



(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 I680324 B

(45)公告日：中華民國 108 (2019) 年 12 月 21 日

(21)申請案號：106103610

(22)申請日：中華民國 106 (2017) 年 02 月 03 日

(51)Int. Cl. : G02F1/01 (2006.01)

(30)優先權：2016/02/04 歐洲專利局 16000280.4

(71)申請人：英商博多科技有限公司 (英國) BODLE TECHNOLOGIES LIMITED (GB)
英國(72)發明人：霍斯尼 沛曼 HOSSEINI, PEIMAN (IT)；巴斯卡藍 哈里席 BHASKARAN,
HARISH (IN)；布洛頓 班 BROUGHTON, BEN (GB)

(74)代理人：何愛文；王仁君

(56)參考文獻：

WO 2015/097468A1

審查人員：葉耀中

申請專利範圍項數：20 項 圖式數：13 共 47 頁

(54)名稱

具有熱轉換相變材料之光學裝置

(57)摘要

本發明尤其關於一種光學裝置(1)，其包括具有以下之層結構(2)：導熱光學反射體(15)；導熱間隔物(14)，其可透射光線且配置於所述反射體(15)上方；及相變材料(10)或 PCM，其配置於所述間隔物(14)上方且具有至少兩種可逆向轉換之狀態，其中所述 PCM 呈現兩種不同的折射率值。所述反射體(15)、所述間隔物(14)及所述 PCM(10)沿所述層結構之堆疊方向(z)依次堆疊。所述光學裝置進一步包括：加熱元件(17)，就所述反射體(15)而言所述加熱元件(17)與所述 PCM(10)相對，所述層結構(2)經組態以使所述 PCM(10)與所述加熱元件(17)電絕緣，而所述加熱元件(17)經由所述反射體(15)及所述間隔物(14)與所述 PCM(10)熱連通；及控制器(19、19a)，其經組態以向所述加熱元件(17)供電，從而加熱所述 PCM(10)且藉此可逆地改變所述 PCM(10)之折射率及/或吸收率。本發明進一步關於相關光學裝置(尤其是包括各自藉由諸如上文所描述之一組層結構形成之一或多種像素的裝置)及致動方法。

The present invention is notably directed to an optical device (1) comprising a layer structure (2) with: a thermally conducting, optical reflector (15); a thermally conducting spacer (14), which is transmissive to light and arranged above the reflector (15); and a phase change material (10), or PCM, arranged above the spacer (14) and having at least two reversibly switchable states, in which the PCM exhibits two different values of refractive index. The reflector (15), the spacer (14) and the PCM (10) are successively stacked along a stacking direction (z) of the layer structure. The optical device further comprises: a heating element (17), opposite to the PCM (10) with respect to the reflector (15), the layer structure (2) being configured so as to electrically insulate the PCM (10) from the heating element (17), while the heating element (17) is in thermal communication with the PCM (10) via the reflector (15) and the spacer (14); and a controller (19, 19a) configured to energize the heating element (17), so as to heat the PCM (10) and thereby reversibly change a refractive index and/or an absorption of said PCM (10). The invention is further directed to related

optical devices (notably devices comprising one or more pixels formed, each, by a set of layer structures such as described above) and actuation methods.

指定代表圖：

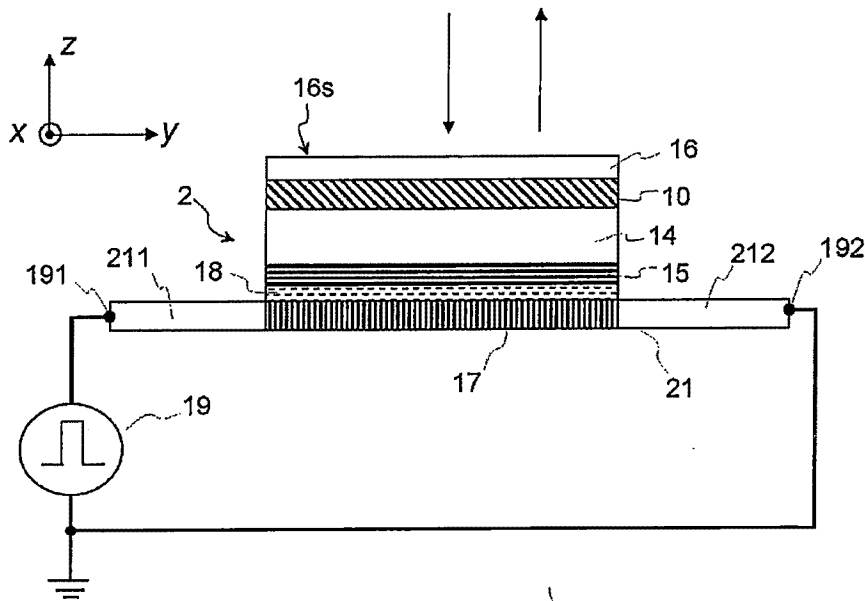


圖1

符號簡單說明：

- 1 . . . 光學裝置
- 2 . . . 結構
- 10 . . . PCM
- 14 . . . 間隔物
- 15 . . . 反射體
- 16 . . . 覆蓋層
- 16s . . . 表面
- 17 . . . 加熱元件
- 18 . . . 障壁層
- 19 . . . 控制器
- 191 . . . 端子
- 192 . . . 端子
- 211 . . . 剩餘部分
- 212 . . . 剩餘部分

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動)

【發明名稱】(中文/英文)

具有熱轉換相變材料之光學裝置

OPTICAL DEVICE WITH THERMALLY SWITCHING PHASE
CHANGE MATERIAL

【技術領域】

【0001】 本發明大體係關於在各種領域中具有應用之光學裝置，所述領域之範圍包括顯示器之像素至用於建築及汽車應用之智慧型玻璃。

【先前技術】

【0002】 關於所謂的相變材料（PCM）技術及其在諸如超高解析度反射式顯示器、透視顯示器及力感測器之光電裝置中的用途，已存在大量研究。PCM包含可在多於一個相之間轉換的材料。所述相可具有不同的光電特性。此外，雙穩態PCM為已知的，因為在相變完成後不必連續施加電力以使裝置維持在新狀態，所以所述雙穩態PCM尤其引人注目。

【0003】 然而，僅一小部分材料通常有效參與所述材料之電轉換週期，而材料之周圍部分基本上仍不受影響。此現象為已知的且通常稱為「絲狀轉換」。雖然絲狀轉換可有利地用於某些應用，但正如其可能被意識到，此現象將不利地影響PCM之不同轉換狀態之間的光學特性。

【0004】 此現象通常在縱橫式電路組態中進行。在縱橫式電路中，在縱橫桿中施加電壓脈衝，使得電流穿過桿體之間的PCM元件。藉由轉換製程在電極之間形成經定位之導電路徑（亦

即「絲狀物」)。儘管僅轉換小部分材料，但可例如使某些非光學、電阻式裝置令人滿意地運行。然而，就光學特性而言，因為活性部分過小，所以縱橫式電路組態中之PCM像素似乎不會得到轉換。因此，絲狀轉換阻礙諸如顯示器之像素及智慧型玻璃之光學應用。

【0005】 為了解決此問題及獲得較大轉換部分，可將PCM區域劃分為奈米級像素。然而，此導致像素之數目急劇增加。舉例而言，對於顯示應用，因為轉換機構需要施加急劇（例如奈秒持續時間）電脈衝，所以上述解決方案需要在極度高速下依次對大量（通常數百萬）像素進行尋址。然而，因為電子外圍驅動電路對像素進行尋址所需之計算能力及電力的量隨像素之數目而急劇增加，此引起新的工程難題。

【0006】 另外，已知使用熱脈衝轉換PCM。舉例而言，US2015098032揭示一種PCM顯示器，其中各PCM像素係藉由與PCM直接接觸之電加熱器元件而轉換。PCM元件產生灰階。額外過濾元件為像素提供色彩。

【發明內容】

【0007】 根據第一態樣，本發明體現為一種光學裝置。此裝置包含具有以下之層結構：導熱光學反射體；導熱（光學）間隔物，其可透射光線且配置於反射體上方；及相變材料或PCM，其配置於間隔物上方且具有至少兩種可逆向轉換之狀態，其中PCM呈現兩種不同的折射率值及/或吸收率值。反射體、間隔物及PCM沿層結構之堆疊方向依次堆疊。光學裝置進一步包括就反射體而言與PCM相對之加熱元件。層結構經組態以使PCM與加熱元件電絕緣，而加熱元件經由反射體及間隔物與PCM熱連通。光學裝置亦包括控制器，所述控制器經組態以向加熱元件供電，從而加熱PCM且藉此可逆地改變所述PCM之

折射率及/或吸收率。

【0008】 上述光學裝置之結構經設計以充分利用兩種光學功能，同時使大部分PCM得到轉換。加熱元件提供轉換能力。藉由電絕緣障壁使含有PCM之光活性元件與加熱元件分離，然而所述電絕緣障壁導熱。正如本發明人已意識到，此使得有可能轉換大部分PCM，同時保持光活性子結構之層的有序次序（即PCM-間隔物-反射體）。可逆轉換之狀態使PCM展現兩種不同的折射率值及/或吸收率值，允許關於光學特性之自由度（第一光學功能）。同時，隔物厚度可得到調節（或在一個層結構至另一個層結構間變化），其允許關於光學特性之第二自由度（第二光學功能）。實際上，此使得有可能利用以下事實：反射性將因干擾作用而隨光線波長而顯著改變，所述干擾作用係視PCM之折射率及/或吸收率以及間隔物厚度而定。因此，歸功於間隔物，裝置之光學特性可得到調節（例如賦予子像素「色彩」）而不需要額外過濾器。

【0009】 下列較佳實施例尤其關於轉換（促成大面積轉換）及光學特性提供額外優點。

【0010】 首先，裝置較佳經設計以使反射體之平均厚度在50 nm與1 μm 之間；間隔物之平均厚度在40 nm與300 nm之間；且PCM之平均厚度在0.5 nm與80 nm之間。然而較佳地，PCM之平均厚度在3 nm與15 nm之間。

