



(21)申請案號：105132457

(22)申請日：中華民國 105 (2016) 年 10 月 06 日

(51)Int. Cl. : **G01J1/04 (2006.01)**
G01J1/44 (2006.01)**G01J1/06 (2006.01)**

(30)優先權：2015/10/06 美國

14/998,019

(71)申請人：唯景公司(美國) VIEW, INC. (US)

美國

(72)發明人：布朗 史蒂芬 克拉克 BROWN, STEPHEN CLARK (US)；雪利凡斯塔瓦 達爾雅 SHRIVASTAVA, DHAIRYA (US)；契迪茲 傑森 ZEDLITZ, JASON (US)；法蘭克 崔佛 FRANK, TREVOR (US)；王珏 WANG, JUE (CN)；麥戈尼哥 布萊恩 MCGONIGLE, BRIAN (US)；路默 亞歷山大 RUMER, ALEXANDER (US)；穆林斯 丹尼斯 MULLINS, DENNIS (US)；金城 凱文 KANESHIRO, KEVIN (US)

(74)代理人：陳長文

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：25 項 圖式數：21 共 135 頁

(54)名稱

多感測器

MULTI-SENSOR

(57)摘要

各個實現方式大體上係關於一種多感測器裝置。一些實現方式更特定而言係關於一種包括徑向取向光感測器之一環的多感測器裝置。一些實現方式更特定而言係關於一種相對於該環之一中心軸線取向獨立的多感測器裝置。本文所描述之該多感測器裝置之一些實現方式亦包括一或多個其他感測器。舉例而言，一些實現方式包括一軸向定向之光感測器。一些實現方式亦可包括一或多個溫度感測器，該一或多個溫度感測器經配置以感測一外部溫度，例如該多感測器周圍之一戶外環境的一周圍溫度。另外或或者，一些實現方式可包括一經配置以感測該多感測器裝置內之一內部溫度的溫度感測器。特定實現方式提供、表徵或實現一緊湊形狀因數。特定實現方式提供、表徵或實現一種多感測器裝置，該多感測器裝置需要極少接線或不需要接線，且在一些此類情況下，需要極少侵入或不需要侵入，對上面安裝該多感測器裝置之一建築物或其他結構進行穿孔或重建。

Various implementations relate generally to a multi-sensor device. Some implementations more particularly relate to a multi-sensor device including a ring of radially-oriented photosensors. Some implementations more particularly relate to a multi-sensor device that is orientation-independent with respect to a central axis of the ring. Some implementations of the multi-sensor devices described herein also include one or more additional sensors. For example, some implementations include an axially-directed photosensor. Some implementations also can include one or more temperature sensors configured to sense an exterior temperature, for example, an ambient temperature of an outdoors environment around the multi-sensor. Additionally or alternatively, some implementations can include a temperature sensor configured to sense an interior temperature within the multi-sensor device. Particular implementations provide, characterize, or enable a compact form factor. Particular implementations provide, characterize, or enable a multi-sensor

device requiring little or no wiring, and in some such instances, little or no invasion, perforation or reconstruction of a building or other structure on which the multi-sensor device is mounted.

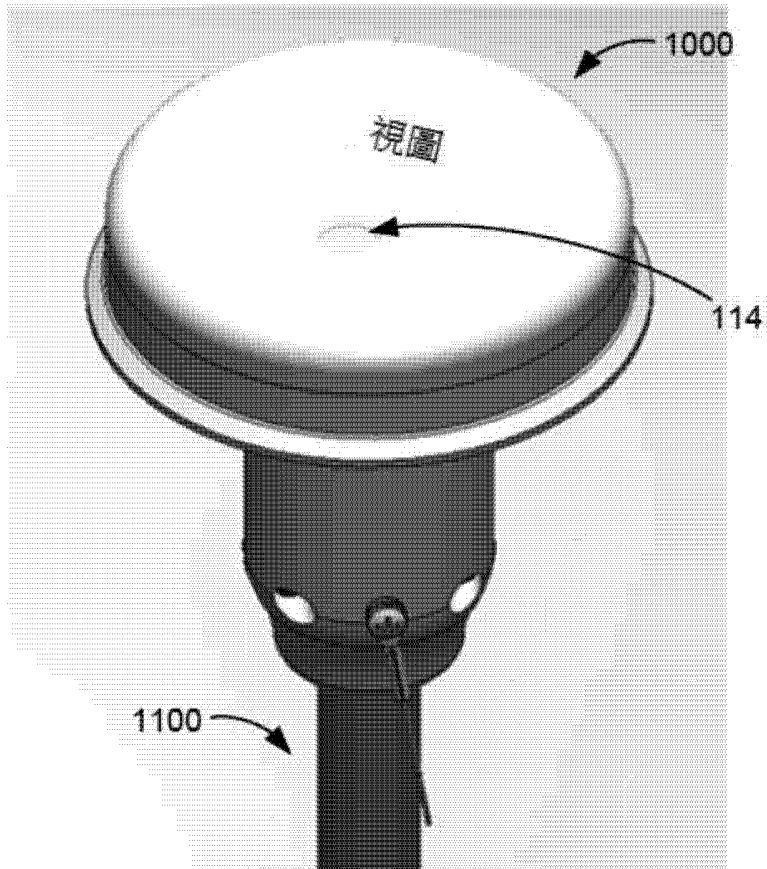
指定代表圖：

符號簡單說明：

114 . . . 光感測器

1000 . . . 多感測器
裝置

1100 . . . 桅桿



【圖11A】

【發明說明書】

【中文發明名稱】

多感測器

【英文發明名稱】

MULTI-SENSOR

【技術領域】

本發明大體上係關於感測器裝置，且更特定而言關於取向獨立之多感測器裝置。

【先前技術】

隨著能量效率及系統整合之考慮獲得進展，智慧技術之發展及推廣已增加。光學可切換窗(諸如電致變色窗)為一個有前景的智慧技術領域。電致變色為材料在激發至不同電子態時展現一或多種光學特性之電化學介導之可逆變化的現象。電致變色材料及由其製成之裝置可合併至例如用於家庭、商業或其他用途之窗中。可藉由在電致變色材料中誘導變化(例如藉由在電致變色材料上施加電壓)來改變電致變色窗之顏色、色彩、透射率、吸收率或反射率。此類能力可允許對可穿過窗之各種波長的光的強度進行控制。近期相對關注之一個領域為智慧控制系統及算法，其用於驅動光學可切換窗中之光學轉變，以提供所需照明條件，同時降低此類裝置之功率消耗且改良與其整合之系統的效率。

【發明內容】

某些態樣係有關包括由諸多第一光感測器組成之環的裝置，該等第一光感測器各自具有自第一光感測器環向外徑向取向之視角，第

一光感測器各自之視角與兩個相應的緊鄰之第一光感測器各自之視角重疊。裝置進一步包括至少一個光擴散元件，其圍繞在第一光感測器環之周邊，以在第一光感測器感測到入射於裝置上之光之前使光擴散。此外，裝置包括至少一個第二光感測器，其具有至少部分涵蓋與第一光感測器環之軸線平行的方向之視角；及電路板。裝置亦包括外殼，其在實體上支撐第一光感測器中之每一者、該至少一個光擴散元件、該至少一個第二光感測器及電路板中之至少部分。

在一個態樣中，所有第一光感測器之視角的組合提供360度之總視角。在一個態樣中，第一光感測器係沿著第一光感測器環之圓周等距安置。在一個態樣中，第一光感測器環包括至少十二個第一光感測器。在一個態樣中，該至少一個第二光感測器包括具有自第一光感測器環軸向取向之視角的第二光感測器。

在一個態樣中，該至少一個光擴散元件為環狀擴散器，該環狀擴散器與第一光感測器環同心。在一些情況下，環狀擴散器為具有高度、內徑、外徑及由內徑及外徑界定之厚度的圓筒形單元。在一種情況下，環狀擴散器及外殼為單一整體單元。

在一個態樣中，裝置進一步包括至少一個溫度感測器。在某一情況下，該至少一個溫度感測器包括至少兩個溫度感測器，該等溫度感測器中之第一者至少部分在外殼外部以感測外殼外部之外部溫度，該等溫度感測器中之第二者至少部分在外殼內部以感測外殼內之內部溫度。

在一個態樣中，電路板包括或耦合至至少一個通信介面。在一些情況下，該至少一個通信介面包括無線通信介面。在其他情況下，

電路板包括或耦合至用於接收來自至少一個電源之電力的電力介面。在此等其他情況之一個態樣中，通信介面為能夠允許用單一纜線傳輸資料及電力之乙太網供電(PoE)設備。

在一個態樣中，裝置進一步包括位於外殼內或與外殼耦合之電池，該至少一個電源包括該電池。

在一個態樣中，該至少一個電源包括至少一個光伏打電池。在某一情況下，外殼包括該至少一個光伏打電池。

在一個態樣中，裝置進一步包括安裝組套件。在一些情況下，裝置進一步包括桅桿結構。

在一個態樣中，裝置進一步包括至少一個紅外感測器。在一些情況下，該至少一個紅外感測器經定向朝向天空以量測天空溫度。

在一個態樣中，該至少一個光擴散元件由塑膠材料形成。

在一個態樣中，裝置進一步包括蜂窩式通信電路。

在一個態樣中，裝置進一步包括GPS模組。

在一個態樣中，外殼包括用於第一光感測器中之每一者的安裝結構，其中該安裝結構具有用於接納光感測器之包殼，其中當光感測器定位於包殼內時光感測器實質上平行於外殼之底部表面而定位。

【圖式簡單說明】

圖1顯示根據一些實現方式之示例性多感測器裝置的示意圖。

圖2顯示根據一些實現方式能夠用於圖1之多感測器裝置中的示例性擴散器之示意圖。

圖3顯示根據一些實現方式能夠用於圖1之多感測器裝置中的示例性外殼之示意圖。

圖4顯示根據一些實現方式由光擴散材料形成且能夠用於圖1之多感測器裝置中的示例性外殼之示意圖。

圖5顯示根據一些實現方式能夠用於圖1之多感測器裝置中的示例性電基板之示意圖。

圖6A顯示根據一些實現方式之圖5之示例性電學基板之第二配置的示意圖。

圖6B顯示根據一些實現方式之圖5及6A之示例性電學基板之第二配置的第二示意視圖。

圖7A顯示根據一些實現方式之圖3、5及6之組件之組合件的示意圖。

圖7B顯示根據一些實現方式之圖3、5及6之組件之組合件的第二示意圖。

圖7C顯示根據一些實現方式之圖3、5及6之組件之組合件的第三示意圖。

圖8顯示根據一些實現方式之圖7A之組合件加上圖2之擴散器的示意圖。

圖9顯示根據一些實現方式能夠用於圖1之多感測器裝置中的示例性外殼覆蓋物之示意圖。

圖10A-10D顯示根據一些實現方式之示例性多感測器裝置的各個相應示意視圖。

圖11A及11B顯示根據一些實現方式圖10A-10D之示例性多感測器裝置與桅桿耦合的相應視圖。

圖12A顯示包括諸多個柱之柱狀圖，該等柱各自指示相應多感測

器裝置基於取向之最大 δ 。

圖**12B-12E**各顯示相應多感測器裝置之基於取向之隨時間推移的感測器資料的曲線。

圖**13**顯示能夠接收感測器資料、處理感測器資料且與外部系統通信之示例性電路的電路示意圖。

圖**14**顯示根據一些實現方式之示例性電致變色窗的截面側視圖。

圖**15**圖解說明根據一些實現方式之示例性控制型態。

圖**16**顯示根據一些實現方式之可操作以控制複數個IGU之示例性網路系統的框圖。

圖**17**顯示根據一些實現方式之示例性主控制器(MC)的框圖。

圖**18**顯示根據一些實現方式之示例性網路控制器(NC)的框圖。

圖**19**顯示根據一些實現方式之示例性窗控制器(WC)的電路示意圖。

圖**20**顯示根據一個實施例附接於平面電路板之安裝結構中之光感測器的圖式。

圖**21**顯示隨時間推移由一實施例之多感測器裝置之周邊光感測器得到之勒克司(lux)/溫度資料之多個曲線的圖。

各個圖式中之相同參考數字及標識指示相同元件。

【實施方式】

以下實施方式係有關用於揭示主題之目的的特定示例性實現方式。雖然所揭示之實現方式經過足夠詳細地描述而使得本領域技術人員能夠實踐所揭示之主題，但本發明不限於本文所描述之特定示例性

實現方式的特定特徵。相反地，可以許多不同形式及方式實現及應用本文所揭示之概念及教示，而不會背離其精神及範疇。舉例而言，雖然所揭示之實現方式集中於電致變色窗(亦稱為智慧窗)，但可在未進行過度實驗之情況下製作、應用或使用本文所揭示之系統、裝置及方法中之一些以併入或同時併入其他類型之光學可切換裝置。另外一些類型之光學可切換裝置包括液晶裝置、懸浮粒子裝置以及甚至微百葉窗等。舉例而言，此類其他光學可切換裝置中之一些或全部可用本文所描述之控制器的所揭示之實現方式中之一或多者來供電、驅動或以其他方式控制或與其整合。另外，在以下描述中，片語「可操作以」、「適合於」、「經配置以」、「經設計以」、「經程式化以」或「能夠」在適當時可互換使用。

多感測器之介紹

各個實現方式大體上係關於一種多感測器裝置。一些實現方式更特定而言係關於一種多感測器裝置，包括徑向取向或以其他方式向外取向之光感測器的環或其他適合之幾何(例如多邊形)配置。一些實現方式更特定而言係關於一種相對於環之中心軸線取向獨立的多感測器裝置。本文所描述之該等多感測器裝置之一些實現方式亦包括一或多個其他感測器。舉例而言，一些實現方式包括軸向定向之光感測器。一些實現方式亦可包括一或多個溫度感測器，其經配置以感測外部溫度，例如多感測器周圍之戶外環境的周圍溫度。另外又或者，一些實現方式可包括經配置以感測多感測器裝置內之內部溫度的溫度感測器。特定實現方式提供、表徵或實現緊湊形狀因數。特定實現方式提供、表徵或實現一種多感測器裝置，該多感測器裝置需要極少接線

或不需要接線，且在一些此類情況下，需要極少侵入或不需要侵入，對上面可安裝多感測器裝置之建築物或其他結構進行穿孔或重建。

圖1顯示根據一些實現方式之示例性多感測器裝置**100**的示意圖。多感測器裝置**100**通常包括外殼**102**、至少一個光擴散元件(或「擴散器」)**104**及覆蓋物外殼(或「覆蓋物」或「蓋」)**106**。如圖所示，在一些實現方式中，外殼**102**、擴散器**104**及覆蓋物**106**圍繞穿過多感測器裝置**100**之中心的假想軸**110**旋轉對稱。多感測器裝置**100**亦包括多個光感測器**112**。在一些特定實現方式中，光感測器**112**係沿著一環(例如該環可具有與軸線**110**重合之中心且可界定正交於軸線**110**之平面)環狀地安置。在此類實現方式中，光感測器**112**可更特定而言沿著環之圓周等距安置。在一些實現方式中，多感測器裝置**100**進一步包括至少一個光感測器**114**，該至少一個光感測器具有取向與軸線**110**平行且在一些情況中沿著軸線**110**定向且與軸線**110**同軸的軸線。

在某些實現方式中，多感測器裝置**100**亦可包括一或多個紅外感測器，其典型地朝向天空定位於多感測器裝置**100**之頂部。紅外(IR)感測器偵測由其視野內之任何物體或介質輻射之在紅外光譜內之輻射。IR感測器通常具有約50至約80度範圍內之視野。在一個特定實例中，IR感測器具有約70之視野。由介質/物體發射且由IR感測器捕獲之IR輻射之量視介質/物體之溫度、介質/物體之表面及其他物理性質以及與IR感測器之距離而變化。IR感測器使其在其視野內接收之IR輻射轉化成輸出電壓/電流，該輸出電壓/電流為所接收之IR輻射之量及其視野內之物體/介質之對應溫度的度量。典型地，IR感測器提供數位溫度讀數。舉例而言，經取向朝向天空之IR感測器輸出其視野內之

天空區域之溫度的讀數。IR感測器可沿特定地理方向(北、南、東、西、東北、西北等)取向以優先捕獲天空中該特定地理區域之IR輻射。

在一個實現方式中，多感測器(例如具有紅外感測器**115A**及**115B**之顯示於圖**1**中之多感測器**100**及顯示於圖**6B**中之多感測器**500**)可使用IR感測器或由與氣象服務部門之通信得到之天氣反饋資料來量測天空溫度，從而確定是否存在雲量或另一天氣狀況。舉例而言，IR感測器讀數可用於確定「晴空」狀況、間歇有雲之「多雲」狀況或「陰天」狀況。與氣象服務部門之通信可經由蜂窩式通信電路來接收，如參考圖**6B**進一步描述，該蜂窩式通信電路亦可包括在多感測器**100**中。使用紅外感測器之輸出來確定天氣狀況之方法的細節描述於標題為「SUNLIGHT INTENSITY OR CLOUD DETECTION WITH VARIABLE DISTANCE SENSING」且於2015年9月29日申請之PCT申請案PCT/US15/53041中，該申請案以全文引用之方式併入本文中。

雖然可使用單一紅外感測器，但在一者發生故障及/或諸如被鳥糞或其他環境劑遮蔽之情況下出於冗餘之目的典型地使用兩個或更多個紅外感測器。在一種情況下，使用兩個或更多個紅外感測器面向不同取向以捕獲來自不同視野及/或在離建築物/結構不同距離處之IR輻射。若兩個或更多個IR感測器定位於多感測器上，則IR感測器彼此偏離達足以降低遮蔽劑會影響所有IR感測器之可能性的距離。舉例而言，IR感測器可隔開至少約一寸或至少約兩吋。

可使用之紅外感測器類型之一些實例為熱電堆、紅外輻射計、紅外地面輻射計(infrared pyrgometer)及紅外高溫計。可使用之IR感測

器的一些實例包括半導體電阻器或二極體，諸如長波IR二極體。可使用之IR感測器的一個實例為Melixis® IR感測器，其為具有數位溫度量測輸出之矽機械熱電堆。各IR感測器典型地經設計以量測IR譜之特定波長範圍內(諸如在一種情況下，在約8 μm 與約14 μm 之間的範圍內，在一種情況下，在約10.6 μm 與約12.5 μm 之間的範圍內，在一種情況下，在約6.6 μm 與約20 μm 範圍內)的IR輻射。在一個實例中，IR感測器為對9.5 μm 至11.5 μm 波長範圍內之紅外輻射有反應的熱阻輻射熱計。在一個實例中，IR感測器對8 μm 至14 μm 波長範圍內之紅外輻射有反應。在一個實例中，IR感測器對10.5 μm 至12.5 μm 波長範圍內之紅外輻射有反應。在一個實例中，IR感測器對6.6 μm 至20 μm 波長範圍內之紅外輻射有反應。

在圖1中所示之所圖解說明實例中，多感測器裝置**100**進一步包括定位於多感測器裝置**100**上部且安置在擴散器**104**後方之第一紅外感測器**115A**及第二紅外感測器**115B**。第一紅外感測器**115A**及第二紅外感測器**115B**自多感測器裝置**100**外面來看可能為或可能不為人眼可見的。紅外感測器**115A**、**115B**中之每一者具有取向與軸線**110**平行之軸線，且自多感測器裝置**100**之頂部部分來看面向外，以基於自多感測器裝置**100**上方捕獲之IR輻射來量測溫度讀數。第一紅外感測器**115A**與第二紅外感測器**115B**隔開至少約一寸。在某些實現方式中，多感測器裝置**100**安裝在建築物或其他結構外面，使得第一紅外感測器**115A**與第二紅外感測器**115B**經取向朝向天空。當經定向朝向天空時，第一紅外感測器**115A**及第二紅外感測器**115B**可輸出天空溫度讀數。在一個實現方式中，多感測器裝置**100**可執行指令，從而由所量測之天空

溫度及/或基於藉由蜂窩式通信電路建立之通信由氣象服務部門獲得之天氣反饋資料確定雲量或另一天氣狀況，根據一種特定實現方式該蜂窩式通信電路亦可包括在多感測器**100**中。經確定之天氣狀況可經由蜂窩式通信電路或另一通信裝置傳送給附近之其他建築物。在另一實現方式中，藉由多感測器裝置**100**之感測器獲得之讀數可供應給建築物管理系統或附近之其他建築物以幫助預測諸如雲量變化之天氣變化。

在圖**1**中所示之所圖解說明實例的一個實現方式中，多感測器裝置**100**安裝在建築物或其他結構外面，且其軸線**110**垂直向上取向。在此情況下，第一紅外感測器**115A**及第二紅外感測器**115B**中之每一者垂直向上取向，且所安裝之多感測器裝置**100**之方位取向為零且對來自紅外感測器**115A**、**115B**之反映建築物/結構上方之天空溫度的溫度讀數沒有影響。多感測器裝置**100**之方位取向係指在自所安裝之多感測器**100**朝正北方定向之直線與沿軸線**110**之直線之間形成的角度。

在另一實施例中，多感測器裝置**100**具有一或多個類似於參考圖**1**所描述之IR感測器**115A**及**115B**的紅外感測器，其中該等感測器中之至少一者經取向以面向不垂直向上之方向。在此情況下，紅外感測器之方位取向決定IR感測器優先捕獲IR輻射之地理方向(北、南、東、西、東北、西北等)。舉例而言，第一紅外感測器**115A**及第二紅外感測器**115B**可偏離軸線**110**以一定角度安置於多感測器裝置**100**上。在一種特定情況下，紅外感測器可安裝至在偏離軸線**110**約11度之方向上的一面中，該軸線典型地正交於多感測器裝置**100**之頂部表面。另外或或者，多感測器裝置**100**可安裝在建築物或其他結構外面，且其軸

線**110**在不垂直向上之方向上。舉例而言，安裝者可能因許多原因而使多感測器裝置**100**以一定角度定向，諸如為避免阻礙IR感測器獲得天空之清晰視圖、便於安裝在現有夾具之帶有角度之表面上等。在此實例中，多感測器裝置**100**之方位取向以及IR感測器相對於軸線**110**之任何角偏移決定IR感測器優先捕獲IR輻射之天空區域的地理方向(北、南、東、西、東北、西北等)。根據一個實現方式(下文就圖**6B**詳細描述其實例)，GPS模組及相關邏輯亦可包括在多感測器裝置中，以確定多感測器裝置之位置的緯度及經度以及各IR感測器經取向之方向，以確定各IR感測器優先捕獲IR輻射之天空區域。在此情況下，多感測器裝置可調整IR感測器之讀數以估計建築物/結構上方之讀數。另外或或者，多感測器裝置可使用遠離建築物之天空區域的讀數來估計臨近之天氣狀況/模式。回到圖**1**，亦顯示複數個徑向延伸之箭頭**116**。箭頭**116**各自代表光感測器**112**中之對應者的取向的軸線。各個光感測器**112**以虛線展示，此表明在所有實現方式中光感測器**112**本身自多感測器裝置**100**外部來看可能為或可能不為裸人眼可見的(如下文更詳細描述，光感測器**112**安置於擴散器**104**後方)。光感測器**112**各自沿自環中心向外徑向延伸之取向的相應軸線(沿箭頭**116**中之對應者的方向)取向。在一些實現方式中，各光感測器**112**之偵測角度圍繞光感測器之取向之軸線為對稱的，從而界定一對稱「視錐」。在一些實現方式中，各光感測器**112**之偵測角度為約180度(暗示幾乎半球形之偵測角度)。在一些實現方式中，光感測器**112**中之每一者具有一視角(不同於偵測角度)，該視角與兩個相應的緊鄰之相鄰光感測器**112**中之每一者之視角重疊。如本文所用，光感測器之視角定義為界定視

錐之角度，在該視錐內相關波長中一半之功率譜密度由光感測器捕獲。因此通常，視角為自取向軸線至視錐之外表面之角度的兩倍。在一些實現方式中，光感測器**112**中之每一者與光感測器**112**中之其他感測器相同，且因此，各個光感測器**112**之視角通常為相同的。在一些實現方式中，軸向定向之光感測器**114**與光感測器**112**屬於同一類型。在另外一些實現方式中，軸向定向之光感測器**114**的視角與各個光感測器**112**之視角相比可能較窄，相同，或較寬。

各個光感測器 (light sensor) **112** (亦稱為光偵測器 (light detector/photodetector)或光感測器 (photosensor))包括光敏區域**113**。在一些實現方式中，各光感測器**112**之光敏區域**113**包括一或多個光二極體或一或多個光二極體之陣列(例如各個光感測器**112**可包括矽(Si)光二極體)。在一些實現方式中，各個光感測器**112**在光感測器之光敏區域**113**上包括透鏡。在一些實現方式中，各個光感測器**112**之視角在約30度至約120度範圍內。舉例而言，在一種特定應用中，視角為約100度。在一些實現方式中，可藉由各個光感測器**112**偵測到之入射光之分佈接近高斯(Gaussian) (或「正態」)分佈。假設由各個光感測器**112**偵測到之光與高斯分佈有關，由各個光感測器偵測到之一半功率(-3dB點)存在於由視角界定之視錐內。

