



(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 I575294 B

(45)公告日：中華民國 106 (2017) 年 03 月 21 日

(21)申請案號：105119037

(22)申請日：中華民國 101 (2012) 年 03 月 15 日

(51)Int. Cl. : G02F1/163 (2006.01)

G02F1/15 (2006.01)

(30)優先權：2011/03/16 美國

13/049,623

(71)申請人：唯景公司(美國) VIEW, INC. (US)

美國

(72)發明人：莫塔尼 迪夏 MEHTANI, DISHA (IN)；捷克 戈登 JACK, GORDON (US)；普拉達 安殊 PRADHAN, ANSHU (IN)

(74)代理人：陳長文

(56)參考文獻：

TW I336228

TW 200736782A

TW 200920221A

US 2009/0296188A1

審查人員：吳傳瑞

申請專利範圍項數：21 項 圖式數：7 共 50 頁

(54)名稱

控制光學可切換裝置中之轉變

CONTROLLING TRANSITIONS IN OPTICALLY SWITCHABLE DEVICES

(57)摘要

一種控制器或控制方法可經設計或組態以在無關於裝置之當前溫度及/或裝置之環境之資訊的情形下操作。此外，在某些情形中，該控制器或控制方法經設計或組態以控制一光學裝置至兩個終極狀態之間的一中間狀態之轉變。舉例而言，該控制器可經組態以控制至在兩個終極透射率狀態中間的一透射率狀態之一轉變。在此情形中，該裝置具有三個或三個以上穩定透射率狀態。

A controller or control method may be designed or configured to operate without information about the current temperature of the device and/or the device's environment. Further, in some cases, the controller or control method is designed or configured to control transition of an optical device to an intermediated state between two end states. For example, the controller may be configured to control a transition to a state of transmissivity that is intermediate between two end states of transmissivity. In such case, the device has three or more stable states of transmissivity.

指定代表圖：

符號簡單說明：  
501 . . . 控制器

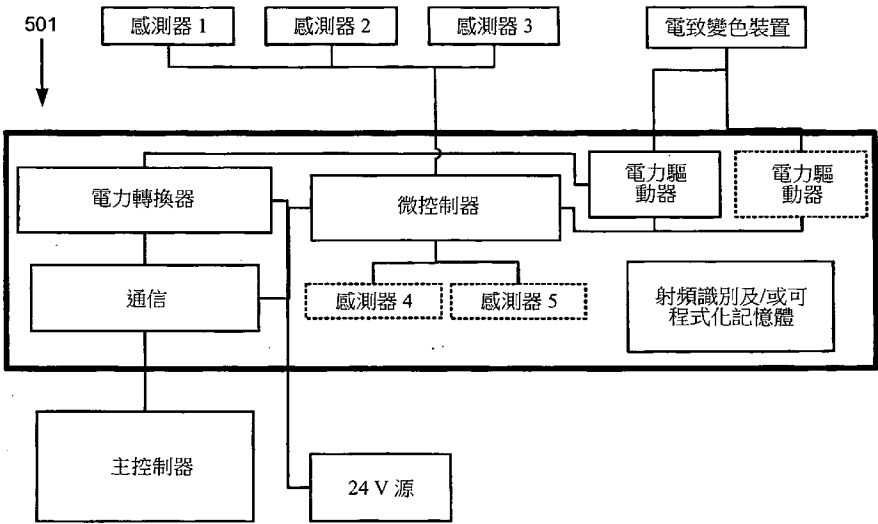


圖5

## 發明摘要

※ 申請案號：105119 037 (由 101108947 分割)

※ 申請日：101. 3. 15

※ IPC 分類：G02F 1/63 (2006.01)

G02F 1/5 (2006.01)

## 【發明名稱】

控制光學可切換裝置中之轉變

CONTROLLING TRANSITIONS IN OPTICALLY SWITCHABLE  
DEVICES

## 【中文】

一種控制器或控制方法可經設計或組態以在無關於裝置之當前溫度及/或裝置之環境之資訊的情形下操作。此外，在某些情形中，該控制器或控制方法經設計或組態以控制一光學裝置至兩個終極狀態之間的一中間狀態之轉變。舉例而言，該控制器可經組態以控制至在兩個終極透射率狀態中間的一透射率狀態之一轉變。在此情形中，該裝置具有三個或三個以上穩定透射率狀態。

## 【英文】

A controller or control method may be designed or configured to operate without information about the current temperature of the device and/or the device's environment. Further, in some cases, the controller or control method is designed or configured to control transition of an optical device to an intermediated state between two end states. For example, the controller may be configured to control a transition to a state of transmissivity that is intermediate between two end states of transmissivity. In such case, the device has three or more stable states of transmissivity.

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第（5）圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

501          控 制 器

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：

（無）

# 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】

控制光學可切換裝置中之轉變

CONTROLLING TRANSITIONS IN OPTICALLY SWITCHABLE  
DEVICES

## 【技術領域】

電致變色係其中一材料在被置於一不同電子狀態中(通常藉由使其經受一電壓改變)時展現一光學性質之一可逆電化學介體改變之一現象。該光學性質通常係色彩、透射率、吸收率及反射率中之一或多者。電致變色裝置可併入至諸多類型之光學結構中，包括窗及反射鏡。藉由一電化學轉變來切換此等裝置之光學狀態。

一種眾所周知之電致變色材料係氧化鎢( $\text{WO}_3$ )。氧化鎢係其中一著色轉變(對藍色透明)藉由電化學還原而發生之一陰極電致變色材料。

雖然在20世紀60年代發現了電致變色，但電致變色裝置仍遺憾地遭受各種問題且尚未開始實現其完全商業潛力。部分困難係電致變色裝置之操作模式缺少普遍性。另外，用於電致變色裝置之已知控制系統具有有限的功能性且不能計及電致變色裝置之某些獨特特徵。

## 【發明內容】

本文中所揭示之各種實施例係關於用於窗具有可切換光學裝置之及其他光學組件之控制器。亦揭示切換光學組件中之光學狀態之方法。一可切換光學裝置之一實例係一電致變色裝置。其他實例包括液晶裝置及懸浮粒子裝置。

在各種實例中，該控制器或控制方法經設計或組態以在無關於

裝置之當前溫度及/或裝置之環境之資訊的情形下操作。此外，在某些情形中，該控制器或控制方法經設計或組態以控制一光學裝置至兩個終極狀態之間的一中間狀態之轉變。舉例而言，該控制器可經組態以控制至在兩個終極透射率狀態中間的一透射率狀態之一轉變。在此情形中，該裝置具有三個或三個以上穩定透射率狀態。

本發明之一項態樣係關於致使一可切換光學裝置中之光學狀態之一改變之方法。此等方法可由以下操作表徵：(a)在自一第一光學狀態至一第二光學狀態之一轉變之一初始部分期間控制至該可切換光學裝置之電流；及(b)在自該第一光學狀態至該第二光學狀態之該轉變之一稍後部分期間控制施加至該可切換光學裝置之電壓，以便使該電壓之量值保持實質上處於一預設位準。(a)中之電流控制操作涉及當該電流之量值超過一上限所定義安全電流位準或未能滿足一下限所定義快速切換電流位準時校正至該可切換光學裝置之該電流。在某些實施例中，此係藉由將一電壓斜坡施加至該可切換光學裝置且在必要時調整該電壓斜坡以將該電流維持於該上限所定義安全電流位準與該下限所定義快速切換電流位準之間來實現。在其他情形中，此係藉由將一初始電流施加至該可切換光學裝置且在必要時調整該初始電流來實現。在某些情形中，該等方法包括以下一進一步操作：(c)在(b)之後將施加至該可切換光學裝置之該電壓之該量值減小至減小該可切換光學裝置中之洩漏電流之一位準。

在一特定實施例中，執行(a)中之控制該電流達介於約2分鐘至30分鐘之間的一週期。此外，在某些特定實施方案中，該上限所定義安全電流位準係介於約 $70\text{ }\mu\text{A}/\text{cm}^2$ 與 $250\text{ }\mu\text{A}/\text{cm}^2$ 之間。該下限所定義快速切換電流位準可介於約 $30\text{ }\mu\text{A}/\text{cm}^2$ 與 $70\text{ }\mu\text{A}/\text{cm}^2$ 之間。在一進一步特定實施例中，執行(b)中之控制該電壓達介於約2分鐘與30分鐘之間的一週期。

在諸多實施方案中，在該轉變之至少該初始部分期間不偵測該可切換光學裝置之溫度。在某些實施方案中，該可切換光學裝置係一電致變色裝置。雖然不如此受限制，但該光學狀態之該改變可係至該可切換光學裝置之兩個終極光學狀態之間的一中間光學狀態。

本發明之另一態樣係關於用於控制一可切換光學裝置中之光學狀態之一改變之控制器。此等控制器可由以下各項表徵：(a)一或多個介面，其將控制指令、一驅動電壓及/或一驅動電流提供至該可切換光學裝置；及(b)指令，其用於控制光學狀態之該改變。該等指令可包括：(i)在自一第一光學狀態至一第二光學狀態之一轉變之一初始部分期間控制至該可切換光學裝置之電流，其中控制該電流係藉由當該電流之量值超過一上限所定義安全電流位準或未能滿足一下限所定義快速切換電流位準時校正至該可切換光學裝置之該電流來實現；及(ii)在自該第一光學狀態至該第二光學狀態之該轉變之一稍後部分期間控制施加至該可切換光學裝置之電壓，以便使該電壓之量值保持實質上處於一預設位準。

當該可切換光學裝置係一電致變色裝置時，在該等指令中指定之該電流及電壓位準係針對一電致變色裝置而定義。該控制器之其他特徵可包括用以實施上文所闡述之方法操作中之一或多者之指令。舉例而言，在該等指令中指定之該電流及/或電壓位準在該轉變之至少該初始部分期間不需要計及該可切換光學裝置之溫度。作為另一實例，該等指令可指定該光學狀態至該可切換光學裝置之兩個終極光學狀態之間的一中間光學狀態之一改變。

本發明之另一態樣係關於致使一可切換光學裝置轉變至一中間光學狀態之方法，該中間光學狀態係介於該可切換光學裝置之兩個終極狀態之間。此等方法涉及將一振盪電壓施加至該可切換光學裝置，其中該振盪電壓具有與該中間光學狀態相關聯之一平均電壓，且其中

