，二氧化矽或其他合適之光學透射或透明媒體)。第一間隔物層202a可包含導體(例如，TCO或其他透

明導電材料)。此外，在一些實施例中，第一間隔物層202a可包含氣隙或其他色彩設定間隔物。在此實施例中，支撐件211(見圖2C)可幫助形成氣隙。

圖6A-圖6E說明用於製造併有干涉測量堆疊401之PV裝置630之程序的一實例。該實例利用PV活性材料層301之沈積薄膜(圖6B)。如圖6A中所說明，一種製造此裝置之方法可包含提供形成於玻璃基板311上之干涉測量堆疊401以產生起動堆疊610。干涉測量堆疊401包含吸收器201、色彩設定間隔物420(例如，氣隙或其他光學諧振層)及第一TCO 601。起動堆疊610可經組態(或「經預先調節」)以當將反射器(例如，充當部分反射器之PV活性材料或協調地充當複合反射器之一系列層)沈積於其上時反射某種色彩或波長。可藉由調整吸收器層201之厚度、色彩設定間隔物420之厚度、第一TCO 601之厚度或色彩設定間隔物420來調節堆疊610。另外，可將堆疊610預成型為一片。

參看圖6B，該方法可利用包含第二TCO層603之光伏打堆疊620，該第二TCO層603具有沈積於其上之光伏打活性材料層301。在所說明之實施例中，光伏打活性材料層301包含薄膜。在其他實施例中，利用單晶、半導體基板及/或其上之磊晶層的部分。製造光伏打堆疊620之方法可取決於電池之設計。舉例而言，當將薄膜PV材料用作PV活性材料301時，製造以基板開始且將各層順次沈積於基板上。作為另一實例，當將基於晶圓之PV材料用作PV活性材料301時，可直接將各層沈積於PV晶圓自身上。所沈積

之PV活性材料層可包含(例如)非晶矽薄膜。可藉由物理氣相沈積、化學氣相沈積、電化學氣相沈積或電漿增強化學氣相沈積以及為熟習此項技術者所知之其他方法而將非晶矽作為薄膜沈積於較大區域上。如由熟習此項技術者所知，包含非晶矽層之PV活性材料層可包括一或多個具有n摻雜及/或p摻雜矽之接面且可進一步包含p-i-n接面。其他合適之用於PV活性材料層301的材料包括鍺(Ge)、Ge合金及如硒化銅銻鎳(CIGS)、碲化鎘(CdTe)之合金以及III-V族半導體材料或串聯多接面光伏打材料及膜。III-V族半導體材料包括諸如砷化鎵(GaAs)、氮化銦(InN)、氮化鎵(GaN)、砷化硼(BAs)之材料。形成此等材料之方法為熟習此項技術者所知。作為一說明性實例，可藉由基於真空之程序來形成如CIGS之合金，在該程序中將銅、鎵及銻共蒸鍍或共濺鍍，接著使用硒化物蒸汽進行退火以形成最終之CIGS結構。基於非真空之替代性程序亦為熟習此項技術者所知。可將堆疊620預成型為一片。在其他實施例中，透明導電氧化物層603包含非透明基板(例如，金屬材料)。在此等實施例中，可將PV活性材料301沈積於非透明基板上且可接著將額外層沈積於PV活性材料301上。

如圖6C中所示，在具有圖6A中所描繪之起動堆疊610及有能力產生圖6B中所描繪之光伏打堆疊620的情況下，該製造方法包括將光伏打堆疊逐層地沈積至起動堆疊610上以產生PV裝置630。舉例而言，第三方可將一些起動堆疊610供應給PV裝置製造商，且PV裝置製造商可接著藉由將

PV活性材料層301沈積至堆疊610上且接著將透明導電氧化物層603沈積至PV活性材料層301上而將堆疊620形成於堆疊610上從而產生PV裝置630。在另一實施例中，可在單片程序中製造PV裝置630。PV裝置630經組態以基於對起動堆疊610之調節而反射某種色彩。如圖4A中所示，光伏打活性材料301充當部分反射器以補充被併入起動堆疊610中之干涉測量堆疊401。此製造方法允許製造商製造或使用大量經預先調節之起動堆疊610且接著將PV堆疊620沈積至起動堆疊610上。由於可將起動堆疊601預成型為單一片，所以可藉由僅將兩個層沈積至預成型之起動堆疊上來形成PV裝置630。此藉由允許PV裝置製造者定購經組態以反射多種色彩之多個起動堆疊610以將著色PV裝置組裝於相同基底PV堆疊620而為光伏打裝置製造商提供反射色彩或外觀方面的靈活性。

圖6D展示起動堆疊611之不同實施例。在所說明之圖中，起動堆疊包含沈積至經預先調節之干涉測量堆疊401上的玻璃基板。在此實施例中，經預先調節之干涉測量堆疊401包含吸收器層201及第一TCO層601。為預先調節起動堆疊611，製造商必須調整吸收器層201之厚度、第一TCO層601之厚度或第一TCO層601與吸收器層201之厚度。一旦預先調節起動堆疊621，便可將PV堆疊(例如，圖6B及圖6E中所描繪之PV堆疊)按層沈積於起動堆疊上。

圖6E展示PV堆疊621之替代性實施例，該PV堆疊621包含沈積於第二TCO層603上之光伏打活性層301及反射器

413。反射器413可包含部分反射器、全反射器或協調地起作用以形成複合反射器之一系列層。第二TCO層603及反射器413產生干涉測量堆疊411以增強光伏打效率(如圖4C中所論述)。可將PV堆疊621沈積於起動堆疊610或起動堆疊611上以產生具有多個干涉測量堆疊之光伏打裝置。至少一堆疊401將經組態以自PV裝置之前部反射某種色彩，且至少一堆疊411將經組態以增強裝置之光伏打效率。

儘管前述詳細描述揭示了本發明之若干實施例，但應理解，此揭示內容僅具有說明性且並不限制本發明。應瞭解，所揭示之特定組態及操作可不同於上文所描述之組態及操作，且本文中所描述之方法可用於除製造半導體裝置以外的內容中。熟習此項技術者將瞭解，關於一實施例所描述之某些特徵亦可應用於其他實施例。舉例而言，已關於光伏打電池、裝置或陣列之前側而論述了干涉測量堆疊之各種特徵，且此等特徵可不難應用於形成於光伏打電池、裝置或陣列之背側上的干涉測量堆疊。舉例而言，已關於形成於PV裝置之前側上的干涉測量堆疊之各種實施例而論述了各種間隔物層特徵。此等間隔物層特徵亦可應用於形成於PV裝置之背側上的干涉測量堆疊。

【圖式簡單說明】

圖1示意性地說明理論性光學干涉測量腔。

圖2A示意性地說明一包括吸收器及間隔物層之干涉測量調變器(IMOD)。

圖2B係類似於圖2A之IMOD的IMOD之方塊圖，該IMOD

包含吸收器層、間隔物層及反射器。

圖 2C 示意性地說明一 IMOD，其中間隔物層包括由位於吸收器層與反射器層之間的柱樁或支柱形成之氣隙。

圖 2D 展示 IMOD 之全反射對波長之曲線，該 IMOD 具有一經組態以針對正入射光及反射光而反射黃色的間隔物層。

圖 3A 示意性地說明一包含 p-n 接面之光伏打電池。

圖 3B 係方塊圖，其示意性地說明一包含沈積之薄膜光伏打活性材料之光伏打電池。

圖 3C 及圖 3D 分別係示意性平面圖及等角剖視圖，其描繪一具有位於前側上之可見反射電極的例示性太陽能光伏打裝置。

圖 4A 及圖 4B 係方塊圖，其示意性地說明包含干涉測量增強堆疊之光伏打電池。

圖 4C 係方塊圖，其示意性地說明一包含兩個干涉測量增強堆疊之光伏打電池。

圖 4D 示意性地說明一併有干涉測量堆疊之彩色光伏打 (PV) 裝置之實施例。

圖 4E 展示來自如圖 4A 中所示而組態之光伏打電池之前 (基板) 側的全反射對波長之曲線。

圖 4F 展示色度圖，其描繪當第一間隔物層之厚度改變時自如圖 4A 中所示而組態之包含非晶矽活性層之光伏打電池的前 (基板) 側反射的色彩。

圖 4G 展示色度圖，其描繪當第一間隔物層之厚度改變時

自如圖4A中所示而組態之包含二硒化銅銦鎳(CIGS)活性層之光伏打電池的前(基板)側反射的色彩。

圖4H展示色度圖，其描繪當第一間隔物層之厚度改變時透射穿過如圖4A中所示而組態之PV電池或裝置的色彩。

圖4I展示色度圖，其描繪當第一間隔物層之厚度改變時自如圖4A中所示而組態之PV電池之後(PV活性材料)側反射的色彩。

圖4J展示自如圖4A中所示而組態之光伏打電池之穿過第一間隔物層的光透射對波長之曲線及自如圖3B中所示而組態之光伏打電池之穿過第一間隔物層的光透射對波長之曲線。

圖5A-圖5D說明經圖案化的干涉測量堆疊之實施例，該等經圖案化干涉測量堆疊在不同區域中顯示不同色彩以在包含彩色PV裝置之靜態顯示器上形成影像。

圖6A-圖6E係示意性截面圖，其說明製造併有IMOD堆疊之PV裝置之程序中的步驟。

【主要元件符號說明】

5B	截面
101	上部界面
102	下部界面
103	光射線
104	光路徑
105	光路徑
106	光路徑
107	光路徑

200	干涉測量調變器(IMOD)
201	吸收器層
202	間隔物層
202a	第一間隔物層
202b	第二間隔物層
202c	間隔物層
202d	間隔物層
202e	間隔物層
203	反射器層
204	光射線
205	路徑
206	路徑
211	間隔物
250	峰值
251	峰值波長
253	反射比
254	峰值或最大反射比
300	光伏打(PV)電池
301	PV活性區域
301a	n型半導體材料
301b	p型半導體材料
301c	本質矽層
302	電極
303	電極