然而，在一些實現方式中，由各個光感測器**112**偵測到之光信號在30度角度內出於實用之目的可實際上或大致為平面的。因此，使用十二($360/30 = 12$)個光感測器**112**圍繞感測器環之整體總體上產生大致平面的信號(假設在感測器環周圍入射光同樣為均勻的)。換言之，所有光感測器**112**之組合提供360度之總視角。因此，使用十二個等距隔

開之光感測器**112**提供實質取向獨立性。換句話說，多感測器裝置**100**可安置在建築物屋頂或其他結構之頂上而無須調整裝置**100**相對於東北向下(NED)座標系統之北或東軸線的取向。

本發明人亦已發現僅使用十二個光感測器在偵測環周圍之光時不顯著增加均勻性，尤其在使用上文提及且下文更詳細描述之擴散器**104**的情況下。圖**12A**顯示包括諸多個柱之柱狀圖**1200**，該等柱各自指示相應多感測器裝置基於最佳取向及非最佳取向(相對於軸線**110**)之最大 δ 。舉例而言，第一柱**1201**與具有四個等距安置之光感測器的多感測器裝置有關；第二柱**1203**與具有八個等距安置之光感測器的多感測器裝置有關；第三柱**1205**與具有十二個等距安置之光感測器的多感測器裝置有關；且第四柱**1207**與具有十八個等距安置之光感測器的多感測器裝置有關。圖**12B-12E**各顯示相應多感測器裝置之基於取向之隨時間推移的感測器資料的曲線。舉例而言，第一曲線(兩者中之較高者)顯示在最佳取向(相對於軸線**110**)時所獲得之感測器資料，而第二曲線(兩者中之較低者)顯示在非最佳取向時所獲得之感測器資料。舉例而言，圖**12B**顯示與具有四個等距安置之光感測器的多感測器裝置相關之第一曲線**1211A**及第二曲線**1211B**；圖**12C**顯示與具有八個等距安置之光感測器的多感測器裝置相關之第一曲線**1213A**及第二曲線**1213B**；圖**12D**顯示與具有十二個等距安置之光感測器的多感測器裝置相關之第一曲線**1215A**及第二曲線**1215B**；且圖**12E**顯示與具有十八個等距安置之光感測器的多感測器裝置相關之第一曲線**1217A**及第二曲線**1217B**。

圖**21**顯示隨時間推移由一實施例之多感測器裝置之周邊光感測

器得到之勒克司/溫度資料之多個曲線的圖。左側豎直軸為光強度(勒克司)。右側豎直軸為溫度(毫攝氏度)。紅色跡線為相應多感測器裝置基於所有感測器之最大 δ 函數之實例。

在一些實現方式中，各光感測器**112**亦包括一或多個濾波器。舉例而言，各光感測器**112**可包括硬體(實體)濾波器，其在光敏區域**113**感測到入射於光感測器**112**上之光之前對光進行過濾。在一些實現方式中，入射光可經過濾使得各個光感測器**112**所輸出之所得感測器信號模擬、表徵或代表人眼反應。在一些實現方式中，各個光感測器**112**在其對入射光作出反應時為適應光的。在另外一些實現方式中，由各個光感測器**112**輸出之感測器信號可例如使用數位濾波技術經電濾波。舉例而言，多感測器裝置**100**可包括電路板，該電路板包括一或多個含有數位信號處理區塊或功能部分的通用處理器或控制器及/或一或多個諸如數位信號處理器(DSP)之專用處理器。

擴散器**104**圍繞光感測器**112**環之周邊安置，以在光感測器感測到入射於裝置上之光之前使光擴散。舉例而言，擴散器**104**可有效地充當光積分器，其更均勻地散佈或分配入射光。此類配置降低任一光感測器**112**接收針尖反射或閃光(諸如落在車輛擋風玻璃、金屬表面或鏡子)之全部強度的可能性。擴散器**200**亦可增加對以傾斜角度入射之光的偵測。圖**2**顯示根據一些實現方式能夠用於圖**1**之多感測器裝置**100**中的示例性擴散器**200**之示意圖。在一些實現方式中，擴散器**200**為具有環形狀之單一整體結構。舉例而言，擴散器**200**可具有中空圓筒形狀，其具有內徑、外徑及由內徑及外徑界定之厚度。在一些實現方式中，擴散器**200**之高度涵蓋各個光感測器**112**之視野(該視野由視角

及光感測器**112**之光敏區域**113**之外表面與擴散器**200**之內表面之間的距離或間隔界定。

在另外一些實現方式中，擴散器**200**可包括兩個或更多個光擴散元件，其用黏著劑、用某一機械耦合機構彼此連接或在適當位置且以適當對齊方式經由外殼**300**支撐。舉例而言，擴散器**200**可實現擴散器**104**。在各個實現方式中，擴散器**200**係由半透明或半不透明材料形成，亦即經設計或選擇以使入射於擴散器**200**上之光分散，同時亦允許散射光之實質部分經由擴散器**200**進入。經由擴散器**200**進入之光然後可由多感測器裝置**100**內之光感測器**112**感測到。如上文所描述，在一些實現方式中，光感測器**112**各自以虛線展示，此表明在所有實現方式中光感測器**112**本身自多感測器裝置**100**外部來看可能為或可能不為裸人眼可見的。在一些實現方式中，光感測器**112**自多感測器裝置**100**外面來看為不可觀察的，因為其視野被擴散器**200**完全阻擋。在另外一些實現方式中，光感測器**112**為經由光感測器**112**部分可見的。在一些實現方式中，擴散器**200**由塑膠或熱塑性材料(諸如耐綸(nylon)或聚醯胺)以及其他適合之材料形成。在另外一些實現方式中，擴散器**200**可由金屬材料(諸如鋁、鈷或鈦)或半金屬材料(諸如 alumide)形成。視材料而定，擴散器**200**可經3D-印刷、注射模製或經由其他適合之方法成形。

圖**3**顯示根據一些實現方式能夠用於圖**1**之多感測器裝置**100**中的示例性外殼**300**之示意圖。舉例而言，外殼**300**可實現外殼**102**。在一些實現方式中，擴散器**300**為單一整體結構，其包括環形部分**320**、由環形部分**320**之內表面界定之空腔部分**322**、基部**324**及穿過基部**324**之

管道**326**。在另外一些實現方式中，環形部分**320**及基部**324**（或外殼**300**之其他部分）可為用黏著劑或用某一機械耦合機構（諸如藉由使用絲線及穿線或經由壓力墊圈）實體地彼此連接的單獨部分。在一些實現方式中，外殼**300**由塑膠或熱塑性材料（諸如耐綸或聚醯胺）以及其他適合之材料形成。在另外一些實現方式中，外殼**300**可由金屬材料（諸如鋁、鈷或鈦）或半金屬材料（諸如alumide）形成。視材料而定，外殼**300**可經3D-印刷、注射模製或經由其他適合之方法成形。

在一些實現方式中，環形部分**320**包括許多通孔（亦稱為「孔隙」**328**）。舉例而言，在環形部分**320**不透明之實現方式中，通孔**328**使光感測器**112**能夠接收及感測入射光。在一些實現方式中，環形部分**320**及基部**324**當沿軸線**110**觀察時亦具有環狀截面。在一些實現方式中，基部**324**可向外徑向延伸超出環形部分**320**之外圓周。此類佈置可能為所需的，使得基部**324**可支撐擴散器，諸如分別參考圖**1**及**2**顯示及描述之擴散器**104**及**200**。基部**324**亦可包括與下文更詳細描述之電基板**500**對齊的柱結構**330**。更特定而言，基部**324**之柱結構**330**穿過且對齊電基板。

在另外一些實現方式中，基部**324**可自環形部分**320**之底部邊緣朝向基部**324**之耦合部分（未圖示）向內及向下徑向無縫延伸。舉例而言，在一些此類實現方式中，擴散器**104**（**200**）與基部**324**一起整體地成形為一個固體整體結構。在此類實現方式中，整個整體結構係由光擴散材料（諸如上文所描述用於形成擴散器**200**之彼等）形成。圖**4**顯示根據一些實現方式由光擴散材料形成且能夠用於圖**1**之多感測器裝置中的示例性外殼**400**之示意圖。在由光擴散材料形成之此類外殼**400**

中，不需要單獨擴散器**104**（或**200**）。在此類外殼**400**中，亦不需要通孔**328**。

圖**5**顯示根據一些實現方式能夠用於圖**1**之多感測器裝置**100**中的示例性電基板**500**之示意圖。電基板**500**包括兩個T形部分**532**及**534**以及中心部分**536**。中心部分**536**可包括四個通孔**538**，例如用於與外殼**102**（或**300**或**400**）之柱結構**330**對齊。圖**5**中顯示電基板**500**之底部表面。在一些實現方式中，兩個T形部分**532**及**534**由撓性材料形成。銅或其他金屬或其他導電跡線（未圖示）可印刷或以其他方式沈積於T形部分**532**及**534**上，以耦合至中心部分**536**上之跡線或其他電連接物。光感測器**112**可經焊接或以其他方式與T形部分**532**及**534**實體及電連接。在一些實現方式中，中心部分**536**由剛性材料（諸如FR-4玻璃環氧樹脂）形成。在一些實現方式中，中心部分**536**形成印刷電路板（PCB）。舉例而言，中心部分**536**可包括層壓在形成T形部分**532**及**534**之材料上的兩個基板。舉例而言，形成T形部分**532**及**534**之材料可夾在兩個基板之間以形成具有層壓結構之中心部分**536**。以此方式，T形部分**532**及**534**上之導電跡線可將光感測器**112**電耦合至中心部分**536**內表面上之跡線或其他電互連物。中心部分**536**內表面上之此類跡線或其他電互連物可然後耦合至諸多組件，諸如微控制器**540**、數位信號處理器（DSP）**542**及網路介面**544**（諸如乙太網端口）。

在一些實現方式中，多感測器裝置**100**進一步包括一或多個溫度感測器，該一或多個溫度感測器電連接至中心部分**536**，且在一些情況下，亦與中心部分**536**實體連接。在一些實現方式中，多感測器裝置**100**包括第一溫度感測器，該第一溫度感測器具有至少部分在外殼

300外部之熱電偶或部分以感測外殼**300**外部之外部溫度。在一些實現方式中，多感測器裝置**100**另外或或者包括第二溫度感測器，其至少部分在外殼**300**內部以感測外殼**300**內之內部溫度。

圖**6A**顯示根據一些實現方式之圖**5**之示例性電基板**500**之第二配置的示意圖。更特定而言，電基板**500**對於組合作而言呈捲起及捲繞配置。換句話說，T形部分**532**及**534**可向上彎曲，例如垂直於(更具剛性)中心部分**536**。T形部分**532**及**534**之臂部分然後可捲曲，從而共同進入環狀構造以便裝配至外殼**300**或**400**中。圖**6B**顯示根據一些實現方式之圖**5**及**6A**之示例性電基板**500**之第二配置的第二示意視圖。舉例而言，圖**6A**顯示中心部分**536**之第一表面(該側面包括電路組件及網路介面)。圖**6B**顯示中心部分**536**之第二表面(該側面包括軸向取向之光感測器**114**)。圖**6B**中之視圖亦顯示多感測器裝置**100**進一步包括定位於電基板**500**之第二表面上的第一紅外感測器**515**、第二紅外感測器**516**及GPS模組**517**。第二表面朝向外殼**300**之上表面。第一紅外感測器**515**及第二紅外感測器**516**中之每一者相對於多感測器裝置之上表面向上取向。若多感測器裝置定位於建築物/結構外面使得第二表面面向天空，則第一紅外感測器**515**及第二紅外感測器**516**進行對天空區域之溫度量測。第一紅外感測器**515**與第二紅外感測器**516**隔開至少約一吋。

在某些實現方式中，多感測器裝置進一步包括諸如圖**6B**中所示之GPS模組。GPS模組包括整合式天線，或者在多感測器裝置中之其他地方包括與GPS模組分開之外部天線。GPS模組可輸出多感測器裝置之位置的緯度及經度座標的信號以提供由感測器獲得之讀數的地理

背景。舉例而言，可使用例如開放源輻射使用緯度及經度座標及時間/日期來確定多感測器位置之晴空輻照度值。可使用晴空輻照度值與由多感測器裝置之光感測器獲得之值的比較來確定天氣狀況。另外或者，此等實現方式之GPS模組可輸出GPS模組取向之信號，其可用於確定感測器之取向。IR感測器之取向可用於確定天空中與溫度讀數相關之區域。市售GPS模組之實例為由Richmond, British Columbia之Sierra Wireless®公司提供之AirPrime® XM0100 GPS模組。AirPrime® XM0100 GPS模組適合與單獨的無線模組一起使用及電連接(直接或間接)至單獨的無線模組之介面。市售GPS模組之另一實例為由中國上海之Quectel Wireless Solutions Co., Ltd提供之L26 GNSS Module模組。某些市售GPS模組具有約12.2 mm乘約2.4 mm之尺寸。GPS模組電連接至在多感測器裝置處可獲得之一或多個電源。

在某些實現方式中，多感測器裝置包括GPS模組與蜂窩式通信電路兩者。在一些情況下，GPS模組及蜂窩式通信電路係作為單一小裝置商購獲得。具有GPS模組與蜂窩式通信電路之市售小裝置之實例為由紐約之Adafruit Industries LLC製造之FONA 808 Shield-Mini Cellular GSM + GPS，其具有69.0 mm × 54.0 mm × 4.0 mm之尺寸。

在其他實現方式中，多感測器裝置包括GPS模組與信標源兩者。在此等實現方式中，多感測器裝置可能亦包括或可能不包括蜂窩式通信電路。信標源發射呈例如wi-fi信標、藍芽低功率(BLE)信標、UWB信標等形式之信標信號。信標源之一個實例為天線，諸如具有平行接地平面之單極天線，其產生藍芽信標(IEEE 802.15.1；2.4-2.485 GHz)。信標源可用於調試及/或地理定位。包括使用信標之調試方法

詳細描述於標題為「METHOD OF COMMISSIONING ELECTROCHROMIC WINDOWS」且於2016年3月9日申請之美國臨時專利申請案62/305,892中，該申請案以全文引用之方式併入本文中。使用信標進行地理定位之方法詳細描述於標題為「WINDOW ANTENNAS」且於2016年8月24日申請之美國臨時專利申請案62/379,163中，該申請案以全文引用之方式併入本文中。

在一個實現方式中，多感測器裝置具有GPS模組及信標源，該信標源傳輸具有與多感測器裝置有關之資訊(例如多感測器裝置之標識號碼或關於多感測器裝置之其他資訊)的信標。多感測器裝置之安裝工可具有一接收器，該接收器允許其讀取信標。電話及其他電子裝置通常具有藍芽接收器，其可用於讀取例如來自BLE信標之信標。安裝工可使用電子裝置來讀取信標上之資訊，以將多感測器裝置之標識號碼與安裝所識別之此多感測器裝置之實際位置的地理座標相關聯。可使用地圖或目錄來實現此關聯。計算裝置然後可使用電子裝置來接收自GPS模組傳送之多感測器裝置之當前位置的地理座標。然後可使用計算裝置藉由將來自GPS模組之多感測器裝置之當前位置與安裝位置及/或當多感測器裝置處於安裝位置時之信號相比較來對安裝工提供指導。

在一個實現方式中，多感測器裝置具有信標源而沒有GPS模組。在此實現方式中，信標源傳輸具有安裝多感測器裝置之地理座標的信標。安裝工可使用電子裝置來讀取來自信標之安裝地理座標及由GPS模組傳送之多感測器裝置當前位置之地理座標。然後可使用計算裝置藉由將來自GPS模組之多感測器裝置之當前位置與安裝位置及/或當多

感測器裝置處於安裝位置時之信號相比較來對安裝工提供指導。

在另一實現方式中，多感測器裝置具有信標源，其傳輸可用於確定多感測器裝置當前位置之地理座標的信標。可使用所接收之信標信號之強度及/或三角量測計算來確定裝置之地理位置。舉例而言，可使用信標來定位安裝於建築物上、存儲設備中等之多感測器裝置。在一種情況下，維護人員可使用具有接收器之電子裝置來接收信標信號及對所安裝之多感測器裝置進行定位，以對其進行修理或更換。在某些實現方式中，多感測器裝置進一步包括視情況選用之冷卻及/或加熱裝置。此類裝置之實例為Peltier裝置，其可操作用於冷卻或加熱。Peltier裝置為一種固態活性熱泵，其視電流之方向而定在消耗電能之情況下將熱量自裝置之一側轉移至另一側。當諸如在熱日需要冷卻時，Peltier裝置可以冷卻模式操作來冷卻通信電路及/或信標電路以維持有效操作。在冷日，諸如當可能存在雪或冰雹且可能遮蔽多感測器裝置之IR感測器或光感測器時，Peltier裝置可以加熱模式操作以融化雪或冰。市售Peltier裝置為Thief River Falls, Minnesota之Digi-Key Electronics製造之CP60233。

圖7A顯示根據一些實現方式之圖3、5及6之組件之組合件的示意圖。圖7B顯示根據一些實現方式之圖3、5及6之組件之組合件的第二示意圖。圖7C顯示根據一些實現方式之圖3、5及6之組件之組合件的第三示意圖。舉例而言，圖7C顯示穿過外殼300之基部324之管道326的視圖。亦顯示安裝至電基板500之網路介面544。圖8顯示根據一些實現方式之組合件800之示意圖，該組合件包括圖7之組合件700加上圖2之擴散器200。圖7C中之視圖亦顯示多感測器裝置100進一步包括

定位於基部**324**之底部表面的溫度感測器**550**。溫度感測器**550**量測外部環境之周圍溫度。在定位於外部時，溫度感測器**550**定位於底部表面，以避開直接太陽輻射。溫度感測器**550**可為例如熱敏電阻、熱電偶、電阻溫度計、矽帶隙溫度感測器等。圖**9**顯示根據一些實現方式能夠用於圖**1**之多感測器裝置中的示例性外殼覆蓋物**900**之示意圖。在一些實現方式中，覆蓋物**900**由塑膠(諸如聚碳酸酯、聚乙烯、聚丙烯及/或熱塑性材料(諸如耐綸或其他聚醯胺、聚酯或其他熱塑性材料)以及其他適合之材料)形成。在一些實現方式中，材料可為耐候塑膠。在另外一些實現方式中，覆蓋物**900**可由金屬材料(諸如鋁、鈷或鈦)或半金屬材料(諸如alumide)形成。在一些實現方式中，覆蓋物**900**可為斜面或凸面形狀的以防止水累積。視材料而定，覆蓋物**900**可經3D-印刷、注射模製或經由其他適合之方法成形。在一些實現方式中，覆蓋物**900**包括一或多個孔隙或變薄部分(例如在裝置上方之覆蓋物之一區域)以使軸向定向之光感測器**114**能夠感測到入射於覆蓋物**900**頂部表面上之光，使紅外感測器**115A**、**115B**能夠量測入射於覆蓋物**900**之頂部表面的紅外輻射，及/或使其他裝置(例如GPS模組或蜂窩式通信電路)能夠接收覆蓋物**900**之頂部表面近端的信號。另外又或者，一些(例如中心區域)或所有覆蓋物**900**可由光擴散材料形成。在一些實現方式中，覆蓋物**900**中圍繞中心區域之外表面可塗有反射層以例如減少對裝置**100**之加熱。在一些實現方式中，可經由黏著劑或用某一機械耦合機構(諸如藉由使用絲線及接線或經由壓力墊圈或其他壓緊式配件)使覆蓋物**900**與外殼**300**連接。

圖**10A-10D**顯示根據一些實現方式之示例性多感測器裝置**1000**的

各個相應示意視圖。圖**11A**及**11B**顯示根據一些實現方式圖**10A-10D**之示例性多感測器裝置**1000**與桅桿**1100**耦合的相應視圖。舉例而言，桅桿**1100**可充當安裝組套件，其包括用於耦合至外殼之基部**324**的第一部分**1102**。在一些實現方式中，可經由機械穿線或經由壓緊式橡膠墊圈使基部**324**固定連接或耦合至桅桿**1200**之第一部分**1102**或與其固定連接或耦合。桅桿**1100**亦可包括第二部分**1104**，其經由機械耦合器**1106** (其可為第一部分**1102**之一部分)耦合至第一部分**1102**中。舉例而言，可經由使第二部分**1104**滑進第一部分**1102**深處或自其中滑出來調整桅桿**1100**之高度。第二部分**1104**之遠端可包括安裝或連接機構**1108**，其用於將桅桿**1100**安裝或連接至建築物，諸如建築物屋頂之表面、屋頂上之牆壁或屋頂或牆壁上之另一結構。

電力及通信纜線可自上面安裝多感測器裝置**1000**之建築物或其他結構延伸穿過桅桿**1100**之內腔到達並穿過多感測器裝置**1000**之管道(諸如多感測器裝置**100**之管道**326**)。舉例而言，纜線可包括電力纜線、接地纜線及一或多種通信纜線。如上文所描述，在一些實現方式中，多感測器裝置**1000**可包括乙太網端口，該乙太網端口可使多感測器裝置**1000**耦合至乙太網相容纜線，從而使得能夠耦合至網路系統之網路控制器。舉例而言，網路介面**544**可為RJ-45連接器。舉例而言，網路介面**544**可使多感測器裝置**1000**耦合至適合之纜線，諸如Cat 5、Cat 5e或Cat 6纜線。在一些實現方式中，纜線可符合100BASE-T快速乙太網標準。在另外一些實現方式中，纜線可符合1000BASE-T (亦稱為IEEE 802.3ab)標準，從而在銅接線上實現十億位元乙太網。如下文參考圖**16**、**17**及**18**所描述，多感測器裝置**1000** (或**100**)可將來自光感

測器(例如光感測器**112**及**114**)、溫度感測器及其他感測器中之一些或全部之感測器資料經由網路介面**544**及通信纜線傳送至主控制器或網路控制器。在一些實現方式中，纜線可使多感測器裝置**1000**能夠接收並且傳送電力。舉例而言，纜線可實現乙太網供電(POE)。以此方式，單一纜線可為使多感測器裝置**1000**與網路系統(諸如下文參考圖**16**所描述之網路系統)耦合所需要之所有纜線。在另外一些實現方式中，多感測器裝置可另外或或者包括無線網路介面，從而實現與一或多個外部控制器(諸如如下文參考圖**16**、**17**及**18**所描述之主控制器及網路控制器)之無線通信。

在一些實現方式中，可藉由控制器(諸如如下文參考圖**16**、**17**及**18**所描述之主控制器或網路控制器)處理感測器資料。此類控制器可進一步分析感測器資料、過濾感測器資料及/或將感測器資料存儲於資料庫(諸如下文參考圖**16**、**17**及**18**所描述之資料庫)中。在一些實現方式中，控制器可在用戶計算裝置處提供網站伺服器用戶介面(UI)給用戶，例如經由網站插座(舉例而言HTML5)，及在一些情況下，經外部面向資料鏈路。網站UI可呈現上文所描述之感測器中之每一者及全部之感測器資料或經處理之感測器資料。網站UI亦可呈現配置及診斷(MAC位址、IP位址、閘道位址、網路掩碼、DNS、DHCP、重新啟動、NTP、事件日誌、韌體版本、韌體升級)。

在一些實現方式中，多感測器裝置**1000** (或**100**)亦可包括通用串列匯流排USB介面，其用於更新/升級韌體、用於測試或執行對多感測器裝置**1000** (或**100**)之診斷或用於校準裝置**100**之光感測器**112**及**114**或其他感測器。

在一些實現方式中，多感測器裝置**1000** (或**100**)亦可包括位於外殼(例如外殼**300**)內或與外殼耦合之電池以為裝置**1000**內之感測器及電組件供電。代替來自電源(例如來自建築物電源)之電力或除了來自電源之電力之外，電池可提供此類電力。在一些實現方式中，多感測器裝置**1000** (或**100**)例如在外殼之表面上進一步包括至少一個光伏打電池。在另外一些實現方式中，多感測器裝置**1000**可與實體連接至桅桿**1100**之光伏打電池耦合。在另外一些實現方式中，多感測器裝置**100**可與建築物屋頂上之光伏打電池耦合。如上文所描述，在另外一些實現方式中，多感測器裝置**1000**另外或或者包括無線網路介面，從而實現與一或多個外部控制器之無線通信。在多感測器裝置**1000**包括電池及/或包括光伏打電池或與光伏打電池耦合之此類無線實現方式中，可能不需要對建築物圍護結構進行穿孔。