在該可切換光學裝置之表面上實質上方均勻地經歷該平均電壓。

作為一實例，該振盪電壓具有約 $1\text{ E}3\text{ Hz}$ 及 $1\text{ E}-5\text{ Hz}$ 之一頻率。作為一進一步實例，該振盪電壓具有約0.01伏至1伏之一振幅。

在某些實施例中，該等方法進一步包括在施加該振盪電壓之前將一電壓脈衝施加至該可切換光學裝置之一操作，其中該電壓脈衝具有實質上大於與該中間光學狀態相關聯之該平均電壓之一量值，且其中該電壓脈衝之施加實質上增加該可切換光學裝置轉變至該中間光學狀態之速度。在一特定實例中，該電壓脈衝具有介於約5分鐘與15分鐘之間的一持續時間。在一進一步特定實例中，其中該電壓脈衝具有介於約1伏與7伏之間的一量值。

在某些方法中，可存在將一第二振盪電壓施加至該可切換光學裝置之一額外操作，其中該第二振盪電壓具有與一第二中間光學狀態相關聯之一第二平均電壓，且其中施加該第二振盪電壓致使該裝置轉變至該第二中間光學狀態。

通常，該可切換光學裝置包含用於將電壓遞送至該裝置之一或多個匯流條，其中該等匯流條位於該裝置之一或多個邊緣處且不位於該裝置之一中心區中。通常，該可切換光學裝置包含具有至少約每平方5歐姆之一薄片電阻之一或多個透明電極。在各種實施例中，該可切換光學裝置係一電致變色裝置。

本發明之又一態樣係關於一種用於控制一可切換光學裝置中至一中間光學狀態之一改變之控制器，其中該控制器由以下特徵表徵：  
(a)一或多個介面，其用於將控制指令、一驅動電壓及/或一驅動電流提供至該可切換光學裝置；及(b)指令，其用於控制光學狀態之該改變。該等指令包括將一振盪電壓施加至該可切換光學裝置，其中該振盪電壓具有與該中間光學狀態相關聯之一平均電壓，且其中在該可切換光學裝置之表面上方實質上均勻地經歷該平均電壓。

如以上方法實施例中所論述，由該控制器控制之該可切換光學裝置可包括用於將電壓遞送至該裝置之一或多個匯流條，且該等匯流條位於該裝置之一或多個邊緣處且不位於該裝置之一中心區中。此外，該可切換光學裝置可包括具有至少約每平方5歐姆之一薄片電阻之一或多個透明電極。

當該可切換光學裝置係一電致變色裝置時，在該等指令中指定之振盪之特性係針對一電致變色裝置而定義。該控制器之其他特徵可包括用以實施上文剛剛闡述之方法操作中之一或多者之指令。舉例而言，該等指令可指定該振盪電壓具有約 $1\text{ E}3\text{ Hz}$ 及 $1\text{ E}-5\text{ Hz}$ 之一頻率。在另一實施例中，該等指令可指定該振盪電壓具有約0.01伏至1伏之一振幅。

在又一實施例中，指令進一步包括用於在施加該振盪電壓之前將一電壓脈衝施加至該可切換光學裝置之指令，其中該電壓脈衝具有實質上大於與該中間光學狀態相關聯之該平均電壓之一量值，且其中該電壓脈衝之施加實質上增加該可切換光學裝置轉變至該中間光學狀態之速度。在某些實施例中，該電壓脈衝具有介於約5分鐘與15分鐘之間的一持續時間。在某些實施例中，該電壓脈衝具有介於約1伏與7伏之間的一量值。

下文將參考相關聯圖式更詳細地闡述本發明之此等及其他特徵及優點。

### 【圖式簡單說明】

圖1展示採用一簡單電壓控制演算法來驅動一光學狀態轉變之一電致變色窗之一電流曲線。

圖2展示針對特定電壓之一系列Q對T(電荷對溫度)曲線。

圖3A及圖3B展示自根據某些實施例之一特定控制方法產生之電流及電壓曲線。

圖3C係繪示在一光學狀態轉變之一初始階段期間對電流之控制之一流程圖。

圖4A針對一振盪所施加電壓及一非振盪所施加電壓比較跨越一裝置之面之電壓不均勻性。

圖4B展示自用以產生一相對均勻之0.4 OD中間狀態之一振盪所施加電壓產生之中心及邊緣模型化結果。

圖4C係用以產生圖4B中所繪示之結果之一電壓演算法。

圖4D繪示用於快速轉變至一中間狀態之一電壓曲線。

圖5係對可用以根據本文中所闡述之方法控制可切換光學裝置之一控制器之示意性圖解說明。

圖6A係以剖面方式對一電致變色裝置之一示意性繪示。

圖6B係處於一褪色狀態中(或轉變至一褪色狀態)之一電致變色裝置之一示意性剖視圖。

圖6C係圖6B中所展示但處於一有色狀態中(或轉變至一有色狀態)之電致變色裝置之一示意性剖視圖。

圖7係處於一有色狀態中之一電致變色裝置之一示意性剖視圖，其中該裝置具有一介面區，該介面區不含有一相異離子導體層。

## 【實施方式】

### 介紹與概述

諸如一電致變色裝置之一可切換光學裝置在兩個或兩個以上光學狀態(諸如一褪色狀態及一有色狀態)之間可逆地循環。在此等狀態之間切換係藉由將預定義電流及/或電壓施加至該裝置來控制。該裝置控制器通常包括一低電壓電源且可經組態以結合輻射及其他環境感測器而操作，但此等輻射及其他環境感測器在各種實施例中不作要求。該控制器亦可經組態以與一能量管理系統介接，該能量管理系統諸如根據諸如一年當中的時間、一天當中的時間、安全條件及所量測

環境條件等因素來控制該電致變色裝置之一電腦系統。此一能量管理系統可顯著降低一建築物之能量消耗。

圖1展示採用一簡單電壓控制演算法來致使一電致變色裝置之一光學狀態轉變(例如，著色)之一電致變色窗之一電流曲線。在該曲線中，離子電流密度(I)係作為時間之一函數來表示。諸多不同類型之電致變色裝置將具有所繪示電流曲線。在一項實例中，諸如氧化鎢之一陰極電致變色材料結合一個氧化鎳鎢反電極使用。在此等裝置中，負電流指示裝置之著色。該特定所繪示曲線係藉由使電壓斜升至一設定位準且然後保持該電壓以維持光學狀態而產生。

電流峰值101與光學狀態之改變(亦即，著色及褪色)相關聯。特定而言，該等電流峰值表示將裝置著色或褪色所需要之電荷之遞送。數學上，峰值下方之陰影區域表示將裝置著色或褪色所需要之總改變。在初始電流尖峰之後的曲線部分(部分103)表示當裝置處於新光學狀態中時的洩漏電流。

在該圖中，一電壓曲線105疊加於該電流曲線上。該電壓曲線按以下序列：負斜坡(107)、負保持(109)、正斜坡(111)及正保持(113)。注意，電壓在達到其最大量值之後且在裝置保持處於其所定義光學狀態中之時間長度期間保持恆定。電壓斜坡107將裝置驅動至其新的有色狀態且電壓保持109維持裝置處於有色狀態中，直至沿相反方向之電壓斜坡111驅動自有色狀態至褪色狀態之轉變。在某些切換演算法中，施加一電流上限。亦即，不准許電流超過一所定義位準以便防止損壞裝置。

著色之速度不僅係所施加電壓之一函數，而且係溫度及電壓斜升速率之一函數。由於電壓及溫度兩者皆影響鋰擴散，因此所傳遞之電荷量(且因此此電流峰值之強度)隨電壓及溫度增加，如圖2中所指示。另外，藉由定義，電壓與溫度係相依的，此意味著可在較高溫度

下使用一較低電壓來獲得與較低溫度下之一較高電壓相同之切換速度。此溫度回應可用於一基於電壓之切換演算法中，但需要積極地監測溫度以變化所施加電壓。使用溫度來判定施加哪一電壓以便實現快速切換而不損壞裝置。

圖2展示針對特定電壓之一系列Q對T(電荷對溫度)曲線。更特定而言，該圖展示當施加一固定溫度時在一固定時間週期已流逝之後溫度對多少電荷被傳遞至一電致變色裝置之影響。隨著電壓增加，所傳遞之電荷量針對一既定溫度增加。因此，對於欲傳遞之一所要電荷量，一電壓範圍中之任何電壓則可係適當的，如圖2中之水平線207所展示。且很清楚，簡單地控制電壓將不保證光學狀態之改變在一預定義時間週期內發生。裝置溫度強烈地影響一特定電壓下之電流。當然，若已知裝置之溫度，則所施加電壓可經選擇以在所要時間週期期間驅動著色改變。然而，在某些情形中，不可能可靠地判定電致變色裝置之溫度。雖然裝置控制器通常知曉需要多少電荷來切換裝置，但其可能不知曉溫度。

若針對電致變色裝置之溫度施加一過高電壓或電流，則裝置可被損壞或降級。另一方面，若針對溫度施加一過低電壓或電流，則裝置將切換得過慢。因此，將期望在著色狀態改變早些時候具有一受控電流及/或電壓。記住此想法，一所揭示程序在不受限於一特定電壓之情形下控制電荷(以電流之方式)。

#### *採用受控電流初始階段之轉變*

本文中所闡述之某些控制程序可藉由在一初始轉變期間將以下限制施加於裝置來實施：(1)在裝置電極之間傳遞一所定義電荷量以致使一完全光學轉變；(2)在一所定義時間框架內傳遞此電荷；(3)電流不超過一最大電流；及(4)電壓不超過一最大電壓。

根據本文中所闡述之各種實施例，使用一單個演算法來切換一

電致變色裝置，而不管溫度如何。在一項實例中，一控制演算法涉及：(i)在其中離子電流顯著大於洩漏電流之一初始切換週期期間控制電流而非電壓；(ii)在此初始週期期間，採用一電流-時間相關性，以使得裝置在低溫度下足夠快速地切換而在較高溫度下不損壞該部分。