304	抗反射 (AR) 塗層
305	外部電路
306	電燈泡
310	薄膜PV電池
311	玻璃基板
312	第一電極層
313	第二電極層
330	PV裝置
331	前部電極
332	前部電極
333	背部電極
334	窗
400	PV裝置
401	干涉測量堆疊
402	光射線
402a	光譜分布
403	射線
403a	光譜分布
404	射線
405	射線
410	光伏打裝置
412	干涉測量增強PV裝置或電池
413	反射器
414	干涉測量增強PV裝置

420	色彩設定間隔物
450	峰值
453	反射比
454	峰值或最大反射比
491	線
493	線
496	一系列點
497	一系列點
498	一系列點
499	一系列點
500	靜態顯示器
501a	區域
501b	區域
501c	區域
501d	區域
501e	區域
501f	區域
501g	區域
511	光射線
512	光射線
513	射線
514	射線
515	射線
516	射線

517a	間隔物層高度
517b	間隔物層高度
520	PV顯示裝置
522a	光射線
522b	射線
522c	射線
523a	光射線
523b	射線
523c	射線
601	第一 TCO層
603	第二 TCO層
610	起動堆疊
611	起動堆疊
620	光伏打堆疊
621	起動堆疊
630	PV裝置
P1-P15	像素

發明專利說明書

(本說明書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※申請案號：P8108710

※申請日：98.7.13

※IPC 分類：H01L 31/042 (2006.01)

H01L 31/18 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

單片干涉測量調變色彩增強光伏打電池

MONOLITHIC IMOD COLOR ENHANCED PHOTOVOLTAIC CELL

二、中文發明摘要：

本發明揭示一種將干涉測量堆疊併入光伏打裝置中之裝置及一種製造包含干涉測量堆疊之光伏打裝置的方法。在一實例中，光伏打裝置410包括光伏打活性層301、吸收器層201及第一光學諧振腔層202a。光學諧振腔層202a安置於吸收器層201與光伏打活性層301之間從而形成干涉測量調變器200。干涉測量調變器200經組態以反射均一色彩。在另一實例中，一種製造光伏打裝置之方法包括將光伏打活性層301沈積於干涉測量堆疊401上。干涉測量堆疊401可包括吸收器層201及第一光學諧振腔202a。光伏打活性層301沈積於光學諧振腔202a上且所形成之光伏打裝置反射均一色彩。

三、英文發明摘要：

Devices incorporating an interferometric stack in a photovoltaic device and method of manufacturing a photovoltaic device comprising an interferometric stack. In one example, a photovoltaic device 410 includes a photovoltaic active layer 301, an absorber layer 201, and a first optical resonant cavity layer 202a. The optical resonant cavity layer 202a is disposed between the absorber layer 201 and photovoltaic active layer 301 forming an interferometric modulator 200. The interferometric modulator 200 is configured to reflect a uniform color. In another example, a method of manufacturing a photovoltaic device includes depositing a photovoltaic active layer 301 on an interferometric stack 401. The interferometric stack 401 can include an absorber layer 201 and a first optical resonant cavity 202a. The photovoltaic active layer 301 is deposited on the optical resonant cavity 202a and the formed photovoltaic device is reflects a uniform color.

七、申請專利範圍：

1. 一種光伏打裝置，其界定光入射於之一前側，該光伏打裝置包含：
 - 一光伏打活性層，其具有一前側及一背側；
 - 一吸收器層；及
 - 一第一光學諧振腔，其由該光伏打活性層之該前側及該吸收器層界定。
2. 如請求項1之裝置，其中該第一光學諧振腔包含一第一間隔物層。
3. 如請求項2之裝置，其中該間隔物層包含一透明導電氧化物層。
4. 如請求項1之裝置，其中該第一光學諧振腔具有一在700 Å與5000 Å之間的高度。
5. 如請求項3之裝置，其中該第一間隔物層進一步包含一安置於該吸收器層與該透明導電氧化物層之間的色彩設定間隔物。
6. 如請求項1之裝置，其進一步包含一第二光學諧振腔。
7. 如請求項6之裝置，其進一步包含一反射器，且其中該第二光學諧振腔由該光伏打活性層之該背側及該反射器界定。
8. 如請求項6之裝置，其中該第二光學諧振腔包含一第二間隔物層。
9. 如請求項7之裝置，其中該反射器包含金屬。
10. 如請求項8之裝置，其中該第二間隔物層包含透明導電

氧化物。

11. 如請求項1之裝置，其中該第一光學諧振腔經組態以反射一均一色彩。
12. 如請求項1之裝置，其中該光伏打層包含選自由以下各物組成之群的光伏打材料：單晶矽、非晶矽、鍺、III-V族半導體、銅銦、硒化鎵、碲化鎳、砷化鎵、氮化銦、氮化鎵、砷化硼、氮化銦鎵及串聯多接面光伏打材料。
13. 如請求項1之裝置，其中該第一光學諧振腔之一高度橫越該光伏打裝置為不均一的。
14. 如請求項13之裝置，其中該第一光學諧振腔高度經圖案化使得該光伏打裝置包含兩個或兩個以上之區域，其中每一區域具有一對應於一不同反射色彩之不同第一光學諧振腔高度。
15. 如請求項1之裝置，其中該第一光學諧振腔之一高度橫越該光伏打裝置為均一的。
16. 如請求項1之裝置，其中該吸收器之一高度橫越該光伏打裝置為不均一的。
17. 如請求項1之裝置，其中該吸收器層具有一在20 Å與300 Å之間的厚度。
18. 如請求項1之裝置，其中該吸收器層具有一在20 Å與35 Å之間的厚度。
19. 如請求項1之裝置，其中該吸收器層包含金屬。
20. 如請求項1之裝置，其中該光伏打活性層包含一薄膜光伏打材料。

21. 如請求項20之裝置，其中該薄膜包含非晶矽。

22. 一種製造一光伏打裝置之方法，該方法包含：

提供一干涉測量堆疊，該干涉測量堆疊包含一位於一基板上之吸收器層及一由該吸收器層界定於一第一側上的第一光學諧振腔；及

將一光伏打活性層沈積於該干涉測量堆疊上，該光伏打活性層界定該第一光學諧振腔之一第二側。

23. 如請求項22之方法，其中該干涉測量堆疊經預先調節以當將該光伏打活性層沈積於其上時反射某一色彩。

24. 如請求項22之方法，其中該第一光學諧振腔包含一第一間隔物層。

25. 如請求項24之方法，其中該間隔物層包含一透明導電氧化物。

26. 如請求項22之方法，其中該第一光學諧振腔具有一在500 Å與5000 Å之間的高度。

27. 如請求項22之方法，其中該吸收器層具有一在20 Å與300 Å之間的厚度。

28. 一種光伏打裝置，其包含：

一包含一光伏打活性層之干涉測量調變器。

29. 如請求項28之光伏打裝置，其中該光伏打活性層具有一前側及一背側，且該裝置進一步包含一由該光伏打活性層之該前側界定的第一光學諧振腔。

30. 如請求項29之裝置，其中該第一光學諧振腔包含一第一間隔物層。

31. 如請求項30之裝置，其中該第一間隔物層包含一透明導電氧化物層。
32. 如請求項29之裝置，其進一步包含一吸收器層，該吸收器層經組態以反射至少一些光並透射至少一些光。
33. 如請求項29之裝置，其進一步包含一由該光伏打活性層之該背側界定的第二光學諧振腔。
34. 如請求項32之裝置，其中該吸收器層具有一在20 Å與300 Å之間的厚度。
35. 如請求項28之裝置，其中該第一光學諧振腔具有一在300 Å與5000 Å之間的高度。
36. 如請求項33之裝置，其進一步包含一反射器，該反射器經組態以反射至少一些光且其中該第二光學諧振腔安置於該光伏打活性層之該背側與該反射器之間。
37. 如請求項36之裝置，其中該反射器係一部分反射器。
38. 如請求項28之裝置，其中該光伏打活性層包含一薄膜光伏打材料。
39. 一種光伏打裝置，其界定光入射於之一前側，該光伏打裝置包含：
 - 一用於部分地反射入射於該前側上之光的第一構件；
 - 一用於部分地反射入射於該前側上並通過該第一構件之光的第二構件；及
 - 一第一光學諧振腔，其由該第一構件及該第二構件界定。
40. 如請求項39之裝置，其中該第一構件包含一光伏打活性