圖**13**顯示能夠接收感測器資料、處理感測器資料且與外部系統通信之示例性電路**1300**的電路示意圖。舉例而言，參考圖**5**描述之電基板**500**之中心部分**536**上的電組件可包括電路**1300**。在一些實現方式中，電路**1300**可包括乙太網供電(PoE)模組**1372** (例如由SILVERTEL提供之AG9703-FL)、網路介面**1374** (例如RJ-45 PoE插座，諸如由WURTH ELECTRONICS, INC.提供之7499210123)、乙太網板**1376** (例如由WAVESHARE提供之DP83848乙太網板)、微控制器**1378** (例如由MICROCHIP提供之PIC32MX795)、用於接收來自光感測器**112**及**114**以及其他感測器之感測器資料的接收及放大電路**1380** (例如包括一或多個運算放大器(Op amp)及/或差動放大器)、多路調製器(MUX) **1382** (例如由ANALOG DEVICES提供之ADG1606)、模擬-數位轉換器

(ADC) **1384** (例如由ANALOG DEVICES提供之AD7680B)以及各種其他組件，諸如一或多個數位或模擬濾波器或其他通信介面。

在一些實現方式中，可經由電路**1300**校準光感測器**112**及**114**。在一些此類實現方式中，電路**1300**經配置以例如定期(例如每天、每週、每月)或響應於來自控制器之指令而自動校準光感測器**112**及**114**。在一些實現方式中，校準光感測器**112**及**114**可包括調整光感測器之偏移電壓以調整光感測器之增益或調整光感測器之動態範圍。在一些實現方式中，電路**1300**亦可經配置以校準溫度感測器。在各個實現方式中，電路**1300**內之記憶體可包括存儲由微控制器**540**擷取且應用於電路**1300**內之光感測器或其他電組件之校準資料或設置的一或多個查找表格。

在各個實現方式中，可使用自多感測器裝置**100**獲得之感測器資料來確定光學可切換裝置(諸如電致變色窗)之色彩值。在一些實現方式中，可使用自多感測器裝置**100**獲得之感測器資料來進行遮擋模型化(樹或其他建築物或結構位置)或周圍環境之反射模型化(諸如來自周圍建築物或結構中或上之窗戶或其他反射表面)。在各個實現方式中，由光感測器**112**之取向之軸線界定的平面可為水平取向的，例如經取向與建築物屋頂平行、與地面平行或更一般地與同地球表面與軸線**110**在一條線上之點相切的平面平行。在另外一些應用中，由光感測器**112**之取向之軸線界定之平面可為垂直取向的，例如經取向正交於建築物屋頂、正交於地面或更一般地說與重力平行。

示例性電致變色窗架構

圖**14**顯示根據一些實現方式之示例性電致變色窗**1400**的截面側

視圖。電致變色窗為一種類型之光學可切換窗，其包括用於提供色彩或顏色之電致變色裝置(ECD)。示例性電致變色窗**1400**可製造、配置或以其他方式提供為絕緣玻璃單元(IGU)形式，且在下文中亦將稱為IGU **1400**。通常使用此慣例，舉例而言，此係因為其為常用的且因為當用於安裝於建築物中時使IGU充當基礎構造來容納電致變色窗片(亦稱為「窗板」)可為理想的。IGU窗板或窗片可為單一基板或多基板構造，諸如兩個基板之層壓物。IGU (尤其具有雙窗片或三窗片配置之彼等)可提供許多優於單窗片配置之優點；例如多窗片配置當與單窗片配置相比時可提供增強之絕熱、雜訊隔離、環境保護及/或耐久性。多窗片配置亦可提供對ECD增加之保護，舉例而言，此係因為多窗片IGU之內表面上可形成電致變色膜以及相關層及導電互連且受填充在IGU之內部體積**1408**中之惰性氣體的保護。

圖**14**更特定而言顯示IGU **1400**之一示例性實現方式，該IGU **1400**包括具有第一表面S1及第二表面S2之第一窗片**1404**。在一些實現方式中，第一窗片**1404**之第一表面S1面向外部環境，諸如戶外或外界環境。IGU **1400**亦包括具有第一表面S3及第二表面S4之第二窗片**1406**。在一些實現方式中，第二窗片**1406**之第二表面S4面向內部環境，諸如家庭、建築物或車輛或者家庭、建築物或車輛內之房間或隔室的內部環境。

在一些實現方式中，第一及第二窗片**1404**及**1406**中之每一者至少對於可見光譜中之光為透明或半透明的。舉例而言，窗片**1404**及**1406**中之每一者可由玻璃材料及尤其建築玻璃或其他抗碎玻璃材料(諸如基於氧化矽(SiO₂)之玻璃材料)形成。作為更特定之實例，第一及

第二窗片 **1404** 及 **1406** 中之每一者可為鹼石灰玻璃基板或浮法玻璃基板。此類玻璃基板可由例如約 75% 二氧化矽 (SiO_2) 以及 Na_2O 、 CaO 及若干微量添加劑組成。然而，第一及第二窗片 **1404** 及 **1406** 中之每一者可由具有適合之光學、電、熱及機械特性之任何材料形成。舉例而言，可用作第一及第二窗片 **1404** 及 **1406** 中之一者或兩者之其他適合之基板可包括其他玻璃材料以及塑性、半塑性及熱塑性材料(例如聚(甲基丙烯酸甲酯)、聚苯乙烯、聚碳酸酯、二乙二醇碳酸烯丙酯、SAN (苯乙烯丙烯腈共聚物)、聚(4-甲基-1-戊烯)、聚酯、聚醯胺)或鏡面材料。在一些實現方式中，第一及第二窗片 **1404** 及 **1406** 中之每一者可例如藉由回火、加熱或化學強化來強化。

通常，第一及第二窗片 **1404** 及 **1406** 中之每一者以及作為整體之 IGU **1400** 為長方體的。然而，在另外一些實現方式中，其他形狀為可能的且可為所要的(例如環狀、橢圓、三角形、彎曲、凸面或凹面形狀)。在一些特定實現方式中，第一及第二窗片 **1404** 及 **1406** 各自之長度「L」可在約 20 吋(in.) 至約 10 呎(ft.) 範圍內，第一及第二窗片 **1404** 及 **1406** 各自之寬度「W」可在約 20 in. 至約 10 ft. 範圍內，且第一及第二窗片 **1404** 及 **1406** 各自之厚度「T」可在約 0.3 毫米(mm) 至約 10 mm 範圍內(不過基於特定用戶、管理者、管理員、建造者、建築師或所有者之需要，其他更小及更大之長度、寬度或厚度為可能的且可為所需的)。在基板 **1404** 之厚度 T 小於 3 mm 之實例中，典型地將基板層壓至更厚之另一基板且因此保護薄基板 **1404**。另外，雖然 IGU **1400** 包括兩個窗片 (**1404** 及 **1406**)，但是在另外一些實現方式中，IGU 可包括三個或更多個窗片。此外，在一些實現方式中，窗片中之一或多者本身可

為具有兩個、三個或更多個層或亞窗片之層壓結構。

第一及第二窗片 **1404** 及 **1406** 藉由典型地為框架結構之間隔物 **1418** 彼此間隔開，以形成內部體積 **1408**。在一些實現方式中，內部體積用氬氣(Ar)填充，而在另外一些實現方式中，內部體積 **1408** 可用另一氣體填充，諸如另一稀有氣體(例如氪(Kr)或氙(Xn))、另一(非稀有)氣體或氣體混合物(例如空氣)。用諸如 Ar、Kr 或 Xn 之氣體填充內部體積 **1408** 可因此等氣體之低導熱率而使通過 IGU **1400** 之傳導熱減少，且因其增加之原子量而改良隔音。在另外一些實現方式中，可抽空內部體積 **1408** 中之空氣或其他氣體。間隔物 **1418** 通常決定內部體積 **1408** 之高度「C」；亦即第一與第二窗片 **1404** 與 **1406** 之間的間隔。在圖 14 中，ECD 之厚度、密封劑 **1420/1422** 及匯流條 **1426/1428** 並非按比例繪製；此等組件通常非常薄但在此僅為清楚起見而被放大。在一些實現方式中，第一與第二窗片 **1404** 與 **1406** 之間的間隔「C」在約 6 mm 至約 30 mm 範圍內。間隔物 **1418** 之寬度「D」可在約 5 mm 至約 15 mm 範圍內(不過其他寬度為可能的且可為所需的)。

雖然剖視圖中未顯示，但間隔物 **1418** 通常為圍繞 IGU **1400** 之所有側面(例如 IGU **1400** 之頂部、底部、左側、右側側面)形成之框架結構。舉例而言，間隔物 **1418** 可由泡沫或塑膠材料形成。然而，在另外一些實現方式中，間隔物可由金屬或其他導電材料形成，例如具有至少 3 個側面之金屬管或通道結構，兩個側面用於密封至各個基板且一個側面用於支撐及隔開窗板且用作上面施加密封劑 **1424** 之表面。第一主密封物 **1420** 黏著且氣密密封間隔物 **1418** 及第一窗片 **1404** 之第二表面 S2。第二主密封物 **1422** 黏著且氣密密封間隔物 **1418** 及第二窗片 **1406** 之

第一表面S3。在一些實現方式中，主密封物**1420**及**1422**中之每一者可由黏著性密封劑(諸如聚異丁烯(PIB))形成。在一些實現方式中，IGU**1400**進一步包括輔密封物**1424**，其氣密密封間隔物**1418**外面整個IGU**1400**周圍之邊界。為此目的，可自第一及第二窗片**1404**及**1406**之邊緣插入間隔物**1418**達距離「E」。距離「E」可在約4 mm至約8 mm範圍內(不過其他距離為可能的且可為所需的)。在一些實現方式中，輔密封物**1424**可由黏著性密封劑形成，該黏著性密封劑為諸如抗水且增加對組合件之結構支撐的聚合材料，諸如聚矽氧、聚胺基甲酸酯及形成水密密封之類似結構密封劑。

在圖14中所展示之特定配置及形狀因數中，基板**1404**之表面S2上的ECD塗層圍繞其整個周界延伸至間隔物**1418**且在該間隔物下延伸。此配置在功能上為所需的，因為其保護主密封劑**1420**內之ECD邊緣，且在審美上為所需的，因為在間隔物**1418**之內部周界內存在單片ECD而沒有任何匯流條或刻線。此類配置更詳細描述於2010年11月8日申請且標題為「ELECTROCHROMIC WINDOW FABRICATION METHODS」之美國專利申請案12/941,882 (現為於2012年4月24日頒佈之USP 8,164,818)、2012年4月25日申請且標題為「ELECTROCHROMIC WINDOW FABRICATION METHODS」之美國專利申請案第13/456,056號、2012年12月10日申請且標題為「THIN-FILM DEVICES AND FABRICATION」之PCT國際專利申請案第PCT/US2012/068817號、2014年6月4日申請且標題為「THIN-FILM DEVICES AND FABRICATION」之美國專利申請案第14/362,863號及2014年12月13日申請且標題為「THIN-FILM DEVICES AND

FABRICATION」之PCT國際專利申請案第PCT/US2014/073081號中，該等申請案均以全文引用之方式併入本文中。

在圖14中所示之實現方式中，ECD 1410係形成於第一窗片1404之第二表面S2上。在另外一些實現方式中，ECD 1410可形成於另一適合之表面(例如第一窗片1404之第一表面S1、第二窗片1406之第一表面S3或第二窗片1406之第二表面S4)上。ECD 1410包括電致變色(「EC」)堆疊1412，其本身可包括一或多個層。舉例而言，EC堆疊1412可包括電致變色層、離子傳導層及相對電極層。在一些實現方式中，電致變色層由一或多種無機固體材料形成。電致變色層可包括許多電致變色材料中之一或多者或由其形成，該許多電致變色材料包括電化學陰極或電化學陽極材料。舉例而言，適合用作電致變色層之金屬氧化物可包括氧化鎢(WO_3)及其摻雜調配物。在一些實現方式中，電致變色層可具有在約0.05 μm 至約1 μm 範圍內之厚度。

在一些實現方式中，相對電極層由無機固體材料形成。相對電極層通常可包括許多材料或材料層中之一或多者，其可在EC裝置1410處於例如透明狀態時充當離子儲集器。在某些實現方式中，相對電極不僅充當離子儲存層而且發生陽極染色。舉例而言，適合於相對電極層之材料包括氧化鎳(NiO)及氧化鎳鎢(NiWO)，以及其摻雜形式，諸如作為非限制性實例之氧化鎳鎢鉬、氧化鎳鎢錫、氧化鎳釩、氧化鎳鉻、氧化鎳鋁、氧化鎳錳、氧化鎳鎂、氧化鎳鉍、氧化鎳錫。在一些實現方式中，相對電極層可具有在約0.05 μm 至約1 μm 範圍內之厚度。

離子傳導層充當一介質，當EC堆疊1412在各光學狀態之間轉換

時離子經由該介質運送(例如以電解質方式)。在一些實現方式中，離子傳導層對電致變色及相對電極層之相關離子來說具高度傳導性，而且具有足夠低之電子傳導率，使得在正常操作期間發生可忽略之電子傳遞(電短路)。具有高離子傳導率之薄離子傳導層實現快速離子傳導且因此實現高效能EC裝置**1410**之快速切換。在一些實現方式中，離子傳導層可具有在約1 nm至約**500** nm範圍內、更通常在約5 nm至約100 nm厚範圍內之厚度。在一些實現方式中，離子傳導層亦為無機固體。舉例而言，離子傳導層可由一或多種矽酸鹽、氧化矽(包括矽-鋁氧化物)、氧化鎢(包括鎢酸鋰)、氧化鉬、氧化鈮、氧化鋰及硼酸鹽形成。此等材料亦可摻雜有不同摻雜劑，包括鋰；例如鋰摻雜之氧化矽包括鋰矽-鋁氧化物、鋰磷氧氮化物(LiPON)及類似物。

在另外一些實現方式中，電致變色層及相對電極層係彼此緊鄰，有時直接接觸而形成，其間沒有離子傳導層，且然後在電致變色層與相對電極層之間原位形成離子導體材料。適合之裝置的進一步描述可見於2014年7月1日頒佈且標題為「ELECTROCHROMIC DEVICES」之美國專利號8,764,950及2012年5月2日申請且標題為「ELECTROCHROMIC DEVICES」之美國專利申請案第13/462,725號中，該等專利各自以全文引用之方式併入本文中。在一些實現方式中，EC堆疊**1412**亦可包括一或多個其他層，諸如一或多個無源層。舉例而言，無源層可用於改良某些光學特性，以提供水分或提供抗刮性。此等或其他無源層亦可用以氣密密封EC堆疊**1412**。另外，各種層(包括傳導層，諸如下文描述之第一及第二TCO層**1414**及**1416**)可經抗反射或保護性氧化物或氮化物層處理。

電致變色及相對電極材料之選擇或設計通常決定可能的光學轉變。在操作期間，響應於EC堆疊**1412**之厚度上(例如在第一與第二TCO層**1414**與**1416**之間)產生之電壓，電致變色層使離子轉移或交換至相對電極層或自相對電極層轉移或交換，以驅動電致變色層到達所要之光學狀態。在一些實現方式中，為使得EC堆疊**1412**轉變至透明狀態，在EC堆疊**1412**上施加正電壓(例如使得電致變色層與相對電極層相比為更陽性的)。在一些此類實現方式中，響應於正電壓之施加，堆疊中可獲得之離子主要駐留在相對電極層中。當EC堆疊**1412**上之電位的量值減小時或當電位之極性反向時，離子穿過離子傳導層運送回電致變色層，從而使得電致變色材料轉變至不透明狀態(或轉變至「更多著色」、「更深色」或「更不透明」狀態)。相反地，在另外一些實現方式中，使用具有不同特性之電致變色層，為使得EC堆疊**1412**轉變至不透明狀態，可相對於相對電極層對電致變色層施加負電壓。在此類實現方式中，當EC堆疊**1412**上之電位的量值減小或其極性反向時，離子穿過離子傳導層運送回電致變色層，從而使得電致變色材料轉變至清透或「漂白」狀態(或轉變至「更少著色」、「更淺色」或「更透明」狀態)。

在一些實現方式中，離子轉移或交換至相對電極層或自相對電極層轉移或交換亦引起相對電極層中之光學轉變。舉例而言，在一些實現方式中，電致變色及相對電極層為互補染色層。更特定而言，在一些此類實現方式中，當離子轉移至相對電極層中時或之後，相對電極層變得更透明，且類似地，當離子自電致變色層轉移出來時或之後，電致變色層變得更透明。相反地，當極性切換或電位降低且離子

自相對電極層轉移至電致變色層中時，相對電極層與電致變色層均變得更不透明。

在再一個特定實例中，響應於EC堆疊**1412**之厚度上施加適當之電位，相對電極層將其固持之所有或一部分離子轉移至電致變色層，從而引起電致變色層中之光學轉變。在一些此類實現方式中，例如當相對電極層由NiWO形成時，相對電極層亦在損失其已轉移至電致變色層之離子的情況下發生光學轉變。當自由NiWO製成之相對電極層移除電荷(亦即離子自相對電極層運送至電致變色層)時，相對電極層將在相反方向上轉變。

一般而言，電致變色層自一種光學狀態轉變至另一光學狀態可由可逆離子插入電致變色材料中(例如經由嵌入)及電荷平衡電子之對應注入引起。在一些情況下，離子之負責光學轉變之某一部分不可逆地束縛於電致變色材料中。可使用一些或所有不可逆地束縛之離子來補償材料中之「盲電荷」。在一些實現方式中，適合之離子包括鋰離子(Li⁺)及氫離子(H⁺) (亦即質子)。在另外一些實現方式中，其他離子可為適合的。鋰離子例如嵌入氧化鎢(WO_{3-y} (0 < y ≤ 約0.3))中使得氧化鎢自透明狀態變至藍色狀態。

以下描述大體上集中於著色轉變。著色轉變之一個實例為自透明(或「半透明」、「漂白」或「最少著色」)狀態轉變至不透明(或「完全變黑」或「完全著色」)狀態。著色轉變之另一實例為反向的一自不透明狀態轉變至透明狀態。著色轉變之其他實例包括轉變至各種中間色彩狀態及自各種中間色彩狀態轉變，例如自較少著色、更淺色或更透明狀態轉變至更多著色、更深色或更不透明狀態，且反之亦然。

此類色彩狀態及其間之著色轉變中之每一者可藉助透射百分比來表徵或描述。舉例而言，著色轉變可描述為自當前透射百分比(T%)至目標T%。相反地，在另外一些情況下，色彩狀態及其間之著色轉變中之每一者可藉助著色百分比來表徵或描述；例如自當前著色百分比轉變至目標著色百分比。

然而，雖然以下描述大體上集中於色彩狀態及色彩狀態間之著色轉變，但在各個實現方式中亦可達成其他光學狀態及光學轉變。因此，適當時且除非另外指出，否則提及色彩狀態或著色轉變亦欲涵蓋其他光學狀態及光學轉變。換言之，光學狀態及光學狀態轉變在本文中亦將分別稱為色彩狀態及色彩狀態轉變，但此不欲限制可藉由IGU **1602**達成之光學狀態及狀態轉變。舉例而言，此類其他光學狀態及狀態轉變可包括與各種顏色、顏色強度(例如自較淺藍色至較深藍色且反之亦然)、反射率(例如自較低反射性至較高反射性且反之亦然)、偏振(例如自較少偏振至較多偏振且反之亦然)及散射密度(例如自較少散射至較多散射且反之亦然)等相關之狀態及狀態轉變。類似地，提及用於控制色彩狀態(包括引起著色轉變及維持色彩狀態)之裝置、控制算法或方法亦欲涵蓋此類其他光學轉變及光學狀態。另外，控制提供至光學可切換裝置之電壓、電流或其他電特徵及與此類控制相關之功能或操作在下文中亦可描述為「驅動」裝置或相應IGU，無論該驅動是否涉及色彩狀態轉變或當前色彩狀態之維持。

ECD **1410**大體上包括第一及第二傳導(或「導電」)層。舉例而言，ECD **1410**可包括與EC堆疊**1412**之第一表面相鄰的第一透明導電氧化物(TCO)層**1414**及與EC堆疊**1412**之第二表面相鄰的第二TCO層

1416。在一些實現方式中，第一TCO層**1414**可形成於第二表面S2上，EC堆疊**1412**可形成於第一TCO層**1414**上，且第二TCO層**1416**可形成於EC堆疊**1412**上。在一些實現方式中，第一及第二TCO層**1414**及**1416**可各自由一或多種金屬氧化物(包括摻雜有一或多種金屬之金屬氧化物)形成。舉例而言，一些適合之金屬氧化物及摻雜金屬氧化物可包括氧化銦、氧化銦錫(ITO)、摻雜氧化銦、氧化錫、摻雜氧化錫、氟化氧化錫、氧化鋅、氧化鋁鋅、摻雜氧化鋅、氧化鈦及摻雜氧化鈦等。雖然此類材料在此文檔中被稱為TCO，但該術語涵蓋透明且導電之非氧化物以及氧化物，諸如某些薄膜金屬及某些非金屬材料，諸如導電金屬氮化物及複合導體以及其他適合之材料。在一些實現方式中，第一及第二TCO層**1414**及**1416**至少在EC堆疊**1412**展現電致變色之波長範圍內為實質上透明的。在一些實現方式中，第一及第二TCO層**1414**及**1416**可各自藉由物理氣相沈積(PVD)製程(包括例如濺射)來沈積。在一些實現方式中，第一及第二TCO層**1414**及**1416**可各自具有在約0.01微米(μm)至約1 μm 範圍內之厚度。透明導電材料典型地具有顯著大於電致變色材料或相對電極材料之電子傳導性的電子傳導性。

第一及第二TCO層**1414**及**1416**用以在EC堆疊**1412**之相應第一及第二表面上分配電荷以在EC堆疊**1412**之厚度上施加電位(電壓)。舉例而言，第一施加電壓可施加於TCO層中之第一者，且第二施加電壓可施加於TCO層中之第二者。在一些實現方式中，第一匯流條**1426**將第一施加電壓分配至第一TCO層**1414**，且第二匯流條**1428**將第二施加電壓分配至第二TCO層**1416**。在另外一些實現方式中，第一及第二匯流條**1426**及**1428**中之一者可使第一及第二TCO層**1414**及**1416**中之相應者

接地。在其他實現方式中，加載物可相對於兩個TCO層為浮起的。在各個實現方式中，為修改EC堆疊**1412**之一或多種光學特性，且因此引起光學轉變，控制器可改變第一及第二施加電壓中之一者或兩者以引起EC堆疊**1412**上所施加之有效電壓的量值及極性中之一者或兩者的變化。理想地，第一及第二TCO層**1414**及**1416**用以在自相應表面之外部區域至該等表面之內部區域具有相對較小之歐姆電位降(Ohmic potential drop)的情況下在EC堆疊**1412**之相應表面上均勻分配電荷。因此，通常需要最小化第一及第二TCO層**1414**及**1416**之薄層電阻。換言之，通常需要第一及第二TCO層**1414**及**1416**中之每一者表現為在相應層之所有部分上實質上等電位的層。以此方式，第一及第二TCO層**1414**及**1416**可在EC堆疊**1412**之厚度上均勻施加電位以實現EC堆疊**1412**之均勻光學轉變。

在一些實現方式中，第一及第二匯流條**1426**及**1428**中之每一者經印刷、圖案化或以其他方式形成，使得其沿EC堆疊**1412**之至少一個邊界沿第一窗片**1404**之長度取向。舉例而言，第一及第二匯流條**1426**及**1428**中之每一者可藉由以線形式沈積導電油墨(諸如銀油墨)來形成。在一些實現方式中，第一及第二匯流條**1426**及**1428**中之每一者沿第一窗片**1404**之整個長度(或幾乎整個長度)延伸，且在一些實現方式中，沿EC堆疊**1412**之超過一個邊緣延伸。

在一些實現方式中，第一TCO層**1414**、EC堆疊**1412**及第二TCO層**1416**未延伸至第一窗片**1404**之邊緣。舉例而言，可使用雷射邊緣去除(LED)或其他操作來移除第一TCO層**1414**、EC堆疊**1412**及第二TCO層**1416**之部分，使得此等層與第一窗片**1404**之相應邊緣隔開或自第一

窗片 **1404** 之相應邊緣插入達距離「**G**」，該距離可在約 8 mm 至約 10 mm 範圍內(不過其他距離為可能的且可為所需的)。另外，在一些實現方式中，移除 EC 堆疊 **1412** 及第二 TCO 層 **1416** 沿第一窗片 **1404** 之一側的邊緣部分，以使第一匯流條 **1426** 能夠形成於第一 TCO 層 **1414** 上，從而實現第一匯流條 **1426** 與第一 TCO 層 **1414** 之間的導電耦合。第二匯流條 **1428** 形成於第二 TCO 層 **1416** 上，以實現第二匯流條 **1428** 與第二 TCO 層 **1416** 之間的導電耦合。在一些實現方式中，如圖 14 中所示，第一及第二匯流條 **1426** 及 **1428** 形成於間隔物 **1418** 與第一窗片 **1404** 之間的區域中。舉例而言，第一及第二匯流條 **1426** 及 **1428** 中之每一者可自間隔物 **1418** 之內邊緣插入達至少距離「**F**」，該距離可在約 2 mm 至約 3 mm 範圍內(不過其他距離為可能的且可為所需的)。此佈置可因許多原因(包括例如為隱藏匯流條使之看不見)而為有利的。