【0011】 同時，因為本發明方法使大部分PCM得到轉換，所以垂直於所述堆疊方向（ z ）之層結構的橫向尺寸可例如大於或等於0.35 μm ，或較佳地，大於或等於5 μm 。實際上，可涵蓋更大橫向尺寸。

【0012】 較佳地，裝置進一步包括加熱元件與反射體之間的電絕緣材料，其經配置以使反射體與加熱元件基本上電絕緣。

【0013】 在實施例中，控制器經進一步組態以向加熱元件施加電流及/或電壓，所述加熱元件為電阻式加熱元件，以便向

加熱元件供電，從而加熱PCM且藉此可逆地改變PCM之折射率及/或吸收率。

【0014】 較佳地，所述裝置進一步包括導電層，其中在所述層結構之水平上插入有加熱元件，由此導電層之兩個部分位於加熱元件的對應側面上，與其接觸，且控制器包括接觸所述兩個部分中之對應部分的兩個端子，以向加熱元件施加所述電流及/或電壓。

【0015】 控制器例如經組態以根據至少兩種不同信號向加熱元件供電，使得加熱元件分別施加至少兩種不同熱脈衝，且可逆地分別將PCM轉換為所述至少兩種可轉換之狀態。

【0016】 在較佳實施例中，PCM包括以下化合物中之一或多者：GeSbTe、VO_x、NbO_x、GeTe、GeSb、GaSb、AgInSbTe、InSb、InSbTe、InSe、SbTe、TeGeSbS、AgSbSe、SbSe、GeSbMnSn、AgSbTe、AuSbTe及AlSb。

【0017】 然而較佳地，PCM包括以下各者中之一者：Ge₂Sb₂Te₅、GeTe及Ag₃In₄Sb₇₆Te₁₇。

【0018】 加熱元件可例如包括以下一或多者：NiCrSi、NiCr、W、TiW、Pt、Ta、Mo、Nb及Ir。

【0019】 本發明可進一步體現為一種光學裝置，其包括一組層結構，例如以形成像素之子像素。出於彼目的，裝置包括一組導熱光學反射體，以及一組各自位於反射體中之對應反射體上方的導熱間隔物，其中間隔物之厚度大體上不同且各自可透射光線。其進一步包括一組各自位於間隔物中之對應間隔物上方的相變材料或PCM。PCM組與間隔物組及反射體組共同形成一組層結構。PCM中之每一者具有至少兩種可逆向轉換之狀態，其中其呈現兩種不同的折射率值及/或吸收率值。所述裝置亦包括一組加熱元件，其各自就反射體中之對應反射體而言與PCM中之對應PCM相對配置，經由反射體中之對應反射體及間隔物中之對應間隔物與所述PCM中之對應PCM熱連通，但與所

述PCM中之對應PCM電絕緣。控制器經組態以獨立地向加熱元件供電，從而獨立地加熱PCM且藉此可逆地改變其折射率及/或吸收率，由此PCM中之每一者的折射率及/或吸收率可經由控制器而受到獨立控制。

【0020】 此處，間隔物部分之尺寸不同，以賦予結構（或子像素）中之每一者針對進入各子像素中之光線的不同波長依賴型反射率。亦即，各子像素可在不需要額外過濾器或類似者之情況下發亮（歸功於供電時的PCM轉換），但其具有不同色彩（尤其歸功於不同間隔物厚度）。

【0021】 在實施例中，此裝置包括一組像素，其中各像素包括諸如上文所描述之一組層結構。

【0022】 本發明可進一步體現為一種顯示裝置，其包括諸如上述實施例中所描述之光學裝置。配置各種組件以形成一組各自具有層結構之像素。層結構尤其包含與上文所描述之光學裝置一致的PCM及加熱元件。其亦可包含例如形成反射體及間隔物之其他組件。然而，如稍後詳細論述，可涵蓋各種配置，使得像素可共享其組分中之一些或不共享。在所有情況下，各像素中之加熱元件與對應PCM電絕緣且與其熱連通。顯示裝置進一步包括控制器，所述控制器經組態以向任何像素供電，從而獨立地加熱其PCM以可逆地改變其折射率及/或吸收率。此外，顯示裝置包括電極對之配置，其中電極對中之每一者與像素中之一者的加熱元件電連通，因此像素中之每一者可由顯示裝置之控制器單獨地尋址。

【0023】 較佳地，電極對中之每一者經由平行於所述像素中之一者的層結構之堆疊方向 z 延伸的通路而與像素中之一者的加熱元件電連通。

【0024】 所述通路可例如與薄膜電晶體或TFT之汲極端子電接觸，所述TFT之閘極端子及源極端子與所述電極對中之每一者的對應電極電接觸，以使施加於閘極端子之電壓在操作中控

制TFT之源極端子與汲極端子之間的電流。在變體中，可使用電阻式轉換元件。

【0025】 在實施例中，各像素之加熱元件經由另一通路（其亦平行於堆疊方向 z 延伸）進一步與導熱光學反射體電連通。反射體進一步為導電的，因此穿過加熱元件之電流可在操作中經由所述光學反射體流出。

【0026】 在其他實施例中，各像素之加熱元件經由另一通路（亦平行於 z 延伸）與顯示裝置之共同電極電連通，其中通路中之每一者在電極對配置之平均平面與所述加熱元件之平均平面之間延伸。以此方式，穿過加熱元件之電流可在操作中經由共同電極流出。

【0027】 根據另一態樣，本發明體現為一種用於控制根據實施例之光學裝置的方法。基本上，方法包括經由控制器、此光學裝置之加熱元件反覆地供電，從而加熱其PCM以可逆地改變其折射率及/或吸收率。

【0028】 較佳地，供電包括：在持續時間 t_1 期間，根據第一時間熱量曲線向加熱元件供電以加熱所述PCM，且藉此將所述PCM自第一狀態轉換為第二狀態；且隨後在持續時間 t_2 期間，根據第二時間熱量曲線向加熱元件供電以加熱所述PCM，且藉此將所述PCM轉換回第一狀態。所述第一時間熱量曲線呈現最高溫度 T_1 且所述第二時間熱量曲線呈現最高溫度 T_2 ，其中 $t_1 > t_2$ 且 $T_2 > T_m > T_1 > T_c$ ，其中 T_m 及 T_c 分別對應於所述PCM之熔融溫度及結晶溫度。

【0029】 現將藉助於非限制性實例且參考附圖描述體現本發明之裝置、設備及方法。

【圖式簡單說明】

【0030】

圖 1 為光學裝置之二維（2D）截面視圖，其尤其可經設計為根據實施例之大面積 PCM 子像素或像素；

圖 2 描繪圖 1 顯示之轉換電路的變體，如實施例中所涉及，其包括可用於轉換諸如圖 1 中所描繪之一或多個裝置的場效應電晶體；

圖 3 為圖 1 之裝置之三維（3D）視圖；

如藉由有限元件熱模型而獲得，圖 4 為諸如圖 1 或圖 3 中所描繪之裝置的 PCM 元件之溫度曲線，所述 PCM 元件經受由施加至與 PCM 元件熱連通但與其電絕緣之加熱器元件的快速電流脈衝所產生之熱脈衝；

圖 5 及圖 6 為表示如實施例中所涉及，由加熱元件之控制週期引起以使根據實施例之光學裝置的 PCM 轉換為結晶狀態（圖 5）及回到非晶狀態（圖 6）之熱量曲線的圖式；

圖 7 說明一種光學裝置，其包括各包括一組子像素之 3×3 像素矩陣，其中根據實施例類似於圖 1 之光學裝置而設計各子像素，但其間隔物厚度不同；

圖 8 及圖 9 為根據包括橫向貫穿通路配置的其他實施例之光學裝置的二維（2D）截面視圖，其中加熱器電流流入反射體（圖 8）中或共同電極（圖 9）中；

圖 10 至圖 12 為根據實施例之顯示裝置的二維（2D）截面（部分）視圖，所述顯示裝置包括如圖 8 中之垂直貫穿通路配置。在各情況下，為簡明起見，（僅）描繪三種像素。在圖 10 中，連續層用於形成覆蓋層、PCM 層及間隔物層，而圖 11 及圖 12 描繪包括不同層部分之移位組態；且

圖 13 為根據實施例之系統層級顯示裝置的示意圖，所述顯示裝置包括如圖 9 中之共同電極。

【0031】 附圖顯示如實施例中所涉及之裝置或其部分的簡化表示。圖式中所描繪之技術特徵未必按比例繪製。除非另外指示，否則圖式中相似或功能上相似之元件已指定有相同數字

編號。

【實施方式】

【0032】 以下描述如以下構造。首先，描述一般實施例及高層級變體（第1部分）。下一部分針對更特定實施例及技術實施細節（第2部分）。

1. 一般實施例及高層級變體

【0033】 參考圖1至圖3，首先描述本發明之一態樣，其係關於包括單層結構2之光學裝置1。基本上，裝置1包括光學反射體15；光學間隔物14；相變材料10或PCM；加熱元件17；及控制器19、19a。

【0034】 反射體15及間隔物14均導熱。間隔物14可透射光線且配置於反射體15上方。

【0035】 PCM 10配置於間隔物14上方。其經選擇以具有兩種（或更多種）可逆向轉換之狀態（較佳為永久性的），其中其呈現兩種大體上不同的折射率值 n （例如，如下文所論述， n 相差至少0.2）。更一般化地，本發明PCM可經選擇以使其折射率及/或其光學吸收率可轉換。在施加熱脈衝下，本文所涵蓋之PCM可逆向轉換。所述材料本身為已知的。稍後論述最適於本發明目標之材料的實例。然而在下文中，為簡單起見，所描述之轉換機制基本上係指PCM之折射率特性。