因此，在自一個光學狀態至另一光學狀態之轉變期間，一控制器及相關聯控制演算法以確保切換速度充分快速且電流不超過將損壞裝置之一值之一方式控制至裝置之電流。此外，在各種實施例中，該控制器及控制演算法以兩個階段實現切換：一第一階段，其在切換完成之前控制電流直至到達一所定義點；及一第二階段，其在該第一階段之後控制施加至裝置之電壓。

本文中所闡述之各種實施例可通常由以下三型態式方法(regime methodology)表徵。

1.控制電流以將其維持於一經限界電流範圍內。此僅在光學狀態之改變之起始期間進行一短時間週期。意欲保護裝置免受由於高電流條件所致的損壞，同時確保施加充分電流以准許狀態之快速改變。通常，此階段期間之電壓停留於裝置之一最大安全電壓內。在採用住宅或建築玻璃之某些實施例中，此初始受控電流階段將持續約3分鐘至4分鐘。在此階段期間，電流曲線相對平坦，變化不大於(舉例而言)約10%。

2.在初始受控電流階段完成之後，轉變至一受控電壓階段，其中電壓保持處於一實質上固定值，直至光學轉變完成，亦即，直至傳遞充分電荷以完成光學轉變。通常，自狀態1至狀態2(受控電流至受控電壓)之轉變係藉由自切換操作之起始到達一所定義時間來觸發。然而，在替代實施例中，轉變係藉由達到一預定義電壓、一預定義所傳遞電荷量或某一其他準則來實現。在受控電壓階段期間，電壓可保持處於變化不大於約0.2 V之一位準。

3.在完成第二階段之後，通常在光學轉變完成時，使電壓下降以便使洩漏電流最小化同時維持新的光學狀態。至此第三階段之轉變可係藉由(例如)自切換操作之起始到達一所定義時間來觸發。在其他實例中，該轉變係藉由傳遞一預定義電荷量來觸發。

圖3A及圖3B展示自根據某些實施例之一特定控制方法產生之電流及電壓曲線。圖3C提供控制序列之一初始部分(受控電流部分)之一相關聯流程圖。出於論述之目的，假定此等圖中所展示之負電流(如在圖1中)驅動褪色至有色轉變。當然，該實例可同等地適用於相反地操作之裝置，亦即，採用陽極電致變色電極之裝置。

在該特定實例中，遵循以下程序：

1.在時間0處-使電壓以意欲對應於一電流位準「 $I_{target}$ 」301之一速率斜升。參見圖3C之方塊351。亦參見圖3A中之一電壓斜坡303。 $I_{target}$ 可係針對討論中的裝置先驗地設定-獨立於溫度。如所提及，可在不知曉或推斷裝置之溫度之情形下有益地實施此處所闡述之控制方法。在替代實施例中，偵測溫度且在設定電流位準時考量溫度。在某些情形中，可自窗之電流-電壓回應推斷溫度。

在某些實例中，斜坡速率介於約10  $\mu\text{V/s}$ 與100  $\text{V/s}$ 之間。在更多特定實例中，斜坡速率介於約1  $\text{mV/s}$ 與500  $\text{mV/s}$ 之間。

2.緊接在 $t_0$ 之後，通常在幾毫秒內，控制器判定自操作1中之電壓之施加產生之電流位準且比較其與由 $I_{slow}$ 在下部端處限界且由 $I_{safe}$ 在上部端處限界之一可接受電流範圍。 $I_{safe}$ 係高於其裝置可受到損壞或降級之電流位準。 $I_{slow}$ 係低於其裝置將以一不可接受之慢速率切換之電流位準。作為一實例，電致變色窗中之 $I_{target}$ 可介於約30  $\mu\text{A/cm}^2$ 與70  $\mu\text{A/cm}^2$ 之間。此外， $I_{slow}$ 之典型實例之範圍介於約1  $\mu\text{A/cm}^2$ 與30  $\mu\text{A/cm}^2$ 之間且 $I_{safe}$ 之實例之範圍介於約70  $\mu\text{A/cm}^2$ 與250  $\mu\text{A/cm}^2$ 之間。

電壓斜坡經設定且在必要時經調整以控制電流且通常在控制序

列之初始階段中產生一相對一致之電流位準。此由如圖3A及圖3B中所展示之平坦電流曲線301圖解說明，平坦電流曲線301包括於位準  $I_{safe}$  307與 $I_{slow}$  309之間。

3.取決於步驟2中之比較之結果，控制方法採用以下操作(a)至(c)中之一者。注意，控制器不僅緊接在 $t_0$ 之後檢查電流位準，而且其在 $t_0$ 之後頻繁地檢查電流位準且做出調整，如此處所闡述且如圖3C中所展示。

a.所量測電流介於 $I_{slow}$ 與 $I_{safe}$ 之間→繼續施加將電流維持於 $I_{slow}$ 與 $I_{safe}$ 之間的一電壓。參見由圖3C之方塊353、355、359、369及351定義之迴圈。

b.所量測電流低於 $I_{slow}$  (通常由於裝置溫度係低的)→繼續使所施加電壓斜升以便使電流高於 $I_{slow}$ 但低於 $I_{safe}$ 。參見圖3C之方塊353及351之迴圈。若電流位準過低，則增加電壓之增加速率(亦即，增加電壓斜坡之陡度)可係適當的。

如所指示，控制器通常積極地監測電流及電壓以確保所施加電流保持高於 $I_{slow}$ 。在一項實例中，控制器每幾毫秒檢查一次電流及/或電壓。其可以相同時間標度調整電壓。控制器亦可確保所施加電壓之新增加位準保持低於 $V_{safe}$ 。 $V_{safe}$ 係最大所施加電壓量值，超過其裝置可受到損壞或降級。

c.所量測電流高於 $I_{safe}$  (通常由於裝置正在一高溫度下操作)→降低電壓(或電壓之增加速率)以便使電流低於 $I_{safe}$ 但高於 $I_{slow}$ 。參見圖3C之方塊355及357。如所提及，控制器可積極地監測電流及電壓。因此，控制器可快速地調整所施加電壓以確保電流在轉變之整個受控電流階段期間保持低於 $I_{safe}$ 。因此，電流不應超過 $I_{safe}$ 。

應明瞭，可在必要時調整或甚至暫時停止電壓斜坡303以將電流維持於 $I_{slow}$ 與 $I_{safe}$ 之間。舉例而言，當在受控電流型態中時，可將電

壓斜坡停止、在方向上反轉、在速率上減慢或在速率上增加。

在其他實施例中，在需要時控制器增加及/或降低電流而非電壓。因此，以上論述不應被視為限於使電壓斜升或以其他方式控制電壓以將電流維持於所要範圍中之選項。不管藉由硬體控制電壓還是電流(恆電位或恆電流控制)，該演算法獲得所要結果。

4.將電流維持於目標範圍中(介於 $I_{slow}$ 與 $I_{safe}$ 之間)，直至滿足一指定準則。在一項實例中，該準則係傳遞電流達一所定義時間長度 $t1$ ，在此時間處裝置達到一所定義電壓 $V1$ 。在達成此條件後，控制器旋即自受控電流轉變至受控電壓。參見圖3C之方塊359及361。注意， $V1$ 係溫度之一函數，但如所提及，根據各種實施例不需要監測或甚至偵測溫度。

在某些實施例中， $t1$ 係約1分鐘至30分鐘，且在某些特定實例中， $t1$ 係約2分鐘至5分鐘。此外，在某些情形中， $V1$ 之量值係約1伏至7伏，且更特定而言係約2.5伏至4伏。

如所提及，控制器在受控電流階段中繼續，直至滿足一指定條件，諸如過去一所定義時間週期。在此實例中，使用一計時器來觸發轉變。在其他實例中，該指定條件係達到一所定義電壓(例如，一最大安全電壓)或傳遞一所定義電荷量。

操作1至4對應於以上一般演算法中之型態1-受控電流。此階段期間之目標係防止電流超過一安全位準同時確保一合理快速之切換速度。可能在此型態期間，控制器可為電致變色裝置供應超過最大安全電壓之一電壓。在某些實施例中，藉由採用其中該最大安全值比跨越操作溫度範圍之 $V1$ 大得多之一控制演算法來消除此問題。在某些實例中， $I_{target}$ 及 $t1$ 經選擇以使得 $V1$ 在較低溫度下充分低於最大電壓，同時不在較高溫度下由於過度電流而使窗降級。在某些實施例中，控制器包括將在達到最大安全電壓之前對窗進行報警之一安全特徵。在一

典型實例中，一電致變色窗之最大安全電壓之值介於約5伏與9伏之間。

5.維持電壓處於一所定義位準V2，直至滿足另一指定條件，諸如到達一時間t2。參見圖3A中之電壓段313。通常，時間t2或其他指定條件經選擇以便傳遞足以致使著色之所要改變之一所要量電荷。在一項實例中，該指定條件係傳遞一預指定電荷量。在此階段期間，電流可逐漸地降低，如圖3A及圖3B中之電流曲線段315所圖解說明。在一特定實施例中，V2=V1，如圖3A中所展示。

此操作5對應於上文型態2-受控電壓。此階段期間之一目標係維持電壓處於V1達一充分長度以確保一所要著色速度。

在某些實施例中，t2係約2分鐘至30分鐘，且在某些特定實例中，t2係約3分鐘至10分鐘。此外，在某些情形中，V2係約1伏至7伏，且更特定而言係約2.5伏至4伏。

6.在達到步驟5之條件之後(亦即，在已傳遞充分電荷或一計時器指示已到達t2之後)，使電壓自V2下降至一位準V3。此在保持著色狀態時減少洩漏電流。在一特定實施例中，轉變時間t2係基於部件之中心(其係著色最慢者)所需要之時間而預定及選擇，以達到某一百分比透射率。在某些實施例中，t2介於約4分鐘與6分鐘之間。此操作6對應於上文型態3。

下表呈現上文所闡述之演算法之一特定實例。

| 時間    | 電流               | 電壓    | 可變參數  | 固定參數             | 限制                          | 結束條件     |
|-------|------------------|-------|-------|------------------|-----------------------------|----------|
| 0     | 0                | 0     |       |                  | 無                           |          |
| t0至t1 | $I_0=I_{target}$ | V0至V1 | V0、V1 | t1、 $I_{target}$ | $I_{slow} < I_0 < I_{safe}$ | $t > t1$ |
| t1至t2 | I1至I2            | V2=V1 | I2    | t2、V2            | 無                           | $t > t2$ |
| t2至t3 | I2至I3            | V3    | I3    | V3               | 無                           | 狀態改變請求   |