如上文所提及，僅出於方便之目的使用 IGU 慣例。實際上，在一些實現方式中，電致變色窗之基本單元可定義為透明材料之窗片或基板，ECD 形成或以其他方式佈置於該窗片或基板上，且相關電連接耦合至該窗片或基板(以驅動 ECD)。因此，在以下描述中提及 IGU 未必包括參考圖 14 之 IGU **1400** 所描述的所有組件。

用於驅動光學轉變之示例性控制型態

圖 15 圖解說明根據一些實現方式之示例性控制型態 **1500**。控制型態 **1500** 可用於驅動光學可切換裝置(諸如上文所描述之 ECD **1410**)中之轉變。在一些實現方式中，可使用窗控制器來產生並施加控制型態 **200** 以驅動 ECD 自第一光學狀態(例如透明狀態或第一中間狀態)至第二光學狀態(例如完全著色狀態或更多著色之中間狀態)。為在相反方

向上驅動ECD (自更多著色狀態至更少著色狀態)，窗控制器可施加類似但反向之型態。舉例而言，用於驅動ECD自第二光學狀態至第一光學狀態之控制型態可為圖**15**中所展示之電壓控制型態的鏡像。在另外一些實現方式中，用於著色及使顏色變淺之控制型態可為不對稱的。舉例而言，自第一更多著色狀態轉變至第二更少著色狀態在一些情況下可需要比反向轉變(亦即自第二更少著色狀態至第一更多著色狀態)更多的時間。在另外一些情況下，或許是相反的；亦即自第二更少著色狀態轉變至第一更多著色狀態可需要更多的時間。換言之，由於裝置架構及材料，漂白或使顏色變淺未必簡單地為染色或著色之相反方向。實際上，歸因於離子嵌入電致變色材料及自電致變色材料離開之驅動力的差異，在各轉變中ECD常常表現不同。

在一些實現方式中，控制型態**1500**為藉由改變提供至ECD之電壓實現的電壓控制型態。舉例而言，圖**15**中之實線代表在著色轉變過程及後續維持期中在ECD上施加之有效電壓 V_{Eff} 。換言之，實線可代表對ECD之兩個傳導層(例如ECD **1410**之第一及第二TCO層**1414**及**1416**)施加的電壓 V_{App1} 及 V_{App2} 之相對差異。圖**15**中之虛線代表通過裝置之對應電流密度(I)。在所圖解說明之實例中，電壓控制型態**1500**包括四個階段：引發轉變之斜坡-至-驅動階段**1502**；繼續驅動轉變之驅動階段；斜坡-至-保持階段；及後續保持階段。

斜坡-至-驅動階段**1502**之特徵為施加電壓斜坡，從而使量值自時間 t_0 時之初始值增加至時間 t_1 時之最大驅動值 $V_{驅動}$ 。在一些實現方式中，斜坡-至-驅動階段**1502**可藉由已知或由窗控制器設定之三個驅動參數來定義： t_0 時之初始電壓(轉變開始時ECD上之電流電壓)、 $V_{驅動}$ 之

量值(決定最終光學狀態)及施加斜坡期間之持續時間(指示轉變速度)。另外又或者，窗控制器亦可設定目標斜坡速率、最大斜坡速率或斜坡類型(例如線性斜坡、二次斜坡或 n 次斜坡)。在一些應用中，可限制斜坡速率以防止損壞ECD。

驅動階段**1504**之特徵為自時間 t_1 開始且於時間 t_2 結束施加恆定電壓 $V_{\text{驅動}}$ ，在時間 t_2 時達到(或大致達到)最終光學狀態。斜坡-至-保持階段**1506**之特徵為施加電壓斜坡，從而使量值自時間 t_2 時之驅動值 $V_{\text{驅動}}$ 降至時間 t_3 時之最小保持值 $V_{\text{保持}}$ 。在一些實現方式中，斜坡-至-保持階段**1506**可藉由已知或由窗控制器設定之三個驅動參數來定義：驅動電壓 $V_{\text{驅動}}$ 、保持電壓 $V_{\text{保持}}$ 及施加斜坡期間之持續時間。另外又或者，窗控制器亦可設定斜坡速率或斜坡類型(例如線性斜坡、二次斜坡或 n 次斜坡)。

保持階段**1508**之特徵為自時間 t_3 開始施加恆定電壓 $V_{\text{保持}}$ 。使用保持電壓 $V_{\text{保持}}$ 來將ECD維持在最終光學狀態。因此，施加保持電壓 $V_{\text{保持}}$ 之持續時間可能與ECD要保持最終光學狀態之時間的持續時間相一致。舉例而言，因與ECD相關之不理想，漏洩電流 $I_{\text{漏洩}}$ 可導致電荷自ECD緩慢排出。此電荷排出導致對應之離子穿過ECD之逆轉，且因此，導致光學轉變之緩慢逆轉。在此類應用中，可連續施加保持電壓 $V_{\text{保持}}$ 以對抗或阻止漏洩電流。在另外一些實現方式中，可定期施加保持電壓 $V_{\text{保持}}$ 以「更新」所要光學狀態，或換言之，使ECD回到所要光學狀態。

參考圖**15**所圖解說明及描述之電壓控制型態**1500**僅為適合於一些實現方式之電壓控制型態的一個實例。然而，在此類實現方式中或

在各種其他實現方式或應用中，許多其他型態可為所需的或適合的。使用本文所揭示之控制器及光學可切換裝置亦可輕易達成此等其他型態。舉例而言，在一些實現方式中，可施加電流型態替代電壓型態。在一些此類情況下，可施加類似於具有圖**15**中所示之電流密度的電流控制型態的電流控制型態。在另外一些實現方式中，控制型態可具有超過四個階段。舉例而言，電壓控制型態可包括一或多個過驅動階段。在一個示例性實現方式中，在第一階段**1502**期間施加之電壓斜坡可使量值增加超過驅動電壓 $V_{\text{驅動}}$ 達到過驅動電壓 V_{od} 。在一些此類實現方式中，第一階段**1502**隨後可為斜坡階段**1503**，在該斜坡階段期間，所施加之電壓自過驅動電壓 V_{od} 降至驅動電壓 $V_{\text{驅動}}$ 。在另外一些此類實現方式中，可在斜坡降回驅動電壓 $V_{\text{驅動}}$ 之前施加過驅動電壓 V_{od} 持續相對短的持續時間。

另外，在一些實現方式中，可使所施加之電壓或電流型態間斷相對短之持續時間，以在裝置上提供開路條件。雖然此類開路條件顯而易見，但可量測、偵測或以其他方式測定實際電壓或其他電特徵，以監測光學轉變已進展到何種程度，且在一些情況下，確定型態之變化是否為所需的。亦可在保持階段期間提供此類開路條件，以確定是否應施加保持電壓 $V_{\text{保持}}$ 或是否應改變保持電壓 $V_{\text{保持}}$ 之量值。與驅動及監測光學轉變有關之其他資訊提供於2014年6月20日申請且標題為CONTROLLING TRANSITIONS IN OPTICALLY SWITCHABLE DEVICES之PCT專利申請案第PCT/US14/43514號中，該申請案以全文引用之方式併入本文中。

示例性控制器網路架構

在許多情況下，光學可切換窗可形成或佔據建築物圍護結構之實質部分。舉例而言，光學可切換窗可形成公司辦公樓、其他商業建築物或居住建築物之牆壁、外立面及甚至屋頂之實質部分。在各個實現方式中，可使用控制器之分佈式網路來控制光學可切換窗。圖**16**顯示根據一些實現方式可操作以控制複數個IGU **1602**之示例性網路系統**1600**的框圖。舉例而言，IGU **1602**中之每一者可與上文參考圖**14**所描述之IGU **1400**相同或類似。網路系統**1600**之一個主要功能為控制IGU **1602**內之ECD (或其他光學可切換裝置)的光學狀態。在各個實現方式中，網路系統**1600**可操作以控制提供給IGU **1602**之電力信號的電特徵。舉例而言，網路系統**1600**可產生及傳送著色指令(本文中亦稱為「色彩命令」)以控制對IGU **1602**內之ECD施加的電壓。

在一些實現方式中，網路系統**1600**之另一功能為自IGU **1602**採集狀態資訊(下文中之「資訊」與「資料」可互換使用)。舉例而言，給定IGU之狀態資訊可包括IGU內之ECD的當前色彩狀態之識別，或關於IGU內之ECD的當前色彩狀態之資訊。網路系統**1600**亦可操作以自各種感測器(諸如光感測器(photosensor) (本文中亦稱為光偵測器(photodetector、light detector)或光感測器(light sensor))、溫度感測器、濕度感測器、空氣流量感測器或佔用感測器)採集資料，無論該等感測器是整合於IGU **1602**上或內抑或位於建築物中、上或四周之各個其他位置。

網路系統**1600**可包括任何適合數目之具有各種能力或功能之分佈式控制器。在一些實現方式中，分層級地界定各個控制器之功能及佈置。舉例而言，網路系統**1600**包括複數個分佈式窗控制器(WC)

304、複數個網路控制器(NC) **306**及主控制器(MC) **308**。在一些實現方式中，MC **1608**可與數十或數百個NC **1606**通信且控制數十或數百個NC **1606**。在各個實現方式中，MC **1608**經一或多個有線或無線鏈路**1616** (在下文中統稱為「鏈路**1616**」)向NC **1606**發出高級指令。指令可包括例如用於使相應NC **1606**控制之IGU **1602**之光學狀態發生轉變的色彩命令。各NC **1606**又可經一或多個有線或無線鏈路**1614** (在下文中統稱為「鏈路**1614**」)與許多WC **1604**通信及控制許多WC **1604**。舉例而言，各NC **1606**可控制數十或數百個WC **1604**。各WC **1604**又可經一或多個有線或無線鏈路**1612** (在下文中統稱為「鏈路**1612**」)與一或多個相應IGU **1602**通信、驅動一或多個相應IGU **1602**或以其他方式控制一或多個相應IGU **1602**。

MC **1608**可發出包括色彩命令、狀態請求命令、資料(例如感測器資料)請求命令或其他指令之通信。在一些實現方式中，MC **1608**可定期地、在一天中之某些預定時間(該等時間可基於一週或一年中的日子而改變)或基於對特定事件、條件或事件或條件之組合的偵測(例如如藉由所採集之感測器資料或基於收到用戶或應用程式起始之請求來判定)來發出此類通信。在一些實現方式中，當MC **1608**判定在一組一或多個IGU **1602**中引起色彩狀態改變時，MC **1608**產生或選擇對應於所要色彩狀態之色彩值。在一些實現方式中，該組IGU **1602**與第一協定標識符(ID) (例如BACnet ID)相關聯。MC **1608**然後產生包括色彩值及第一協定ID之通信(在本文中稱為「初級色彩命令」)且經鏈路**1616**經由第一通信協定(例如BACnet兼容協定)傳輸該通信。在一些實現方式中，MC **1608**將主色彩命令發往控制特定一或多個WC

1604之特定NC **1606**，該一或多個WC **1604**又控制要發生轉變之該組IGU **1602**。

在一些實現方式中，NC **1606**接收包括色彩值及第一協定ID之主色彩命令且將第一協定ID映射至一或多個第二協定ID。在一些實現方式中，第二協定ID中之每一者識別WC **1604**中之對應者。NC **1606**隨後經由第二通信協定經鏈路**1614**將包括色彩值之輔色彩命令傳輸至所識別之WC **1604**中之每一者。在一些實現方式中，WC **1604**中接收輔色彩命令之每一者然後基於染色值自內部記憶體選擇電壓或電流型態以將其分別連接之IGU **1602**驅動至與染色值一致的色彩狀態。WC **1604**中之每一者然後產生電壓或電流信號且經鏈路**1612**將電壓或電流信號提供至其分別連接之IGU **1602**以施加該電壓或電流型態。

在一些實現方式中，各個IGU **1602**可有利地被分組至EC窗之諸多個區中，該等區中之每一者包括IGU **1602**之子集。在一些實現方式中，IGU **1602**之各區由一或多個相應NC **1606**控制且一或多個相應WC **1604**由此等NC **1606**控制。在一些更特定之實現方式中，各區可由單一NC **1606**控制且兩個或更多個WC **1604**由該單一NC **1606**控制。換言之，區可代表IGU **1602**之邏輯分組。舉例而言，各區可對應於在建築物之特定位置或區域中之一組IGU **1602**，該組IGU **1602**基於其位置而一起被驅動。作為更特定之實例，考慮建築物具有四個面或側面：北面、南面、東面及西面。亦考慮建築物具有十層。在此類理論實例中，各區可對應於特定樓層上及四個面中之特定面上的一組電致變色窗**1400**。另外又或者，各區可對應於共有一或多種物理性質(例如裝置參數，諸如尺寸或年齡)的一組IGU **1602**。在另外一些實現方

式中，可基於一或多種非物理性質(諸如安全標識或商業等級)來對IGU **1602**之區域進行分組。

在IGU之區域之一些此類實現方式中，各NC **1606**可對一或多個相應區域中之每一者中的所有IGU **1602**進行定址。舉例而言，MC **1608**可向控制目標區域之NC **1606**發出主色彩命令。主色彩命令可包括目標區之抽象識別(在下文中亦稱為「區ID」)。在一些此類實現方式中，區ID可為諸如剛剛在上文之實例中所描述的第一協定ID。在此類情況下，NC **1606**接收包括色彩值及區ID之主色彩命令且將區ID映射至與WC **1604**相關之第二協定ID。在另外一些實現方式中，區ID可為比第一協定ID高級之抽象。在此類情況下，NC **1606**可首先將區ID映射至一或多個第一協定ID，且隨後將第一協定ID映射至第二協定ID。

在一些實現方式中，MC **1608**經由一或多個有線或無線鏈路**1618**(在下文中為「鏈路**1618**」)耦合至一或多個面向外之網路**1610**(在下文中統稱為「面向外之網路**1610**」)。在一些此類實現方式中，MC **1608**可將所採集之狀態資訊或感測器資料傳送至在面向外之網路**1610**中或面向外之網路**1610**可存取之遠程電腦、行動裝置、伺服器、資料庫。在一些實現方式中，在此類遠程設備內執行之包括第三方應用程式或基於雲之應用程式的各種應用程式可自MC **1608**存取資料或將資料提供至MC **1608**。在一些實現方式中，授權之用戶或應用程式可經由網路**1610**將修改各個IGU **1602**之色彩狀態的請求傳送至MC **1608**。在一些實現方式中，MC **1608**可在發出色彩命令之前首先判定是否准許該請求(例如基於功率因素或基於用戶是否具有適當之授權)。MC

1608可然後計算、判定、選擇或以其他方式產生色彩值且傳輸主色彩命令中之色彩值以在鄰近之IGU **1602**中引起色彩狀態轉變。

舉例而言，用戶可自計算裝置(諸如桌上型電腦、膝上型電腦、平板電腦或行動裝置(例如智慧電話))提交此類請求。在一些此類實現方式中，用戶之計算裝置可執行客戶端應用程式，該客戶端應用程式能夠與MC **1608**且在一些情況下與在MC **1608**內執行之主控制器應用程式通信。在另外一些實現方式中，客戶端應用程式可在與MC **1608**相同或不同之實體裝置或系統中與單獨的應用程式通信，該應用程式然後與主控制器應用程式通信以實現所要的色彩狀態修改。在一些實現方式中，可使用主應用程式或其他單獨的應用程式來驗證用戶以批准用戶所提交之請求。在一些實現方式中，用戶可經由客戶端應用程式輸入房間號來選擇要著色之IGU **1602**，且告知MC **1608**該等選擇。

另外或或者，在一些實現方式中，用戶之行動裝置或其他計算裝置可無線地與各個WC **1604**通信。舉例而言，在用戶之行動裝置內執行之客戶端應用程式可將包括色彩狀態控制信號之無線通訊傳輸至WC **1604**，以控制連接至WC **1604**之相應IGU **1602**的色彩狀態。舉例而言，用戶可使用客戶端應用程式來維持或修改鄰近由用戶佔用(或在將來由用戶或其他人佔用)之房間的IGU **1602**之色彩狀態。可使用各種無線網路拓撲及協定來產生、格式化或傳輸此類無線通訊(下文參考圖19之WC **1900**更詳細描述)。

在一些此類實現方式中，自用戶之行動裝置(或其他計算裝置)發送至相應WC **1604**的控制信號可覆蓋先前由WC **1604**自相應NC **1606**接收到之色彩值。換言之，WC **1604**可基於來自用戶之計算裝置之控

制信號而非基於色彩值來將所施加之電壓提供至IGU **1602**。舉例而言，存儲於WC **1604**中且由WC **1604**執行之控制算法或規則集合可指示來自授權用戶之計算裝置的一或多個控制信號優先於自NC **1606**接收到之色彩值。在另外一些情況下，諸如在高要求情況下，來自NC **1606**之控制信號(諸如色彩值)可優先於由WC **1604**自用戶之計算裝置接收到之任何控制信號。

在另外一些實現方式中，基於收到來自授權用戶之計算裝置的控制信號，MC **1608**可使用關於已知參數之組合的資訊來計算、判定、選擇或以其他方式產生提供典型用戶所需之照明條件的色彩值，而在一些情況下亦應留心功率因素。在另外一些實現方式中，MC **1608**可基於藉由或針對經由計算裝置請求色彩狀態改變之特定用戶界定的預設偏好來判定色彩值。舉例而言，用戶可能需要輸入密碼或以其他方式登錄或獲得授權以請求色彩狀態改變。在此類情況下，MC **1608**可基於密碼、安全標記或基於特定行動裝置或其他計算裝置之標識符來判定用戶之身分。在確定用戶之身分之後，MC **1608**可然後擷取用戶之預設偏好，且單獨使用該預設偏好或與其他參數(諸如功率因素或來自各個感測器之資訊)組合來產生及傳輸用於使相應IGU **1602**著色之色彩值。

在一些實現方式中，MC **1608**耦合至外部資料庫(或「資料存儲器」或「資料倉庫」) **1620**。在一些實現方式中，資料庫**1620**可為經由有線硬體鏈路**1622**與MC **1608**耦合的本地資料庫。在另外一些實現方式中，資料庫**1620**可為MC **1608**經由內部專用網路或經面向外之網路**1610**可存取的遠程資料庫或基於雲之資料庫。在一些實現方式中，

其他計算裝置、系統或伺服器亦可能夠例如經面向外之網路**1610**讀取存儲於資料庫**1620**中之資料。另外，在一些實現方式中，一或多個控制應用程式或第三方應用程式亦可能夠經由面向外之網路**1610**讀取存儲於資料庫中之資料。在一些情況下，MC **1608**將包括由MC **1608**發出之色彩值的所有色彩命令之記錄存儲在資料庫**1620**中。MC **1608**亦可收集狀態及感測器資料且將其存儲於資料庫**1620**中。在此類情況下，WC **1604**可自IGU **1602**收集感測器資料及狀態資料且經鏈路**1614**將該感測器資料及狀態資料傳送至相應NC **1606**以便經鏈路**1616**傳送至MC **1608**。另外或或者，NC **1606**或MC **1608**本身亦可連接至各個感測器，諸如建築物內之光、溫度或佔用感測器以及安置於建築物上、周圍或者外部(例如建築物之屋頂上)之光或溫度感測器。在一些實現方式中，NC **1606**或WC **1604**亦可將狀態或感測器資料直接發送至資料庫**1620**以便存儲。

在一些實現方式中，網路系統**1600**亦可經設計與現代加熱、通風及空調(HVAC)系統、內部照明系統、安全系統或電力系統結合作為用於整個建築物或建築物場地之整合且高效之能源控制系統來起作用。網路系統**1600**之一些實現方式適合於與建築物管理系統(BMS)**1624**整合。BMS廣義上為基於電腦之控制系統，其可安裝在建築物中，以監視及控制建築物之機械及電設備，諸如HVAC系統(包括爐子或其他加熱器、空調、吹風機及通風孔)、照明系統、電力系統、電梯、消防系統及安全系統。BMS可包括硬體及相關韌體及軟體，其用於根據由佔用者或由建築物管理者或其他管理員設定之偏好維持建築物中之條件。軟體可基於例如網際網路協定或開放標準。BMS可典型

地用於大型建築物中，其中其用以控制建築物內之環境。舉例而言，BMS可控制建築物內之照明、溫度、二氧化碳含量及濕度。為控制建築物環境，BMS可根據規則或響應於條件而打開及關閉各個機械及電裝置。此類規則及條件可由例如建築物管理者或管理員選擇或指定。BMS之一個功能可為為建築物居住者維持舒適的環境，同時最小化加熱及冷卻能量損失及成本。在一些實現方式中，BMS不僅可經配置以監測及控制各個系統，而且經配置以最佳化各個系統之間的協作，例如從而節約能源及降低建築物運營成本。

另外或或者，網路系統**1600**之一些實現方式適合於與智慧恆溫服務、警報服務(例如火災探測)、安全服務或其他電器自動化服務整合。家庭自動化服務之一個實例為由Palo Alto, California之Nest Labs製造之NEST® (NEST®為Mountain View, California之Google, Inc.的註冊商標)。如本文所用，提及BMS在一些實現方式中亦可涵蓋此類其他自動化服務，或用此類其他自動化服務代替。

在一些實現方式中，MC **1608**及單獨之自動化服務(諸如BMS **1624**)可經由應用程式設計介面(API)來通信。舉例而言，API可與MC **1608**內之主控制器應用程式(或平台)結合或與BMS **1624**內之建築物管理應用程式(或平台)結合來執行。MC **1608**及BMS **1624**可經一或多個有線鏈路**1626**或經由面向外之網路**1610**進行通信。在一些情況下，BMS **1624**可將用於控制IGU **1602**之指令傳送至MC **1608**，MC **1608**然後產生主色彩命令且傳輸至適當的NC **1606**。在一些實現方式中，NC **1606**或WC **1604**亦可與BMS **1624**直接通信(無論是經由有線/硬體鏈路抑或經由無線資料鏈路無線地進行)。在一些實現方式中，BMS **1624**

亦可接收由MC 1608、NC 1606及WC 1604中之一或多者收集之資料，諸如感測器資料、狀態資料及相關時間戳資料。舉例而言，MC 1608可經網路1610公佈此類資料。在此類資料存儲於資料庫1620中之另外一些實現方式中，BMS 1624可能夠使用存儲於資料庫1620中的一些或所有資料。

示例性主控制器

圖17顯示根據一些實現方式之示例性主控制器(MC) 1700的框圖。舉例而言，可使用圖17之MC 1700來實現上文參考圖16之網路系統1600所描述之MC 1608。如本文所用，提及「MC 1700」亦涵蓋MC 1608，且反之亦然；換言之，兩種參考物可互換使用。MC 1700可在一或多個電腦、計算裝置或電腦系統(除非另外指出，否則在本文中在適當時可互換使用)中或作為一或多個電腦、計算裝置或電腦系統而實現。另外，提及「MC 1700」統指用於實現所描述之功能、操作、方法或能力的硬體、韌體及軟體之任何適合之組合。舉例而言，MC 1700可指實現主控制器應用程式(本文中亦稱為「程式」或「任務」)之電腦。

如圖17中所示，MC 1700通常包括一或多個處理器1702 (在下文中亦統稱為「處理器1702」)。處理器1702可為或可包括中央處理器(CPU)，諸如單核心或多核心處理器。在一些實現方式中，處理器1702可另外包括數位信號處理器(DSP)或網路處理器。在一些實現方式中，處理器1702亦可包括一或多個特定用途積體電路(ASIC)。處理器1702與主記憶體1704、輔記憶體1706、面向內之網路介面1708及面向外之網路介面1710耦合。主記憶體1704可包括一或多個高速記憶裝

置，諸如一或多個隨機存取記憶體(RAM)裝置，包括動態-RAM (DRAM)裝置。此類DRAM裝置可包括例如同步DRAM (SDRAM)裝置及雙資料速率SDRAM (DDR SDRAM)裝置(包括DDR2 SDRAM、DDR3 SDRAM及DDR4 SDRAM)、閘流體RAM (T-RAM)及零-電容器(Z-RAM®)以及其他適合之記憶裝置。

輔記憶體1706可包括一或多個硬碟驅動(HDD)或一或多個固態驅動(SSD)。在一些實現方式中，記憶體1706可存儲處理器可執行之用於實現多任務操作系統(諸如基於Linux®核之操作系統)之代碼(或「程式化指令」)。在另外一些實現方式中，操作系統可為基於UNIX®或UNIX類之操作系統、基於Microsoft Windows®之操作系統或另一適合之操作系統。記憶體1706亦可存儲處理器1702可執行以實現上文所描述之主控制器應用程式之代碼，以及用於實現其他應用程式或程式之代碼。記憶體1706亦可存儲自網路控制器、窗控制器及各個感測器收集之狀態資訊、感測器資料或其他資料。