層。

41. 如請求項39之裝置，其中該第二構件包含一吸收器層。

八、圖式：

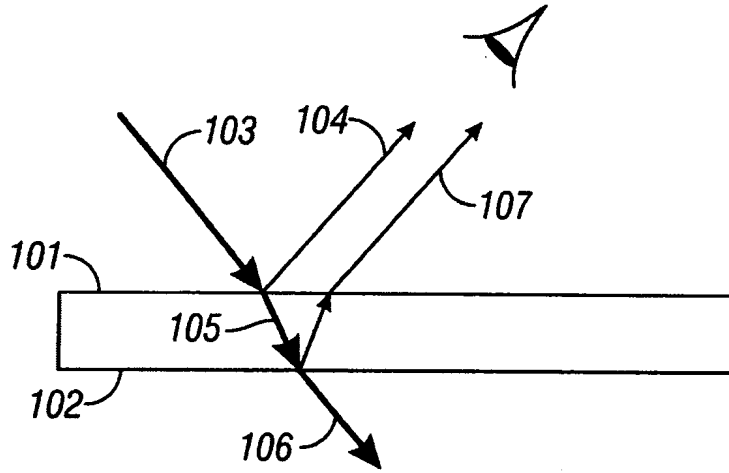


圖 1

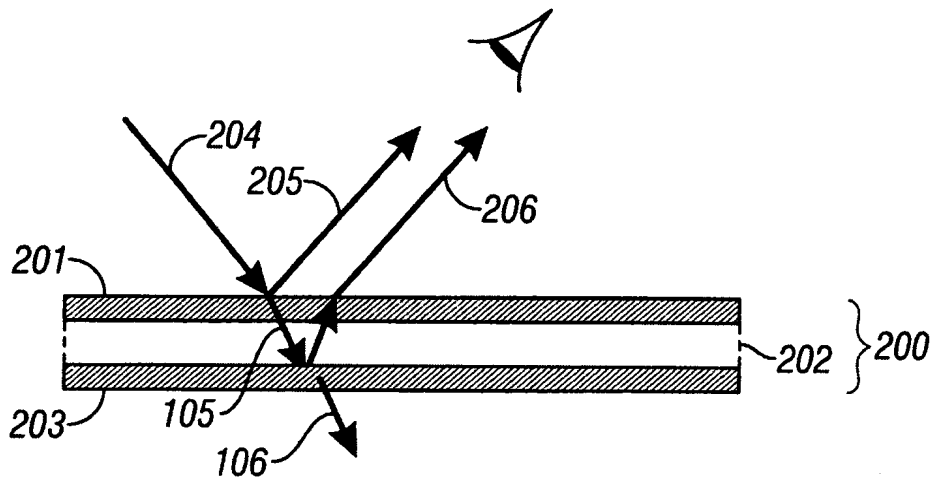


圖 2A

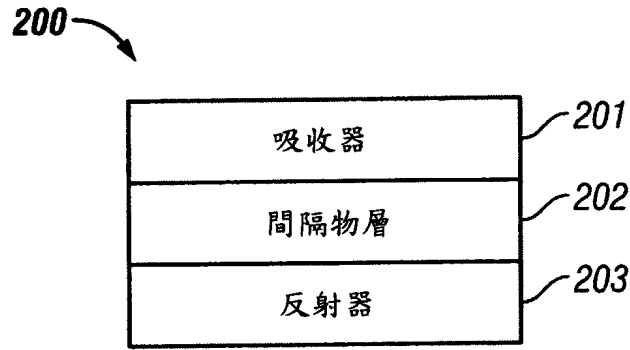


圖 2B

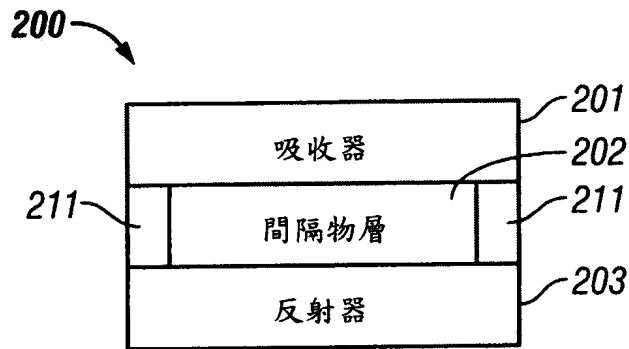


圖 2C

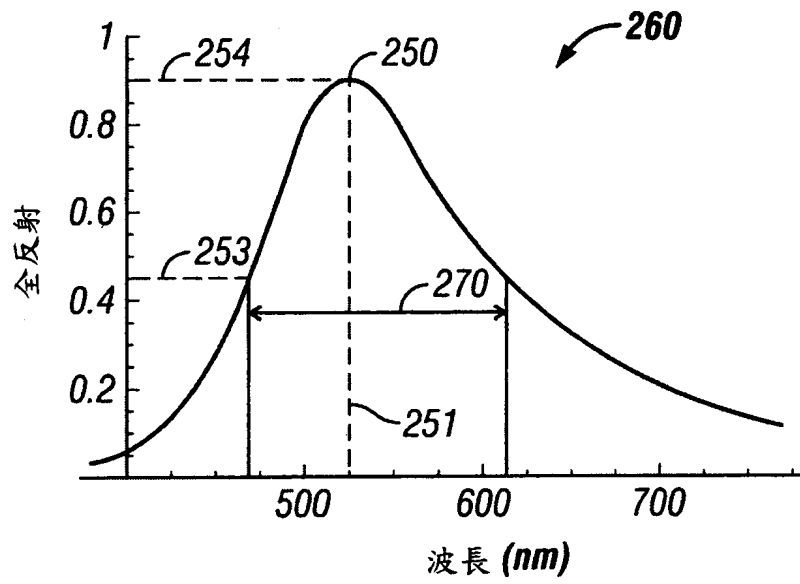