參數之定義：

$I_0$ -介於 $I_{slow}$ 與 $I_{safe}$ 之間的目標電流值

$V_0$ -對應於電流 $I_0$ 之電壓

$T_0$ -電流= $I_0$ 之時間。

$I_1$ -時間 $t_1$ 處之電流。 $I_1=I_0$

$V_1$ -時間 $t_1$ 處之電壓。電壓在 $t_0$ 與 $t_1$ 之間自 $V_0$ 斜升至 $V_1$ 且係溫度之一函數。

$t_1$ -將電流維持於 $I_{slow}$ 與 $I_{slow}$ 之間的時間(例如，約3分鐘至4分鐘)

$I_2$ -時間 $t_2$ 處之電流。當維持電壓處於 $V_1$ 時，電流自 $I_1$ 衰減至 $I_2$ 。

$V_2$ -時間 $t_2$ 處之電壓。 $V_1=V_2$ 。

$t_2$ -維持電壓 $V_1$ 至之時間。可介於自 $t_1$ 之約4分鐘至6分鐘之間。  
在 $t_2$ 之後，電壓自 $V_2$ 下降至 $V_3$

$V_3$ - $t_2$ 與 $t_3$ 之間的保持電壓。

$I_3$ -對應於電壓 $V_3$ 之電流。

$t_3$ -接收到狀態改變請求之時間。

### *使用振盪驅動之中間狀態控制*

本發明之另一態樣係關於控制諸如一電致變色裝置之一可切換光學裝置中之光學狀態之間的轉變以跨越裝置之面產生均勻著色。其特別適用於控制位於高狀態與低狀態之間的中間狀態。換言之，其適用於控制具有至少三個狀態(例如，一不透明狀態、一透明狀態及不透明與透明之間的一中間光學狀態)之控制裝置。舉例而言，一單個電致變色裝置可經設計而在其不透明狀態中具有4%透射率( $T_{vis}$ )，在其褪色狀態中具有62%透射率，且在其中間狀態中具有40%透射率。

在論述相關控制機制之細節之前，將論述在光學狀態之間切換之幾個挑戰。一個挑戰涉及在光學狀態之間快速地轉變。另一挑戰涉及在電致變色裝置之區域上方之不均勻轉變。

大的電致變色裝置(諸如，在住宅窗或建築玻璃上之彼等)可展現

有時稱作「末端效應」之一效應。此係由於與具有位於基板之可見區域外部(例如，僅在裝置/基板之邊緣處)之末端(匯流條)之裝置設計耦合之薄電致變色裝置膜(包括電極)之相對高之薄片電阻。在此等裝置中，在裝置之自位於裝置之邊緣處之末端至裝置之中心之區域(此處不存在與一外部電壓源之接觸)上方存在一相當大的「歐姆」電位降(及伴隨洩漏電流)。因此，不僅裝置之中心區比接近末端觸點之邊緣區轉變得慢，而且中心區可從未完全轉變。換言之，相比於邊緣，其可僅轉變至一有限程度。此外，在裝置之中心轉變之情形下，其比裝置之邊緣轉變得慢。此外，一旦在裝置之中心中達到一轉變狀態，則可難以保持此狀態。此等邊緣至中心不均勻性可被使用者察覺且使其煩擾。

當轉變至一中間狀態時，此等挑戰尤其顯著。在裝置終極狀態(例如，完全不透明及完全褪色)下，可至少部分地藉由施加顯著大於致使末端處之至光學終極狀態之轉變所需要之末端電壓之末端電壓來戰勝該等挑戰。換言之，所施加末端電壓係充分高的量值使得可克服歐姆降且跨越裝置面之電壓充分大以甚至在裝置之中心處准許至終極狀態之完全轉變。遺憾的是，此對於一中間狀態係不可能的，該中間狀態可需要在終極狀態之電壓中間的一電壓。

在某些實施例中，可藉由將一振盪末端電壓施加至電致變色裝置來克服此等挑戰。裝置遵循一振盪驅動電壓之速度在裝置邊緣處(在末端(例如，匯流條)附近)比在裝置中心(遠離匯流條)處快得多。然而，所施加電壓之平均值或平均量值將在裝置之中心及邊緣處相同或幾乎相同。因此，在其中在裝置末端(例如，匯流條)處施加之電壓係振盪的之某些實施例中，經施加以實現一光學轉變之電荷量在裝置之中心及邊緣處基本上相同。

圖4A以圖形方式針對經施加以維持一中間光學狀態之一非振盪

驅動電壓及一振盪驅動電壓比較跨越一電致變色裝置之面之電壓均勻性(或不均勻性)。水平軸表示電致變色裝置之面上之位置，其中點401及401'表示電連接器(例如，匯流條)附接至裝置之裝置邊緣。位置403表示裝置之中心，亦即，最遠離連接器之位置。垂直軸表示裝置經歷且自連接器處之一所施加電壓產生之局部電壓。因此，位置401及401'處之電壓實際上係由連接器施加之電壓。如可看到，與一非振盪驅動電位相關聯之一電壓曲線407在裝置之中心處下降至一相對低之值。如所闡釋，此係由於跨域裝置之面之歐姆電位降及洩漏電流。其導致跨域裝置之著色之一可察覺不均勻性-甚至在建立一穩定狀態之後很長時間。

相比而言，與一振盪驅動電位相關聯之一電壓曲線409跨域裝置表面實質上均勻。雖然光學密度之振盪週期在裝置之中心中(參見插圖411)比在邊緣處(參見插圖413)明顯大，但平均電壓自邊緣至中心基本上恆定。因此，雖然時間回應在裝置之中心處慢得多，但中心及邊緣處之電壓振幅類似。

圖4B展示其中在著色與褪色之間重複地脈動所施加電壓以產生零淨光學密度改變之一裝置之模型化資料。可看到，可自約400秒向前將裝置之光學密度控制至大約0.4之一光學密度。相關聯電壓演算法展示於圖4C中。

振盪之頻率將取決於各種因素，包括裝置之洩漏電流、裝置電極之薄片電阻、所要終極狀態(例如，%  $T_{vis}$ )、部件之關鍵長度(亦即，匯流條之間的距離)。通常，在連接器處施加之電壓振盪介於約 $1\text{ E}3\text{ Hz}$ 與 $1\text{ E}-6\text{ Hz}$ 之間，更特定而言介於 $1\text{ Hz}$ 與 $1\text{ E}-5\text{ Hz}$ 之間，且甚至更特定而言介於約 $1\text{ E}-2\text{ Hz}$ 與 $1\text{ E}-4\text{ Hz}$ 之間。振盪之振幅將取決於眾多因素，包括中間狀態之所要位準。然而，作為一粗略實例，所施加振盪之振幅介於約0.01伏與1伏之間，且在一更特定範圍之實例中，其介

於約0.1伏與0.5伏之間。在各種實施例中，振盪具有用於一週期之著色及褪色部分之不對稱停留時間(亦即，一振盪之上升及下降部分係不對稱的)。在一特定實施例中，一循環之褪色部分比同一循環之著色部分需要更多的時間。如本文中所闡述之一控制器可經設計或組態以施加滿足此等需要之一驅動電壓。

此振盪所施加電壓控制允許一裝置以一或多個中間狀態操作，而不需要對裝置堆疊或切換時間之任何修改。其簡單地需要控制器經組態或設計以提供適當波曲線(包括頻率、振幅、工作循環、平均電壓等)之一振盪驅動電壓。亦應理解，此控制位準准許產生兩個終極狀態之間的完全光學狀態範圍內之任何中間狀態。舉例而言，一經適當組態之控制器將提供可調諧至終極狀態之間的任何值之一連續透射率(%  $T_{vis}$ )範圍。

本發明之此態樣在與其上製作有電致變色裝置之大形式建築或住宅窗一同使用時尤其有益(尤其在裝置電極之薄片電阻係約1歐姆/平方或更大(或者約3歐姆/平方或更大，或者約10歐姆/平方或更大)時)。預期，得益於此控制程序之裝置將具有介於約1歐姆/平方與20歐姆/平方之間的一薄片電阻。當然，關鍵尺寸(末端之間的距離)亦將強烈地影響對一振盪所施加電壓之需要。具有至少約50公分之一關鍵尺寸之裝置將通常受益於所闡述之控制演算法。

為使用振盪驅動電壓將裝置驅動至一中間著色狀態(如上文所闡述)，一控制器可簡單地施加適當中間電壓。然而，已發現，藉由這樣做，達到中間著色狀態之時間可相當慢(至少相比於達到終極著色狀態所需要之時間)。此係部分地由於可施加高電壓以達到終極狀態但不施加高電壓以達到一中間狀態之事實。

一種用於增加裝置達到中間狀態之速度之技術係首先施加適合於完全著色(處於一終極狀態)之一高電壓脈衝且然後退回至振盪中間

狀態之電壓(剛剛闡述)。換言之，可採用針對既定最終狀態選擇之量值及持續時間之一初始低頻率單個脈衝(相比於用以維持中間狀態之頻率係低的)來使轉變加速。在此初始脈衝之後，可採用一較高頻率電壓振盪以使中間狀態持續所要之時間。

圖4D繪示用於快速地轉變至一中間狀態之一所施加電壓曲線421之一實例。如所展示，首先施加與經施加以達到一終極狀態之電壓脈衝基本上一樣大之量值之一初始電壓脈衝423。此後，使該所施加電壓下降至對應於所要中間狀態之位準之一位準425。在一特定實施例中，以振盪方式遞送處於此位準之該所施加電壓，如上文所闡述。雖然中心在位準425上之一振盪電壓自圖D不可辨別，但其可存在。在各種實施例中，振盪頻率可比初始脈衝頻率低得多，例如，介於1次切換/分鐘與1次切換/小時之間，此取決於大小及所要終極狀態。如所提及，該振盪可係不對稱的。