在一些實現方式中，MC 1700為「無頭」系統；亦即不包括顯示監視器或其他用戶輸入裝置之電腦。在一些此類實現方式中，管理員或其他授權用戶可自遠程電腦或行動計算裝置經網路(例如網路1610)登錄到MC 1700或以其他方式使用MC 1700，以存取及擷取存儲於MC 1700中之資訊、在MC 1700中寫入或以其他方式存儲資料及控制由MC 1700實現或使用之各種功能、操作、方法或參數。在另外一些實現方式中，MC 1700亦可包括顯示監視器及直接用戶輸入裝置(例如滑鼠、鍵盤及觸摸屏中之一或多者)。

在各個實現方式中，面向內之網路介面1708使MC 1700能夠與各

個分佈式控制器且在一些實現方式中亦與各個感測器通信。面向內之網路介面**1708**可統指一或多個有線網路介面或一或多個無線網路介面(包括一或多個無線電收發機)。在圖**16**之網路系統**1600**之情形下，MC **1700**可實現MC **1608**，且面向內之網路介面**1708**可經鏈路**1616**實現與下游NC **1606**之通信。

面向外之網路介面**1710**使MC **1700**能夠經一或多個網路與各個電腦、行動裝置、伺服器、資料庫或基於雲之資料庫系統通信。面向外之網路介面**1710**亦可統指一或多個有線網路介面或一或多個無線網路介面(包括一或多個無線電收發機)。在圖**16**之網路系統**1600**之情形下，面向外之網路介面**1710**可實現與經由面向外之網路**1610**經鏈路**1618**可存取之各個電腦、行動裝置、伺服器、資料庫或基於雲之資料庫系統的通信。如上文所描述，在一些實現方式中，在此類遠程裝置內執行之各種應用程式(包括第三方應用程式或基於雲之應用程式)可自MC **1700**存取資料或提供資料至MC **1700**或經由MC **1700**提供至資料庫**1620**。在一些實現方式中，MC **1700**包括一或多個API，用於促進MC **1700**與各種第三方應用程式之間的通信。MC **1700**可實現之一些示例性API實現方式描述於2014年12月8日申請且標題為「MULTIPLE INTERFACING SYSTEMS AT A SITE」之美國臨時專利申請案第62/088,943號中，該申請案以全文引用之方式併入本文中。舉例而言，此類第三方應用程式可包括各種監測服務，包括恆溫服務、警報服務(例如火災探測)、安全服務或其他電器自動化服務。監測服務及系統之其他實例可見於2015年3月5日申請且標題為「MONITORING SITES CONTAINING SWITCHABLE OPTICAL

DEVICES AND CONTROLLERS」之 PCT 專利申請案 PCT/US2015/019031 中，其以全文引用之方式併入本文中。

MC 1700 可基於參數之組合計算、判定、選擇或以其他方式產生用於一或多個 IGU 1602 之色彩值。舉例而言，參數之組合可包括時間或日曆資訊，諸如一天中之時間、一年中之日子或季節中之時間。另外或或者，參數之組合可包括陽曆資訊，諸如太陽相對於 IGU 1602 之方向。在一些情況下，可藉由 MC 1700 基於時間及日曆資訊以及已知之關於建築物在地球上之地理位置及 IGU 面向之方向(例如在東北方向下之座標系統中)的資訊來確定太陽相對於 IGU 1602 之方向。參數之組合亦可包括外部溫度(建築物外部)、內部溫度(鄰近目標 IGU 1602 之房間內)或 IGU 1602 之內部體積內之溫度。參數之組合亦可包括關於天氣(例如是晴朗、陽光充足、陰天、多雲、下雨抑或下雪)之資訊。可將諸如一天中之時間、一年中之日子或太陽之方向的參數程式化至 MC 1608 中且藉由 MC 1608 來跟蹤該等參數。諸如外部溫度、內部溫度或 IGU 溫度之參數可自在建築物中、上或周圍之感測器或整合在 IGU 1602 上或內之感測器獲得。關於天氣之一些資訊亦可自此類感測器獲得。另外或或者，諸如一天中之時間、一年中之時間、太陽之方向或天氣之參數可經網路 1610 由各種應用程式(包括第三方應用程式)提供或基於由各種應用程式(包括第三方應用程式)提供之資訊來判定。用於產生色彩值之算法、常規程序、模組或其他手段之其他實例描述於共同讓渡之於 2013 年 2 月 21 日申請且標題為「CONTROL METHOD FOR TINTABLE WINDOWS」之美國專利申請案第 13/722,969 號中及於 2015 年 5 月 7 日申請且標題為「CONTROL

METHOD FOR TINTABLE WINDOWS」之 PCT 專利申請案第 PCT/2015/029675 號中，此兩個專利申請案均以全文引用之方式併入本文中。

示例性網路控制器

圖 18 顯示根據一些實現方式之示例性網路控制器(NC) **1800** 的框圖。舉例而言，可使用圖 18 之 NC **1800** 來實現上文參考圖 16 之網路系統 **1600** 所描述之 NC **1606**。如本文所用，提及「NC **1800**」亦涵蓋 NC **1606**，且反之亦然；換言之，兩種參考物可互換使用。NC **1800** 可在一或多個網路組件、網路裝置、電腦、計算裝置或電腦系統(除非另外指出，否則在本文中在適當時可互換使用)中或作為一或多個網路組件、網路裝置、電腦、計算裝置或電腦系統而實現。另外，提及「NC **1800**」統指用於實現所描述之功能、操作、方法或能力的硬體、韌體及軟體之任何適合之組合。舉例而言，NC **1800** 可指實現網路控制器應用程式(本文中亦稱為「程式」或「任務」)之電腦。

如圖 18 中所示，NC **1800** 通常包括一或多個處理器 **1802** (在下文中亦統稱為「處理器 **1802**」)。在一些實現方式中，處理器 **1802** 可作為微控制器或作為包括一或多個特定用途積體電路(ASIC)或可程式化邏輯裝置(PLD)之一或多個邏輯裝置(諸如現場可程式化門陣列(FPGA)或複合可程式化邏輯裝置(CPLD))而實現。若在 PLD 中實現，則處理器可作為智慧財產權(IP)塊程式化至 PLD 中或作為嵌入式處理器核心在 PLD 中永久地形成。在另外一些實現方式中，處理器 **1802** 可為或可包括中央處理器(CPU)，諸如單核心或多核心處理器。處理器 **1802** 與主記憶體 **1804**、輔記憶體 **1806**、下游網路介面 **1808** 及上游網路介面

1810耦合。在一些實現方式中，主記憶體**1804**可例如作為晶片上系統(SOC)套裝或在PLD本身內之嵌入式記憶體中與處理器**1802**整合。在另外一些實現方式中，NC **1800**或者或另外可包括一或多個高速記憶裝置，諸如一或多個RAM裝置。

輔記憶體**1806**可包括存儲一或多個查找表格或值陣列之一或多個固態驅動(SSD)。在一些實現方式中，輔記憶體**1806**可存儲查找表格，該查找表格將自MC **1700**接收到之第一協定ID (例如BACnet ID) 映射至各自識別WC **1604**中之相應者的第二協定ID (例如CAN ID)，且反之亦然。在一些實現方式中，輔記憶體**1806**可另外或或者存儲一或多個陣列或表格。在一些實現方式中，可以由逗號隔開之值(CSV)的文件或經由另一表格結構文件格式的形式存儲此類陣列或表格。舉例而言，文件之各列可藉由對應於WC **1604**存在下之事務的時間戳來識別。各列可包括由WC **1604**控制之IGU **1602**的色彩值(C) (例如如由MC **1700**在主色彩命令中所設定)；由WC **1604**控制之IGU **1602**的狀態值(S)；設定點電壓(例如有效施加電壓 V_{Eff})；量測、偵測或以其他方式測定之在IGU **1602**內之ECD上的實際電壓水準 V_{Act} ；量測、偵測或以其他方式測定之穿過IGU **1602**內之ECD的實際電流水準 I_{Act} ；及各種感測器資料。在一些實現方式中，CSV文件之各列可包括由NC **1800**控制之WC **1604**中之每一者及全部的此類狀態資訊。在一些此類實現方式中，各列亦包括與相應WC **1604**中之每一者相關的CAN ID或其他ID。

在NC **1800**係在執行網路控制器應用程式之電腦中實現之一些實現方式中，輔記憶體**1806**亦可存儲處理器可執行之代碼(或「程式化

指令」)，以便實現多任務操作系統，諸如基於Linux®核之操作系統。在另外一些實現方式中，操作系統可為基於UNIX®或UNIX類之操作系統、基於Microsoft Windows®之操作系統或另一適合之操作系統。記憶體**1806**亦可存儲處理器**1802**可執行以實現上文所描述之網路控制器應用程式之代碼，以及用於實現其他應用程式或程式之代碼。

在各個實現方式中，下游網路介面**1808**使NC **1800**能夠與分佈式WC **1604**且在一些實現方式中亦與各種感測器通信。在圖**16**之網路系統**1600**之情形下，NC **1800**可實現NC **1606**且下游網路介面**1808**可經鏈路**1614**實現與WC **1604**之通信。下游網路介面**1808**可統指一或多個有線網路介面或一或多個無線網路介面(包括一或多個無線電收發機)。在一些實現方式中，下游介面**1808**可包括CANbus介面，該CANbus介面使NC **1800**能夠根據CANBus協定(例如經由CANopen通信協定)將命令、請求或其他指令分配給各個WC **1604**，且自WC **1604**接收包括狀態資訊之反應。在一些實現方式中，單一CANbus介面可實現NC **1800**與數十、數百或數千個WC **1604**之間的通信。另外或者，下游介面**1808**可包括一或多個通用串列匯流排(USB)介面(或「端口」)。在一些此類實現方式中，為實現經由CANbus通信協定之通信，可使用USB-至-CAN配接器來將下游介面**1808**之USB端口與CANbus兼容纜線耦合。在一些此類實現方式中，為使NC **1800**能夠控制甚至更多之WC **1604**，可將USB集線器(例如具有2、3、4、5、10個或更多個集線器端口)插入下游介面**508**之USB端口中。然後可將USB-至-CAN配接器插入USB集線器之各集線器端口中。

上游網路介面**1810**使NC **1800**能夠與MC **1700**且在一些實現方式

中亦與各個其他電腦、伺服器或資料庫(包括資料庫**1620**)通信。上游網路介面**1810**亦可統指一或多個有線網路介面或一或多個無線網路介面(包括一或多個無線電收發機)。在圖16之網路系統**1600**之情形下，上游網路介面**1810**可經鏈路**1618**實現與MC **1608**之通信。在一些實現方式中，上游網路介面**1810**亦可經耦合以經面向外之網路**1610**與應用程式通信，該等應用程式包括第三方應用程式及基於雲之應用程式。舉例而言，在NC **1800**係作為在電腦內作為任務執行之網路控制器應用程式來實現的實現方式中，網路控制器應用程式可經由操作系統及上游網路介面**1810**與面向外之網路**1610**直接通信。

在一些實現方式中，NC **1800**充當伺服器，該伺服器收集及存儲自WC **1604**或多感測器裝置**100**採集之狀態資料、感測器資料或其他資料，且公佈此所採集之資料，使得其為MC **1700**可存取的。在一些實現方式中，NC **1800**亦可直接經網路**1610**公佈此所採集之資料；換句話說，未首先將資料傳送至MC **1700**。NC **1800**亦在某些方面類似於路由器而起作用。舉例而言，NC **1800**可充當BACnet至CANBus閘道，接收根據BACnet協定自MC **1700**傳輸之通信，將命令或訊息自BACnet協定轉化成CANBus協定(例如CANopen通信協定)，且根據CANBus協定將命令或其他指令分配給各個WC **1604**。

如上文參考圖17所描述，當MC **1700**判定對一或多個IGU **1602**進行著色時，MC **1700**可將特定色彩值寫至與控制目標IGU **1602**之一或多個相應WC **1604**相關聯之NC **1800**中之AV中。在一些實現方式中，為此，MC **1700**產生主色彩命令通信，該主色彩命令通信包括與控制目標IGU **1602**之WC **1604**相關的BACnet ID。主色彩命令亦可包括用

於目標IGU **1602**之色彩值。MC **1700**可使用諸如IP位址或MAC位址之網路位址來引導主色彩命令傳輸至NC **1800**。響應於經由上游介面**1810**自MC **1700**接收此類主色彩命令，NC **1800**可解開通信，將主色彩命令中之BACnet ID (或其他第一協定ID)映射至一或多個CAN ID (或其他第二協定ID)，且將來自主色彩命令之色彩值寫至與該等CAN ID中之每一者相關聯之相應AV中之第一者中。

在一些實現方式中，NC **1800**然後產生用於WC **1604**中由CAN ID識別之每一者的輔色彩命令。各輔色彩命令可經由相應CAN ID發往WC **1604**中之相應者。各輔色彩命令亦可包括自主色彩命令提取之色彩值。NC **1800**經由下游介面**1808**經由第二通信協定(例如經由CANOpen協定)將輔色彩命令傳輸至目標WC **1604**。在一些實現方式中，當WC **1604**接收此類輔色彩命令時，WC **1604**將狀態值傳輸回NC **1800**，從而指示WC **1604**之狀態。舉例而言，色彩狀態值可代表「著色狀態」或「轉變狀態」，表明WC處於對目標IGU **1602**進行著色之製程中；「活性」或「完成」狀態，表明目標IGU **1602**處於目標色彩狀態或轉變已完成；或「錯誤狀態」，指示錯誤。在已將狀態值存儲於NC **1800**中之後，NC **1800**可公佈狀態資訊或以其他方式使得狀態資訊為MC **1700**或各個其他授權電腦或應用程式可存取的。在另外一些實現方式中，MC **1700**可基於智慧、排程政策或用戶超控自NC **1800**請求關於特定WC **1604**之狀態資訊。舉例而言，智慧可位於MC **1700**內或BMS內。排程政策可存儲於MC **1700**中、網路系統**1600**內之另一存儲位置或基於雲之系統內。

示例性窗控制器

圖19顯示根據一些實現方式之示例性窗控制器(WC) 1900的電路示意圖。舉例而言，可使用圖19之WC 1900來實現上文參考圖16之網路系統1600所描述之WC 1604中之每一者。如本文所用，提及「WC 1900」亦涵蓋WC 1604，且反之亦然；換言之，兩個參考物可互換使用。如上文所描述，WC 1900通常可操作且適合於驅動諸如上文參考圖14所描述之ECD 1410的一或多個耦合光學可切換裝置中的光學狀態轉變，或維持其光學狀態。在一些實現方式中，與WC 1900耦合之一或多個ECD係配置於相應IGU 1902 (諸如上文參考圖14所描述之IGU 1400)內。WC 1900亦可操作以與耦合之IGU 1902通信，例如以自IGU 1902讀取資料或將資料轉移至IGU 1902。

WC 1900廣義上包括處理單元1904、電力電路1906、驅動電路608及反饋電路1910 (其中之每一者係用重虛線描繪且畫上灰色陰影)。在所圖解說明之實現方式中，WC 1900另外包括通信電路1912。驅動電路1906、電力電路1906、反饋電路1910及通信電路1912中之每一者可包括許多個別電路組件，包括積體電路(IC)。下文更詳細描述之各個組件中之每一者可描述為上述電路1906、608、1910及1912中之相應者的「一部分」。然而，僅在名義上及出於在促成本發明之所描述之實現方式時方便的目的而將組件分組至電路1906、608、1910及1912中之相應者中。因此，各個所描述組件之功能、能力及限制不欲由相應分組界定；更確切些，個別組件中之每一者的功能、能力及限制僅由彼等組件本身及由其與其電連接或耦合之其他組件整合來界定。

在一些實現方式中，WC 1900包括第一上游介面(或介面集合)

1914，其用於耦合至上游纜線集合**1916**。舉例而言，上游纜線集合**1916**可實現上文參考圖**16**之網路系統**1600**所描述的鏈路**1614**。在一些實現方式中，上游纜線集合**1916**包括至少四條線路：兩條電力分配線路及兩條通信線路。在一些五線路實現方式中，上游纜線集合**1916**另外包括系統接地線路，諸如建築物接地或地球接地(出於實用目的為絕對接地，由該絕對接地可量測建築物中之所有其他電壓)。上游介面**1914**可包括對應數目之頂針(未圖示)，一個頂針用於將上游纜線集合**1916**中之線路中的每一者耦合至WC **1900**中。舉例而言，頂針中之第一者可將來自上游纜線集合**1916**的電力分配線路中之第一者耦合至WC **1900**內之第一供電線路**1922**。頂針中之第二者可將來自上游纜線集合**1916**的電力分配線路中之第二者(例如電源返回線路)耦合至WC **1900**內之第二供電線路**1924**。頂針中之第三者可將來自上游纜線集合**1916**的通信線路中之第一者耦合至WC **1900**內之第一通信線路**1926**。頂針中之第四者可將來自上游纜線集合**1916**的通信線路中之第二者耦合至WC **1900**內之第二通信線路**1928**。在包括系統接地線路之實現方式中，頂針中之第五者可將來自上游纜線集合**1916**的系統接地線路耦合至WC **1900**內之系統接地線路**1930**。

上游纜線集合**1916**中之兩條電力分配線路可以兩個單獨的纜線形式來實現或一起配置成例如雙絞線纜線。電力線路中之第一者運載第一供電電壓 V_{Sup1} ，而電力線路中之第二者為電源返回線路。在一些實現方式中，第一供電電壓 V_{Sup1} 為DC電壓，其值在約5伏特(Volt, V)至42 V範圍內，且在一個示例性應用中，值為24 V (不過在其他實現方式中較高電壓可為所需的且為可能的)。在另外一些實現方式中，

第一供電電壓 V_{Sup1} 可為脈衝電壓電力信號。電力線路中之第二者可為電源返回線路，亦稱為信號接地(或「共用接地」)。換言之，電力線路中之第二者上的電壓 V_{Sup2} 可為參考電壓，例如浮動接地。在此類實現方式中，與個別電壓 V_{Sup1} 及 V_{Sup2} 相對於系統接地之實際值相對比，第一供電電壓 V_{Sup1} 與第二供電電壓 V_{Sup2} 之間的電壓差為相關電壓。舉例而言， V_{Sup1} 與 V_{Sup2} 之間的差值可在約 5 V 至 42 V 範圍內，且在一個示例性應用中，為 24 V。在包括系統接地線路之實現方式中，系統接地線路可作為單一纜線而實現或與上文所描述之兩條電力分配線路一起配置成 3 線纜線。

上游纜線集合 **1916** 中的兩條通信線路亦可作為兩條單獨纜線而實現或一起配置成雙絞線纜線。在另外一些實現方式中，兩條通信線路可與兩條電力分配線路形成束，正好描述為 4 線纜線，或與兩條電力分配線路及系統接地線路形成束作為 5 線纜線。如上文所描述，上游介面 **1914** 內之頂針或其他互連將上游纜線集合 **1916** 中的第一及第二通信線路與 WC **1900** 中之第一及第二通信線路 **1926** 及 **1928** 電連接。第一及第二通信線路 **1926** 及 **1928** (本文中亦統稱為通信匯流排 **1932**) 可分別運載第一及第二資料信號 $資料_1$ 及 $資料_2$ 。

在整個轉變週期中之不同時間或階段或在其他時間，資料信號 $資料_1$ 及 $資料_2$ 可將資訊自上游網路控制器(諸如 NC **1606** 或 NC **400**) 傳送至 WC **1900** 或將資訊自 WC **1900** 傳送至網路控制器。作為下游通信之實例，資料信號 $資料_1$ 及 $資料_2$ 可包括自網路控制器發送至 WC **1900** 之色彩命令或其他指令(例如上文所描述之輔色彩命令)。作為上游通信之實例，資料信號 $資料_1$ 及 $資料_2$ 可包括要發送至網路控制器之狀態

資訊(諸如當前色彩狀態)或感測器資料。在一些實現方式中，資料₁及資料₂信號為互補信號，例如形成差分信號對(本文中亦統稱為差分信號)。

在一些實現方式中，通信匯流排**1932**係根據控制器區域網路(CAN)車輛匯流排標準進行設計、部署及以其他方式進行配置。就開放系統互連(OSI)模型而言，實體(PHY)層可根據ISO 11898-2 CAN標準來實現，且資料鏈路層可根據ISO 11898-1 CAN標準來實現。在一些此類實現方式中，第一資料信號資料₁可指高CAN信號(「CANH信號」，因為其典型地係在CAN協定中提及)，而第二資料信號資料₂可指低CAN信號(「CANL信號」)。在一些實現方式中，WC **1900**根據CANopen通信協定經通信匯流排**1932**與上游網路控制器通信(且耦合上游纜線集合**1916**中的通信線路)。就OSI模型而言，CANopen通信協定實現網路層及網路層上之其他層(例如傳輸層、會話層、表示層及應用層)。根據CAN協定，CANH與CANL信號值之間的差異決定由差分對傳送之位元的值。

在一些實現方式中，上游纜線集合**1916**與上游網路控制器直接連接。在另外一些實現方式中，上游纜線集合**1916**包括一組連接至(例如分接於)含有對應電力分配及通信線路之中繼線的支線。在一些此類後一實現方式中，複數個WC **1900**中之每一者可經由對應的一組支線連接至同一中繼線。在一些此類實現方式中，複數個WC **1900**中耦合至同一中繼線之每一者可經由中繼線內之通信線路與同一網路控制器通信。在一些實現方式中，為WC **1900**供電之電力分配線路亦可耦合至同一網路控制器以為網路控制器供電。在另外一些實現方式

中，不同組之電力分配線路可為網路控制器供電。在任一情況下，為 WC 1900 供電之電力分配線路可在電力控制面板或其他電力插入點處終止。

WC 1900 亦包括第二下游介面(或介面集合) 1918 用於耦合至下游纜線集合 1920。舉例而言，下游纜線集合 1920 可實現上文參考圖 16 之網路系統 1600 所描述之鏈路 1612。在一些實現方式中，下游纜線集合 1920 亦包括至少四條線路：兩條電力分配線路及兩條通信線路。下游介面 1918 亦可包括對應數目之頂針(未圖示)，一個頂針將下游纜線集合 1920 中的線路中之每一者耦合至 WC 1900 中。舉例而言，頂針中之第一者可將來自下游纜線集合 1920 的電力分配線路 633 中之第一者耦合至 WC 1900 內之第一電力驅動線路 1934。頂針中之第二者可將來自下游纜線集合 1920 的電力分配線路 635 中之第二者耦合至 WC 1900 內之第二電力驅動線路 1936。頂針中之第三者可將來自下游纜線集合 1920 的通信線路 637 中之第一者耦合至 WC 1900 內之第一通信線路 1938。頂針中之第四者可將來自下游纜線集合 1920 的通信線路 639 中之第二者耦合至 WC 1900 內之第二通信線路 1940。在包括第五條線路之實現方式中，頂針中之第五者可將來自下游纜線集合 1920 的第五條線路 641 耦合至 WC 1900 內之第五條線路 1942。

下游纜線集合 1920 中的兩條電力分配線路 633 及 635 可作為兩條單獨纜線而實現或一起配置成例如雙絞線纜線。在一些實現方式中，第一電力分配線路 633 運載第一施加電壓 V_{App1} ，且第二電力分配線路 635 運載第二施加電壓 V_{App2} 。在一些實現方式中，第一及第二施加電壓 V_{App1} 及 V_{App2} 出於所有意圖及目的均為 DC 電壓信號。在另外一些實

現方式中，第一及第二施加電壓 V_{App1} 及 V_{App2} 可為脈衝電壓信號(例如脈衝寬度調整型(PWM)信號)。在一些實現方式中，第一施加電壓 V_{App1} 可具有在約0 V至10 V範圍內且在一些特定應用中在約0 V至5 V範圍內之值。在一些實現方式中，第二施加電壓 V_{App2} 可具有在約0 V至-10 V範圍內且在一些特定應用中在約0 V至-5 V範圍內之值。在另外一些實現方式中，下游纜線集合**1920**中的第二電力分配線路**635**可為電源返回線路，亦稱為信號接地或共用接地。換言之，第二電力分配線路上之電壓 V_{App2} 可為參考電壓，例如浮動接地。

下游纜線集合**1920**中的第一及第二電力分配線路**633**及**635**係提供至由WC **1900**控制之一或多個IGU **1902**中之每一者中。更特定而言，第一及第二電力分配線路**633**及**635**電連接至為相應ECD之電致變色狀態及狀態轉變供電的匯流條及導電層(諸如圖14之IGU **1400**中的第一及第二匯流條**1426**及**1428**以及第一及第二TCO層**1414**及**1416**) (或與其耦合)。在一些實現方式中，與個別電壓 V_{App1} 及 V_{App2} 相對於系統接地之實際值相對比，第一施加電壓 V_{App1} 與第二施加電壓 V_{App2} 之間的電壓差為相關電壓。舉例而言，視各個裝置參數及驅動參數而定， V_{App1} 與 V_{App2} 之間的差值(在本文中稱為「有效施加電壓」 V_{Eff} 或簡單地稱為施加電壓 V_{Eff}) 在一些應用中可在約-10 V至10 V範圍內，且在一些特定應用中在約-5 V至5 V範圍內。