圖2D

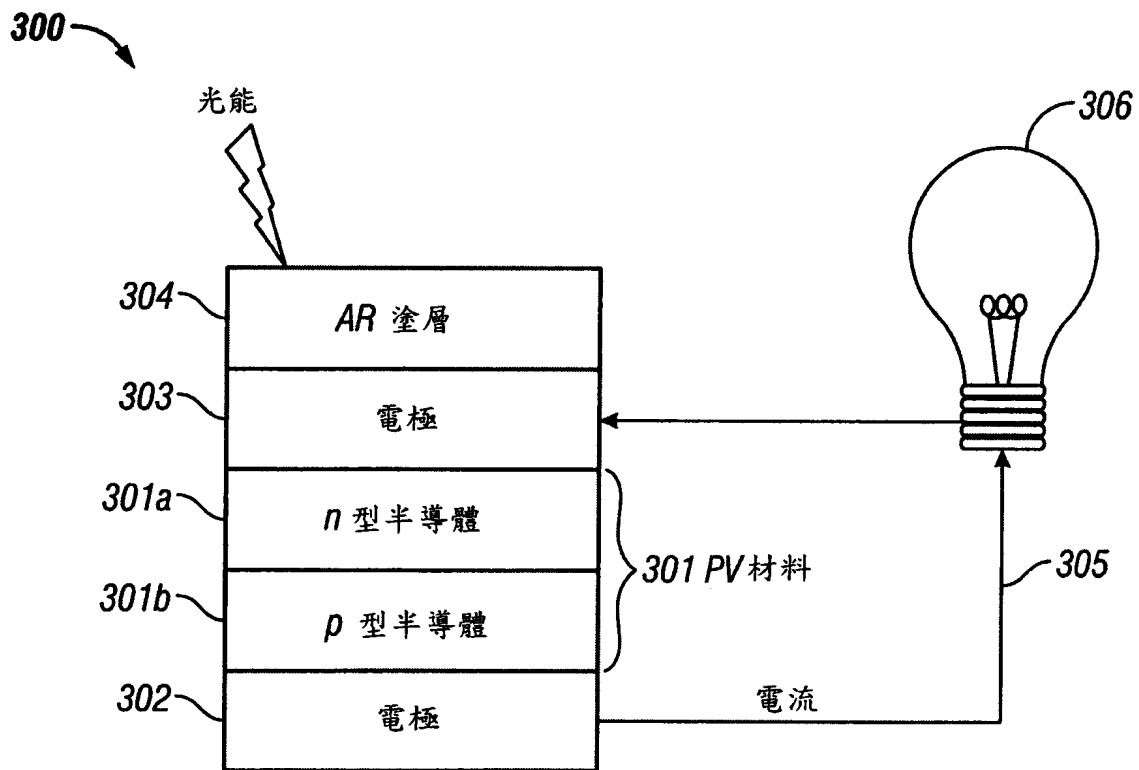


圖 3A

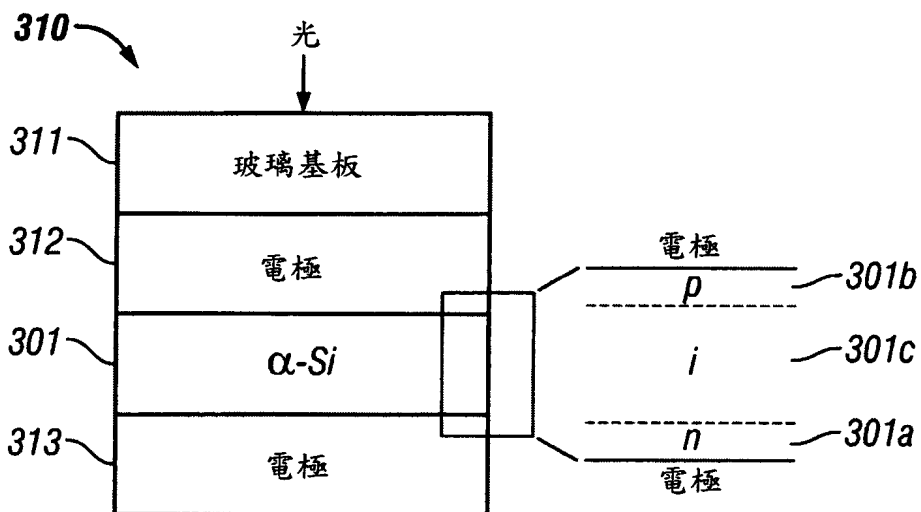


圖 3B

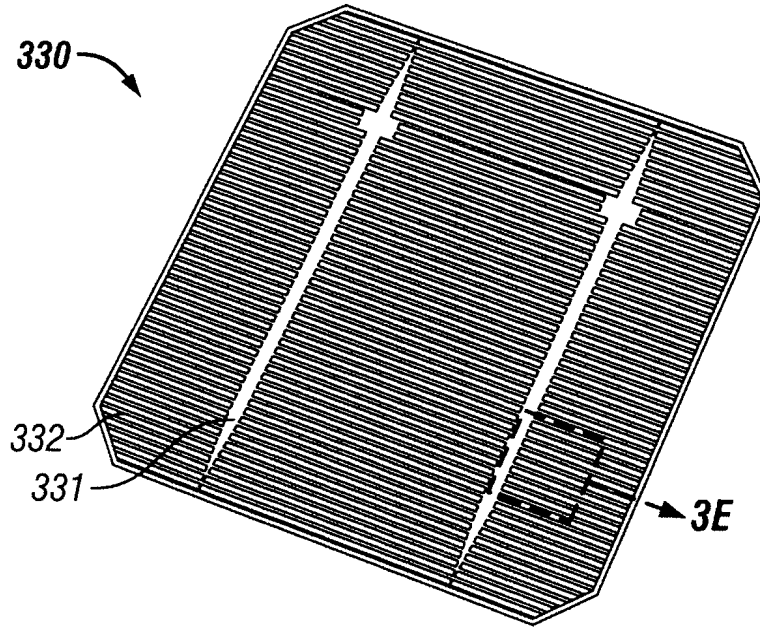


圖 3C

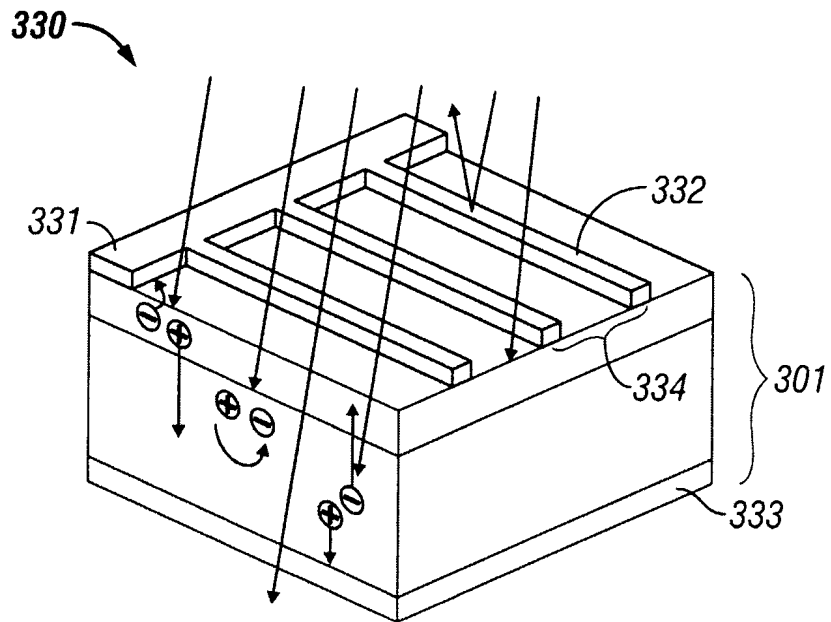


圖 3D

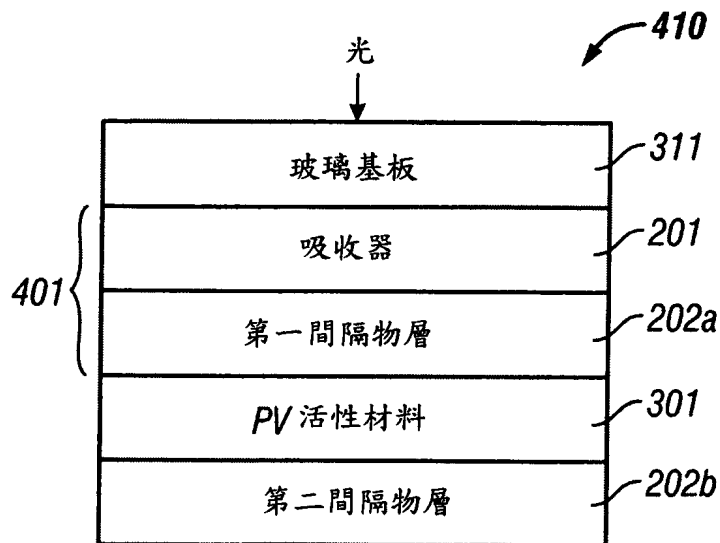


圖 4A

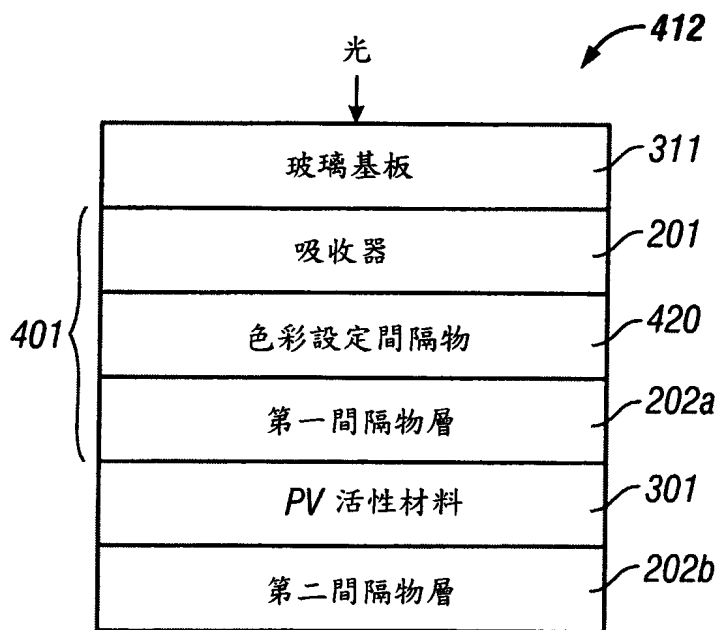