【0036】 明顯地，加熱元件17就反射體15而言與PCM 10相對，亦即，其位於反射體15之另一側，且因此其不與PCM直接接觸。又，根據上文組態，加熱元件17經由反射體15及間隔物14與PCM 10熱連通。然而，PCM 10與加熱元件17電絕緣。出於彼目的，可提供額外電絕緣但導熱之層18。如下文所論述，在變體中，可將反射體設計為介質反射鏡。

【0037】 此外，控制器19、19a通常經組態以向加熱元件17

供電，從而加熱PCM 10且藉此可逆地改變PCM 10之折射率。控制器19通常經組態以向加熱元件17施加電流或電壓，以加熱所述加熱元件17且藉此轉換PCM。當對加熱元件進行加熱時，經由反射體15及間隔物14（二者均導熱）將熱量快速傳輸至PCM，從而加熱PCM且藉此使其自一種狀態轉換為另一種狀態。可需要施加不同信號以將PCM轉換為各種狀態。

【0038】 此處歸功於加熱元件17而非藉由向PCM 10直接（或間接）施加電壓或電流而實現轉換。加熱元件較佳以層形式提供，藉此完成層10、14、15之堆疊。亦即，加熱元件17、反射體15、間隔物14及PCM 10係沿層結構2之堆疊方向 z 堆疊為層。

【0039】 應注意，各種元件17、15、14及10在結構2中形成適當排序之順序。但所述元件未必緊靠地相連。亦即，順序可包括插入至所述順序中的一或多個額外層，諸如圖1之層18。但任何額外層應具有適合物理特性，從而維持加熱器17與PCM 10之間的所要熱路徑及電障壁。

【0040】 較佳地，所有層10至17均具有相同橫向尺寸 x 、 y （垂直於堆疊方向 z ）。結構2沿 z 可具有大體上恆定之橫向尺寸，從而形成緊密凸起結構2，且因此促成沿 z 之均勻熱量傳播。此轉而幫助實現均勻轉換且使電力消耗最佳化。然而，在層堆疊中具有如圖1之大體上相同的橫向尺寸並非為關鍵的，只要可將熱量滿意地傳遞至PCM即可。

【0041】 特定言之，加熱元件17之橫向尺寸可基本上與上部元件10至15之橫向尺寸相符或略大，從而促成熱傳遞。此外可選擇各種元件17、15、14之厚度以使熱特性最佳化。更一般化地，本發明裝置經設計以促成PCM 10上大部分，或其主要部分（若可能）的均勻轉換。

【0042】 有利地，加熱器17之位置不干擾層10-14-15之有序順序，其可轉而在其光學特性方面得到最佳化。

【0043】 特定言之，此允許調節例如各子像素之間隔物的厚度，從而充分利用視如發明內容部分中所述之PCM 10折射率及間隔物14厚度而定之干擾作用。因此，無需使用色彩過濾器。在較佳實施例中，本發明裝置因此不含任何色彩過濾器，然而在變體中可與間隔物互補地使用所述過濾器（若需要）。此外，本發明裝置可包含光學衰減器或電光衰減器，又或任何經組態以產生適當顯示色度之過濾器。

【0044】 此外，若加熱元件17與PCM直接接觸，亦即位於反射體上方，則無需如其應透射光線一樣使其透射光線。取而代之，可在其所要電/熱特性（例如高電阻）方面使其最佳化。如圖1中所說明，加熱器較佳插入低電阻性導電層21中，位於反射體15下方，以在向層21供電時使電力轉換最佳化，且使電力消耗降至最低。因為單獨電連接位於結構2之背面，不需要電極包夾活性光學區域，所以此進一步簡化整體結構。

【0045】 歸功於本發明層結構，可較易於製造（且電尋址）較大子像素，其各自能夠提供不同色彩。較佳地，加熱器經選擇以具有低電阻且使用標準CMOS技術致動。本發明光學裝置通常可體現為顯示裝置中之受控子像素或像素。如稍後參考圖7所詳細論述，子像素可具有厚度大體上不同之間隔物以提供不同色彩。

【0046】 應注意，層10至17並非必需為平面；雖然其通常將沿堆疊方向 z 堆疊，但實際上其可能被結構化。特定言之，加熱器可被結構化以改良自其穿過之溫度曲線，且因此改良轉換。

【0047】 如圖1所見，通常透明覆蓋層16配置於PCM 10之頂部上，其表面16s界定視圖表面。

【0048】 層14至18之厚度通常在10 nm與250 nm之間。理想厚度係視設計尺寸及所要熱係數而定。然而，視實際上所用材料及所尋求之應用而定，PCM 10之厚度可在0.5 nm與500 nm之間。但較佳PCM厚度在1 nm與80 nm之間，其大體上將足以實現

所需光學特性。如稍後所論述，當使用諸如GST、GeTe（下文為GT）或AIST（或類似材料）之PCM時，足夠厚度通常在3與15 nm之間。

【0049】 層16、10及14需要最小程度之透明度。通常需要至少10%之入射光透射率。PCM層通常需要1%之最小值。透射率之準確值係視層之實際厚度而定。反射體15通常需要在光學上為厚的。例如，若反射體層15可基本上由銀製成，且其厚度為至少60 nm，且較佳至少100 nm。在所關注的波長範圍內，反射體之反射率較佳為平均大於80%、90%或甚至95%。

【0050】 結構2之橫向（平均）尺寸可例如為至少0.35 μm 。又，本發明方法原則上允許更大尺寸，例如大於1、5、10、50或100 μm 。可涵蓋具有甚至較大橫向（平均）尺寸之裝置，尺寸例如大於1、10或100 mm。依靠由熱量引起之轉換使較大部分得以轉換，其轉而允許較大橫向尺寸。層結構之橫向尺寸強烈依賴於所使用之應用、結構及材料。

【0051】 關於PCM之特性：在兩種狀態中，折射率通常需要至少0.2之差值。舉例而言，在高折射率狀態中可為 $n = 2.4$ ，且在低折射率狀態中可為 $n = 1.6$ 。兩種狀態中折射率之差值通常將在0.2至4範圍內。GeSbTe及有關材料之典型折射率值及消光係數例如可見於「WHP Pernice及H. Bhaskaran, Photonic non-volatile memories using phase change materials, Applied Physics Letters, 101, 011243 2012」中，特定言之參見圖2a。

【0052】 如模擬所顯示（參見圖4），對於GST，PCM中可到達之溫度曲線通常可在500至600°C範圍內或甚至高（> 600°C）。應注意，不存在量測PCM中實際熱量曲線之實用方式（尤其在PCM絕緣之本上下文中）。模擬之關注在於材料依賴性，且並非所有材料在相同溫度下轉換。

【0053】 與絲狀轉換相反，較佳PCM為促成均勻（塊狀）轉換，亦即在轉換製程中包括大部分材料之材料。應注意，形

成多個（平行）絲狀物最終可同樣相當於塊狀轉換及聚集。但若PCM厚度過大，則此可能無法確保適當轉換，因此如下文所例示，需要限定PCM層之厚度。

【0054】較佳地，本發明實施例系統地使用反射體且不需要背光單元。又，變體中可包括背光單元，不論透射類型反射式顯示器，或諸如窗用玻璃之其他應用，或透射中之光調變。

【0055】如上文所引起，若干因素將有助於改良轉換。其中，層10至18之垂直尺寸將影響轉換之均勻性。舉例而言，過厚PCM可促成絲狀轉換。因此，在實施例中，對於如本文所引起之典型PCM，PCM 10之平均厚度在0.5 nm與500 nm之間（且較佳在1 nm與80 nm之間，或甚至在3 nm與15 nm之間），以減少絲狀轉換（除非另行說明，否則本說明書通篇採用封閉式間隔，亦即包括端點）。同時，限制中間層14、15之厚度允許較佳熱量傳播（且因此需要較少電力）。因此，反射體15之平均厚度通常將在50 nm與1 μ m之間。因為間隔物之作用在於確定光學干擾作用（其尤其視後者之厚度而定），所以間隔物之厚度較佳平均限於40 nm與300 nm之間。

【0056】通常發現上文尺寸特性不會過分嚴重地影響熱量傳播且促成均勻轉換，尤其在GST、GT或AIST（或類似材料）用於PCM之情況下。相反地，如上所述橫向尺寸不受限制。

【0057】如先前所引起，電絕緣材料18較佳提供於加熱元件17與反射體15之間，以使反射體15基本上與加熱元件17電絕緣。在變體中，可將反射體15設計為介質反射鏡以用作電障壁。然而，所述介質反射鏡可通常包括若干層材料。因此，通常較為簡單的是，提供電絕緣層18而非設計多層介質反射鏡。

【0058】如圖1至3中所說明，加熱元件17較佳為電阻式加熱元件17，且控制器19、19a經組態以向加熱元件17施加電流及/或電壓來加熱所述加熱元件17，且轉而加熱PCM 10且使其轉換。較佳施加電壓脈衝而非電流。雖然在獲得電流時可涵蓋裝

置，但在實踐中相較於實際裝置中之電壓，獲得電流可較為困難。顯示於圖1及圖3中之簡單例示性電路19使得有可能施加電壓脈衝，且藉此轉換PCM。可涵蓋較複雜之致動19a，諸如圖2中所說明之FET電路，其詳細描述於第2部分中。在所有情況下，不需要縱橫式電路組態，且因此其不為較佳的。

【0059】 如圖1、3中進一步說明，控制器19可例如包括各自接觸包括加熱元件17之導電層21的兩個端子191、192，以向加熱元件17施加電壓或電流。如先前所指出（不需要縱橫式組態），此組態簡化整體層結構。如進一步見於圖1或圖3中，加熱元件17較佳在柱狀結構2之水平上插入導電層21中，從而「中斷」層21且因此使電力至熱量之轉換達到最大。導電層21之兩個剩餘部分211、212配置於加熱元件17之對應側面上，與其接觸，所述兩個剩餘部分211、212藉由端子191、192中之一者接觸。