下游纜線集合**1920**中的兩條通信線路**637**及**639**亦可作為兩條單獨纜線而實現或一起配置成雙絞線纜線。在另外一些實現方式中，兩條通信線路**637**及**639**可與兩條電力分配線路**633**及**635**形成束，正好描述為4線纜線，或與兩條電力分配線路及第五條線路形成束作為5線纜

線。如上文所描述，下游介面**1918**內之頂針或其他互連將下游纜線集合**1920**中的第一及第二通信線路**637**及**639**與WC **1900**內之第一及第二通信線路**1938**及**1940**電連接。第一及第二通信線路**1938**及**1940** (本文中亦統稱為通信匯流排**1944**)可分別運載資料信號資料₃及資料₄。

在整個轉變週期中之不同時間或階段或在其他時間，資料信號資料₃及資料₄可將資訊自WC **1900**傳送至一或多個所連接之IGU **1902**或將資訊自IGU **1902**中之一或多者傳送至WC **1900**。作為下游通信之實例，資料信號資料₃及資料₄可包括要發送至IGU **1902**中之一或多者的狀態請求命令或其他指令。作為上游通信之實例，資料信號資料₃及資料₄可包括自IGU **1902**中之一或多者發送至WC **1900**的狀態資訊(諸如當前色彩狀態)或感測器資料。在一些實現方式中，通信匯流排**1944**係根據1線裝置通信匯流排系統協定進行設計、部署及以其他方式進行配置。在此類1線實現方式中，通信線路**1938**為資料線路，且資料信號資料₃運輸所要傳送之資料，而通信線路**1940**為信號接地線路，且資料信號資料₄提供參考電壓(諸如信號接地)，相對於該參考電壓量測資料信號資料₃或進行比較以恢復相關資料。

在一些實現方式中，響應於接收色彩命令，處理單元**1904**起始由WC **1900**控制之IGU **1902**中之一或多者中的著色轉變。在一些實現方式中，處理單元**1904**基於驅動參數計算、選擇、判定或以其他方式產生命令信號 V_{DCmnd} ，該等驅動參數包括要發生轉變之IGU **1902**的當前色彩狀態及IGU **1902**之目標色彩狀態(基於色彩命令中之色彩值)。處理單元**1904**亦可基於其他驅動參數產生命令信號 V_{DCmnd} ，該等其他驅動參數為關於當前色彩狀態與目標色彩狀態之各種可能組合的例如

斜坡-至-驅動速率、驅動電壓、驅動電壓持續時間、斜坡-至-保持速率及保持電壓。其他驅動參數可包括基於當前或近期感測器資料之參數，例如室內溫度、室外溫度、IGU **1902**之內部體積內(或一或多個窗片)的溫度、鄰近IGU **1902**之房間中的光強度及IGU **1902**外面之光強度以及其他適合或所需之參數。在一些實現方式中，此類感測器資料可經由上游網路控制器經通信線路**1926**及**1928**提供至WC **1900**。另外或者，可自定位於IGU **1902**之各個部分內或上之感測器接收感測器資料。在一些此類實現方式中，感測器可處於IGU **1902**內之通信模組(諸如通信模組**756**)內或以其他方式與其耦合。舉例而言，包括光感測器、溫度感測器或透射性感測器之多感測器可根據1線通信協定經由圖7中所示之相同通信線路**739**及**741**耦合。

在一些實現方式中，處理單元**1904**基於電壓控制型態(例如上文參考圖15所描述之彼等)產生命令信號 V_{DCmd} 。舉例而言，處理單元**1904**可使用驅動參數及裝置參數自存儲於位於處理單元**1904**內或可由處理單元**1904**存取之記憶體中的電壓控制型態之預定集合中選擇電壓控制型態。在一些實現方式中，各組電壓控制型態係針對特定裝置參數集合來定義。在一些實現方式中，給定電壓控制型態集合中之各電壓控制型態係針對特定驅動參數組合來定義。處理單元**1904**產生命令信號 V_{DCmd} ，使得驅動電路**1908**實現所選擇之電壓控制型態。舉例而言，處理單元**1904**調整命令信號 V_{DCmd} 以使得驅動電路**1908**進而調整所施加電壓信號 V_{App1} 及 V_{App2} 。更特定而言，驅動電路**1908**調整所施加電壓信號 V_{App1} 及 V_{App2} ，使得施加在ECD上之有效電壓 V_{Eff} 遵循在電壓控制型態中進展之過程中由該型態指示之電壓水準。

在一些實現方式中，處理單元**1904**亦可基於感測器資料動態地修改命令信號 V_{DCmnd} （無論是在轉變期間抑或在轉變之後的保持期期間）。如上文所描述，此類感測器資料可接收自位於所連接之IGU**1902**內或以其他方式與所連接之IGU**1902**整合之各種感測器或接收自其他外部感測器。在一些此類實現方式中，處理單元**1904**可包括智慧（例如呈包括規則或算法之程式化指令的形式），從而使處理單元**1904**能夠基於感測器資料確定如何修改命令信號 V_{DCmnd} 。在另外一些實現方式中，WC**1900**自此類感測器接收到之感測器資料可傳送至網路控制器，且在一些情況下自網路控制器傳送至主控制器。在此類實現方式中，網路控制器或主控制器可基於感測器資料修正用於IGU**1902**之色彩值且將經修正之色彩命令傳輸至WC**1900**。另外又或者，網路控制器或主控制器可自建築物外部之一或多個其他感測器（例如安置於建築物之屋頂或外立面上的一或多個光感測器）接收感測器資料。在一些此類實現方式中，主控制器或網路控制器可基於此類感測器資料產生或修正色彩值。

一般而言，處理單元**1904**可與能夠執行本文所描述之功能或製程的任何適合之處理器或邏輯裝置（包括此類裝置之組合）一起實現。在一些實現方式中，處理單元**1904**為微控制器（亦稱為微控制器單元（MCU））。在一些更特定之應用中，處理單元**1904**可為特定地經設計用於嵌入式應用之微控制器。在一些實現方式中，處理單元**1904**包括處理器核心（例如200 MHz處理器核心或其他適合之處理器核心）以及程式記憶體（例如2018 KB或其他適合之非揮發性記憶體）、隨機存取記憶體（RAM）（例如512 KB或其他適合之RAM）及各種I/O介面。程式

記憶體可包括例如處理器核心可執行之代碼，以實現處理單元**1904**之功能、操作或製程。

在一些實現方式中，RAM可存儲由WC **1900**控制之IGU **1902**的狀態資訊。RAM亦可存儲IGU **1902**內之ECD的裝置參數。在另外一些實現方式中，處理單元**1904**可將此類狀態資訊或裝置參數存儲於處理單元**1904**外部以及WC **1900**內的另一記憶裝置中(例如快速記憶裝置)。在一些特定實現方式中，處理單元**1904**之I/O介面包括一或多個CAN介面、一或多個同步串列介面(例如4線串列周邊介面(SPI)之介面)及一或多個內置積體電路(I²C)介面。適合用於一些實現方式中之此類控制器之一個實例係由Chandler, AZ之Microchip Technology Inc.提供的PIC32MZ2048ECH064控制器。

在圖6中所圖解說明之實現方式中，WC **1900**另外包括資料匯流排收發機**1964**。資料匯流排收發機**1964**經由通信匯流排1932與上游介面1914耦合。資料匯流排收發機**1964**亦經由通信匯流排1966與處理單元**1904**耦合。如上文所描述，在一些實現方式中，通信匯流排1932係根據CAN匯流排標準(其為差分匯流排標準)進行設計、部署及以其他方式進行配置。在一些實現方式中，通信匯流排1966亦符合CAN匯流排標準且包括用於轉移差分信號對之差分線路對。因此，資料匯流排收發機**1964**可包括兩組不同的端口；第一組用於與通信匯流排1932耦合，而第二組用於與通信匯流排1966耦合，該通信匯流排1966又與處理單元**1904**之CAN介面耦合。

在各個實現方式中，資料匯流排收發機1928經配置以經由通信匯流排1932自網路控制器(諸如NC **1800**)接收資料，處理該資料，且

經由通信匯流排1966將經處理之資料傳輸至處理單元**1904**。類似地，資料匯流排收發機**1964**經配置以經由通信匯流排1966自處理單元**1904**接收資料，處理該資料，且將經處理之資料經通信匯流排1932傳輸至介面1914，且最終經上游纜線集合**1916**傳輸至網路控制器。在一些此類實現方式中，處理資料包括將資料自第一協定轉化或翻譯至第二協定(例如自CAN協定(諸如CANopen)至處理單元**1904**可讀取之協定且反之亦然)。適合用於一些實現方式中之此類資料匯流排收發機之一個實例為由Dallas, TX之Texas Instruments Inc.提供之SN65HVD1050資料匯流排收發機。在另外一些實現方式中，處理單元**1904**可包括整合式資料匯流排收發機或以其他方式包括資料匯流排收發機**1964**之功能性，從而使得不必包括外部資料匯流排收發機**1964**。

- 電力電路

在高水準下，電力電路**1906**可操作以自供電線路**1922**及**1924**接收電力且提供電力給WC **1900**之各個組件，包括處理單元**1904**、驅動電路**1908**、反饋電路**1910**及通信電路**1912**。如上文所描述，第一供電線路**1922**接收供電電壓 V_{Sup1} ，例如DC電壓，其值在約5 V至42 V (相對於供應電壓 V_{Sup2})範圍內，且在一個示例性應用中，值為24 V (不過在其他實現方式中較高電壓可為所需且為可能的)。亦如上文描述，第二供電線路**1924**可為電源返回線路。舉例而言，第二供電線路**1924**上之電壓 V_{Sup2} 可為參考電壓，例如浮動接地。

電力電路**1906**包括至少一個向下轉換器(本文中亦稱為「降壓轉換器」)，以便逐步降低供電電壓 V_{Sup1} 。在所圖解說明之實現方式中，電力電路**1906**包括兩個向下轉換器：第一相對低功率(LP)向下轉

換器**1968**及第二相對高功率(HP)向下轉換器**1970**。LP向下轉換器**1968**用以將供電電壓 V_{Sup1} 逐步降低至第一經向下轉換之電壓 V_{Dwn1} 。在一些實現方式中，經向下轉換之電壓 V_{Dwn1} 可具有在約0至5 V範圍內之值，且在一個示例性應用中值為約3.3 V。將經向下轉換之電壓 V_{Dwn1} 提供至處理單元**1904**以為處理單元**1904**供電。適合用於一些實現方式中之LP向下轉換器之一個實例為由Dallas, TX之Texas Instruments Inc.提供的TPS54240 2.5安培(Ampere) (Amp) DC-DC逐步降低式轉換器。

HP向下轉換器**1970**用以將供電電壓 V_{Sup1} 逐步降低至第二經向下轉換之電壓 V_{Dwn2} 。適合用於一些實現方式中之HP向下轉換器之一個實例為由Dallas, TX之Texas Instruments Inc.提供的TPS54561 5 Amp DC-DC逐步降低式轉換器。在一些實現方式中，經向下轉換之電壓 V_{Dwn2} 可具有在約0 V至6 V範圍內之值，且在一個示例性應用中值為約3.3 V。將經向下轉換之電壓 V_{Dwn2} 提供至下文參考驅動電路**1908**描述之電壓調節器**1980**。在一些實現方式中，亦將經向下轉換之電壓 V_{Dwn2} 提供至WC **1900**內需要電力來執行相應功能之其餘組件(不過為避免使說明過於複雜且為避免遮蔽其他組件及連接，未示出此等連接)。

在一些實現方式中，HP向下轉換器**1970**僅在能夠(或收到指令)如此做時(例如在處理單元**1904**斷定起動信號 En 時)提供經向下轉化之電壓 V_{Dwn2} 。在一些實現方式中，經由串列周邊介面(SPI)之介面匯流排**1986**將起動信號 En 提供至HP向下轉換器**1970**。雖然SPI介面匯流排**1986**在本文中可以單數形式進行描述，但SPI匯流排**1986**可統指兩個或更多個SPI匯流排，其中之每一者均可用於與WC **1900**之相應組件

通信。在一些實現方式中，處理單元僅在WC 1900處於與「睡眠模式」相反之「活性模式」中時斷定起動信號 En 。

在一些實現方式中，電力電路1906進一步包括儲能裝置(或「能量井」) 1972或與其耦合，該儲能裝置為諸如電容性存儲裝置，諸如可再充電電池(或電池組)或超電容器。舉例而言，適合用於一些實現方式中之超電容器之一個實例可在0.4瓦時(Wh)下具有至少400法拉(Farad)之電容 C_s 。在一些實現方式中，儲能裝置1972可由充電器1974充電。在一些此類實現方式中，充電器1974可藉由供電電壓 V_{Sup1} 提供電力。適合用於一些實現方式中之此類充電器之一個實例為由Milpitas, CA之Linear Technology Corp.提供之LT3741恆定電流、恆定電壓逐步降低式控制器。在一些實現方式中，充電器1974亦經配置以將存儲於儲能裝置1972中之電力提供至供電線路1922。

在一些實現方式中，充電器1974可或者或另外由一或多個光伏打(或「太陽能」)電池供電。舉例而言，此類光伏打(PV)電池可整合至由WC 1900控制之IGU 1902上或中，諸如IGU之一或多個窗片上。在一些此類實現方式中，可藉由電壓調節器1976調節經由PV電池接收之電力，然後將其提供至充電器1974且最終提供至儲能裝置1972。舉例而言，電壓調節器1976可用以逐步升高或逐步降低自PV電池接收之電力的電壓。亦可使用電壓調節器1976來調節由PV電池提供之電力，因此電力在一天中發生波動。在一些實現方式中，為阻止反向驅動(亦即為確保來自儲能裝置1972或PV電池之電力不經上游纜線集合1916流向上游)，電力電路1906可另外包括不對稱導體1978，例如低損耗半導體二極體，諸如肖特基接面二極體(Schottky junction

diode)或p-n接面二極體。在供電電壓 V_{Sup1} 及 V_{Sup2} 中之一或多者為脈衝電壓之實現方式中，使用此類二極體**1978**可尤其有利。使用整合式PV電池之更多實例描述於2014年11月26日申請且標題為SELF-CONTAINED EC IGU之美國臨時專利申請案第62/085,179號(代理人案號VIEWP008X1P)中，該申請案以全文引用之方式併入本文中。

儲能裝置之整合出於許多原因可為有利的，無論是此類裝置包括在相應WC **1900**中(如儲能裝置**1972**)，抑或以其他方式分佈在網路系統(諸如網路系統**1600**)中。舉例而言，各WC **1900**內之電力電路**1906**可隨著電力自儲能裝置**1972**中提取出來而補充或增大由相應供電線路**1922**及**1924**提供之電力。另外或或者，WC **1900**外部之儲能裝置可將電力直接提供至電力分配線路，該等電力分配線路在網路系統中分配電力來供給WC **1900**。此類實現方式在許多IGU **1902**將並行轉變之高需要情況下可為尤其有利的。在需要較低時，普通電源(例如由建築物來源提供之電源)可對儲能裝置進行再充電。使用儲能裝置之更多實例描述於2014年11月26日申請且標題為SELF-CONTAINED EC IGU 之 美 國 臨 時 專 利 申 請 案 第 62/085,179 號 (代 理 人 案 號 VIEWP008X1P) ； 2015 年 7 月 8 日 申 請 且 標 題 為 POWER MANAGEMENT FOR ELECTROCHROMIC WINDOW NETWORKS之美國臨時專利申請案第62/190,012號(代理人案號VIEWP080P)；及2015年7月13日申請且標題為POWER MANAGEMENT FOR ELECTROCHROMIC WINDOW NETWORKS之美國臨時專利申請案第62/191,975號(代理人案號VIEWP080AP)中，該等申請案全部以全文引用之方式併入本文中。

- 驅動電路

在高水準下，驅動電路**1908**通常可操作以自處理單元**1904**接收命令信號 V_{DCmnd} ，且基於命令信號 V_{DCmnd} 提供所施加電壓信號 V_{App1} 及 V_{App2} ，以便驅動所連接之IGU **1902**。驅動電路**1908**包括電壓調節器**1980**，其自電力電路**1906**中之HP向下轉換器**1970**接收經向下轉換之電壓 V_{Dwn2} 。電壓調節器**1980**基於命令信號 V_{DCmnd} 調節、調整或以其他方式轉化電壓 V_{Dwn2} ，以提供(或「產生」)第一及第二經調節電壓信號 V_{P1} 及 V_{P2} 。在一些實現方式中，電壓調節器**1980**為降壓-升壓轉換器；換句話說，電壓調節器**1980**可能夠充當向下轉換器以逐步降低電壓 V_{Dwn2} ，並且充當向上轉換器以逐步升高輸入電壓 V_{Dwn2} 。電壓調節器**1980**是表現為向下轉換器抑或向上轉換器係取決於命令信號 V_{DCmnd} ，向下轉換或向上轉換之量值亦如此。在一些更特定實現方式中，電壓調節器**1980**為同步降壓-升壓DC-DC轉換器。在一些此類實現方式中，經調節電壓信號 V_{P1} 及 V_{P2} 自IGU **1902**且特定而言IGU **1902**內之ECD的角度來看為有效固定振幅DC信號。

如上文更詳細描述，處理單元**1904**可基於許多不同參數、輸入值、算法或指令產生命令信號 V_{DCmnd} 。在一些實現方式中，處理單元**1904**產生呈數位電壓信號形式之命令信號 V_{DCmnd} 。在一些此類實現方式中，驅動電路**1908**另外包括數位-模擬轉換器(DAC) **682**，其用於將數位命令信號 V_{DCmnd} 轉化成模擬命令電壓信號 V_{ACmnd} 。在此類實現方式中，電壓調節器**1980**更特定而言基於命令電壓信號 V_{ACmnd} 產生經調節電壓信號 V_{P1} 及 V_{P2} 。適合用於一些實現方式中之DAC之一個實例為由Norwood, MA之Analog Devices Inc.提供之AD5683R DAC。

在一些特定實現方式中，經調節電壓信號 V_{P1} 及 V_{P2} 為矩形波(或「脈衝」) DC信號，例如脈衝寬度調整型(PWM)電壓信號。在一些此類實現方式中，電壓調節器**1980**包括H-橋電路以產生經調節電壓信號 V_{P1} 及 V_{P2} 。在一些此類實現方式中，經調節電壓信號 V_{P1} 及 V_{P2} 中之每一者具有相同頻率。換言之，在經調節電壓信號 V_{P1} 及 V_{P2} 中之每一者中自當前脈衝起始至下一脈衝起始的時間具有相同持續時間。在一些實現方式中，電壓調節器**1980**可操作以修改相應電壓信號 V_{P1} 及 V_{P2} 之工作週期，使得相應工作週期不相等。以此方式，雖然第一經調節電壓信號 V_{P1} 之脈衝的振幅(或「量值」)(或「開啟」持續時間)可等於第二經調節電壓信號 V_{P2} 之脈衝的量值，但自IGU **1902**中之ECD的對應匯流條及傳導層之角度來看，第一及第二經調節電壓信號 V_{P1} 及 V_{P2} 中之每一者可具有不同的有效DC電壓量值。然而，在另外一些實現方式中，電壓調節器**1980**可另外或或者修改電壓信號 V_{P1} 及 V_{P2} 之脈衝的相應量值。

舉例而言，考慮一應用，其中經調節電壓信號 V_{P1} 及 V_{P2} 中之每一者的脈衝中之每一者具有5 V之振幅，但其中第一電壓信號 V_{P1} 具有60%工作週期，而第二電壓信號 V_{P2} 具有40%工作週期。在此類應用中，由經調節電壓信號 V_{P1} 及 V_{P2} 中之每一者提供的有效DC電壓可近似為相應脈衝振幅與佔據相應脈衝之工作週期的分數的乘積。舉例而言，由第一電壓信號 V_{P1} 提供之有效DC電壓可近似為3 V (5 V與0.6之乘積)，而由第二電壓信號 V_{P2} 提供之有效電壓可近似為2 V (5 V與0.4之乘積)。在一些實現方式中，第一電壓信號 V_{P1} 之工作週期與第二電壓信號 V_{P2} 之工作週期互補。舉例而言，如在剛剛提供之實例的情況

下，若第一電壓信號 V_{P1} 具有X%之工作週期，則第二電壓信號 V_{P2} 之工作週期可為Y%，其中 $Y\% = 100\% - X\%$ 。在一些此類實現方式中，第一電壓信號 V_{P1} 之「開啟」持續時間可與第二電壓信號 V_{P2} 之「關閉」持續時間一致，且類似地，第一電壓信號 V_{P1} 之「關閉」持續時間可與第二電壓信號 V_{P2} 之「開啟」持續時間一致。在另外一些實現方式中，工作週期未必必須為互補的；舉例而言，第一電壓信號 V_{P1} 可具有50%之工作週期，而第二電壓信號 V_{P2} 可具有15%之工作週期。

如上文所描述，在一些實現方式中，經調節電壓信號 V_{P1} 及 V_{P2} 自 IGU 1902 且特定而言 IGU 1902 內之 ECD 的角度來看為有效固定振幅 DC 信號。對於其他此類實現方式，電壓調節器 1980 亦可包括一或多個電子濾波器，且特定而言，包括一或多個被動濾波器組件，諸如一或多個電感器。此類濾波器或濾波組件可在提供經調節電壓信號 V_{P1} 及 V_{P2} 之前使其平滑，以確保經調節電壓信號 V_{P1} 及 V_{P2} 為有效固定振幅 DC 信號。為進一步幫助使經調節電壓信號 V_{P1} 及 V_{P2} 平滑，在一些實現方式中，電壓信號 V_{P1} 及 V_{P2} 中之脈衝的頻率可大於或等於適當高之頻率(例如數十、數百或數千千赫茲(kilohertz, kHz))。舉例而言，如一般熟習此項技術者將瞭解，施加於導體之電壓振盪頻率愈大，導體中愈少之電荷能夠對電壓振盪起反應。另外，電感器之電感應愈大，經由電感器提供之電壓振盪愈平滑。

在一些實現方式中，電壓調節器 1980 可有利地能夠以突發模式操作以降低 WC 1900 隨時間推移之功率消耗。在突發操作模式中，電壓調節器 1980 自動進入及離開突發模式以最小化電壓調節器 1980 之功率消耗。適合用於一些實現方式中之此類電壓調節器之一個實例為由

Milpitas, CA之Linear Technology Corp.提供之LTC3112 15 V, 2.5 Amp 同步降壓-升壓DC/DC轉換器。

在一些實現方式中，經調節電壓信號 V_{P1} 及 V_{P2} 分別為所施加電壓信號 V_{App1} 及 V_{App2} 。在一些此類實現方式中，經調節電壓信號 V_{P1} 與 V_{P2} 之間的差為有效電壓 V_{Eff} 。在一些實現方式中，為實現變淺著色轉變，處理單元**1904**產生命令信號 V_{DCmnd} ，使得電壓調節器**1980**提供正有效電壓 V_{Eff} ，而為實現變深著色轉變，處理單元**1904**產生命令信號 V_{DCmnd} ，使得電壓調節器**1980**提供負有效電壓 V_{Eff} 。相反地，在涉及不同電致變色層或相對電極層之另外一些實現方式中，變深著色轉變係藉由提供正有效電壓 V_{Eff} 來達成，而變淺著色轉變係藉由提供負有效電壓 V_{Eff} 來達成。

不管怎樣，電壓調節器**1980**可如下提供正有效電壓 V_{Eff} ：藉由增加第一電壓信號 V_{P1} 之工作週期或藉由減小第二電壓信號 V_{P2} 之工作週期，使得第一電壓信號 V_{P1} 之工作週期大於第二電壓信號 V_{P2} 之工作週期，且因此，第一施加電壓信號 V_{App1} 之有效DC電壓大於第二施加電壓信號 V_{App2} 之有效DC電壓。類似地，電壓調節器**1980**可如下提供負有效電壓 V_{Eff} ：藉由減小第一電壓信號 V_{P1} 之工作週期或藉由增加第二電壓信號 V_{P2} 之工作週期，使得第一電壓信號 V_{P1} 之工作週期小於第二電壓信號 V_{P2} 之工作週期，且因此，第一施加電壓信號 V_{App1} 之有效DC電壓小於第二施加電壓信號 V_{App2} 之有效DC電壓。

在另外一些實現方式(包括圖6中所圖解說明之實現方式)中，驅動電路**1908**另外包括極性切換器**1984**。極性切換器**1984**自電壓調節器**1980**接收兩種經調節電壓信號 V_{P1} 及 V_{P2} 且輸出分別提供至電力線路