圖 4B

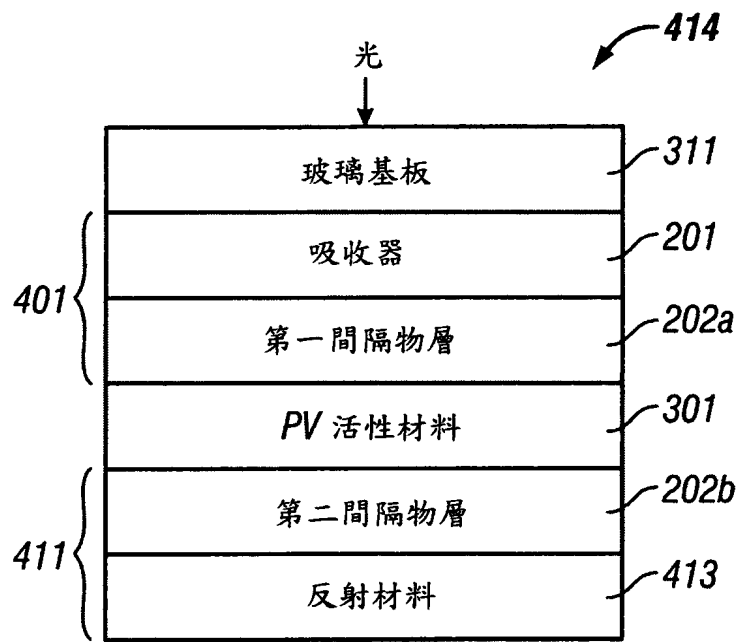


圖 4C

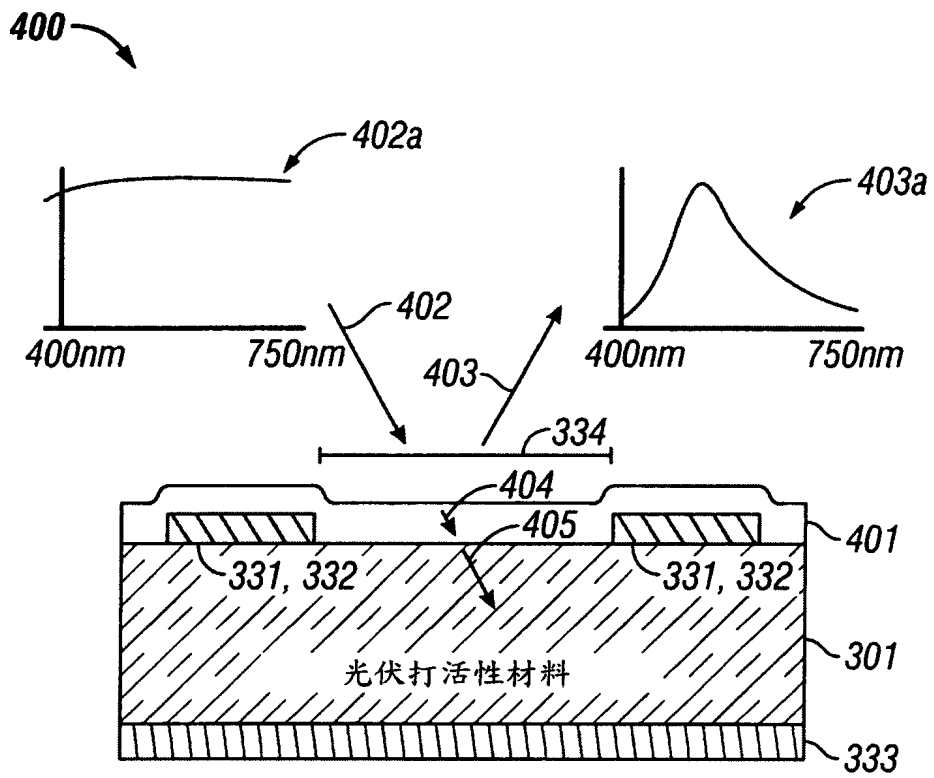


圖 4D

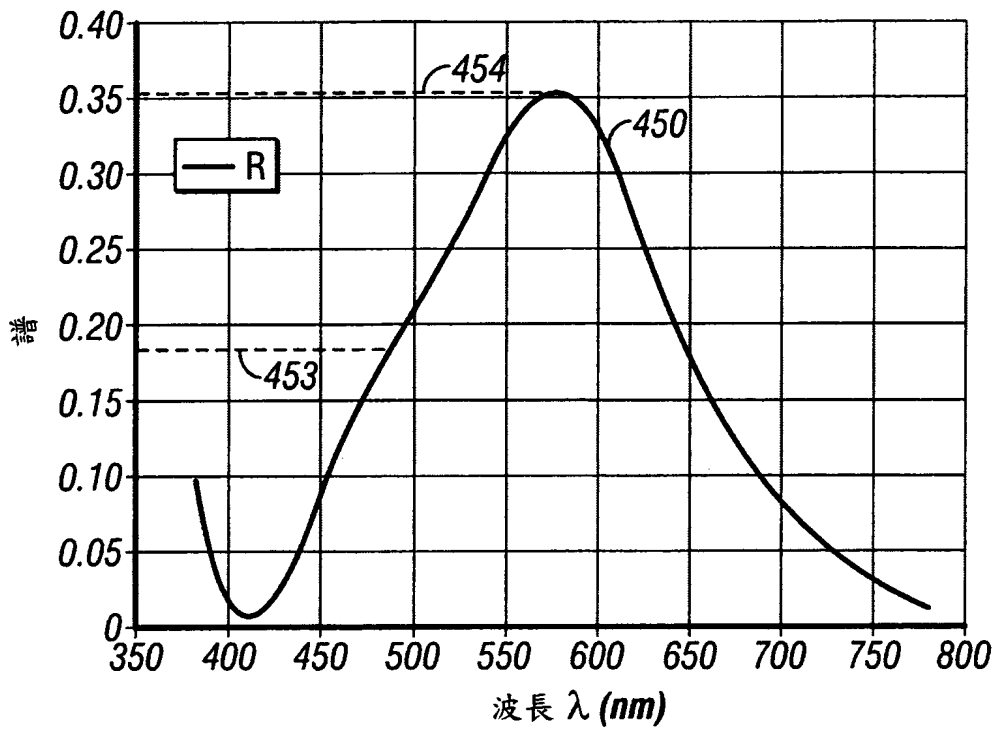


圖 4E

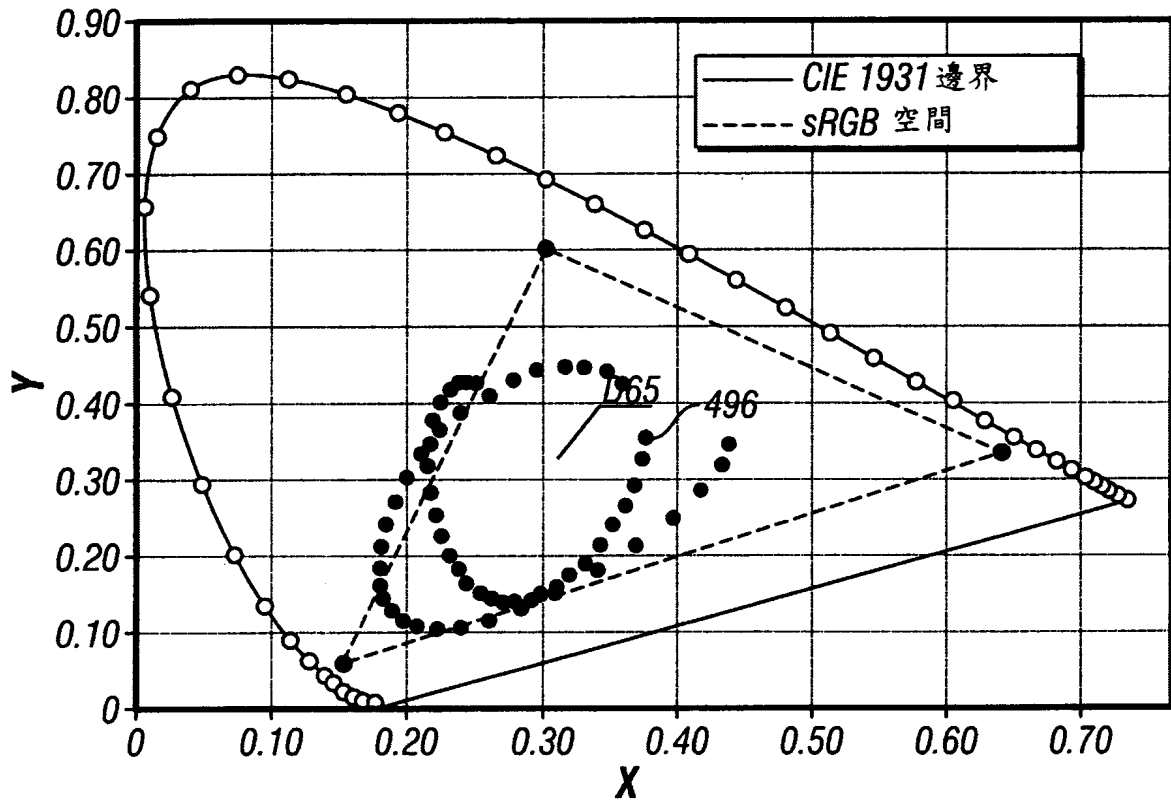


圖 4F

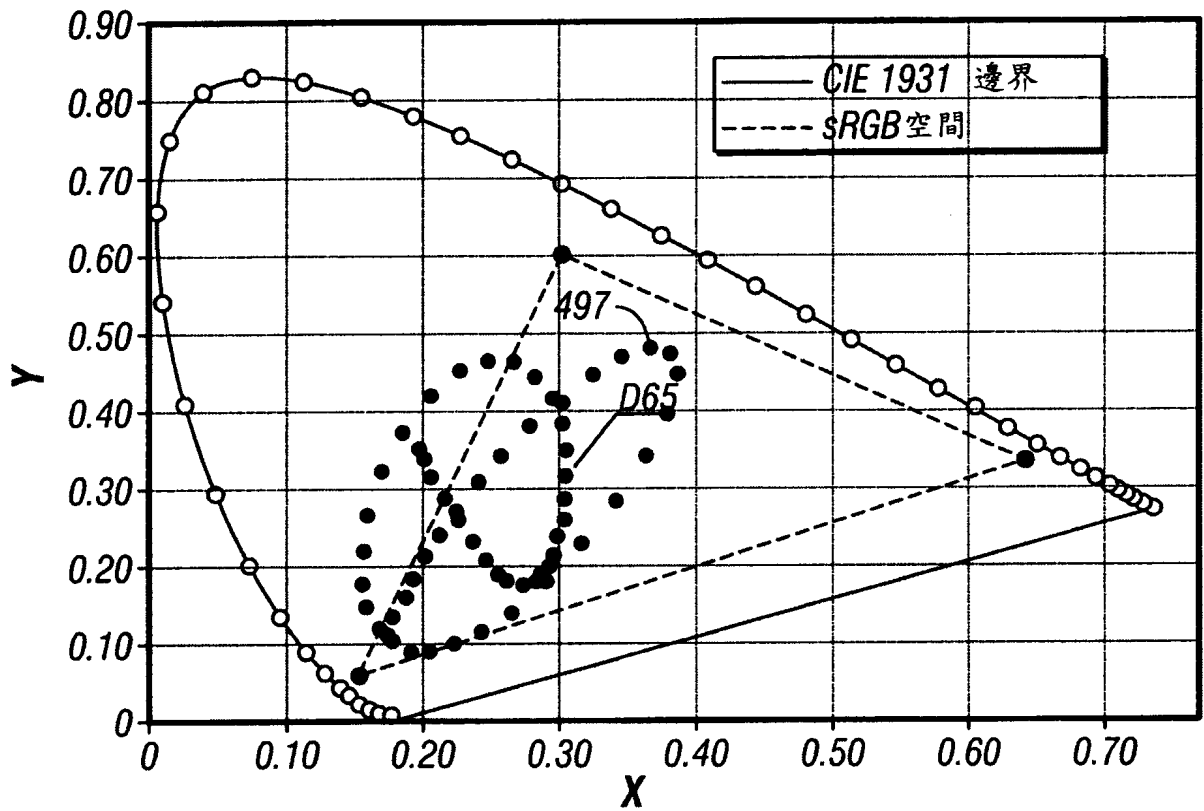


圖 4G