【0060】 加熱器17插入導電層21中之以上組態可形成例如顯示裝置之電極配置的基礎組件，其包括複數個水平及/或垂直電極以對顯示器之子像素進行尋址。應注意，與圖1中所呈現之幾何構型相反，剩餘部分211、212並非必需配置於加熱器17之相對側面上。實際上可以不同方式圖案化元件17、21，例如加熱較大像素，而非以直線形式延伸。

【0061】 在變體中，加熱器17可形成為蛇管（如圖8至圖12之實施例中所呈現），而非層部分。在彼情況下，蛇管基本上配置在就反射體15而言與PCM 10相對之體積中（正如圖1中之層部分17）。延伸穿過支撐結構之基板的貫穿通路可接觸蛇管加熱器。較佳地，蛇管緊密捲繞以儘可能均勻地分配熱量。稍後詳細描述圖8至圖12。

【0062】 目前，論述較佳PCM。PCM 10可例如包括以下化合物中之一或多者：GeSbTe、VOx、NbOx、GeTe、GeSb、GaSb、AgInSbTe、InSb、InSbTe、InSe、SbTe、TeGeSbS、AgSbSe、

SbSe、GeSbMnSn、AgSbTe、AuSbTe及AlSb。但可使用包括上文所引用之元素的化學組合之其他材料。特定言之，PCM可為上文所引用之元素組合的化合物或合金，即在以下中選擇：Ag、Al、Au、Ga、Ge、In、Mn、Nb、O、S、Sb、Se、Sn、Te及V。

【0063】 然而較佳地，PCM 10包括 $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$ （稱為GST）。另一適合材料為 $\text{Ag}_3\text{In}_4\text{Sb}_{76}\text{Te}_{17}$ （亦稱為AIST）。在其他實例中，可較佳以非相同比例之Ge及Te使用GeTe（GT），因為此允許較大面積之較慢結晶時間，所以其可為有利的。

【0064】 更一般化地，應瞭解可涵蓋上文材料之各種化學計量形式。舉例而言，對於 $\text{Ge}_a\text{Sb}_b\text{Te}_c$ 可涵蓋若干化學計量形式，其中 $\{a, b, c\} = \{1, 2, 4\}$ 、 $\{4, 1, 5\}$ 、 $\{8, 2, 11\}$ 、 $\{6, 2, 9\}$ 或 $\{4, 2, 7\}$ 。

【0065】 此外，PCM化合物可包括雜質及/或摻雜物。舉例而言，PCM化合物可摻雜有例如Si、C及N中之一或多者，其可用於較佳地控制諸如轉變溫度及轉變速度之參數。

【0066】 加熱元件17可例如包含呈現電阻性及大體上高導熱性之金屬或金屬合金。舉例而言，電阻式加熱器元件17可由以下形成：氮化鈦（TiN）、氮化鉭（TaN）、鎳鉻矽（NiCrSi）、鎳鉻（NiCr）、鎢（W）、鈦-鎢（TiW）、鉑（Pt）、鉭（Ta）、鉬（Mo）、鈮（Nb）、或銱（Ir）或任何具有所要特性之各種或類似金屬或金屬合金之組合。加熱器17之熔融溫度大於PCM 10之熔融溫度，以實現必要的熱脈衝。

【0067】 用於導電層21之潛在材料的實例可為TiN、TaN或Al。

【0068】 障壁層18尤其可由以下形成： SiO_2 、SiN、AlN、碳化矽（SiC）、金剛石（C）或任何其他具有適合導熱性及電阻性之材料。

【0069】 下文表格I提供可在實施例中使用之材料組合的實例，以及其導電性（S/m）及其導熱性（W/m.K）。

元件（層）	編號	化合物	導電性	導熱性
加熱器	17	Tin	2×10^5	28.84
導電層	21	NiCr	10^6	11
間隔物、覆蓋及絕緣障壁	14、16、18	SiO ₂	0	1.4
反射體	15	Ag	61.6×10^6	429
PCM（非晶）	10	GST	0.1	0.2
PCM（結晶）	10	GST	10^3	0.5

表格 I：用於根據實施例之光學裝置的較佳材料之組合的實例

【0070】 隨後，描述另一光學裝置，其包括若干層結構2、2a及2b。如圖7中所說明，所述裝置可包括一組結構2、2a、2b以形成例如如圖7中所示之像素100，或可包括若干組結構2、2a、2b以形成像素之矩陣200。單一裝置100包括一組導熱間隔物14、14a及14b。如前所述，各間隔物4位於反射體15上方。明顯地，間隔物具有大體上不同之厚度。裝置進一步包括一組相變材料10或PCM，其與間隔物及反射體共同形成層結構2、2a、2b。在層結構2、2a、2b中之每一者中，PCM 10配置於間隔物中之對應間隔物上方。如前所述，PCM 10具有至少兩種可逆向轉換之狀態，在所述狀態中其呈現兩種不同的折射率值。加熱元件17就反射體15而言與對應PCM 10及間隔物14、14a、14b相對。各加熱器17經由間隔物及反射體與對應PCM 10熱連通，但例如歸功於障壁層18，加熱器又與其對應PCM 10電絕緣。控制器（圖7中未顯示）經進一步組態以獨立地向加熱元件供電，從而獨立地加熱PCM且藉此可逆地改變其折射率。因此，PCM中之每一者的折射率可經由控制器獨立地控制。

【0071】 此外，可提供覆蓋層16，其位於結構2、2a、2b中之每一者中或作為覆蓋所有結構（子像素）2、2a、2b之單層。

【0072】 各結構2、2a、2b包括：加熱器17；反射體15；間隔物14、14a、14b；及位於間隔物上方之PCM 10；其沿方向z依次堆疊。所有先前參考圖1及圖3之單一結構2論述之考量（尤

其在材料、厚度方面)可等效地應用於結構2、2a及2b中之每一者。

【0073】 在圖7中，層結構2、2a、2b呈現為子像素，其一起形成像素。在變體中，像素可包括大於3個子像素。

【0074】 如圖1，光線經由各子像素之頂表面16s進入及離開。歸因於視PCM 10之折射率及各間隔物14、14a、14b之厚度而定的干擾作用，在各情況下反射性隨光線波長而顯著改變，但因間隔物之厚度不同，子像素2、2a、2b中之每一者的改變不同。換言之，間隔物部分之尺寸不同，以賦予子像素中之每一者針對進入子像素中之每一者的光線之不同波長依賴型反射率。亦即，各子像素可在不需要額外過濾器或類似者之情況下發亮(歸功於PCM轉換)，但其具有不同色彩(歸功於不同間隔物厚度)。

【0075】 如上文所引起，在顯示應用中，裝置200將包括一組像素100，其各包括諸如上文所描述之一組層結構2、2a、2b。在FET/TFT裝置之陣列的頂部，可例如製造PCM像素之陣列。改良之控制電路19a(如圖2)可用於彼目的，所述電路包括FET 22以控制如何將熱量施加至像素。在變體中，PCM像素陣列200可體現為使用諸如Mott憶阻器之非線性裝置作為接入裝置的被動PCM顯示器。

【0076】 在實施例中，控制器19、19a應較佳經組態以獨立地向加熱元件17供電。視所用PCM而定，可需要根據兩種(或更多種)不同信號向各元件17供電，從而施加兩種(或更多種)不同熱脈衝，以分別可逆地將PCM 10轉換為兩種(或更多種)可轉換之狀態。如圖5及圖6中所說明，如可逆地將PCM 10轉換為兩種(或更多種)可轉換之狀態所需要，此將產生兩種(或更多種)不同時間熱量曲線 P_1 、 P_2 。

【0077】 現參考本發明之另一態樣詳細地對此進行描述，其可體現為用於控制諸如本文所描述之光學裝置的方法。最基

本地，本發明方法反覆地圍繞經由控制器19、19a向加熱元件17供電，從而加熱對應PCM 10且可逆地改變所述PCM 10之折射率。

【0078】 如上文所引起，通常PCM可需要施加兩種（或更多種）不同信號，從而施加兩種（或更多種）不同熱脈衝。

【0079】 舉例而言，且如圖5中所說明，在持續時間 t_1 期間，控制器可向加熱元件17供電 S_1 ，以根據第一時間熱量曲線 P_1 加熱所述PCM，且藉此將所述PCM自第一（非晶）狀態轉換為第二（結晶）狀態。隨後，在持續時間 t_2 期間，控制器可接著向加熱元件17供電 S_2 ，以根據第二時間熱量曲線 P_2 加熱所述PCM，且藉此將所述PCM轉換回第一（非晶）狀態。如圖5及圖6中所見，第一時間熱量曲線 P_1 呈現最高溫度 T_1 ，且第二曲線 P_2 呈現最高溫度 T_2 。此外，以下不等式適用： $t_1 > t_2$ 且 $T_2 > T_m > T_1 > T_c$ ，其中 T_m 及 T_c 分別對應於所述PCM之熔融溫度及結晶溫度（參見第2部分）。

【0080】 特定言之，可需要謹慎設計所施加之第一信號 S_1 （產生 P_1 ），以使溫度自 T_1 降回 T_{PCM} 之時間（稱其為 t_{fall} ）足夠長，例如至少比再非晶化時間（PCM再非晶化所需之時間）長3倍，以實現穩定結晶。

【0081】 所施加之信號 S_1 、 S_2 可為電流脈衝（如圖5及圖6中所呈現），其在變體中可具有不同幅度（與圖5及圖6中所呈現之情況相反）。此轉而可影響充分轉換PCM所需之施加時間 t_1 及 t_2 。在其他變體中，出於先前所論述之原因，可偏向施加電壓脈衝。

【0082】 關於較佳光學裝置，本發明方法之特定實施例較詳細地論述於第2部分中。

【0083】 「非晶」意指處於其「非晶」狀態之PCM 10為基本上非結晶的且不具有長程秩序。可存在短程次序，但就此化合物10之已知晶形而言，原子間距離及/或接合間角度具有顯著