1934及**1936**之施加電壓信號 V_{App1} 及 V_{App2} 。可使用極性切換器**1984**將有效電壓 V_{Eff} 之極性自正值切換至負值，且反之亦然。再次，在一些實現方式中，藉由增加第一電壓信號 V_{P1} 之工作週期或藉由減小第二電壓信號 V_{P2} 之工作週期，電壓調節器**1980**可相對於 V_{P2} 增加 V_{P1} 之量值，且因此增加 V_{Eff} 之量值。類似地，藉由減小第一電壓信號 V_{P1} 之工作週期或藉由增加第二電壓信號 V_{P2} 之工作週期，電壓調節器**1980**可相對於 V_{P2} 減小 V_{P1} 之量值，且因此減小 V_{Eff} 之量值。

在另外一些實現方式中，第二電壓 V_{P2} 可為信號接地。在此類實現方式中，在轉變期間以及在轉變之間的時間期間第二電壓 V_{P2} 可保持固定或浮動。在此類實現方式中，藉由增加或減小第一電壓信號 V_{P1} 之工作週期，電壓調節器**1980**可增加或減小 V_{P1} 之量值，且因此增加或減小 V_{Eff} 之量值。在另外一些此類實現方式中，藉由直接增加或減小第一電壓信號 V_{P1} 之振幅，且亦調整或不調整第一電壓信號 V_{P1} 之工作週期，電壓調節器**1980**可增加或減小 V_{P1} 之量值，且因此增加或減小 V_{Eff} 之量值。實際上，在此類後一實現方式中，第一電壓信號 V_{P1} 可為實際固定之DC信號而非脈衝信號。

在包括極性切換器**1984**之實現方式中，第二電壓信號 V_{P2} 可為信號接地且第一電壓信號 V_{P1} 可相對於第二電壓信號 V_{P2} 總為正電壓。在此類實現方式中，極性切換器**1984**可包括兩種配置(例如兩種電配置或兩種機械配置)。處理單元**1904**可經由例如經SPI匯流排**1986**提供之控制信號 V_{Polar} 控制極性切換器**1984**處於哪種配置。舉例而言，在實現變淺轉變時，處理單元**1904**可選擇第一配置，而在實現變深轉變時則選擇第二配置。舉例而言，當極性切換器**1984**處於第一配置時，極

性切換器可相對於第二施加電壓信號 V_{App2} 輸出正第一施加電壓信號 V_{App1} 。相反地，當極性切換器**1984**處於第二配置時，極性切換器可相對於第二施加電壓信號 V_{App2} 輸出負第一施加電壓信號 V_{App1} 。

在一些實現方式中，當處於第一配置時，極性切換器**1984**傳送第一電壓信號 V_{P1} (或其緩衝型式)作為第一施加電壓信號 V_{App1} 且傳送第二電壓信號 V_{P2} (或其接地型式)作為第二施加電壓信號 V_{App2} ，從而產生正有效電壓 V_{Eff} 。在一些實現方式中，當處於第二配置時，極性切換器**1984**傳送第一電壓信號 V_{P1} (或其緩衝型式)作為第二施加電壓信號 V_{App2} 且傳送第二電壓信號 V_{P2} (或其接地型式)作為第一施加電壓信號 V_{App1} ，從而產生負有效電壓 V_{Eff} 。在一些實現方式中，極性切換器**1984**可包括H-橋電路。視 V_{Polar} 之值而定，H-橋電路可在第一配置或第二配置中起作用。適合用於一些實現方式中之極性切換器之一個實例為由 San Jose, CA 之 International Rectifier Corp. 提供之 IRF7301 HEXFET Power MOSFET。

在一些實現方式中，當自正電壓 V_{Eff} 切換至負電壓 V_{Eff} (或反之亦然)時，極性切換器**1984**可經配置以自第一傳導模式切換至高阻抗模式且然後切換至第二傳導模式(或反之亦然)。出於理論之原因，考慮第一經調節電壓 V_{P1} 在正保持值下且極性切換器**1984**處於第一配置之實例。如上文所描述，在一些實現方式中，極性切換器**1984**傳送 V_{P1} (或其緩衝型式)作為第一施加電壓 V_{App1} ，從而產生亦在正保持值下之第一施加電壓 V_{App1} 。為簡化說明，亦假定 V_{P2} 及 V_{App2} 均為信號接地。結果將為在正保持值下之有效施加電壓 V_{Eff} 。現在考慮，處理單元**1904**起始著色轉變，該著色轉變將產生有效施加電壓 V_{Eff} 在負保持值

下之最終狀態。在一些實現方式中，為實現著色轉變，處理單元**1904**調整命令信號 V_{DCmd} ，以使得電壓調節器**1980**基於負斜坡-至-驅動型態降低電壓 V_{PI} 之量值。在一些實現方式中，在電壓 V_{PI} 之量值達到接近於零之臨限值(例如10毫伏(mV))時，處理單元**1904**將極性切換器信號 V_{Polar} 自第一值變至第二值，以使得極性切換器**1984**自正傳導模式(上文所描述之第一配置)切換至高阻抗模式。

當在高阻抗模式中時，極性切換器**1984**不傳送 V_{PI} 。替代地，極性切換器**1984**可基於預定計算或評估來輸出 V_{App1} (或 V_{App2})之值。同時，電壓調節器**1980**將 V_{PI} 之量值持續降低至零。當 V_{PI} 之量值達到零時，電壓調節器**1980**開始增加 V_{PI} 之量值，直至量值為負驅動值。當 V_{PI} 之量值到達臨限值(例如10 mV)時，處理單元**1904**然後將極性切換信號 V_{Polar} 自第二值變至第三值，以使得極性切換器**1984**自高阻抗模式切換至負傳導模式(上文所描述之第二配置)。如上文所描述，在一些此類實現方式中，極性切換器**1984**傳送 V_{PI} 作為第二施加電壓 V_{App2} ，而第一施加電壓 V_{App1} 為信號接地。概括地說，當 V_{PI} 之量值大於或等於臨限值電壓(例如10 mV)時，分別視極性切換器**1984**處於正傳導模式(第一配置)抑或負傳導模式(第二配置)而定，極性切換器**1984**傳送經調節電壓 V_{PI} 作為第一施加電壓 V_{App1} 或第二施加電壓 V_{App2} 。因此，當 V_{Eff} 之值小於或等於-10 mV或大於或等於+10 mV時，有效施加電壓 V_{Eff} 係由 V_{PI} 之量值及極性切換器**1984**之極性配置決定。但當極性切換器**1984**處在高阻抗模式時，在-10 mV< V_{Eff} <10 mV時之範圍內， V_{Eff} 之值及更通常 V_{App1} 及 V_{App2} 之值係基於預定計算或評估來確定。

- 反饋電路

如上文所描述，在一些實現方式中，處理單元**1904**可在操作期間(例如在著色轉變期間或在著色轉變之間的時間期間)基於一或多個反饋信號 $V_{反饋}$ 來修改命令信號 V_{DCmnd} 。在一些實現方式中，反饋信號 $V_{反饋}$ 係基於一或多個電壓反饋信號 V_{oc} ，該一或多個電壓反饋信號 V_{oc} 又基於在所連接之IGU的ECD上偵測到的實際電壓水準。可在週期性開路條件期間(在轉變期間或在轉變之間)量測此類電壓反饋信號 V_{oc} ，同時關掉施加電壓 V_{App1} 及 V_{App2} 達短暫的持續時間。舉例而言，可使用差動放大器**1988**量測開路電壓反饋信號 V_{oc} ，該差動放大器具有與電力線路**1934**連接之第一輸入端、與電力線路**1936**連接之第二輸入端及與模擬-數位轉換器(ADC) **1992**連接之輸出端。適合用於一些實現方式中之差動放大器之一個實例為由Milpitas, CA之Linear Technology Corp.提供之低功率、可調整增益、精密LT1991。

另外或或者，第二反饋信號 $V_{反饋}$ 可基於一或多個電流反饋信號 V_{Cur} ，該一或多個電流反饋信號 V_{Cur} 又基於偵測到的通過ECD之實際電流水準。可使用運算放大器**1990**量測此類電流反饋信號 V_{Cur} ，該運算放大器具有與電阻器**691**之第一輸入端子連接之第一輸入端，該第一輸入端子亦連接至極性切換器**1984**之輸出端。運算放大器**1990**之第二輸入端可與電阻器**691**之第二端子連接，該第二端子亦連接至在第二供電電壓 V_{Sup2} 下之節點。運算放大器**1990**之輸出端可與ADC **1992**連接。適合用於一些實現方式中之運算放大器之一個實例為由Norwood, MA之Analog Devices Inc.提供之低雜訊、CMOS、精密AD8605。由於電阻器**691**之電阻 R_F 為已知的，故可基於電壓差信號

V_{Cur} 由處理單元**1904**確定自極性切換器**1984**流出之實際電流。

在一些實現方式中，處理單元**1904**亦經配置以補償由經由傳導性電力分配線路**633**及**635**傳送電壓信號 V_{App1} 及 V_{App2} 產生之傳輸損失。更特定而言，提供至給定IGU **1902**之匯流條的實際電壓可小於WC **1900**之輸出端的電壓 V_{App1} 及 V_{App2} 。因此，在IGU **402**內之ECD上施加的實際電壓 V_{Act} 可小於WC **1900**之輸出端的電壓 V_{App1} 與 V_{App2} 之間的差。舉例而言，電力分配線路**1934**及**1936**之電阻(圖解表示為各自具有電阻 R_T 之電阻器)可沿電力分配線路**1934**及**1936**產生顯著電壓降。各電力分配線路之電阻當然與電力分配線路之長度成正比且與電力分配線路之截面積成反比。因此可基於知曉電力分配線路之長度來計算預期電壓降。然而，此長度資訊未必可獲得。舉例而言，安裝工在安裝IGU期間可能未記錄此類長度資訊或可能未準確、精確或恰當記錄此類資訊。另外，在利用現有線之一些遺留型安裝中，此類長度資訊可能不可獲得。

另外或或者，第三反饋信號 $V_{反饋}$ 可基於一或多個電壓補償反饋信號 V_{Comp} ，該電壓補償反饋信號 V_{Comp} 又基於沿電力分配線路中之至少一者偵測到的實際電壓降。舉例而言，可使用差動放大器**1994**量測此類反饋信號 V_{Comp} ，該差動放大器具有與WC **1900**中之電力分配線路**1934**或**1934**中之一者連接的第一輸入端、與WC **1900**中之第五條線路**1942**連接之第二輸入端及與ADC **1992**連接之輸出端。

開路電壓反饋信號 V_{oc} 、電流反饋信號 V_{Cur} 及電壓補償反饋信號 V_{Comp} 中之每一者可藉由ADC **1992**數位化且作為反饋信號 $V_{反饋}$ 提供至處理單元**1904**。適合用於一些實現方式中之ADC之一個實例為由

Norwood, MA之Analog Devices Inc.提供之低功率AD7902。在以上一些情況下，當以單數形式提及反饋信號 $V_{反饋}$ 時，反饋信號 $V_{反饋}$ 可統指三個(或更多個或更少個)個別反饋信號：第一者針對數位化開路電壓信號 V_{oc} 、第二者針對數位化電流信號 V_{Cur} 及第三者針對數位化電壓補償信號 V_{Comp} 。可經由SPI匯流排**1986**將反饋信號 $V_{反饋}$ 提供至處理單元**1904**。處理單元**1904**可然後使用反饋信號 $V_{反饋}$ 來動態地修改命令信號 V_{DCmd} ，使得在IGU **1902**之ECD堆疊上所施加之電壓的實際值 V_{Act} 近似等於所要有效電壓 V_{Eff} ，且因此，使得達到目標色彩狀態。

舉例而言，在外部環境變亮時，WC **1900**可自NC **1800**接收色彩命令以使IGU **1902**變深色。然而，在一些實現方式或情況下，當相應ECD變得著色愈來愈多時，ECD之溫度可因增加之光子吸收而顯著升高。由於ECD之色彩可視ECD之溫度而定，故若不調整命令信號 V_{DCmd} 以補償溫度變化，則色彩狀態可變化。在一些實現方式中，處理單元**1904**可如經由反饋信號 V_{oc} 及 V_{Cur} 判定基於在ECD上偵測到之實際電壓或偵測到之通過ECD的實際電流調整命令信號 V_{DCmd} ，而非直接偵測溫度波動。

- 通信電路

通信電路**1912**通常經配置以實現處理單元**1904**與WC **1900**內或外之各種其他組件之間的通信。舉例而言，通信電路**1912**可包括橋裝置**1996**。在一些實現方式中，橋裝置**1996**使處理單元**1996**能夠經通信線路**1938**及**1940** (統稱為資料匯流排**1944**)及對應通信線路**637**及**639**傳送及接收資料信號資料₃及資料₄。在一些實現方式中，橋裝置**1996**可為經配置以根據1線通信協定進行通信的1線橋裝置。在一些此類實現方

式中，通信線路**639**及**1940**可為信號接地，而運載資料信號資料₃之通信線路**637**及**639**可將資料與電力二者提供至IGU **1902**內之晶片**756**以及許多1線兼容感測器。在一些實現方式中，IGU **1902**內之晶片**756**可為處理單元**1904**及IGU **1902**內之感測器之間進行資料通信的中介物。舉例而言，感測器可連接至通信線路**739**及**741**，該等通信線路連接至晶片**756**。在另外一些實現方式中，感測器可經由介面**754**及通信線路**738**及**740**與通信線路**637**及**639**直接耦合。在其他時間，資料信號資料₃可將感測器資料傳送回到處理單元**1904**。

橋裝置**1996**經配置以管理到達、來自1線裝置及在其之間的通信。處理單元**1904**可經由I²C匯流排**1997**將指令傳送至橋裝置**1996**，或自橋裝置接收資料。雖然在本文中可以單數形式描述I²C匯流排**1997**，但I²C匯流排**1997**可統指兩個或更多個I²C匯流排，其中之每一者均可用於與WC **1900**之相應組件通信。因此，在一些實現方式中，橋裝置**1996**充當I²C至1線橋，直接介接至I²C主機之I²C主端口(處理單元**1904**)，以執行處理單元**1904**與包括IGU **1902**上或內之晶片**756**及任何感測器的下游1線從屬裝置之間的雙向協定轉換。適合用於一些實現方式中之一種此類橋裝置為由San Jose, CA之Maxim Integrated Products, Inc.提供的DS2482 1線主裝置。在另外一些實現方式中，橋裝置**1996**之功能可整合至處理單元**1904**中。

在一些實現方式中，通信電路**1912**亦包括無線電收發機**1998**。舉例而言，無線電收發機**1998**可經由I²C匯流排**1997**與處理單元**1904**通信。無線電收發機**1998**可實現處理單元**1904**與具有此類無線電收發機之其他裝置之間的無線通信，該等其他裝置包括例如其他WC

1900、**NC 1800**、**IGU 1902**以及行動裝置或其他計算裝置。當在本文中以單數形式提及時，無線電收發機**1998**可統指一或多個無線電收發機，該一或多個無線電收發機各自經配置用於根據不同的相應協定進行無線通信。舉例而言，適合用於一些實現方式中之一些無線網路協定可基於IEEE 802.11標準，諸如Wi-Fi (或「WiFi」)。另外或或者，無線電收發機**1998**可經配置以基於IEEE 802.15.4標準進行通信，該IEEE 802.15.4標準界定對低速率無線個人區域網路(LR-WPAN)之實體層及媒體存取控制。舉例而言，與IEEE 802.15.4標準相容之更高級協定可基於ZigBee、6LoWPAN、ISA100.11a、WirelessHART或MiWi規格及標準。另外或或者，無線電收發機**1998**可經配置以基於藍芽標準(包括經典藍芽、藍芽高速及藍芽低能量協定且包括藍芽v4.0、v4.1及v4.2版本)進行通信。另外或或者，無線電收發機**1998**可經配置以基於EnOcean標準(ISO/IEC 14543-3-10)進行通信。

如上文所描述，無線通信可代替WC **1900**與NC **1800**之間經實體纜線進行的通信。此外，在一些實現方式中，分佈式WC **1900**可形成網狀網路，以將各種資訊傳送至彼此或MC **1700**、NC **1800**或其他裝置，從而使得諸如網路系統**1600**之網路系統的各個控制器之間的實體通信線路為不必要的。亦如上文提到，WC **1900**可與其控制之IGU **1902**進行無線通信。舉例而言，各IGU **1902**內之通信模組**756**亦可包括用於與無線電收發機**1998**及WC **1900**之處理單元**1904**通信的無線電收發機。在一些實現方式中，無線通信可代替WC **1900**與IGU **1902**之間經實體纜線進行的通信。舉例而言，無線通信可代替1線通信匯流排**1944**、通信線路**637**及**639**以及通信線路**738**及**740**。此類無線實現方

式可有助於製造及安裝自含式IGU，例如不需要連接實體纜線之IGU。在一些此類自含式實現方式中，各IGU可包括儲能裝置及用於對儲能裝置進行充電之整合式光伏打電池。儲能裝置又可為IGU內之ECD的色彩狀態及色彩狀態轉變供電。

在一些實現方式中，通信電路**1912**可另外或或者包括電力線路通信模組**1999**。在並非經通信線路**1922**及**1924**或無線或者除經通信線路**1922**及**1924**或無線之外，經由供電電壓信號 V_{Sup1} （且在一些情況下亦經由 V_{Sup2} ）傳送資料之實現方式或情況下可使用電力線路通信模組**1999**。如圖所示，電力線路通信模組**1999**亦可經由I²C匯流排**1997**與處理單元**1904**通信。

- 智慧網路控制器

在一些實現方式中，參考圖18描述之NC **1800**可接管上文描述為圖17之MC **1700**之職責的功能、製程或操作中之一些。另外或或者，NC **1800**可包括未參考MC **1700**描述之其他功能或能力。

在一些實現方式中，NC **1800**定期自其控制之WC **1900**請求狀態資訊。舉例而言，NC **1800**可每幾秒、每幾十秒、每分鐘、每幾分鐘或在任何所需時間段之後將狀態請求傳送至其控制之WC **1900**中之每一者。在一些實現方式中，使用相應WC **1900**之CAN ID或其他標識符將各狀態請求引導至WC **1900**中之相應者。在一些實現方式中，在各輪狀態採集期間NC **1800**在其控制之所有WC **1900**中依序進行。換言之，在各輪狀態採集中NC **1800**循環通過其控制之所有WC **1900**，從而將狀態請求依序發送至WC **1900**中之每一者。在狀態採集循環中，在已將狀態請求發送至給定WC **1900**之後，NC **1800**然後等待自

相應WC 1900接收狀態資訊，然後將狀態請求發送至下一個WC。

在一些實現方式中，在已自NC 1800控制之所有WC 1900接收狀態資訊之後，NC 1800然後執行一輪色彩命令分配。舉例而言，在一些實現方式中，各輪狀態採集隨後為一輪色彩命令分配，該輪色彩命令分配隨後為下一輪狀態採集及下一輪色彩命令分配等等。在一些實現方式中，在各輪色彩命令分配期間，NC 1800繼續發送色彩命令至NC 1800控制之WC 1900中之每一者。在一些此類實現方式中，在該輪色彩命令分配期間，NC 1800亦在其控制之所有WC 1900中依序進行。換言之，在各輪色彩命令分配中，NC 1800循環通過其控制之所有WC 1900，從而將色彩命令依序發送至WC 1900中之每一者。

在一些實現方式中，各狀態請求包括指示相應WC 1900正在請求何種狀態資訊之指令。在一些實現方式中，響應於收到此類請求，相應WC 1900藉由將所請求之狀態資訊傳輸至NC 1800 (例如經由上游纜線集合1916中的通信線路)來回應。在另外一些實現方式中，各狀態請求根據預設使得WC 1900為其控制之IGU 1902的集合傳輸預定資訊集合。不管怎樣，WC 1900響應於各狀態請求傳送至NC 1800之狀態資訊可包括IGU 1902之色彩狀態值(S)，例如指示IGU 1902正經歷著色轉變抑或已完成著色轉變。另外又或者，色彩狀態值S或另一值可指示著色轉變中之特定階段(例如電壓控制型態之特定階段)。在一些實現方式中，狀態值S或另一值亦可指示WC 1900是否處於睡眠模式。響應於狀態請求傳送之狀態資訊亦可包括用於IGU 1902之色彩值(C)，例如如由MC 1700或NC 1800所設定。反應亦可包括由WC 1900基於色彩值所設定之設定點電壓(例如有效施加 V_{Eff} 之值)。在一些實

現方式中，反應亦可包括在IGU **1902**內之ECD上所量測、偵測或以其他方式測定(例如經由放大器**1988**及反饋電路**1910**)的近實時實際電壓水準 V_{Act} 。在一些實現方式中，反應亦可包括所量測、偵測或以其他方式測定(例如經由放大器**1990**及反饋電路**1910**)之穿過IGU **1902**內之ECD的近實時實際電流水準 I_{Act} 。反應亦可包括例如自整合於IGU **1902**上或內之光感測器或溫度感測器收集到的各種近實時感測器資料。

諸如CANOpen之一些協定限制自WC **1900**發送至NC **1800** (且反之亦然)之各資料幀的大小。在一些情況下，響應於此類請求發送各狀態請求及接收狀態資訊實際上包括多個雙向通信，且因此包括多個幀。舉例而言，上文所描述之各狀態請求可包括對上文所描述之狀態值中之每一者的單獨的亞要求。作為更特定實例，自NC **1800**至特定WC **1900**之各狀態請求可包括請求狀態值S之第一亞請求。響應於第一亞請求，WC **1900**可將收到通知及包括狀態值S之幀傳輸至NC **1800**。NC **1800**可然後將第二亞請求傳輸至WC **1900**，從而請求色彩值C。響應於第二亞請求，WC **1900**可將收到通知及包括色彩值C之幀傳輸至NC **1800**。可類似地使用單獨的相應亞請求及反應來獲得 V_{Eff} 、 V_{Act} 及 I_{Act} 之值以及感測器資料。

在另外一些實現方式中，NC **1800**可異步發送狀態請求至特定WC **1900**，而非連續地輪詢或發送狀態請求至WC **1900**中之每一者。舉例而言，定期自所有WC **1900**接收狀態資訊(包括C、S、 V_{Eff} 、 V_{Act} 及 I_{Act})可能為不適用的。舉例而言，可能需要僅自WC **1900**中近期已接收或實現色彩命令、當前正經歷著色轉變、近期已完成著色轉變或

已有相對長之持續時間未自其收集狀態資訊之特定者異步請求此類資訊。

在另外一些實現方式中，WC 1900中之每一者可定期廣播其狀態資訊(包括C、S、 V_{Eff} 、 V_{Act} 及 I_{Act})，而非連續地抑或異步地個別地輪詢或發送狀態請求至WC 1900中之每一者。在一些此類實現方式中，WC 1900中之每一者可無線地廣播狀態資訊。舉例而言，各WC 1900可每幾秒、數十秒、數分鐘或數十分鐘廣播狀態資訊。在一些實現方式中，WC 1900可經同步化以在某些時間廣播其相應狀態資訊，從而避免佔用大量集體帶寬。另外，例如基於相應IGU在建築物中及相對於太陽之位置，或基於鄰近IGU之房間是否被佔用，WC 1900之不同集合(諸如上文所描述之區)及在不同時間之廣播時間可不同。

在另外一些實現方式中，WC 1900中之每一者可響應於某些條件而廣播其狀態資訊，例如當起始著色轉變時、當完成著色轉變時、當 V_{Act} 變化達臨限值時、當 I_{Act} 變化達臨限值時、當感測器資料(例如光強度或溫度)變化達臨限值時、當佔用感測器指示鄰近房間被佔用時或當進入或離開睡眠模式時。NC 1800可傾聽此類廣播狀態資訊，且當其聽到此類廣播狀態資訊時，記錄狀態資訊。有利地，在廣播實現方式中，自一組WC 1900接收狀態資訊所需之時間約削減一半，因為不必自WC 1900請求狀態資訊，且因此，沒有與各WC 1900相關之往返延遲。替代地，僅存在與將狀態資訊自各WC 1900傳輸至NC 1800所需之時間相關的單向等待時間。

在一些此類實現方式中，NC 1800可經由有線抑或無線連接異步發送色彩命令至特定WC 1900，而非連續地發送色彩命令至WC 1900

中之每一者。舉例而言，定期發送色彩命令至所有WC 1900可能為不適用的。舉例而言，可能需要僅異步發送色彩命令至WC 1900中將轉變至不同色彩狀態、已剛剛(或近期)接收到其狀態資訊或已有相對長之持續時間未向其發送色彩命令之特定者。