在某些情形中，用以使用此控制序列達到中間狀態之初始高電壓脈衝之總持續時間通常介於約1分鐘與30分鐘之間，或更特定而言介於約3分鐘與15分鐘之間，或甚至更特定而言介於約8分鐘與11分鐘之間。當然，持續時間將取決於所要終極狀態(中間狀態之著色位準)、裝置大小、洩漏電流等。此外，在某些情形中，此初始脈衝之量值係(平均)約1伏至7伏，且更特定而言係約1伏至4伏。當然，著色臨限值、薄片電阻、著色速度及洩漏電流特性將在系統之間不同，因此此等量值及其他特性不意欲進行限制。

已觀察到，相比於採用此脈衝之一控制序列，中間狀態著色時間對於不採用一初始高電壓脈衝之一控制序列可係約4x。

應注意，一控制演算法(諸如，圖4D中所呈現之一控制演算法)准許狀態之間的一相對均勻之邊緣至中心光學轉變。較高電壓產生較快速切換，但也擴大中心與邊緣之間的不均勻性。另一方面，較低電壓

產生較慢切換，但更均勻地轉變。藉由謹慎地選擇一初始所施加電壓脈衝之量值，電致變色裝置中之光學轉變達成均勻性與速度之間的一平衡。

在某些應用中，一初始電壓脈衝可能不允許用以在一短時間框架中達成所要中間狀態之足夠控制。如上文已論述，當所施加電壓係高時，裝置將達成較高著色及較快速切換時間，而當所施加電壓係低時，裝置將達成較低著色(較接近於所要中間狀態)，但花費長得多的切換時間。此對於包括其中裝置之中心處之光學密度改變之頻率比裝置之邊緣快速、與其相等或比其慢之裝置的所有類型電致變色裝置的確如此。然而，藉由理解裝置之局部效能以及最高光學密度及最低光學密度之位置處之光學密度改變之頻率，可判定將允許整個電致變色裝置比藉由施加一固定電壓將可能之速度快得多地達到一中間狀態之一振盪電壓振幅及頻率。

#### *用於電致變色裝置之控制器*

如所指示，可切換光學裝置將具有一相關聯控制器，例如，取決於輸入而控制及管理裝置之一微處理器。其經設計或組態(例如，程式化)以實施上文所闡述之類型之一控制演算法。在各種實施例中，該控制器偵測裝置中之電流位準且適當地施加電壓。該控制器亦可偵測電壓位準以確保光學裝置停留於一安全電壓位準內。此外，該控制器可具有各種額外特徵，諸如計時器、電荷偵測器(例如，庫侖計數器)、振盪器等。

在某些實施例中，該控制器位於裝置外部且經由一網路與裝置通信。該通信可係直接或間接的(例如，經由一主控制器與裝置之間的一中間節點)。可經由有線或一無線連接進行該通信。外部控制器之各種配置呈現於以Brown等人作為發明人、標題為「Multipurpose Controller for Multistate Windows」且在2011年3月16日提出申請之第

13/049,756號美國專利申請案中，該案以全文引用之方式併入本文中。

在某一實施例中，該控制器與光學裝置或外殼整合在一起。在一特定實施例中，該控制器整合於外殼或含有一可切換光學裝置之一絕緣玻璃單元(IGU)之一密封中。整合式控制器之各種配置呈現於在2011年3月16日提出申請且標題為「Onboard Controller for Multistate Windows」之第13/049,750號美國專利申請案中，該案以全文引用之方式併入本文中。

在一項實施例中，該控制器含有如圖5中所繪示之各種組件。如所展示，一控制器501包括經組態以將一低電壓轉換至一IGU之一EC窗格之一EC裝置的電力需要的一電力轉換器。此電力通常經由一驅動器電路(電力驅動器)饋送至該EC裝置。在一項實施例中，控制器501具有一冗餘電力驅動器，以使得在一者出故障之情形下，存在一備用者且不需要更換或修理該控制器。

控制器501亦包括用於自一遠端控制器(在圖5中繪示為「主控制器」)接收命令及將命令發送至該遠端控制器之一通信電路(在圖5中標記為「通信」)。該通信電路亦用以自一微控制器接收輸入及將輸入發送至該微控制器。在一項實施例中，亦使用電力線來(舉例而言)經由協定(諸如以太網路)發送及接收通信。該微控制器包括用於至少部分地基於自一或多個感測器接收之輸入而控制至少一個EC窗格之一邏輯。在此實例中，感測器1至3 (舉例而言)在控制器501外部，舉例而言，位於窗框架中或接近窗框架。在一項實施例中，該控制器具有至少一或多個內部感測器。舉例而言，控制器501亦可具有或替代地具有「板上」感測器4及5。在一項實施例中，該控制器(舉例而言)藉由使用自經由EC裝置發送一或多個電脈衝而獲得之電流-電壓(I/V)資料且分析回饋來使用可切換光學裝置作為一感測器。

在一項實施例中，該控制器包括一晶片、一卡或一板，其包括用於執行一或多個控制功能之邏輯。控制器501之電力及通信功能可組合於一單個晶片中，舉例而言，一可程式化邏輯裝置(PLD)晶片、現場可程式化閘陣列(FPGA)等。此等整合式電路可將邏輯、控制及電力功能組合於一單個可程式化晶片中。在其中電致變色窗(或IGU)具有兩個電致變色窗格之一項實施例中，邏輯經組態以獨立地控制該兩個電致變色窗格中之每一者。在一項實施例中，以一協同加強方式來控制該兩個電致變色窗格中之每一者之功能，亦即，以使得每一裝置受控制以便補充其他裝置。舉例而言，經由個別裝置中之每一者之狀態之組合來控制光透射、熱絕緣效應及/或其他性質之所要位準。舉例而言，可將一個電致變色裝置置於一有色狀態中，而另一者(舉例而言)經由裝置之一透明電極用於電阻性加熱。在另一實例中，該兩個電致變色裝置之光學狀態經控制以使得經組合透射率係一所要結果。

控制器501亦可具有無線能力，諸如控制及供電功能。舉例而言，可使用諸如Rf及/或IR等無線控制以及諸如Bluetooth、WiFi、Zigbee、EnOcean等無線通信來將指令發送至微控制器且供微控制器將資料發送出去至(舉例而言)其他窗控制器及/或一建築物管理系統(BMS)。無線通信可在窗控制器中用於以下各項中之至少一者：程式化及/或操作電致變色窗、自感測器收集來自電致變色窗之資料以及使用電致變色窗作為用於無線通信之一中繼點。自電致變色窗收集之資料亦可包括計數資料，諸如已啟動(循環)一電致變色裝置之次數、隨時間電致變色裝置之效率等。

此外，控制器501可具有無線電力能力。亦即，控制器501可具有一或多個無線電力接收器，其自一或多個無線電力傳輸器接收傳輸，且因此控制器501可經由無線電力傳輸供電給電致變色窗。無線

電力傳輸包括(舉例而言但不限於)電感、共振電感、射頻電力傳送、微波電力傳送及雷射電力傳送。在一項實施例中，電力經由射頻傳輸至一接收器，且該接收器利用偏振波(舉例而言，圓偏振波、橢圓偏振波及/或雙偏振波)及/或各種頻率及向量將該電力轉換成電流。在另一實施例中，電力經由磁場之電感性耦合以無線方式傳送。電致變色窗之例示性無線電力功能闡述於在2010年12月17日提出申請、標題為「Wireless Powered Electrochromic Windows」且以Robert Rozbicki作為發明人之序列號為12/971,576之美國專利申請案中，該案以全文引用之方式併入本文中。

控制器501亦可包括一RFID標籤及/或記憶體，諸如可視情形為可程式化記憶體之固態串列記憶體(例如，I2C或SPI)。射頻識別(RFID)涉及詢問器(或讀取器)及標籤(或標記)。RFID標籤使用經由電磁波之通信來在一終端機與一物件之間交換資料(舉例而言，出於對該物件之識別及追中之目的)。可自離開讀取器之視線幾米且超出讀取器之視線之處讀取某些RFID標籤。

RFID標籤可含有至少兩個部分。一個部分係用於儲存及處理資訊、調變及解調一射頻(Rf)信號以及其他專門功能之一積體電路。另一部分係用於接收及傳輸該信號之一天線。

存在三種類型之RFID標籤：被動RFID標籤，其不具有電源且需要一外部電磁場來起始一信號傳輸；主動RFID標籤，其含有一電池且一旦已成功識別一讀取器則可傳輸信號；及電池輔助被動(BAP)RFID標籤，其需要一外部源來喚醒，但具有提供較大範圍之顯著較高正向鏈路能力。RFID具有諸多應用，舉例而言，其用於企業供應鏈管理中以改良庫存追蹤及管理之效率。

在一項實施例中，RFID標籤或其他記憶體以以下資料中之至少一者程式化：保證資訊、安裝資訊、分銷商資訊、批次/庫存資訊、

EC裝置/IGU特性、EC裝置循環資訊及消費者資訊。EC裝置及IGU特性之實例包括(舉例而言)窗電壓( $V_w$ )、窗電流( $I_w$ )、EC塗層溫度( $T_{EC}$ )、玻璃可視透射( $\%T_{vis}$ )、 $\%tint$ 命令(來自BMS之外部類比輸入)、數位輸入狀態及控制器狀態。此等中之每一者表示可自控制器提供之上游資訊。可提供至控制器之下游資料之實例包括窗驅動組態參數、區從屬關係(例如，此控制器係哪一區之部分)、 $\% tint$ 值、數位輸出狀態及數位控制(設色( $tint$ )、褪色、自動、重新啟動等)。窗驅動組態參數之實例包括褪色至色彩轉變斜坡率、褪色至色彩轉變電壓、初始著色斜坡率、初始著色電壓、初始著色電流限制、著色保持電壓、著色保持電流限制、色彩至褪色轉變斜坡率、色彩至褪色轉變電壓、初始褪色斜坡率、初始褪色電壓、初始褪色電流限制、褪色保持電壓、褪色保持電流限制。

在一項實施例中，在本文中所闡述之控制器中使用一可程式化記憶體。此可程式化記憶體可替代RFID技術或結合RFID技術使用。可程式化記憶體具有儲存與控制器與其匹配之IGU相關之資料之增加之靈活性的優點。