偏差（例如具有至少5%偏差）。然而目前，應寬泛地理解「非晶」，因為處於其「非晶」狀態之化合物10可包括小型非-非晶區域，例如微晶或奈米晶區域。儘管如此，仍設想如本文所涵蓋之處於非晶狀態的PCM 10保持基本上（且可能完全）非晶，即基本上非結晶。

【0084】 類似地，處於其「結晶」狀態之PCM 10為基本上結晶的且呈現長程秩序。其通常將為多晶的，例如基本上由微晶或奈米晶區域組成。但處於其「結晶」狀態之化合物10可包括小型非晶區域。

【0085】 雖然上文實施例係指對應於（基本上）結晶及（基本上）非晶相的可轉換之狀態，但應牢記，在實施例中，可操作可在任何兩種固相之間轉換之PCM，所述固相包含（但不限於）：結晶至另一結晶或准結晶相，或反之亦然；非晶至結晶或准結晶/半序，或反之亦然；及其間之所有適合形式（只要對應狀態允許不同的折射率即可）。此外，可包括超過僅兩種狀態。

【0086】 本發明可進一步體現為顯示裝置。顯示裝置1c-1f之實例示意性地描繪於圖8至圖13中。本發明顯示裝置1c-1f通常包括諸如先前所描述之若干光學裝置，從而形成一組像素，其各自具有層結構2c-2f。但如稍後參考圖10至圖12所論述，可在顯示裝置之像素中共用一些光學裝置組件。

【0087】 在所有情況下，本發明顯示裝置1c-1f包括像素，其層結構2c-2f至少包含PCM 10（或至少PCM層之可轉換部分）及加熱元件17，所述加熱元件較佳經組態為如先前所引起之蛇管。與已描述之原則相一致，加熱器與PCM 10電絕緣但與其熱連通。

【0088】 本發明顯示裝置進一步包括控制器（包括例如，諸如圖13中所描繪之元件31、32、41、42），且與先前已描述之原則相一致，控制器可用於向任何像素供電，從而獨立地加

熱其PCM，以藉此可逆地改變其折射率。

【0089】 此外，參見圖13，所述裝置1c-1f進一步包括電極對221、222之配置，其中電極對中之每一者與像素2c-2f中之一者的加熱元件17電連通，因此像素中之每一者可單獨地藉由控制器尋址。

【0090】 較佳地，使用橫向通路41、42，從而允許到達及來自加熱器17之電連通，其轉而使得有可能提高（像素）填充係數，同時保持相對簡單製造。所述方案允許獲得基於PCM之像素的矩陣尋址陣列，其中列與行電極221、222以及其他互連元件41、42位於加熱器元件17下方。通路41、42通常嵌入於一或多個導熱但電絕緣之障壁18、18a中。

【0091】 特定言之，且如圖8至圖13中所描繪，電極對中之每一者較佳經由平行於像素層結構之堆疊方向 z 延伸的通路41而與（像素2c-2f中之一者的）加熱元件17電連通。

【0092】 在圖8至圖12之實例中，橫向通路41與薄膜電晶體21（下文為TFT）之汲極端子電接觸，所述薄膜電晶體之閘極端子及源極端子另外與對應電極221、222電接觸。因此，施加於閘極端子之電壓可用於在操作中控制TFT之源極端子與汲極端子之間的電流。

【0093】 在圖8、圖9之實施例中，TFT 21相對於由電極221、222形成之交叉點偏移。歸功於輔助電極臂，其與電極221、222中之對應電極形成接合，由此實現電連通。僅臂221a可見於圖8、圖9之切割平面中。

【0094】 如已知，有必要例如使用介質元件或橋225使列與行電極之交叉點絕緣。然而，絕緣可能已由其中嵌入有電極之層提供。舉例而言，橋225可由聚合物材料製成，所述聚合物材料係首先在各交叉點處以光刻方式製造於電極222上，例如呈盤狀形式。隨後加熱聚合物盤超過玻璃轉變溫度，以使各盤形成凸鏡形狀，隨後使其冷卻。隨後在行電極上製造列電極以及橋

層225，橋225之凸鏡形狀在各交叉點處引導列電極，同時使可另外導致提高之電阻或故障的陡峭梯度降到最低。在變體中，橋可製造為經由光罩沈積之氧化物或氮化物（例如 Si_3N_4 ）。

【0095】 在TFT之變體中，可使用電阻式轉換元件（未示出）。在彼情況下，控制器需要經組態以經由對應電阻式轉換元件（或RSE）向像素供電，從而使所述電阻式轉換元件自高電阻狀態轉換為低電阻狀態，以便向像素中之對應加熱元件供電，且轉而可逆地改變對應PCM之折射率及/或吸收率。歸功於RSE，所述變體使得有可能濾出寄生電流或電壓信號，諸如「潛泄路徑」電流或洩漏電流及類似者。此轉而防止PCM元件之無意轉換。所述方案尤其有益於被動矩陣尋址顯示器。因此，本發明顯示裝置可視情況體現為被動矩陣尋址顯示器。

【0096】 與較佳為雙穩態之PCM 10相反，上方RSE需為單穩態（高電阻為穩定狀態）。RSE本身為已知的。電阻式轉換係指材料中所發生之物理現象，即在例如足夠電流或電場或任何適合形式之定位加熱的活動下突然改變其電阻。在過去，已提出範圍包括金屬氧化物至硫屬化物之若干類別的轉換材料，出於本發明目標可將其涵蓋在內。尤其在電力消耗、積體密度潛能及持久性方面瞭解此等材料之效能。RSE可尤其形成通路41（其位於通常單獨提供之TFT 21的變體中）之部分或與其電接觸。

【0097】 在TFT之其他變體中，二極體或其他薄膜電子元件可用於提供電流路徑穿過個別像素之選擇能力。

【0098】 在如圖8、圖10至圖12中所描繪之實施例中，顯示裝置1c、1e、1f依賴於垂直移位通路對41、42。第一通路41，即橫向通路41與TFT 21之汲極端子電接觸，同時加熱元件17經由第二通路42與反射體15電連通。通路42亦平行於層結構之堆疊方向z延伸。在彼情況下，反射體15為導電的，因此穿過加熱元件17之電流可在操作中經由反射體15流出。

【0099】 在諸如圖9中所描繪之變體中，顯示裝置1d之加熱元件17經由通路42a與共同電極223（參見圖13）電連通。所述通路42a亦平行於層結構之堆疊方向z延伸。然而，在圖9之實例中，通路41、42a中之每一者在電極221、222之平均平面與像素2d之加熱元件17的平均平面之間延伸，其允許最後獲得較淺薄裝置。在圖9之實施例中，穿過加熱元件17之電流在操作中經由共同電極223流出。

【0100】 如先前所接觸，可共用一些本發明裝置1、1a至1f之組件。舉例而言，在圖10及圖12中，顯示裝置1c、1f依賴於單一連續PCM層10。此外，單一連續層用於形成覆蓋層16、16a。

【0101】 因此，可涵蓋圖7之變體，其中使用單一連續PCM層10代替一組不同PCM部分。實際上，可涵蓋許多變體。舉例而言，如圖10，單一連續層可用於形成間隔物14及反射體15中之每一者。但如圖11及圖12中所說明，間隔物14之厚度可在一個像素與另一個像素之間變化，以充分利用如先前所論述之干擾作用。

【0102】 此產生圖11中之具有不同高度的像素（因為如圖10，此處反射體15形成為連續層，且下部結構18、18a、41、42自一個像素至另一個像素相同地重複）。然而，如圖12，若反射體15垂直移位（且因此由單獨層部分形成），則位於加熱器17與反射體15s之間的絕緣層部分18自一個像素（或子像素）至另一個像素可具有不同厚度，從而補償不同間隔物層厚度。在後一種情況中，可由此沈積均勻PCM及覆蓋層，同時像素仍將產生不同色彩。

【0103】 覆蓋層16可例如具有與下部間隔物14相同之材料。應注意，在圖8至圖12中，在光學上厚或分散之覆蓋層16a沈積於覆蓋層16之頂部。然而更一般化地，覆蓋層16、16a可包括複合層，亦即其可由具有不同的折射率之多層材料形成，從而實現所要光學特性。相同陳述適用於間隔物層（或間隔物層

部分)。

【0104】舉例而言，間隔物層14及覆蓋層16中之任一者或兩者可包括具有不同的折射率之多層材料的「複合」層。以此方式，其他部分內反射產生於此等多層之介面處，其提供較複雜干擾模式之可能性，所述干擾模式可允許提高對可獲得狀態之反射譜的控制。出於彼目的，覆蓋層之折射率通常將為至少1.6，且較佳為至少1.8、2.0或甚至2.2。此允許：(i) 具有高反射性之反射譜產生於窄範圍之波長內，其產生較鮮豔色彩且藉此產生較大色域；及(ii) 在裝置之多個狀態中較獨立地調節所要反射光譜。

【0105】實際上，技術人員應瞭解，如本文所引起之大部分材料層（例如層10、14、15、16、17、18、18a）實際上可分解為視需要被結構化之子層的堆疊，以實現或改良所要功能。甚至，PCM層10可分解為由相同（或不同）材料組成之一組疊加PCM層，且其中相鄰PCM層對可能由導熱（但電絕緣）層分隔開。

【0106】上文實施例已參考附圖進行簡明地描述，且可提供多個變體。可涵蓋上文特徵之若干組合。在下一部分中給出實例。

2. 特定實施例-技術實施細節

【0107】現描述光學裝置之特定實施例，其遵從揭示於第1部分中之相同基本原則。即，加熱元件提供轉換能力，而電絕緣但導熱之障壁使含有PCM之光活性元件與加熱器分離。

【0108】所述結構之優點在於，如顯示應用（例如智慧型玻璃）通常所需要，各像素可在微米級面積中，視需要或甚至在較大（得多）面積中得以轉換。加熱器通常置放於PCM之光活性結構、間隔物及反射鏡下方，從而部分地解耦裝置之電及光學特性。此允許針對光學特性之更佳設計控制，開發需要與RGB相容之色彩且具有必要高對比度及飽和度之許多顯示應