- 資料記錄器

在一些實現方式中，NC 1800亦包括用於記錄與由NC 1800控制之IGU相關之資料的資料記錄模組(或「資料記錄器」)。在一些實現方式中，資料記錄器記錄對狀態請求之一些或所有反應中之每一者中所包括的狀態資訊。如上文所描述，WC 1900響應於各狀態請求傳送至NC 1800之狀態資訊可包括IGU 1902之色彩狀態值(S)；指示著色轉變中之特定階段(例如電壓控制型態之特定階段)的值；指示WC 1900是否處於睡眠模式之值；色彩值(C)；由WC 1900基於色彩值設定之設定點電壓(例如有效施加 V_{Eff} 之值)；在IGU 1902內之ECD上所量測、偵測或以其他方式測定的實際電壓水準 V_{Act} ；所量測、偵測或以其他方式測定的通過IGU 1902內之ECD之實際電流水準 I_{Act} ；及例如自整合於IGU 1902上或內之光感測器或溫度感測器收集到的各種感測器資料。

在一些實現方式中，NC 1800內之資料記錄器收集自WC 1900接收到之各種資訊且以由逗號隔開之值(CSV)的文件形式或經由另一表格結構文件格式進行存儲。舉例而言，CSV文件之各列可與相應狀態請求有關，且可包括響應於狀態請求所接收的C、S、 V_{Eff} 、 V_{Act} 及 I_{Act} 之值以及感測器資料(或其他資料)。在一些實現方式中，藉由對應於相應狀態請求之時間戳(例如當NC 1800發送狀態請求時、當WC 1900

收集到資料時、當 WC 1900 傳輸包括資料之反應時或當 NC 1800 收到反應時)來識別各列。在一些實現方式中，各列亦包括與相應 WC 1900 相關之 CAN ID 或其他 ID。

在另外一些實現方式中，CSV 文件之各列可包括由 NC 1800 控制之所有 WC 1900 的請求資料。如上文所描述，在各輪狀態請求期間 NC 1800 可依序循環通過其控制之所有 WC 1900。在一些此類實現方式中，CSV 文件之各列仍係藉由時間戳(例如在第一行中)來識別，但時間戳可與各輪狀態請求之起始而非各個別請求有關。在一個特定實例中，第 2-6 行可分別包括用於由 NC 1800 控制之 WC 1900 中之第一者的值 C 、 S 、 V_{Eff} 、 V_{Act} 及 I_{Act} ，第 7-11 行可分別包括用於 WC 1900 中之第二者的值 C 、 S 、 V_{Eff} 、 V_{Act} 及 I_{Act} 、第 12-16 行可分別包括用於 WC 1900 中之第三者的值 C 、 S 、 V_{Eff} 、 V_{Act} 及 I_{Act} 等等，此係在由 NC 1800 控制之所有 WC 1900 中。CSV 文件中之後續列可包括用於下一輪狀態請求之相應值。在一些實現方式中，各列亦可包括自與由各 WC 1900 控制之相應 IGU 整合的光感測器、溫度感測器或其他感測器獲得的感測器資料。舉例而言，可將此類感測器資料值輸入用於 WC 1900 中之第一者的 C 、 S 、 V_{Eff} 、 V_{Act} 及 I_{Act} 之值之間的相應行，但在列中係在用於 WC 1900 中之下一者的 C 、 S 、 V_{Eff} 、 V_{Act} 及 I_{Act} 之值之前。另外又或者，各列可包括來自一或多個外部感測器(例如上文就圖 1-13 所描述之多感測器裝置 100)之感測器資料值。在一些此類實現方式中，NC 1800 可在各輪狀態請求結束時發送狀態請求至外部感測器。

- 協定轉換模組

如上文所描述，NC 1800 之一個功能可為在各種上游及下游協定

之間進行翻譯例如以實現資訊在WC 1900與MC 1700之間或WC與面向外之網路1610之間分佈。在一些實現方式中，協定轉換模組負責此類翻譯或轉換服務。在各個實現方式中，協定轉換模組可經程式化以執行許多上游協定中之任一者與許多下游協定中之任一者之間的翻譯。如上文所描述，此類上游協定可包括UDP協定，諸如BACnet；TCP協定，諸如oBix；在此等協定上建立之其他協定以及各種無線協定。下游協定可包括例如CANopen、其他CAN兼容協定及各種無線協定，包括例如基於IEEE 802.11標準之協定(例如WiFi)、基於IEEE 802.15.4標準之協定(例如ZigBee、6LoWPAN、ISA100.11a、WirelessHART或MiWi)、基於藍芽標準之協定(包括經典藍芽、藍芽高速及藍芽低能量協定且包括藍芽v4.0、v4.1及v4.2版本)或基於EnOcean標準之協定(ISO/IEC 14543-3-10)。

- 整合分析

在一些實現方式中，NC 1800定期(例如每24小時)將資料記錄器所記錄之資訊(例如呈CSV文件形式)上傳至MC 1700。舉例而言，NC 1800可經由文件傳送協定(FTP)或另一適合之協定經乙太網資料鏈路1616將CSV文件傳輸至MC 1700。在一些此類實現方式中，狀態資訊可然後存儲於資料庫1620中或變成應用程式經面向外之網路1610可存取的。

在一些實現方式中，NC 1800亦可包括分析資料記錄器所記錄之資訊的功能。舉例而言，分析模組可實時接收及分析資料記錄器所記錄之原始資訊。在各個實現方式中，分析模組可經程式化以基於來自資料記錄器之原始資訊來作出決定。在另外一些實現方式中，分析模

組可與資料庫**1620**通信以在資料記錄器所記錄之狀態資訊存儲於資料庫**1620**中之後對其進行分析。舉例而言，分析模組可將 V_{Eff} 、 V_{Act} 及 I_{Act} 之原始值與預期值或預期範圍之值進行比較且基於該比較標記特殊條件。舉例而言，此類經標記之條件可包括電力尖峰，指示ECD之短路、錯誤或損壞。在一些實現方式中，分析模組將此類資料傳送至色彩判定模組或電力管理模組。

在一些實現方式中，分析模組亦可過濾自資料記錄器接收到之原始資料以更智慧地或高效地將資訊存儲於資料庫**1620**中。舉例而言，分析模組可經程式化以僅傳送「令人關注之」資訊至資料庫管理器以便存儲於資料庫**1620**中。舉例而言，令人關注之資訊可包括異常值，或以其他方式偏離預期值(諸如基於經驗或歷史值)的值。原始資料可如何過濾、剖析、暫時存儲及長期高效存儲於資料庫中之更詳細實例描述於2015年5月7日申請且標題為「CONTROL METHOD FOR TINTABLE WINDOWS」之PCT專利申請案第PCT/2015/029675號(代理人案號VIEWP049X1WO)中，該申請案以全文引用之方式併入本文中。

- 資料庫管理器

在一些實現方式中，NC **1800**包括經配置以定期(例如每小時、每幾小時或每24小時)將資料記錄器所記錄之資訊存儲至資料庫的資料庫管理器模組(或「資料庫管理器」)。在一些實現方式中，資料庫可為外部資料庫，諸如上文所描述之資料庫**1620**。在另外一些實現方式中，資料庫可在NC **1800**之內部。舉例而言，資料庫可在NC **1800**之輔記憶體**1806**內或NC **1800**內之另一長期記憶體內作為時間序列資料

庫(諸如Graphite資料庫)而實現。在一些示例性實現方式中，資料庫管理器可作為在NC 1800之多任務操作系統內作為後台處理、任務、子任務或應用程式而執行的Graphite Daemon而實現。

在一些實現方式中，資料庫1620可統指兩個或更多個資料庫，其中之每一者可存儲由網路系統1600中之NC 1800中的一些或全部獲得的資訊中的一些或全部。舉例而言，出於冗餘目的可能需要將資訊之諸多個拷貝存儲於多個資料庫中。在一些實現方式中，資料庫1620可統指許多資料庫，其中之每一者在相應NC 1800內部(諸如Graphite或其他時間序列資料庫)。亦可能需要將資訊之諸多個拷貝存儲於多個資料庫中，使得可將來自包括第三方應用程式之應用程式的信息請求分配於資料庫之間且進行更高效地處理。在一些此類實現方式中，資料庫可定期或以其他方式經同步化以維持一致性。

在一些實現方式中，資料庫管理器亦可對自分析模組接收到之資料進行過濾，以更智慧地或高效地將資訊存儲於內部或外部資料庫中。舉例而言，資料庫管理器可另外或或者經程式化以僅將「令人關注之」資訊存儲至資料庫。再次，令人關注之資訊可包括異常值，或以其他方式偏離預期值(諸如基於經驗或歷史值)的值。原始資料可如何過濾、剖析、暫時存儲及長期高效存儲於資料庫中之更詳細實例描述於2015年5月7日申請且標題為「CONTROL METHOD FOR TINTABLE WINDOWS」之PCT專利申請案第PCT/2015/029675號(代理人案號VIEWP049X1WO)中，該申請案以全文引用之方式併入本文中。

- 色彩判定

在一些實現方式中，NC **1800**包括關於計算、判定、選擇或以其他方式產生用於IGU **1902**之色彩值的智慧。舉例而言，如上文參考圖17之MC **1700**類似地描述，色彩判定模組可執行各種算法、任務或子任務以基於參數組合產生色彩值。參數組合可包括例如由資料記錄器收集及存儲之狀態資訊。舉例而言，參數組合亦可包括時間或日曆資訊，諸如一天中之時間、一年中之日子或季節中之時間。另外或者，參數組合可包括陽曆資訊，諸如太陽相對於IGU **1902**之方向。參數組合亦可包括外部溫度(建築物外部)、內部溫度(鄰近目標IGU **1902**之房間內)或IGU **1902**之內部體積內之溫度。參數組合亦可包括關於天氣(例如無論是晴朗、陽光充足、陰天、多雲、下雨抑或下雪)之資訊。諸如一天中之時間、一年中之日子或太陽方向之參數可經程式化至NC **1800**中且由NC **1800**跟蹤。諸如外部溫度、內部溫度或IGU溫度之參數可自在建築物中、上或周圍之感測器或整合在IGU **1902**上或內之感測器獲得。在一些實現方式中，各種參數可由可經由API與NC **1800**通信之包括第三方應用程式之各種應用程式提供，或基於由可經由API與NC **1800**通信之包括第三方應用程式之各種應用程式提供的資訊來判定。舉例而言，網路控制器應用程式或其在其中運行之操作系統可經程式化以提供API。

在一些實現方式中，色彩判定模組亦可基於經由各種行動裝置應用程式、牆壁裝置或其他裝置接收到之用戶超控來判定色彩值。在一些實現方式中，色彩判定模組亦可基於各種應用程式(包括第三方應用程式及基於雲之應用程式)接收到之命令或指令來判定色彩值。舉例而言，此類第三方應用程式可包括各種監測服務，包括恆溫服

務、警報服務(例如火災探測)、安全服務或其他電器自動化服務。監測服務及系統之其他實例可見於2015年3月5日申請且標題為MONITORING SITES CONTAINING SWITCHABLE OPTICAL DEVICES AND CONTROLLERS之PCT/US2015/019031 (代理人案號VIEWP061WO)中。此類應用程式可經由一或多個API與NC 1800內之色彩判定模組及其他模組通信。NC 1800可實現之API之一些實例描述於2014年12月8日申請且標題為「MULTIPLE INTERFACING SYSTEMS AT A SITE」之美國臨時專利申請第62/088,943號(代理人案號VIEWP073P)中。

- 附接於電路板之安裝形式或結構中的周邊光感測器

在某些實現方式中，多感測器裝置100 (或1000)之周邊的各光感測器附接於一形式或安裝結構，或封閉於一形式或安裝結構中，且來自光感測器之電引線在周圍彎曲以與電路板面上之適當觸點連接。圖20顯示根據一實施例，封閉於附接於平面電路板1534之安裝結構1112中的光感測器1112之圖式的正視圖(頂部)及截面視圖z-z'(底部)。安裝結構1112可為由例如塑膠或熱塑性材料(諸如耐綸或聚醯胺)以及其他適合之材料形成之材料塊或材料形狀。在其他實例中，安裝結構1112可由金屬材料(諸如鋁、鈷或鈦)或半金屬材料(諸如alumide)形成。視材料而定，安裝結構1113可經3D-印刷、注射模製或經由其他適合之方法成形。安裝結構1112包括經成形之孔隙，以接收光感測器1112及維持光感測器1112於平行於平面電路板1534之方向上。光感測器1112亦可附接或以其他方式連接至孔隙內部。來自光感測器1112背面之引線1115以約90度彎曲以下來與電路板1534面上之觸點連接。引線1112

可穿過管道或其他開口穿過安裝結構以連接至電路板**1534**。出於說明目的顯示單一光感測器**1112**。應瞭解，多感測器裝置中包括多個光感測器。

在一或多個態樣中，所描述功能中之一或多者可在硬體、數位電子電路、類似電子電路、電腦軟體、韌體(包括本說明書中所揭示之結構及其結構等效物)中或在其任何組合中實現。亦可以一或多個控制器、電腦程式或實體結構，例如在電腦存儲介質上編寫代碼以便由窗控制器、網路控制器及/或天線控制器執行或用以控制窗控制器、網路控制器及/或天線控制器之操作的電腦程式指令之一或多個模組的形式來實現此文檔中所描述之主題的某些實現方式。表現為電致變色窗或用於電致變色窗之任何所揭示之實現方式可更通常以可切換光學裝置之形式來實現或用於可切換光學裝置(包括窗、鏡等)。

對本發明中所描述之實施例的各種修改可為熟習此項技術者輕易顯而易知的，且本文所定義之一般原則可適用於其他實現方式，而不會背離本發明之精神或範疇。因此，申請專利範圍不欲限於本文所示之實現方式，而是被給予與本發明、本文所揭示之原則及新穎特徵一致之最廣泛範疇。另外，一般熟習此項技術者將容易瞭解，術語「上部」及「下部」有時係出於容易對圖進行描述而使用，且指示在經適當取向之一頁上對應於圖之取向的相對位置，且可能不反映裝置在實現時之適當取向。

本說明書在單獨實現方式之情形中所描述之某些特徵亦可以組合形式在單一實現方式中實現。相反地，在單一實現方式之情形中所描述之各個特徵亦可單獨地或以任何適合之子組合形式在多個實現方

式中實現。此外，雖然上文可能將特徵描述為以某些組合形式起作用，且甚至最初照此進行主張，但來自所主張之組合的一或多個特徵在一些情況下可自組合中去除，且所主張之組合可指向子組合或子組合之變化型式。

類似地，雖然在圖式中以特定順序展示操作，但此未必意謂要求該等操作以所示之特定順序或以連續順序執行，或執行所有所說明之操作，以達成所需結果。另外，該等圖式可以流程圖形式再示意性地展示一個示例性製程。然而，可將未展示之其他操作合併於已示意性說明之示例性製程中。舉例而言，可在所說明之操作中之任一者之前、之後、同時或之間執行一或多個其他操作。在某些情況下，多重任務及平行處理可為有利的。此外，在上文所描述之實現方式中各種系統組件隔開不應理解為在所有實現方式中需要此類隔開，且應瞭解，所描述之程式組件及系統可通常一起整合在單一軟體產品中或包裝至多個軟體產品中。另外，其他實現方式在以下申請專利範圍之範疇內。在一些情況下，申請專利範圍中所敘述之動作可以不同順序執行且仍達成所需結果。

【符號說明】

100	多感測器裝置
102	外殼
104	擴散器
106	覆蓋物外殼(或「覆蓋物」或「蓋」)
110	假想軸
112	光感測器

113	光敏區域
114	光感測器
115	紅外感測器
116	代表光感測器 112 中之對應者的取向的軸線
200	擴散器
300	外殼
320	環形部分
322	空腔部分
324	基部
326	管道
328	通孔；孔隙
330	柱結構
400	外殼
500	電基板
506	紅外感測器
532	T形部分
534	T形部分
536	中心部分
538	通孔
540	微控制器
542	數位信號處理器(DSP)
544	網路介面
550	溫度感測器

700	組合作
800	組合作
900	外殼覆蓋物
1000	多感測器裝置
1100	桅桿
1102	第一部分
1104	第二部分
1106	機械耦合器
1108	連接機構
1112	安裝結構
1113	安裝結構
1115	引線
1200	多個柱之柱狀圖
1201	第一柱
1203	第二柱
1205	第三柱
1207	第四柱
1211A	第一曲線
1211B	第二曲線
1213A	第一曲線
1213B	第二曲線
1215A	第一曲線
1215B	第二曲線

1217A	第一曲線
1217B	第二曲線
1300	電路
1372	乙太網供電(PoE)模組
1374	網路介面
1376	乙太網板
1378	微控制器
1380	放大電路
1382	多路調製器(MUX)
1384	模擬-數位轉換器(ADC)
1400	電致變色窗
1404	第一窗片
1406	第二窗片
1408	內部體積
1410	電致變色裝置(ECD)
1412	電致變色(「EC」)堆疊
1414	第一透明導電氧化物(TCO)層
1416	第二TCO層
1418	間隔物
1420	密封劑
1422	密封劑
1424	密封劑
1426	匯流條

1428	匯流條
1500	控制型態
1502	斜坡-至-驅動階段
1504	驅動階段
1506	斜坡-至-保持階段
1508	保持階段
1534	平面電路板
1600	網路系統
1602	絕緣玻璃單元(IGU)
1604	窗控制器(WC)
1606	網路控制器(NC)
1608	主控制器(MC)
1610	面向外之網路
1612	鏈路
1614	鏈路
1616	鏈路
1618	鏈路
1620	外部資料庫(或「資料存儲器」或「資料倉庫」)
1622	有線硬體鏈路
1624	建築物管理系統(BMS)
1626	有線鏈路
1700	主控制器(MC)
1702	處理器

1704	主記憶體
1706	輔記憶體
1708	面向內之網路介面
1710	面向外之網路介面
1800	網路控制器(NC)
1802	處理器
1804	主記憶體
1806	輔記憶體
1808	下游網路介面
1810	上游網路介面
1900	窗控制器(WC)
1902	絕緣玻璃單元(IGU)
1904	處理單元
1906	電力電路
1908	驅動電路
1910	反饋電路
1912	通信電路
1914	上游介面(或介面集合)
1916	上游纜線集合
1918	下游介面(或介面集合)
1920	下游纜線集合
1922	供電線路
1924	供電線路

1926	第一通信線路
1928	第二通信線路
1930	接地線路
1932	通信匯流排
1934	電力線路；電力分配線路
1936	電力線路；電力分配線路
1938	第一通信線路
1940	第二通信線路
1942	第五條線路
1944	通信匯流排
1964	資料匯流排收發機
1966	通信匯流排
1968	低功率(LP)向下轉換器
1970	高功率(HP)向下轉換器
1972	儲能裝置(或「能量井」)
1974	充電器
1976	電壓調節器
1978	導體；二極體
1980	電壓調節器
1984	極性切換器
1986	串列周邊介面(SPI)之介面匯流排
1988	差動放大器
1990	運算放大器

1992	模擬-數位轉換器(ADC)
1994	差動放大器
1997	I ² C匯流排
1998	無線電收發機
1999	電力線路通信模組
C	高度
D	寬度
E	距離
F	距離
G	距離
S1	第一表面
S2	第二表面
S3	第一表面
S4	第二表面



201723441

201723441

申請日: 105/10/06

IPC分類: ~~G01J 1/04~~ (2006.01)
~~G01J 1/06~~ (2006.01)
~~G01J 1/44~~ (2006.01)

【發明摘要】

【中文發明名稱】

多感測器

【英文發明名稱】

MULTI-SENSOR

【中文】

各個實現方式大體上係關於一種多感測器裝置。一些實現方式更特定而言係關於一種包括徑向取向光感測器之一環的多感測器裝置。一些實現方式更特定而言係關於一種相對於該環之一中心軸線取向獨立的多感測器裝置。本文所描述之該多感測器裝置之一些實現方式亦包括一或多個其他感測器。舉例而言，一些實現方式包括一軸向定向之光感測器。一些實現方式亦可包括一或多個溫度感測器，該一或多個溫度感測器經配置以感測一外部溫度，例如該多感測器周圍之一戶外環境的一周圍溫度。另外或或者，一些實現方式可包括一經配置以感測該多感測器裝置內之一內部溫度的溫度感測器。特定實現方式提供、表徵或實現一緊湊形狀因數。特定實現方式提供、表徵或實現一種多感測器裝置，該多感測器裝置需要極少接線或不需要接線，且在一些此類情況下，需要極少侵入或不需要侵入，對上面安裝該多感測器裝置之一建築物或其他結構進行穿孔或重建。

【英文】

Various implementations relate generally to a multi-sensor device. Some implementations more particularly relate to a multi-sensor device including a ring of radially-oriented photosensors. Some

implementations more particularly relate to a multi-sensor device that is orientation-independent with respect to a central axis of the ring. Some implementations of the multi-sensor devices described herein also include one or more additional sensors. For example, some implementations include an axially-directed photosensor. Some implementations also can include one or more temperature sensors configured to sense an exterior temperature, for example, an ambient temperature of an outdoors environment around the multi-sensor. Additionally or alternatively, some implementations can include a temperature sensor configured to sense an interior temperature within the multi-sensor device. Particular implementations provide, characterize, or enable a compact form factor. Particular implementations provide, characterize, or enable a multi-sensor device requiring little or no wiring, and in some such instances, little or no invasion, perforation or reconstruction of a building or other structure on which the multi-sensor device is mounted.

【指定代表圖】

圖 11A

【代表圖之符號簡單說明】

114	光感測器
1000	多感測器裝置
1100	桅桿

【發明申請專利範圍】

【第1項】

一種裝置，其包括：

一由諸多第一光感測器組成之環，該等第一光感測器各自具有自該第一光感測器環向外徑向取向之一視角，該等第一光感測器各自之該視角與兩個相應的緊鄰之第一光感測器各自之該視角重疊；

至少一個光擴散元件，其圍繞在該第一光感測器環之周邊，以在該等第一光感測器感測到入射於該裝置上之光之前使該光擴散；

至少一個第二光感測器，其具有至少部分涵蓋與該第一光感測器環之一軸線平行的一方向的一視角；

一電路板；及

一外殼，其在實體上支撐該等第一光感測器中之每一者、該至少一個光擴散元件、該至少一個第二光感測器及該電路板中之至少部分。

【第2項】

如請求項1之裝置，其中所有該等第一光感測器之該等視角的組合提供360度之一總視角。

【第3項】

如請求項1之裝置，其中該等第一光感測器係沿著該第一光感測器環之一圓周等距安置。

【第4項】

如請求項1之裝置，其中該第一光感測器環包括至少十二個第一光感測器。

【第5項】

如請求項1之裝置，其中該至少一個第二光感測器包括具有自該第一光感測器環軸向取向之一視角的一第二光感測器。

【第6項】

如請求項1之裝置，其中該至少一個光擴散元件為一環狀擴散器，該環狀擴散器與該第一光感測器環同心。

【第7項】

如請求項6之裝置，其中該環狀擴散器為一圓筒形單元，其具有一高度、一內徑、一外徑及由該內徑及該外徑界定之一厚度。

【第8項】

如請求項7之裝置，其中該環狀擴散器及該外殼為一單一整體單元。

【第9項】

如請求項1之裝置，其中該至少一個光擴散元件由一塑膠材料形成。

【第10項】

如請求項1之裝置，其進一步包括至少一個溫度感測器。

【第11項】

如請求項10之裝置，其中該至少一個溫度感測器包括至少兩個溫度感測器，該等溫度感測器中之一第一者至少部分在該外殼外部以感測該外殼外部之一外部溫度，該等溫度感測器中之一第二者至少部

分在該外殼內部以感測該外殼內之一內部溫度。

【第12項】

如請求項1之裝置，其中該電路板包括或耦合至至少一個通信介面。

【第13項】

如請求項12之裝置，其中該至少一個通信介面包括一無線通信介面。

【第14項】

如請求項12之裝置，其中該電路板包括或耦合至用於接收來自至少一個電源之電力的一電力介面。

【第15項】

如請求項14之裝置，其中該通信介面為能夠允許用一單一纜線傳輸資料及電力之一乙太網供電(PoE)設備。

【第16項】

如請求項1之裝置，其進一步包括位於該外殼內或與該外殼耦合之一電池，該至少一個電源包括該電池。

【第17項】

如請求項1之裝置，其中該至少一個電源包括至少一個光伏打電池。

【第18項】

如請求項17之裝置，其中該外殼包括該至少一個光伏打電池。

【第19項】

如請求項1之裝置，其進一步包括一安裝組套件。

【第20項】

如請求項19之裝置，其進一步包括一桅桿結構。

【第21項】

如請求項1之裝置，其進一步包括至少一個紅外感測器。

【第22項】

如請求項21之裝置，其中該至少一個紅外感測器經定向朝向天空以量測天空溫度。

【第23項】

如請求項1之裝置，其進一步包括一蜂窩式通信電路。

【第24項】

如請求項1之裝置，其進一步包括一GPS模組。

【第25項】

如請求項1之裝置，其中該外殼包括用於該等第一光感測器中之每一者的一安裝結構，其中該安裝結構具有用於接納一光感測器之一包殼，其中當該光感測器定位於該包殼內時該光感測器係實質上平行於該外殼之一底部表面而定位。