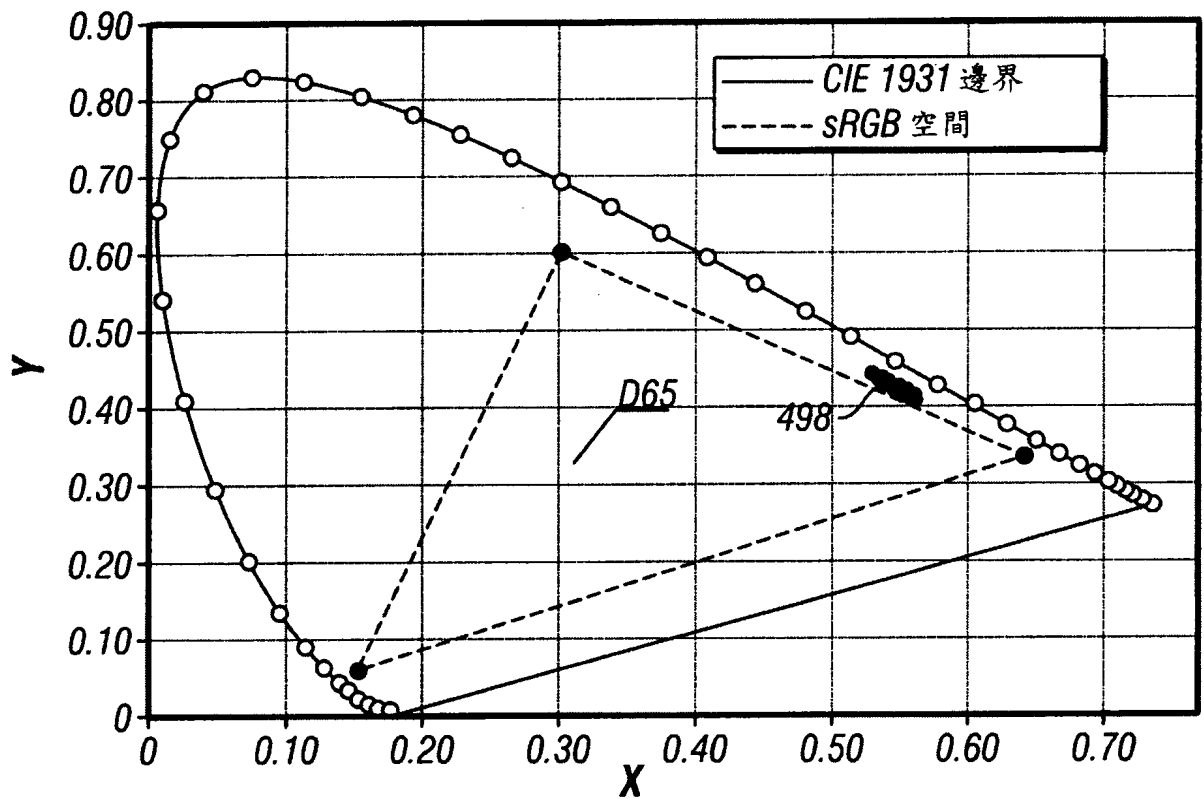


圖 4H

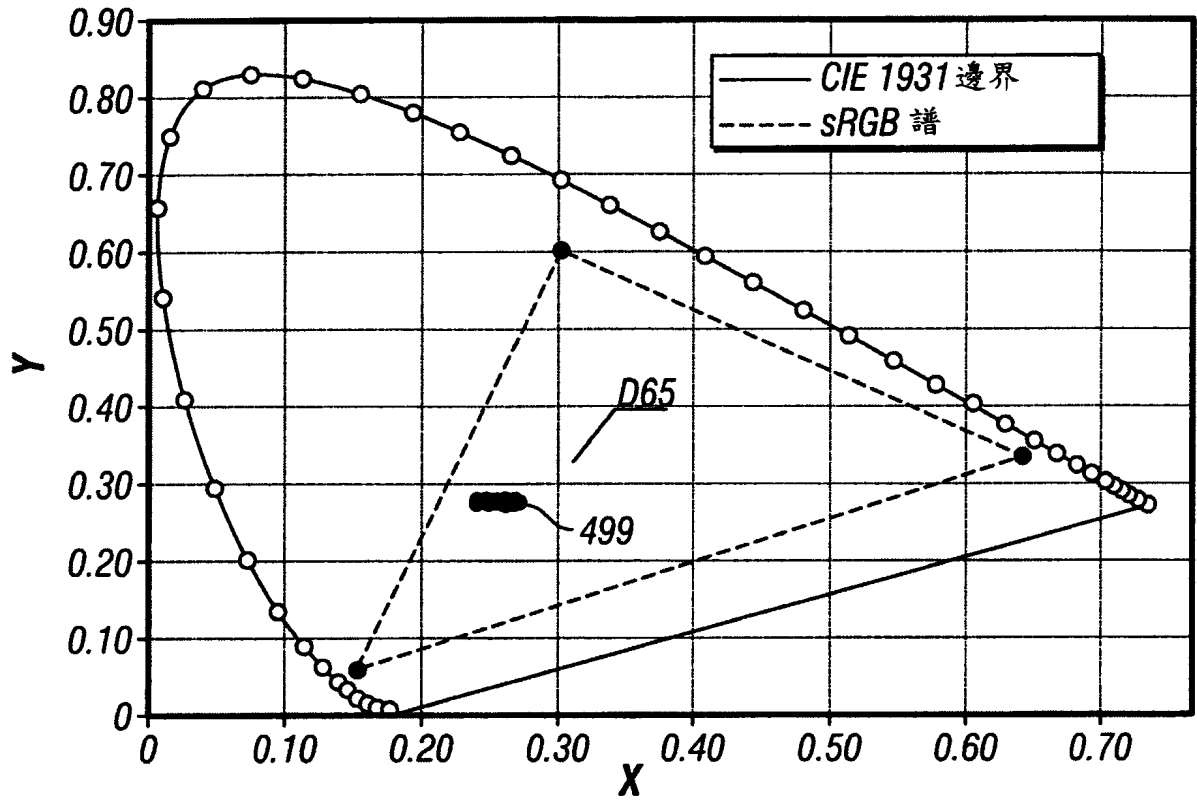


圖4I

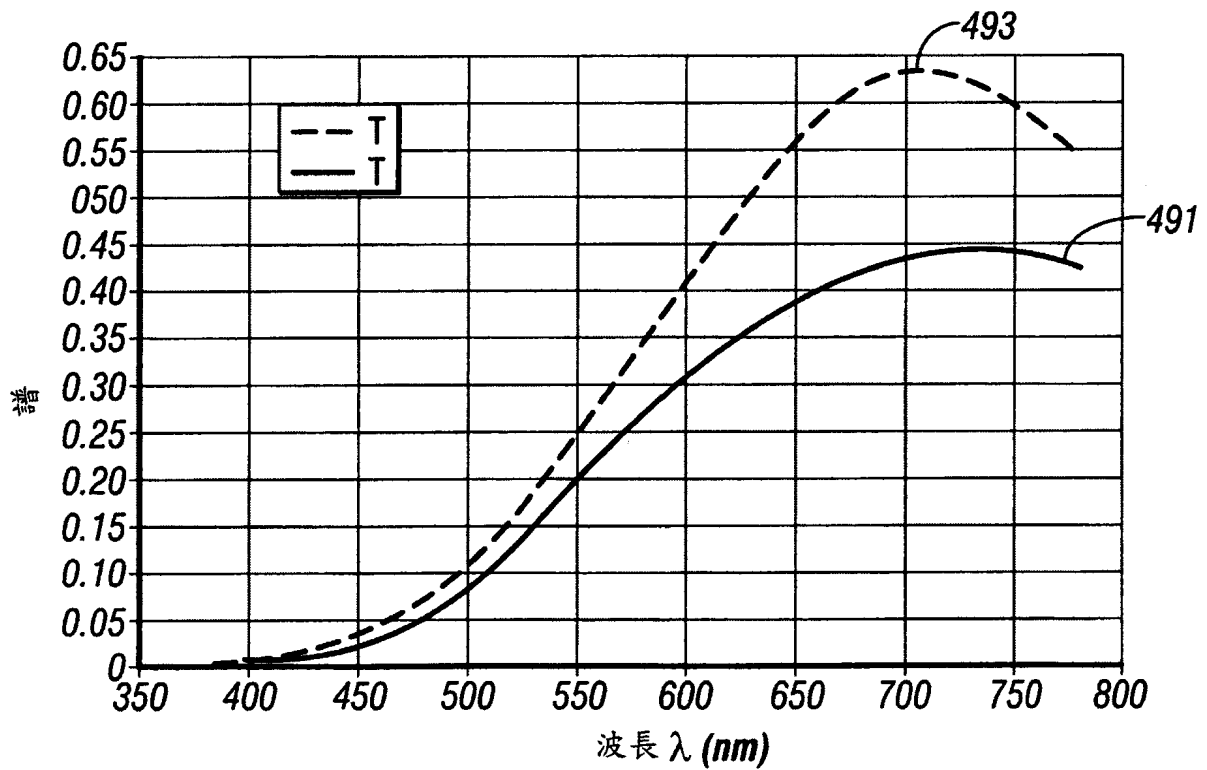


圖4J

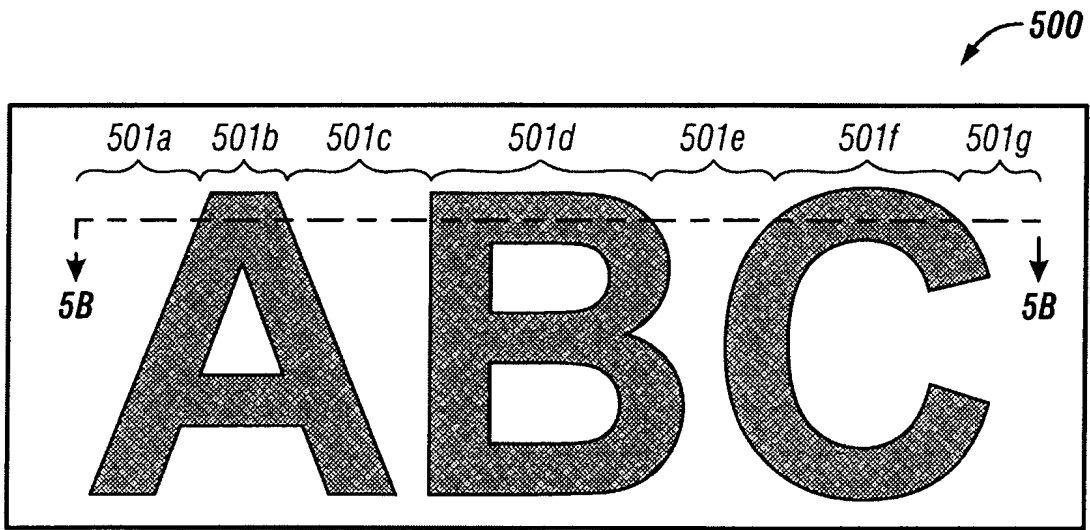


圖5A

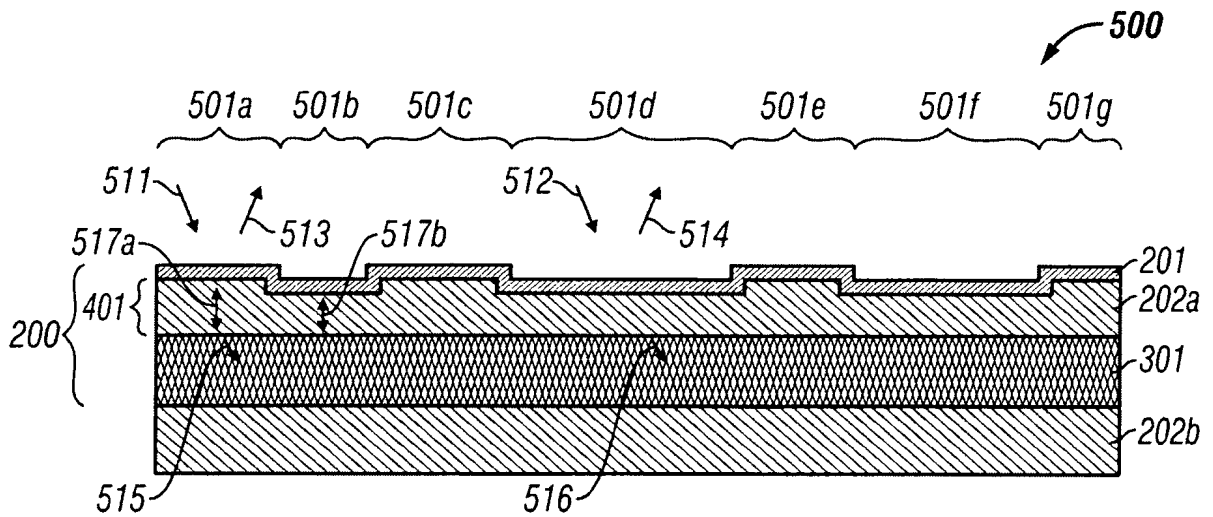


圖5B

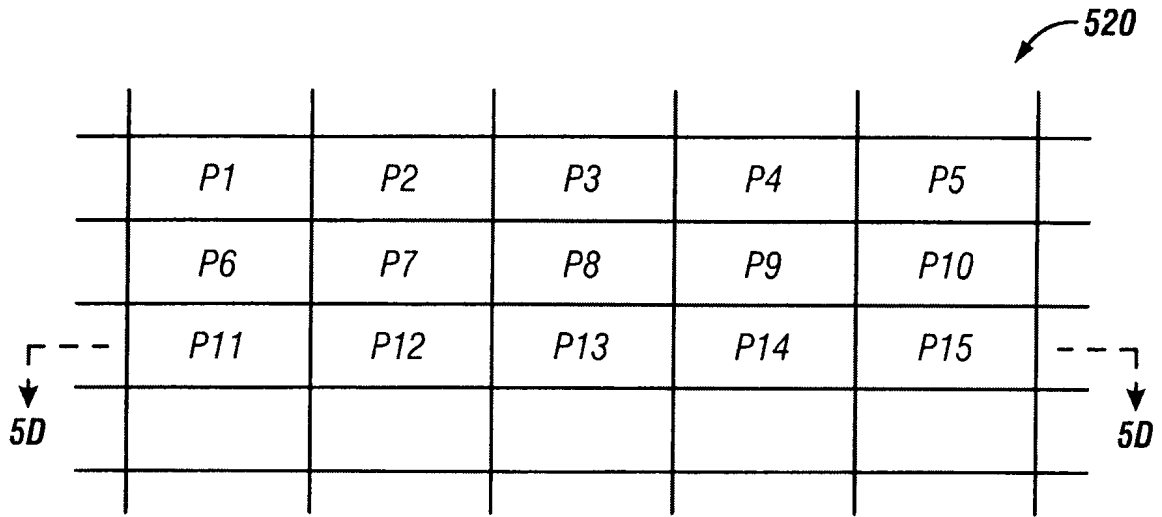