用。

【0109】最終，介面工程較為簡單，此係因為不再有針對例如在PCM/電極（例如ITO）介面處形成氧化物之擔憂，同時加熱器可有利地具有低電阻（相比於現有技術方案）且可使用標準CMOS技術致動。

2.1 層結構

【0110】現參考圖1描述特定實施例。以層之形式提供活性固態材料10之一部分。因為自一種相轉變為另一種相，所以此層之材料具有可永久又可逆向改變之折射率。因此，此材料可稱為相變材料或PCM。如第1部分中所論述，較佳PCM為GST、GeTe或AIST。

【0111】PCM 10提供於反射體15上，所述反射體較佳為諸如鉑或鋁之金屬層。間隔物層14包夾於PCM 10與反射體15之間。覆蓋層16提供於PCM 10之頂部上。層16之上表面16s構成顯示裝置1之視圖表面，且反射體15為背面反射體（因此不需要背光單元）。如藉由箭頭所指示，光線經由視圖表面16s進入及離開。如先前所指出，歸因於視PCM 10之折射率及間隔物14之厚度而定的干擾作用，如下文進一步所說明，反射性隨光線波長而顯著改變。間隔物14及覆蓋層16均在光學上具有透射性，且理想的是，其儘可能為透明的。

【0112】已知以下方案（參見例如WO2015/097468 A1）：其中間隔物14及覆蓋層16進一步經組態為電極，以向包夾於此等電極之間的PCM 10施加電壓。在所述情況中，間隔物14及覆蓋層16必須由諸如氧化銦錫（ITO）之透明導電材料製成。在本發明方法中，不需要所述限制，且16及14之材料可關於其單獨光學特性而得到最佳設計。如其可經意識到，此使得有可能改良顯示器中RGB像素之效能。

【0113】在本發明方案中，PCM 10中之相變係由來自電阻式加熱器元件17之熱脈衝產生。層堆疊16、10、14、15藉由通

常包括SiO₂之障壁層18而與加熱器17分離。參見第1部分中之表格I，障壁層18使加熱器17與PCM元件20電絕緣，但提供與加熱器17之適合熱連接。

【0114】 如先前參考圖5及圖6所解釋，來自加熱器17之熱量可由此穿過層18到達PCM 10，以將PCM之狀態自結晶狀態改變為非晶狀態，且相反地，應用所提供之適當熱量曲線。

【0115】 圖1中所示之結構2可提供於基板上（位於層21下方，未顯示），所述基板為諸如半導體晶圓、SiO₂或諸如聚合物薄膜之可撓性基板。可視需要涵蓋其他類型之晶圓，例如玻璃面板。

【0116】 通常使用可在相對較低溫度下（例如100攝氏度）進行之濺鍍沈積所述層。亦可使用例如來自印刷之習知光刻技術或其他已知技術圖案化所述層。亦可視需要提供額外層。

【0117】 在較佳實施例中，PCM 10基本上由GST組成，其厚度小於80 nm，且厚度較佳小於15 nm，例如其厚度為6至7 nm。如下文所論述，視所需色彩及光學特性而定，形成厚度通常在10 nm至250 nm範圍內之間隔物層14。覆蓋層16為例如20 nm厚。加熱器17（及整個結構2）之橫向尺寸可例如為1微米乘2微米。更一般化地，加熱器17及層18、15、14、10之上部堆疊較佳具有相同橫向尺寸，從而將熱量「聚集」至PCM層，且使轉移至基板、電極等的熱量降至最低，所述熱量轉移浪費能量。

【0118】 PCM 10，在此實施例中為GST，可經歷熱引發之可逆相變。較佳設計電阻式加熱器17，從而將快速、奈秒熱脈衝傳遞至PCM 10。設計其他材料及厚度以避免過多熱量傳遞至加熱器及PCM之相鄰區域，所述熱量傳遞可另外導致寄生轉換。

【0119】 基於如上文給出之較佳參數及材料，圖4說明使用COMSOL多重物理封裝之有限元熱模型。在圖4中，使加熱器經受1微秒電流脈衝。因焦耳加熱（Joule heating）而出現急劇溫度上升。圖4顯示，當具有PCM 10非晶化所需之適當急劇時間

脈衝時，溫度曲線（在包括PCM之層堆疊中實現）得以在空間上充分定位。

2.2 轉換操作

【0120】 轉換操作之細節說明於圖5及圖6中。如第1部分中所解釋，電阻式加熱器元件17可經組態以接收控制信號，從而使PCM 10在結晶狀態與非晶狀態之間轉換。如先前所例示，電阻式加熱器元件17可包含例如呈現電阻性及大體上高導熱性之金屬或金屬合金材料。信號可提供為例如電流脈衝 S_1 、 S_2 ，以經由焦耳加熱自電阻式加熱器元件17產生對應熱量曲線。因為電阻式加熱器元件17相對於PCM 10配置，所以熱量曲線可熱轉移至PCM 10以控制PCM裝置之狀態。

【0121】 所施加之信號 S_1 、 S_2 具有確定加熱器17中之熱量曲線，且轉而確定轉移至PCM 10之熱量的脈衝特徵（幅度及持續時間）。舉例而言，當PCM 10處於非晶狀態時，向加熱器17提供具有第一特徵之信號 S_1 ，以使PCM 10成為結晶狀態。舉例而言，如圖5中所說明，所施加之信號使得產生PCM中之第一溫度曲線 P_1 （來自電阻式加熱器元件17）。如示意性地描繪配置於大體上結晶（亦即晶格）結構中之PCM原子的右側圖式中所說明，回應於向加熱器17施加第一信號，所述加熱器17產生熱量，所述熱量被傳導至PCM 10以引發大於結晶溫度 T_c 但小於熔融溫度 T_m 之溫度 T_1 ，且所述溫度 T_1 保持大於 T_c 持續足以使PCM 10結晶之時間。

【0122】 類似地，如圖6中所說明，當PCM 10處於結晶狀態時，可提供具有第二特徵之信號 S_2 ，其產生PCM中之第二熱量曲線 P_2 ，以使PCM 10回到非晶狀態。此處，回應於向電阻式加熱器元件17施加第二信號，電阻式加熱器元件17產生第二熱量曲線，由此將熱量傳導至PCM 10。此在PCM中產生現大於熔融溫度 T_m 之溫度 T_2 ，以引發向液相之轉變。允許溫度在所施加之脈衝的下降邊緣後快速衰減導致處於非晶狀態之PCM 10的

固化。

【0123】 可例如藉由試誤法且基於所有相關參數，開始於材料17、18、15、14、10之性質及其尺寸，調節及改進所施加之脈衝。在彼方面，若在熔融之後（在非晶化製程期間）減少PCM 10之再結晶，則可選擇及設計材料14、16、18（尤其在厚度方面），從而具有確保熱量自PCM 10快速耗散之熱及電特性。

【0124】 圖5及圖6之實施例呈現，所施加之各信號為單脈衝。在其施加之後，PCM 10在結晶狀態及非晶狀態中之一者中保持穩定。因此，在不需維持電力之情況下使PCM保持於指定光學狀態，導致較之典型顯示技術明顯較少之電力消耗。原則上可進行無限次轉換。轉換速度極快，其通常小於300 ns，亦即比人眼可感知的速度快得多。此外，視施加之需要，根據本發明方法建構之PCM像素可具有相對大面積，例如 5×10 微米或甚至更大。相比於圍繞像素之空白空間，所述像素之活性區域比典型縱橫式類型像素大得多，其可通常為100 nm交叉且由100 nm分隔，產生像素與空白空間之1:1比率。相比而言，可涵蓋其中例如各像素具有 $100 \times 100 \mu\text{m}$ 之橫向尺寸且由 $0.5 \mu\text{m}$ 分隔之實施例，產生像素與空白空間之200:1比率。因此，在光學效能方面，較之現有技術裝置，根據實施例之大面積像素可明顯更為有效。

2.3 控制電路

【0125】 如圖1至圖3中所見，可提供控制器19、19a以施加所需電壓/電流達必要持續時間以轉換材料層10。控制器可包括由微處理器驅動之特定電子電路。一些（例如組件191、192、211、212）或在變體中，所有控制器電路可與圖1之光學層整合提供於基板上，或可作為單獨指定電路提供。

【0126】 應瞭解，任何併入如本文所揭示之PCM（子）像素的顯示器將需要經組態為具有多層之裝置的陣列，且所述裝置必須能夠以電子方式轉換。大體而言，本發明光學裝置與如

在LCD顯示器中所通常使用之標準微電子裝置轉換器相容，所述轉換器為諸如習知場效應電晶體（FET）或者TFT（如第1部分中所引起）。例示性轉換電路19a說明於圖2中。自圖2中之FET 22的字線至閘極施加作為電壓 V_{WL} 之適合的奈秒至微秒脈衝。此產生自 V_{BL} 且穿過電阻式加熱器17之沿位元線的電流。如上文所描述，隨後焦耳加熱轉換PCM 10。非晶及結晶狀態之間的轉換可藉由改變如上文所描述之脈衝的時間段而實現。應瞭解，亦與本發明裝置相容之其他配置在此項技術中為已知的。

【0127】 在圖13之實施例中，控制器分解為電子控制器40及直接配置於顯示器基板30上之組件31、32。電子控制器包括接收輸入端中之DC電力43的DC/DC轉換器41（亦即電壓轉換器），及控制積體電路或IC，其通常體現為特殊應用積體電路或ASIC 42。IC 42接收輸入端中之資料信號44，且一方面控制連接至列線（電極）222之閘極驅動器IC 32，且另一方面控制連接至行線（電極）221之行驅動器IC 31。此處，各對線-行線連接至TFT 21，其轉而連接至通路41（參見圖8至圖12），從而在操作中控制將穿過加熱器17之電流。