### 電致變色裝置

針對上下文，現在將闡述電致變色裝置設計之實例。圖6A以剖面方式示意性地繪示一電致變色裝置500。電致變色裝置500包括一基板502、一第一導電層(CL) 504、一電致變色層(EC) 506、一離子傳導層(IC) 508、一反電極層(CE) 510及一第二導電層(CL) 514。層504、506、508、510及514統稱作一電致變色堆疊520。可操作以跨越電致變色堆疊520施加一電位之一電壓源516實現電致變色裝置自(舉例而言)一褪色狀態至一有色狀態(所繪示)之轉變。層之次序可相對於基板反轉。

如所闡述之具有相異層之電致變色裝置可以低缺陷率製作為完

全固態及/或完全無機裝置。此等裝置及其製作方法更詳細地闡述於標題為「Fabrication of Low-Defectivity Electrochromic Devices」、在2009年12月22日提出申請且以Mark Kozlowski等人作為發明人之序列號為12/645,111之美國專利申請案及標題為「Electrochromic Devices」、在2009年12月22日提出申請且以Zhongchun Wang等人作為發明人之序列號為12/645,159之美國專利申請案中，該兩個申請案出於所有目的以引用方式併入本文中。然而，應理解，該堆疊中之層中之任何一或多者可含有某一量之有機材料。可少量存在於一或多個層中之液晶可同樣如此。亦應理解，可藉由採用液晶組件之程序(諸如，採用溶膠-凝膠之某些程序或化學汽相沈積)沈積或以其他方式形成固態材料。

另外，應理解，對一褪色狀態與有色狀態之間的一轉變之參考係非限制性的且除其他外僅表明可實施之一電致變色轉變之一項實例。除非本文中另外指定(包括前述論述)，否則每當參考一褪色-有色轉變時，對應裝置或程序涵蓋其他光學狀態轉變，諸如非反射-反射、透明-不透明等。此外，術語「褪色」係指一光學中性狀態，舉例而言，非有色、透明或半透明。又此外，除非本文中另外指定，否則一電致變色轉變之「色彩」不限於任何特定波長或波長範圍。如熟習此項技術者理解，對適當電致變色及反電極材料之選擇支配相關光學轉變。

在本文中所闡述之實施例中，電致變色裝置在一褪色狀態與一有色狀態之間可逆地循環。在某些情形中，當裝置處於一褪色狀態中時，將一電位施加至電致變色堆疊520，以使得堆疊中之可用離子主要駐留於反電極510中。當電致變色堆疊上之電位經反轉時，離子跨越離子傳導層508輸送至電致變色材料506且致使該材料轉變至有色狀態。

再次參考圖6A，電壓源516可經組態以結合輻射及其他環境感測器操作。如本文中所闡述，電壓源516與一裝置控制器(此圖中未展示)介接。另外，電壓源516可與一能量管理系統介接，該能量管理系統根據諸如一年當中的時間、一天當中的時間及所量測環境條件等各種準則來控制電致變色裝置。此一能量管理系統結合大面積電致變色裝置(例如，一電致變色窗)可顯著降低一建築物之能量消耗。

具有合適的光學性質、電性質、熱性質及機械性質之任何材料可用作基板502。此等基板包括(舉例而言)玻璃、塑膠及反射鏡材料。合適的玻璃包括透明或有色鈉鈣玻璃，包括鈉鈣浮法玻璃。該玻璃可經回火或未經回火。

在諸多情形中，該基板係經定大小以用於住宅玻璃應用之一玻璃窗格。此玻璃窗格之大小可取決於住宅之特定需要而廣泛地變化。在其他情形中，該基板係建築玻璃。建築玻璃通常用於商業建築物中，但亦可用於住宅建築物中，且通常(但非一定)將一室內環境與一室外環境分離。在某些實施例中，建築玻璃係至少20英吋×20英吋，且可大得多，舉例而言，約80英吋×120英吋大。建築玻璃通常係至少約2 mm厚。當然，電致變色裝置可根據小於或大於建築玻璃之基板縮放。此外，可在任何大小及形狀之一反射鏡上提供電致變色裝置。

導電層504在基板502之頂部。在某些實施例中，導電層504及514中之一者或兩者係無機及/或固體的。導電層504及514可由若干種不同材料製作，包括導電氧化物、薄金屬塗層、導電金屬氮化物及複合導體。通常，導電層504及514至少在其中電致變色層展現電致變色性之波長範圍中係透明的。透明導電氧化物包括金屬氧化物及摻雜有一或多種金屬之金屬氧化物。此等金屬氧化及經摻雜金屬氧化物之實例包括氧化銦、氧化銦錫、經摻雜氧化銦、氧化錫、經摻雜氧化錫、氧化鋅、氧化鋁鋅、經摻雜氧化鋅、氧化鈮、經摻雜氧化鈮等。由於

氧化物通常用於此等層，因此其有時稱作「透明導電氧化物」(TCO)層。亦可使用實質上透明之薄金屬塗層。

導電層之功能係以相對少之歐姆電位降將電致變色堆疊520之表面上方之由電壓源516提供之一電位擴展至堆疊之內部區。經由至導電層之電連接將電位傳送至導電層。在某些實施例中，匯流條(一個與導電層504接觸且一個與導電層514接觸)提供電壓源516與導電層504及514之間的電連接。導電層504及514亦可藉助其他習用構件連接至電壓源516。

上覆導電層504係電致變色層506。在某些實施例中，電致變色層506係無機及/或固體的。電致變色層可含有若干種不同電致變色材料(包括金屬氧化物)中之任何一或多種。此等金屬氧化物包括氧化鎢( $\text{WO}_3$ )、氧化鉬( $\text{MoO}_3$ )、氧化鈮( $\text{Nb}_2\text{O}_5$ )、氧化鈦( $\text{TiO}_2$ )、氧化銅( $\text{CuO}$ )、氧化銱( $\text{Ir}_2\text{O}_3$ )、氧化鉻( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ )、氧化錳( $\text{Mn}_2\text{O}_3$ )、氧化釩( $\text{V}_2\text{O}_5$ )、氧化鎳( $\text{Ni}_2\text{O}_3$ )、氧化鈷( $\text{Co}_2\text{O}_3$ )等。在操作期間，電致變色層506將離子傳送至反電極層510及自反電極層510接收離子以致使光學轉變。

通常，電致變色材料之著色(或任何光學性質之改變-舉例而言，吸收率、反射率及透射率)係由至材料中之可逆離子插入(舉例而言，添加)及一電荷平衡電子之一對應注入致使。通常，負責光學轉變之某一部分離子可逆地束縛於電致變色材料中。某些或所有可逆地束縛之離子用以補償材料中之「盲電荷」。在多數電致變色材料中，合適的離子包括鋰離子( $\text{Li}^+$ )及氫離子( $\text{H}^+$ ) (亦即，質子)。然而，在某些情形中，其他離子將係合適的。在各種實施例中，鋰離子用以產生電致變色現象。鋰離子至氧化鎢中之添加( $\text{WO}_{3-y}$  ( $0 < y \leq \sim 0.3$ ))致使氧化鎢自透明(褪色狀態)改變至藍色(有色狀態)。

再次參考圖6A，在電致變色堆疊520中，離子傳導層508夾於電

致變色層506與反電極層510之間。在某些實施例中，反電極層510係無機及/或固體的。反電極層可包括當電致變色裝置處於褪色狀態中時用作離子之一儲蓄器之若干種不同材料中之一或多種。在由(舉例而言)一適當電位之施加起始之一電致變色轉變期間，反電極層將其所保持之某些或所有離子傳送至電致變色層，從而將電致變色層改變至有色狀態。同時，在NiWO之情形中，反電極層因離子之損失而著色。

在某些實施例中，補充WO<sub>3</sub>之用於反電極之合適材料包括氧化鎳(NiO)、氧化鎳鎢(NiWO)、氧化鎳釩、氧化鎳鉻、氧化鎳鋁、氧化鎳錳、氧化鎳鎂、氧化鉻(Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)、氧化錳(MnO<sub>2</sub>)、普魯士藍。

當自由氧化鎳鎢製作之一反電極510移除電荷(亦即，將離子自反電極510輸送至電致變色層506)時，反電極層將自一透明狀態轉變至一有色狀態。

在所繪示電致變色裝置中，在電致變色層506與反電極層510之間，存在離子傳導層508。離子傳導層508用作當電致變色裝置在褪色狀態與有色狀態之間轉變時經由其輸送離子(以一電解質之方式)之一媒介。較佳地，離子傳導層508對於電致變色層及反電極層之相關離子係高度導電的，但具有充分低之電子導電性，使得在正常操作期間發生之電子傳送可忽略不計。具有高離子導電性之一薄離子傳導層准許快速離子傳導且因此准許高效能電致變色裝置之快速切換。在某些實施例中，離子傳導層508係無機及/或固體的。

合適的離子傳導層之實例(用於具有一相異IC層之電致變色裝置)包括矽酸鹽、氧化矽、氧化鎢、氧化鉭、氧化鋮及硼酸鹽。氧化矽包括氧化矽鋁。此等材料可摻雜有不同摻雜劑，包括鋰。摻雜有鋰之氧化矽包括鋰氧化矽鋁。在某些實施例中，離子傳導層包含一基於矽酸鹽之結構。在某些實施例中，氧化矽鋁(SiAlO)用於離子傳導層508。

電致變色裝置500可包括一或多個額外層(未展示)，諸如一或多個被動層。用以改良某些光學性質之被動層可包括於電致變色裝置500中。用於提供濕氣或刮劃抵抗之被動層亦可包括於電致變色裝置500中。舉例而言，可以抗反射或保護性氧化物或氮化物層處理導電層。其他被動層可用以隔絕地密封電致變色裝置500。

圖6B係處於一褪色狀態中(或轉變至一褪色狀態)之一電致變色裝置之一示意性剖視圖。根據特定實施例，一電致變色裝置600包括一個氧化鎢電致變色層(EC) 606及一個氧化鎳鎢反電極層(CE) 610。電致變色裝置600亦包括一基板602、導電層(CL) 604、離子傳導層(IC) 608及導電層(CL) 614。

電源616經組態以經由至導電層604及614之合適連接(舉例而言，匯流條)將一電位及/或電流施加至電致變色堆疊620。在某些實施例中，該電源經組態以施加約2伏之一電位以便驅動裝置自一個光學狀態至另一光學狀態之一轉變。如圖6A中所展示之電位之極性係使得離子(在此實例中為鋰離子)主要駐留(如虛線箭頭所指示)於氧化鎳鎢反電極層610中。