圖 5C

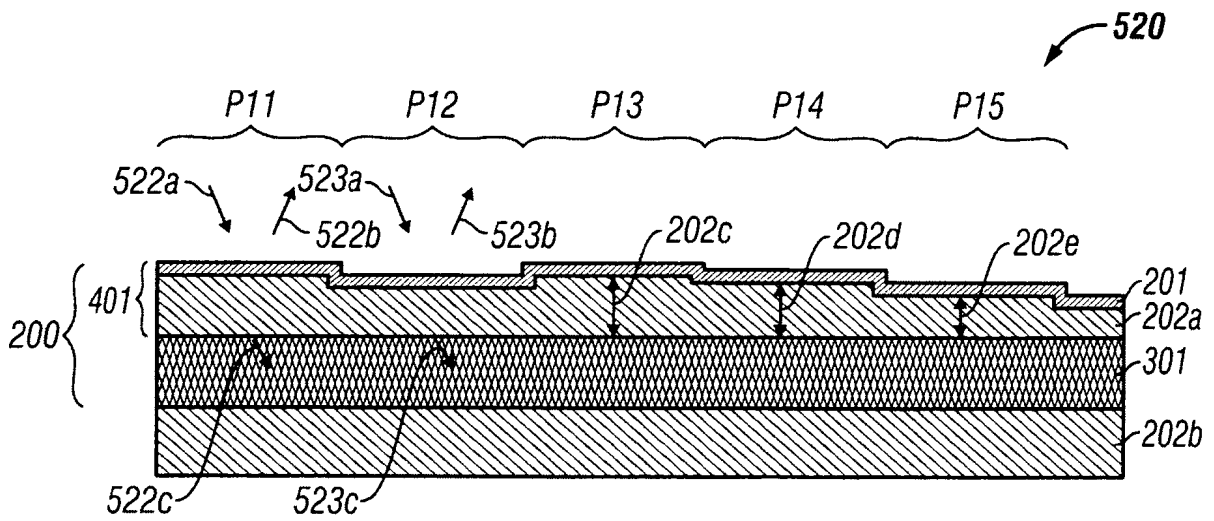


圖 5D

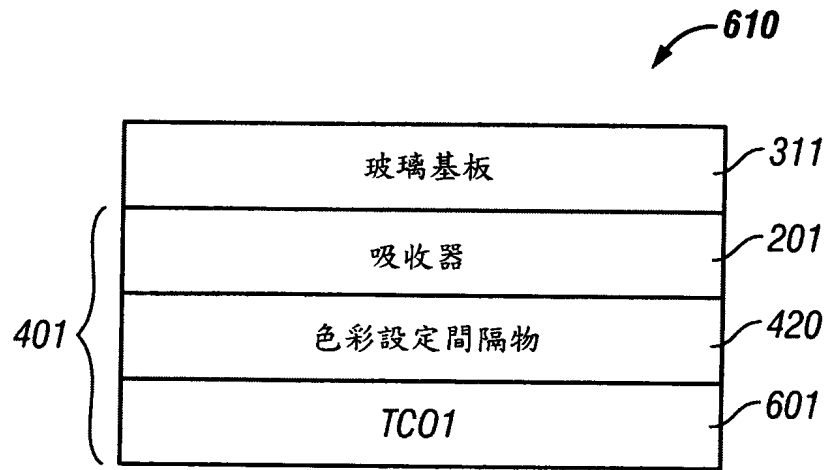


圖 6A

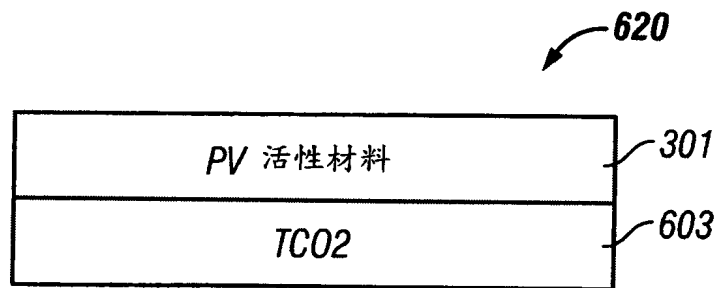


圖 6B

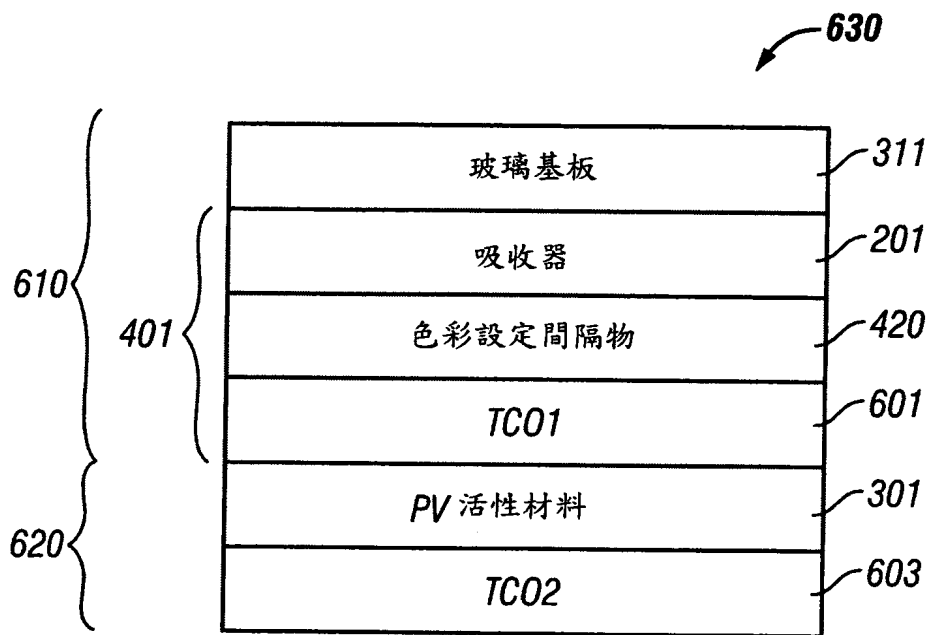


圖 6C

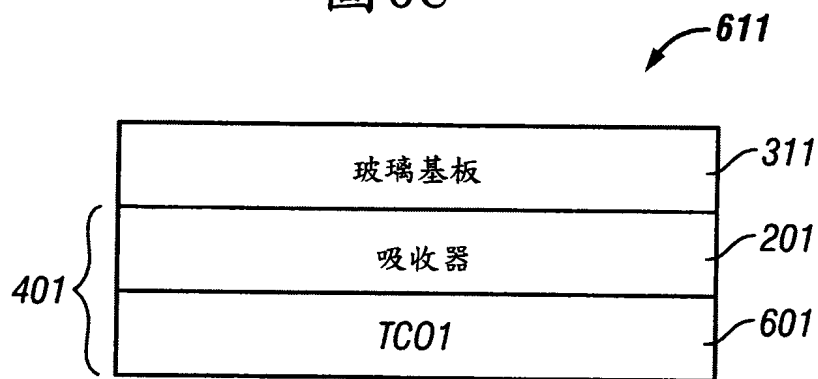


圖 6D

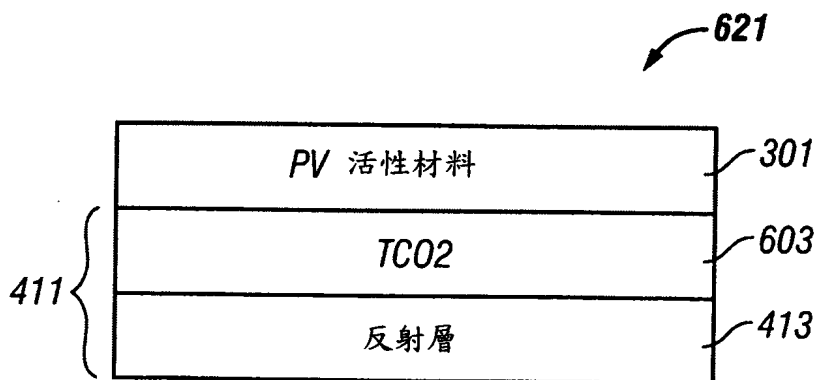


圖 6E

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第 (4A) 圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

201	吸收器層
202a	第一間隔物層
202b	第二間隔物層
301	PV活性區域
311	玻璃基板
401	干涉測量堆疊
410	光伏打裝置

五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

(無)