2.4 像素化光閘

【0128】 此外，本發明裝置亦可與其他光調變或顯示裝置組合。舉例而言，為了使本發明裝置之可轉換的色彩反射顯現黑色（對於高對比度圖像顯示），其可與安置於裝置與觀察者之間的額外像素化光閘組合。此額外光閘可獨立地具有與可轉換之反射裝置的像素對齊之可尋址像素區域，其選擇性地透射或吸收光線。以此方式，光閘允許觀察者觀測由光學裝置產生之彩色反射或阻斷所述彩色反射以顯現黑色。

【0129】 光閘可提供可變透射度，從而允許分度地控制（灰度）所透射之彩色反射的量。

【0130】 可使用如先前所描述之控制器，以協調方式藉由額外控制器操作額外光閘。在變體中，可擴充控制器19、19a及

31至42，從而能夠確定在各像素處之額外光閘所需的狀態以顯示預期圖像，且此外，控制可轉換之反射狀態。

【0131】 額外光閘可由允許以在空間上受控方式在透射與吸收狀態之間轉換的多個裝置類型提供，例如液晶顯示裝置（LCD）、無偏光鏡LCD（包括摻雜有染料及/或對掌性LCD）、雙穩態LCD、電潤濕或電泳裝置。

【0132】 在額外光閘包括包夾活性電光材料之兩個基板的情況下（如LCD及電潤濕裝置之情況），可涵蓋可轉換之反射裝置的實施例，所述裝置包括額外光閘裝置之下部（距離觀察者最遠）基板，其簡化製造且使組合裝置之總厚度減小。

2.5 本發明方案對於顯示應用之優點

【0133】 如發明內容中所論述，本發明方法允許兩種光學功能。加熱元件提供轉換能力以改變PCM之折射率。又，加熱器之位置使得有可能保持光活性子結構中之層的有序次序（PCM-間隔物-反射體），其中可設定間隔物厚度以在不需額外過濾器之情況下賦予子像素「色彩」。WO2015/097468中關於光活性子結構（PCM-間隔物-反射體）所引起之考量同樣適用於本文。

【0134】 如先前專利申請案（WO2015/097468）中所證實，可製造基於分層結構之顯示裝置以顯現均勻色彩，其可隨後藉由改變反射性而轉換，以顯現對比色彩，或顯現更暗或更亮色彩。歸功於加熱器之位置及加熱器與PCM之間的電絕緣，此亦可在本發明之情況下實現。因此，在實施例中，顯示裝置可包括如圖7中所說明之若干結構2、2a、2b，其彼此相鄰製造於陣列200中，可單獨地電控制各結構2、2a、2b且其構成總顯示器200之像素100的子像素。集群100內各結構2、2a、2b中之間隔物14、14a、14b可具有不同厚度。在變體中，可設計裝置以使各像素包括諸如圖1之彼者的單一結構2，可單獨地電控制此結構。

【0135】 不同於現有技術方案，本發明方法（依賴於塊狀PCM轉換）實現適於RGB顯示器之對比度及色彩飽和度。相反地，諸如揭示於WO2015/097468中之方案由於以下而遭受侷限性：（i）針對覆蓋及間隔物層之電要求（其轉而限制光學參數之最佳化）；及（ii）電轉換，其限制像素之尺寸（或等效地像素之活性區域）。

【0136】 因此，本發明可有利地體現為RGB顯示器，其產生極佳色彩飽和度及對比度、尺寸適當之像素，同時降低電力消耗（歸因於永久性可轉換之狀態）。初步測試例如已顯示，相較於傳統RGB像素，根據實施例之像素可減少超過100、可能300之係數的電力消耗。考慮到現今處於使用中之RGB顯示器的數目，人們理解本發明實施例可在電力消耗方面具有巨大潛在效益。

【0137】 根據針對0、30及60度視角之色彩空間及針對像素『開』及像素『關』狀態所進行之測試，可獲得適合紅色、綠色及藍色裝置。

【0138】 可產生體現本發明之顯示裝置，其具有低電力消耗，但提供高解析度彩色顯示器（解析度僅受所用光刻技術限制）。顯示裝置可以高速率轉換（且因此可適當地應用於視訊信號）且具有寬視角。可使用標準技術製造裝置，且可使其極薄，且亦視需要具有可撓性。

2.6 其他應用

【0139】 大體而言，上文所描述之裝置可用於製造顯示器、用於建築及汽車應用之智慧型玻璃中的（子）像素。

【0140】 此外，如本文所描述之光學裝置可用於：可轉換之反射鏡（包括汽車反射鏡）、活性安全性標記（用於資料或產品封裝，其可提供針對由控制器偵測之RF或NFC輸入的可見反應）、可重組態之輸入裝置（例如鍵盤，或用於移動式、佩戴式或物聯網裝置之低電力通知/狀態顯示器）。

【0141】 所得裝置可由製造器呈原始形式（即呈具有多個未封裝裝置之單一產品形式）或呈封裝形式分配。在任何情況下，裝置可隨後與其他裝置、分散電路元件及/或其他信號處理裝置整合作為（a）中間產品或（b）最終產品之部分。最終產品可為任何包含諸如上文所描述之光學裝置的產品，其範圍包括低端應用至高級產品。

【符號說明】

【0142】

P_1 ：熱量曲線
 P_2 ：熱量曲線
 S_1 ：第一信號
 S_2 ：第一信號
 t_1 ：時間
 t_2 ：時間
 T ：溫度
 T_1 ：最高溫度
 T_2 ：最高溫度
 T_c ：結晶溫度
 T_m ：熔融溫度
 T_{PCM} ：PCM 溫度
 x ：橫向尺寸
 y ：橫向尺寸
 z ：堆疊方向
 l ：光學裝置
 lc ：顯示裝置
 ld ：顯示裝置
 le ：顯示裝置

- 1f：顯示裝置
- 2：結構/子像素
- 2a：層結構/子像素
- 2b：層結構/子像素
- 2c：層結構/像素
- 2d：層結構/像素
- 2e：層結構/像素
- 2f：層結構/像素
- 10：相變材料/化合物/活性固態材料/PCM（層）
- 14：間隔物（層）/中間層
- 14a：間隔物
- 14b：間隔物
- 15：反射體（層）/中間層
- 16：（透明）覆蓋層
- 16a：覆蓋層
- 16s：表面/頂表面/上表面/視圖表面
- 17：加熱元件/（電阻式）加熱器
- 18：電絕緣材料/電絕緣層/障壁層
- 18a：障壁
- 19：控制器/電路
- 19a：控制器/致動/控制電路/轉換電路
- 21：導電層/薄膜電晶體（TFT）
- 22：場效應電晶體（FET）
- 30：顯示器基板/控制器
- 31：行驅動器 IC /控制器
- 32：閘極驅動器 IC /控制器
- 40：電子控制器
- 41：DC/DC 轉換器 /橫向通路/互連元件/控制器
- 42：橫向通路/互連元件/控制積體電路（IC）/特殊應用積

體電路（ASIC）/控制器

- 42a：通路
- 43：DC 電力
- 44：資料信號
- 191：端子
- 192：端子
- 100：像素/集群
- 200：像素矩陣/PCM 像素陣列
- 211：剩餘部分
- 212：剩餘部分
- 221：電極
- 221a：臂
- 222：電極
- 223：共同電極
- 225：橋

【生物材料寄存】

國內寄存資訊【請依寄存機構、日期、號碼順序註記】

無

國外寄存資訊【請依寄存國家、機構、日期、號碼順序註記】

無

【序列表】(請換頁單獨記載)

無

I680324

發明摘要

※ 申請案號：106103610

※ 申請日：106/02/03

※IPC 分類：G02F 1/01 (2006.01)

【發明名稱】(中文/英文)

具有熱轉換相變材料之光學裝置

OPTICAL DEVICE WITH THERMALLY SWITCHING PHASE
CHANGE MATERIAL

【中文】

本發明尤其關於一種光學裝置(1)，其包括具有以下之層結構(2)：導熱光學反射體(15)；導熱間隔物(14)，其可透射光線且配置於所述反射體(15)上方；及相變材料(10)或PCM，其配置於所述間隔物(14)上方且具有至少兩種可逆向轉換之狀態，其中所述PCM呈現兩種不同的折射率值。所述反射體(15)、所述間隔物(14)及所述PCM(10)沿所述層結構之堆疊方向(z)依次堆疊。所述光學裝置進一步包括：加熱元件(17)，就所述反射體(15)而言所述加熱元件(17)與所述PCM(10)相對，所述層結構(2)經組態以使所述PCM(10)與所述加熱元件(17)電絕緣，而所述加熱元件(17)經由所述反射體(15)及所述間隔物(14)與所述PCM(10)熱連通；及控制器(19、19a)，其經組態以向所述加熱元件(17)供電，從而加熱所述PCM(10)且藉此可逆地改變所述PCM(10)之折射率及/或吸收率。本發明進一步關於相關光學裝置(尤其是包括各自藉由諸如上文所描述之一組層結構形成之一或多種像素的裝置)及致動方法。

【英文】

The present invention is notably directed to an optical device (1) comprising a layer structure (2) with: a thermally conducting, optical reflector (15); a thermally conducting spacer (14), which is transmissive to light and arranged above the reflector (15); and a phase change material (10), or PCM, arranged above the spacer (14) and having at least two reversibly switchable states, in which the PCM exhibits two different values of refractive index. The reflector (15), the spacer (14) and the PCM (10) are successively stacked along a stacking direction (z) of the layer structure. The optical device further comprises: a heating element (17), opposite to the PCM (10) with respect to the reflector (15), the layer structure (2) being configured so as to electrically insulate the PCM (10) from the heating element (17), while the heating element (17) is in thermal communication with the PCM (10) via the reflector (15) and the spacer (14); and a controller (19, 19a) configured to energize the heating element (17), so as to heat the PCM (10) and thereby reversibly change a refractive index and/or an absorption of said PCM (10). The invention is further directed to related optical devices (notably devices comprising one or more pixels formed, each, by a set of layer structures such as described above) and actuation methods.