圖6C係圖6B中所展示但處於一有色狀態中(或轉變至一有色狀態)之電致變色裝置600之一示意性剖視圖。在圖6C中，反轉電壓源616之極性，以便使電致變色層更負以接受額外鋰離子，且從而轉變至有色狀態。如虛線箭頭所指示，鋰離子跨越離子傳導層608輸送至氧化鎢電致變色層606。氧化鎢電致變色層606係展示處於有色狀態中。氧化鎳鎢反電極610亦展示處於有色狀態中。如所闡釋，氧化鎳鎢隨著其放棄(去添加)鋰離子而變得越來越不透明。在此實例中，存在其中層606及610兩者至著色狀態之轉變促進減少透射穿過堆疊及基板之光量之一協同加強效應。

如上文所闡述，一電致變色裝置可包括一電致變色(EC)電極層及

一反電極(CE)層，其由對於離子係高度導電且對於電子係高度抵抗之一離子導電(IC)層分離。如傳統上理解，該離子導電層因此防止電致變色層與反電極層之間的短路。該離子導電層允許電致變色及反電極保持一電荷且從而維持其褪色或有色狀態。在具有相異層之電致變色裝置中，組件形成一堆疊，該堆疊包括夾於電致變色電極層與反電極層之間的離子傳導層。此三個堆疊組件之間的界限由組成及/或微結構之突變界定。因此，該等裝置具有有兩個突變介面之三個相異層。

根據某些實施例，該等反電極及電致變色電極係彼此緊密毗鄰地形成，有時直接接觸，而不單獨沈積一離子傳導層。在某些實施例中，具有一介面區而非一相異IC層之電致變色裝置與本文中所闡述之控制器一同採用。此等裝置及其製作方法闡述於各自在2010年4月30日提出申請之序列號為12/772,055及12/772,075之美國專利申請案及各自在2010年6月11日提出申請之序列號為12/814,277及12/814,279之美國專利申請案中-四個申請案中之每一者標題為「Electrochromic Devices」，每一者以Zhongchun Wang等人作為發明人，且每一者以全文引用之方式併入本文中。

圖7係處於一有色狀態之一電致變色裝置700之一示意性剖視圖，其中該裝置具有一介面區708，該介面區708不含有一相異IC層。電壓源616、導電層614及604以及基板602與關於圖6A及圖6B所闡述的基本上相同。一區710在導電層614與604之間，該區710包括反電極層610、電致變色層606及其之間的一介面區708而非一相異IC層。在此實例中，反電極層610與介面區708之間不存在明顯界限，電致變色層606與介面區708亦不存在一明顯界限。而是，CE層610與介面區708之間及介面區708與EC層606之間存在一擴散轉變。

儘管已以某種詳細程度闡述了前述發明以促進理解，但應將所闡述實施例視為說明性而非限制性。熟習此項技術者將易知可在隨附

申請專利範疇內實踐某些改變及修改。

**【符號說明】**

|     |           |
|-----|-----------|
| 101 | 電流峰值      |
| 103 | 部分        |
| 105 | 電壓曲線      |
| 107 | 負斜坡/電壓斜坡  |
| 109 | 負保持/電壓保持  |
| 111 | 正斜坡/電壓斜坡  |
| 113 | 正保持       |
| 207 | 水平線       |
| 301 | 平坦電流曲線    |
| 303 | 電壓斜坡      |
| 307 | 位準I safe  |
| 309 | 位準I slow  |
| 313 | 電壓段       |
| 315 | 電流曲線段     |
| 401 | 點/裝置邊緣/位置 |
| 403 | 位置        |
| 407 | 電壓曲線      |
| 411 | 插圖        |
| 413 | 插圖        |
| 421 | 所施加電壓曲線   |
| 423 | 初始電壓脈衝    |
| 425 | 位準        |
| 500 | 電致變色裝置    |
| 501 | 控制器       |

|     |                  |
|-----|------------------|
| 502 | 基板               |
| 504 | 第一導電層/層/導電層      |
| 506 | 電致變色層/層/電致變色材料   |
| 508 | 離子傳導層/層          |
| 510 | 反電極層/層/反電極       |
| 514 | 第二導電層/層/導電層      |
| 516 | 電壓源              |
| 520 | 電致變色堆疊           |
| 600 | 電致變色裝置           |
| 602 | 基板               |
| 604 | 導電層              |
| 606 | 氧化鎢電致變色層/電致變色層/層 |
| 608 | 離子傳導層            |
| 610 | 氧化鎳鎢反電極層/反電極層/層  |
| 614 | 導電層              |
| 616 | 電源/電壓源           |
| 620 | 電致變色堆疊           |
| 700 | 電致變色裝置           |
| 708 | 介面區              |
| 710 | 區                |

## 申請專利範圍

105年11月22日修正本

1. 一種致使一可切換光學裝置中之一光學狀態之一改變之方法，該方法包含：
  - (a) 在自一第一光學狀態至一第二光學狀態之一轉變之一初始部分期間控制至該可切換光學裝置之電流，其中控制該電流在該初始部分期間維持該電流之量值實質上介於一上限所定義安全電流位準及一下限所定義快速切換電流位準之間；及
  - (b) 在自該第一光學狀態至該第二光學狀態之該轉變之一稍後部分期間控制施加至該可切換光學裝置之電壓，以便使該電壓之量值保持實質上處於一預設位準。
2. 如請求項1之方法，其中該可切換光學裝置係一電致變色裝置。
3. 如請求項1之方法，其中(a)中之控制該轉變之該初始部分期間之該電流包含：將一電壓斜坡施加至該可切換光學裝置且調整該電壓斜坡之陡度以將該電流之該量值維持於該上限所定義安全電流位準與該下限所定義快速切換電流位準之間。
4. 如請求項1之方法，其中(a)中之控制該電流包含將一初始電流施加至該可切換光學裝置且調整該初始電流以將該電流維持於該上限所定義安全電流位準與該下限所定義快速切換電流位準之間。
5. 如請求項1之方法，其中在該轉變之至少該初始部分期間不偵測該可切換光學裝置之溫度。
6. 如請求項1之方法，其中該光學狀態之該改變係至該可切換光學裝置之兩個終極光學狀態之間的一中間光學狀態。
7. 如請求項1之方法，其進一步包含：

- (c) 在(b)之後將施加至該可切換光學裝置之該電壓之該量值減小至減小該可切換光學裝置中之洩漏電流之一位準。
8. 如請求項1之方法，其中執行(a)中之控制該電流達介於2分鐘至30分鐘之間的一週期。
9. 如請求項1之方法，其中該上限所定義安全電流位準係介於70  $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ 與250  $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ 之間。
10. 如請求項1之方法，其中該下限所定義快速切換電流位準係介於30  $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ 與70  $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ 之間。
11. 如請求項1之方法，其中執行(b)中之控制該電壓達介於2分鐘與30分鐘之間的一週期。
12. 一種用於控制一可切換光學裝置中之光學狀態之一改變的控制器，該控制器包含：
  - (a) 一或多個介面，其用於將控制指令、一驅動電壓及/或一驅動電流提供至該可切換光學裝置；及
  - (b) 指令，其用於控制光學狀態之該改變，其中該等指令包含：
    - (i) 在自一第一光學狀態至一第二光學狀態之一轉變之一初始部分期間控制至該可切換光學裝置之電流，其中控制該初始部分期間之該電流係將該電流之量值維持於一上限所定義安全電流位準及一下限所定義快速切換電流位準之間；及
    - (ii) 在自該第一光學狀態至該第二光學狀態之該轉變之一稍後部分期間控制施加至該可切換光學裝置之電壓，以便使該電壓之量值保持實質上處於一預設位準。
13. 如請求項12之控制器，其中在該等指令中指定之電流及電壓位準係針對一電致變色裝置而定義。

14. 如請求項12之控制器，其中用於(i)中之控制該轉變之該初始部分期間之該電流之該等指令包含用於將一電壓斜坡施加至該可切換光學裝置且調整該電壓斜坡之陡度以將該電流維持於該上限所定義安全電流位準與該下限所定義快速切換電流位準之間的指令。
15. 如請求項12之控制器，其中在該等指令中指定之電流及/或電壓位準經設定且在該轉變之至少該初始部分期間不計及該可切換光學裝置之溫度。
16. 如請求項12之控制器，其中該等指令指定該光學狀態至該可切換光學裝置之兩個終極光學狀態之間的一中間光學狀態之一改變。
17. 如請求項12之控制器，其中該等指令進一步包含：  
(iii) 在(ii)之後將施加至該可切換光學裝置之該電壓之該量值減小至減小該可切換光學裝置中之洩漏電流之一位準。
18. 如請求項12之控制器，其中用於(i)中之控制該電流之該等指令指定控制該電流達介於2分鐘至5分鐘之間的一週期。
19. 如請求項12之控制器，其中該上限所定義安全電流位準係介於 $70 \mu\text{A}/\text{cm}^2$ 與 $250 \mu\text{A}/\text{cm}^2$ 之間。
20. 如請求項12之控制器，其中該下限所定義快速切換電流位準係介於 $30 \mu\text{A}/\text{cm}^2$ 與 $70 \mu\text{A}/\text{cm}^2$ 之間。
21. 如請求項12之控制器，其中用於(ii)中之控制該電壓之該等指令指定控制該電流達介於2分鐘與30分鐘之間的一週期。