【代表圖】

【本案指定代表圖】：圖1

【本代表圖之符號簡單說明】：

- 1：光學裝置
- 2：結構
- 10：PCM
- 14：間隔物
- 15：反射體
- 16：覆蓋層
- 16s：表面
- 17：加熱元件
- 18：障壁層
- 19：控制器
- 191：端子
- 192：端子
- 211：剩餘部分
- 212：剩餘部分

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：

無

申請專利範圍

1. 一種光學裝置 (1)，其包括具有以下之層結構 (2)：
導熱光學反射體 (15)；
導熱間隔物 (14)，其可透射光線且配置於所述反射體 (15)
上方；及
相變材料 (10) 或 PCM，其配置於所述間隔物 (14) 上方
且具有至少兩種可逆向轉換之狀態，其中所述 PCM 呈現兩
種不同的折射率值，
其中，
所述反射體 (15)、所述間隔物 (14) 及所述 PCM (10)
沿所述層結構之堆疊方向 (z) 依次堆疊，
且其中所述光學裝置進一步包括：
加熱元件 (17)，就所述反射體 (15) 而言所述加熱元件 (17)
與所述 PCM (10) 相對，所述層結構 (2) 經組態以使所述
PCM (10) 與所述加熱元件 (17) 電絕緣，而所述加熱元
件 (17) 經由所述反射體 (15) 及所述間隔物 (14) 與所述
PCM (10) 熱連通；及
控制器 (19、19a、30)，其經組態以向所述加熱元件 (17)
供電，從而加熱所述 PCM (10)，且藉此可逆地改變所述
PCM (10) 之折射率及/或吸收率。
2. 如申請專利範圍第 1 項之光學裝置，其中：
所述反射體 (15) 之平均厚度在 50 nm 與 1 μ m 之間；
所述間隔物 (14) 之平均厚度在 40 nm 與 300 nm 之間；且
所述 PCM (10) 之平均厚度在 0.5 nm 與 80 nm 之間。
3. 如申請專利範圍第 1 項或第 2 項之裝置，其中
垂直於所述堆疊方向 (z) 之所述層結構的橫向尺寸大於或
等於 0.35 μ m，且較佳地，大於或等於 5 μ m。
4. 如申請專利範圍第 1 項或第 2 項之裝置，其進一步包括：
位於所述加熱元件 (17) 與所述反射體 (15) 之間的電絕緣
材料 (18)，其經配置以使所述反射體 (15) 與所述加熱元

件 (17) 基本上電絕緣。

5. 如申請專利範圍第 1 項或第 2 項之裝置，其中
所述控制器 (19) 經組態以向所述加熱元件 (17) 施加電流及/或電壓，所述加熱元件 (17) 為電阻式加熱元件 (17)，從而向所述加熱元件 (17) 供電，以加熱所述 PCM (10)，且藉此可逆地改變所述 PCM (10) 之折射率及/或吸收率。
6. 如申請專利範圍第 5 項之裝置，其中：
所述裝置進一步包括導電層 (21)，其中在所述層結構 (2) 之水平上插入有所述加熱元件 (17)，由此所述導電層 (21) 之兩個部分 (211、212) 位於所述加熱元件 (17) 的對應側面上，與其接觸；且
所述控制器 (19) 包括兩個接觸所述兩個部分 (211、212) 中之對應部分的端子 (191、192)，以向所述加熱元件 (17) 施加所述電流及/或電壓。
7. 如申請專利範圍第 1 項或第 2 項之裝置，其中
所述控制器 (19) 經組態以根據至少兩種不同信號向所述加熱元件 (17) 供電，使得所述加熱元件 (17) 分別施加至少兩種不同熱脈衝，且分別可逆地將所述 PCM (10) 轉換為所述至少兩種可轉換之狀態。
8. 如申請專利範圍第 1 項或第 2 項之裝置，其中
所述 PCM (10) 包括以下化合物中之一或多者：GeSbTe、VO_x、NbO_x、GeTe、GeSb、GaSb、AgInSbTe、InSb、InSbTe、InSe、SbTe、TeGeSbS、AgSbSe、SbSe、GeSbMnSn、AgSbTe、AuSbTe 及 AlSb。
9. 如申請專利範圍第 1 項或第 2 項之裝置，其中
所述 PCM (10) 包括以下中之一者：Ge₂Sb₂Te₅；GeTe；及 Ag₃In₄Sb₇₆Te₁₇。
10. 如申請專利範圍第 1 項或第 2 項之裝置，其中
所述 PCM (10) 之平均厚度在 3 nm 與 15 nm 之間。
11. 如申請專利範圍第 1 項或第 2 項之裝置，其中

所述加熱元件(17)包括以下一或多者：NiCrSi、NiCr、W、TiW、Pt、Ta、Mo、Nb及Ir。

12. 如申請專利範圍第1項或第2項之裝置，其包括：
 - 一組導熱光學反射體(15)；
 - 一組導熱間隔物(14)，其各自位於所述反射體(15)中之對應反射體的上方，其中所述間隔物具有大體上不同之厚度且各自可透射光線；
 - 一組相變材料(10)或PCM，其各自位於所述間隔物中之對應間隔物的上方，從而與所述間隔物組及所述反射體組共同形成一組層結構(2、2a、2b)，其中所述PCM中之每一者均具有至少兩種可逆向轉換之狀態，在所述狀態中其呈現兩種不同的折射率值；
 - 一組加熱元件(17)，其各自為：
 - 就反射體(15)中之對應反射體而言與所述PCM(10)中之對應PCM相對配置；
 - 經由所述反射體(15)中之對應反射體及所述間隔物(14)中之對應間隔物與所述PCM(10)中之所述對應PCM熱連通；且
 - 與所述PCM(10)中之所述對應PCM電絕緣，
 - 其中，
 - 所述控制器(19)經組態以獨立地向所述加熱元件供電，從而獨立地加熱所述PCM，且藉此可逆地改變其折射率及/或吸收率，由此所述PCM中之每一者的所述折射率及/或所述吸收率可經由所述控制器獨立地控制。
13. 如申請專利範圍第12項之裝置，其進一步包括
 - 一組像素，所述像素中之每一者包括一組層結構，諸如所述層結構組。
14. 一種顯示裝置(1c-1f)，其包括如申請專利範圍第1項至第13項中任一項之裝置，從而形成一組像素，其各自具有包含以下之層結構(2c-2f)：

所述 PCM (10) ; 及

所述加熱元件 (17) , 其在所述層結構 (2c-2f) 中與所述 PCM (10) 電絕緣且與所述 PCM (10) 熱連通 ,

且其中所述顯示裝置進一步包括 :

所述控制器 (31、32、41、42) , 其經組態以向所述像素之任一者供電 , 從而獨立地加熱所述像素之所述任一者的 PCM , 且藉此可逆地改變其折射率及/或吸收率 ; 及

電極對 (221、222) 之配置 , 所述電極對中之每一者與所述像素 (2c-2f) 中之一者的加熱元件 (17) 電連通 , 因此所述像素中之每一者均可藉由所述顯示裝置中之所述控制器單獨地尋址。

15. 如申請專利範圍第 14 項之顯示裝置 (1c-1f) , 其中
所述電極對中之每一者均經由通路 (41) 與所述像素 (2c-2f) 中之一者的所述加熱元件 (17) 電連通 , 所述通路 (41) 係平行於所述像素中之所述一者的所述層結構之堆疊方向 (z) 延伸。
16. 如申請專利範圍第 15 項之顯示裝置 (1c-1f) , 其中
所述通路 (41) 與薄膜電晶體 (21) 或 TFT 之汲極端子電接觸 , 所述 TFT 之閘極端子及源極端子與所述電極對中之所述每一者的對應電極電接觸 , 以使施加於所述閘極端子之電壓在操作中控制所述 TFT 之所述源極端子與所述汲極端子之間的電流。
17. 如申請專利範圍第 15 項或第 16 項之顯示裝置 (1c、1e、1f) , 其中
所述加熱元件 (17) 進一步經由另一通路 (42) 與導熱光學反射體 (15) 電連通 , 所述另一通路 (42) 係平行於所述像素中之所述一者的所述層結構之堆疊方向 (z) 延伸 , 所述反射體進一步為導電的 , 由此穿過所述加熱元件 (17) 之電流可在操作中經由所述光學反射體 (15) 流出。
18. 如申請專利範圍第 15 項或第 16 項之顯示裝置 (1d) , 其中

所述加熱元件(17)進一步經由另一通路(42)與所述顯示裝置之共同電極(223)電連通,所述另一通路(42)係平行於所述像素中之所述一者的所述層結構之堆疊方向(z)延伸,所述通路(41、42)中之每一者在所述電極對(221、222)配置之平均平面與所述像素(2d)中之所述一者的所述加熱元件(17)的平均平面之間延伸,由此穿過所述加熱元件(17)之電流可在操作中經由所述共同電極(223)流出。

19. 一種用於控制如申請專利範圍第1項至第18項中任一項之光學裝置之方法,所述方法包括
經由所述控制器反覆地向所述光學裝置之加熱元件(17)供電,從而加熱所述光學裝置之PCM,以可逆地改變所述PCM之折射率及/或吸收率。
20. 如申請專利範圍之方法,其中反覆地供電包括:
在持續時間 t_1 期間,向加熱元件(17)供電,以根據第一時間熱量曲線(P_1)加熱所述PCM,且藉此將所述PCM自第一狀態轉換為第二狀態;且
隨後在持續時間 t_2 期間,向所述加熱元件(17)供電,以根據第二時間熱量曲線(P_2)加熱所述PCM,且藉此將所述PCM轉換回所述第一狀態,
其中,
所述第一時間熱量曲線(P_1)呈現最高溫度 T_1 ,且所述第二時間熱量曲線(P_2)呈現最高溫度 T_2 ,其中 $t_1 > t_2$ 且 $T_2 > T_m > T_1 > T_c$,其中 T_m 及 T_c 分別對應於所述PCM之熔融溫度及結晶溫度。