圖式

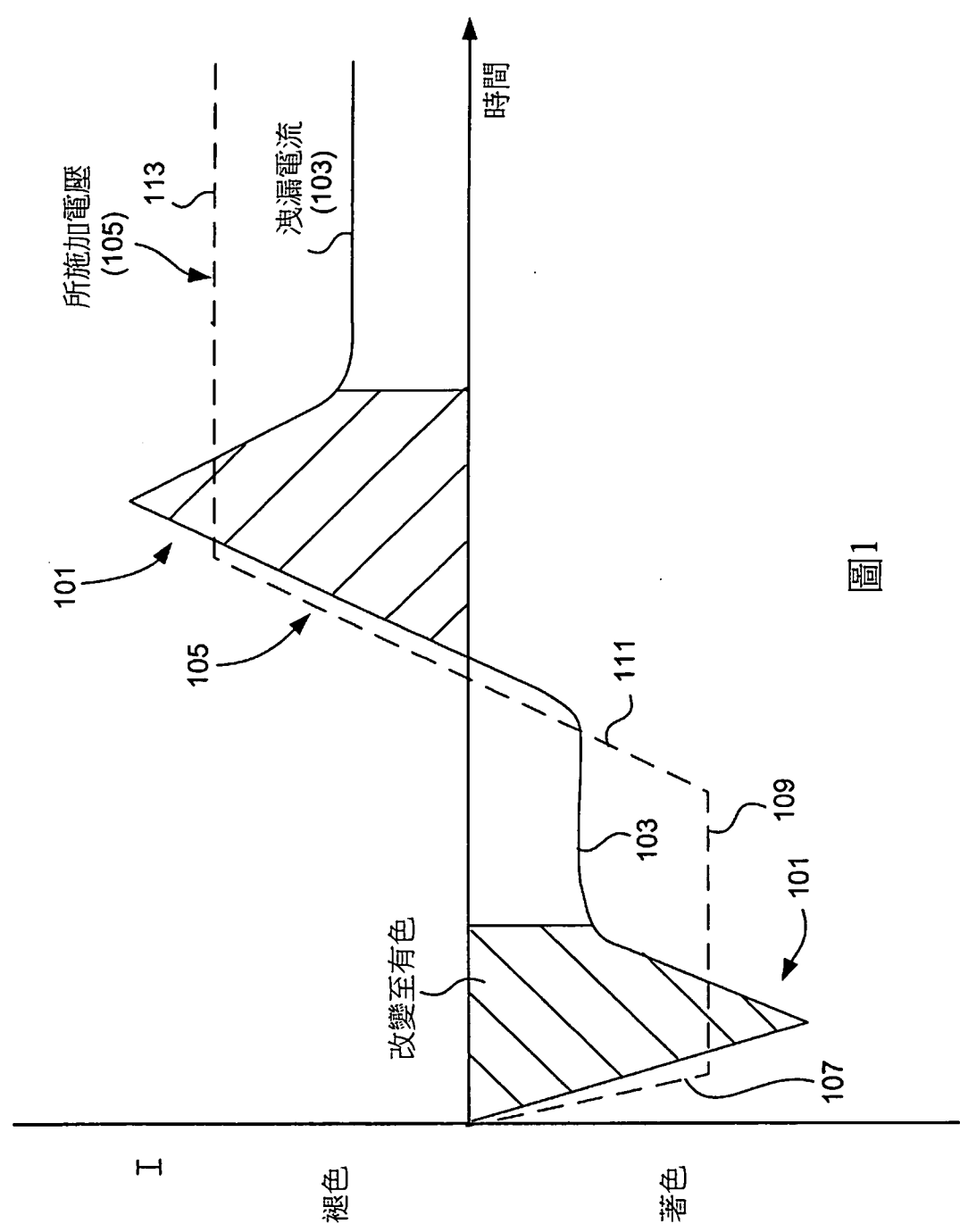


圖1

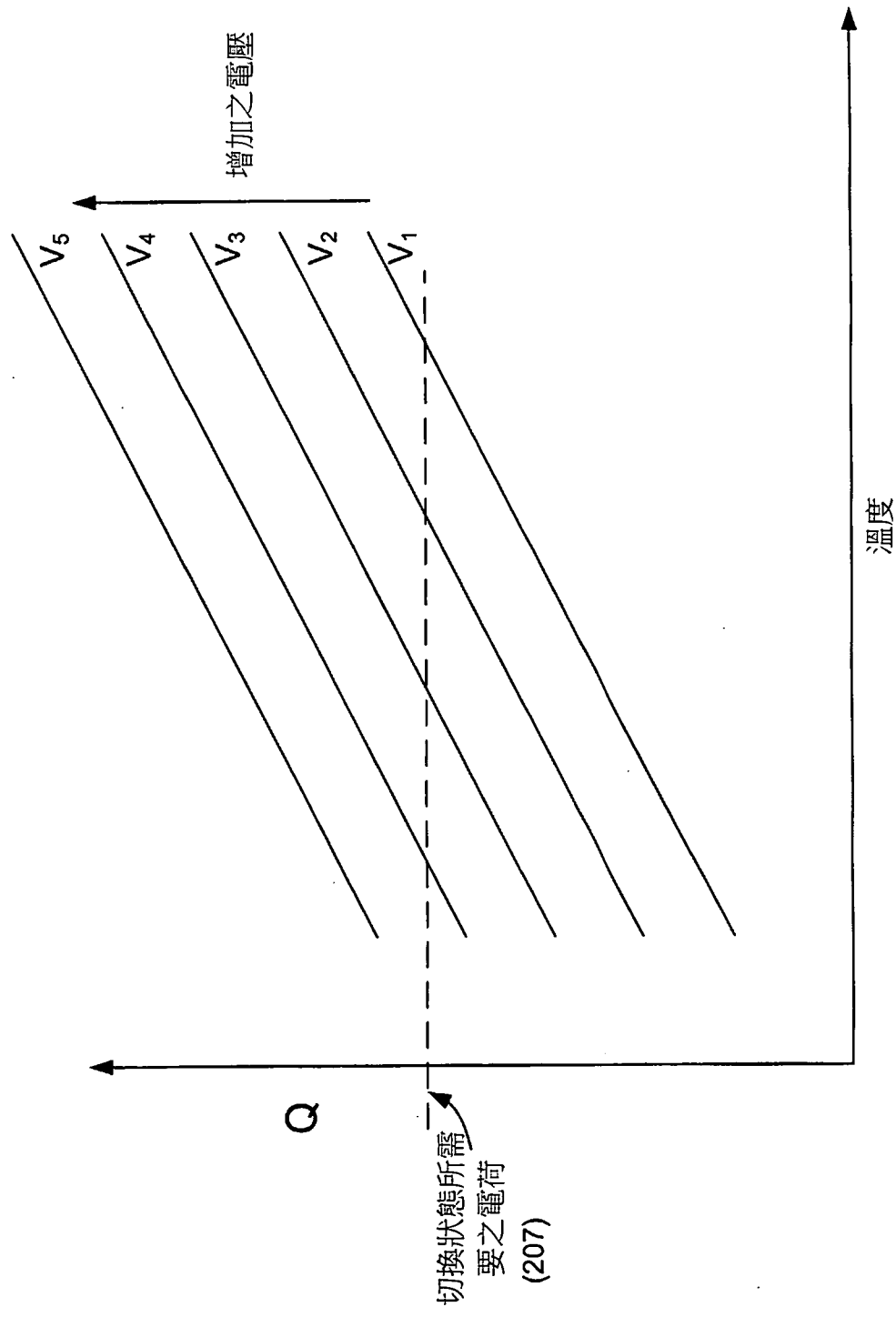


圖2

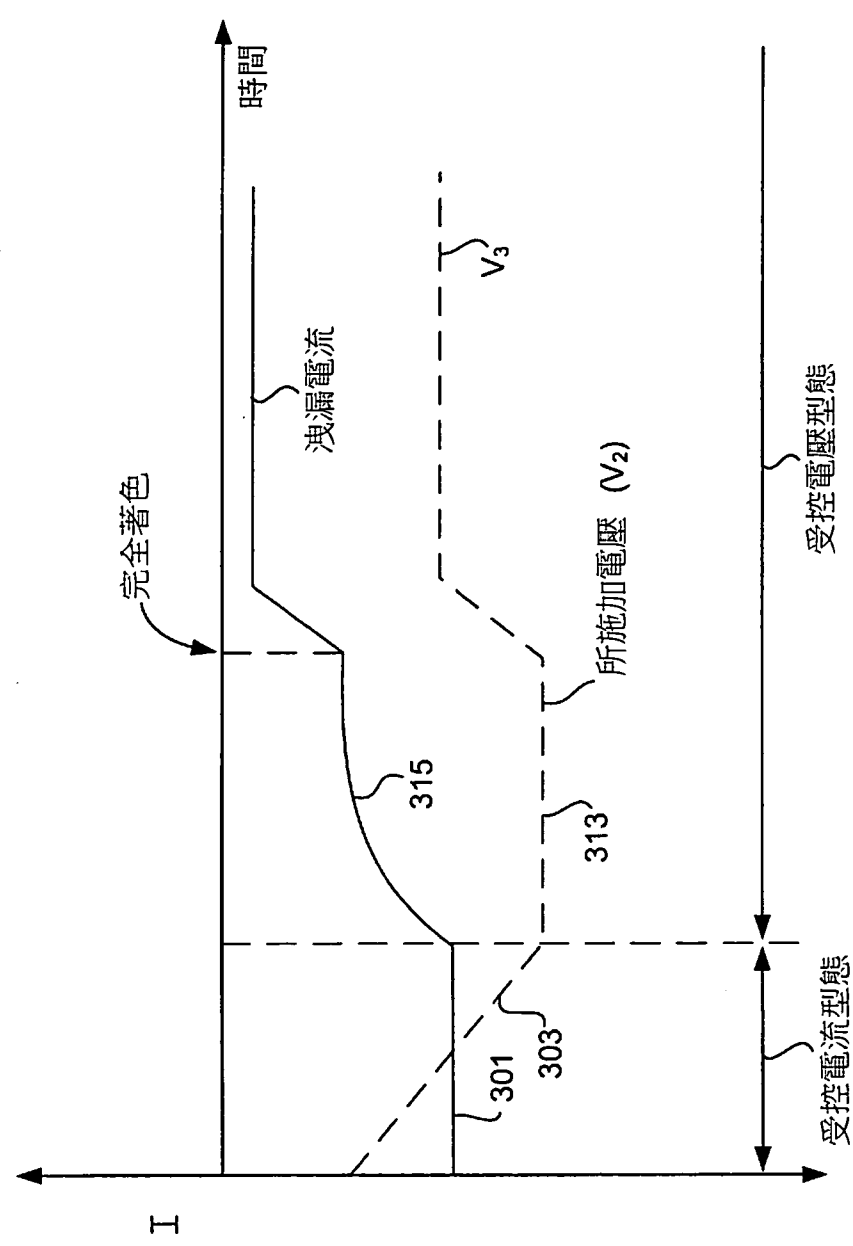


圖3A

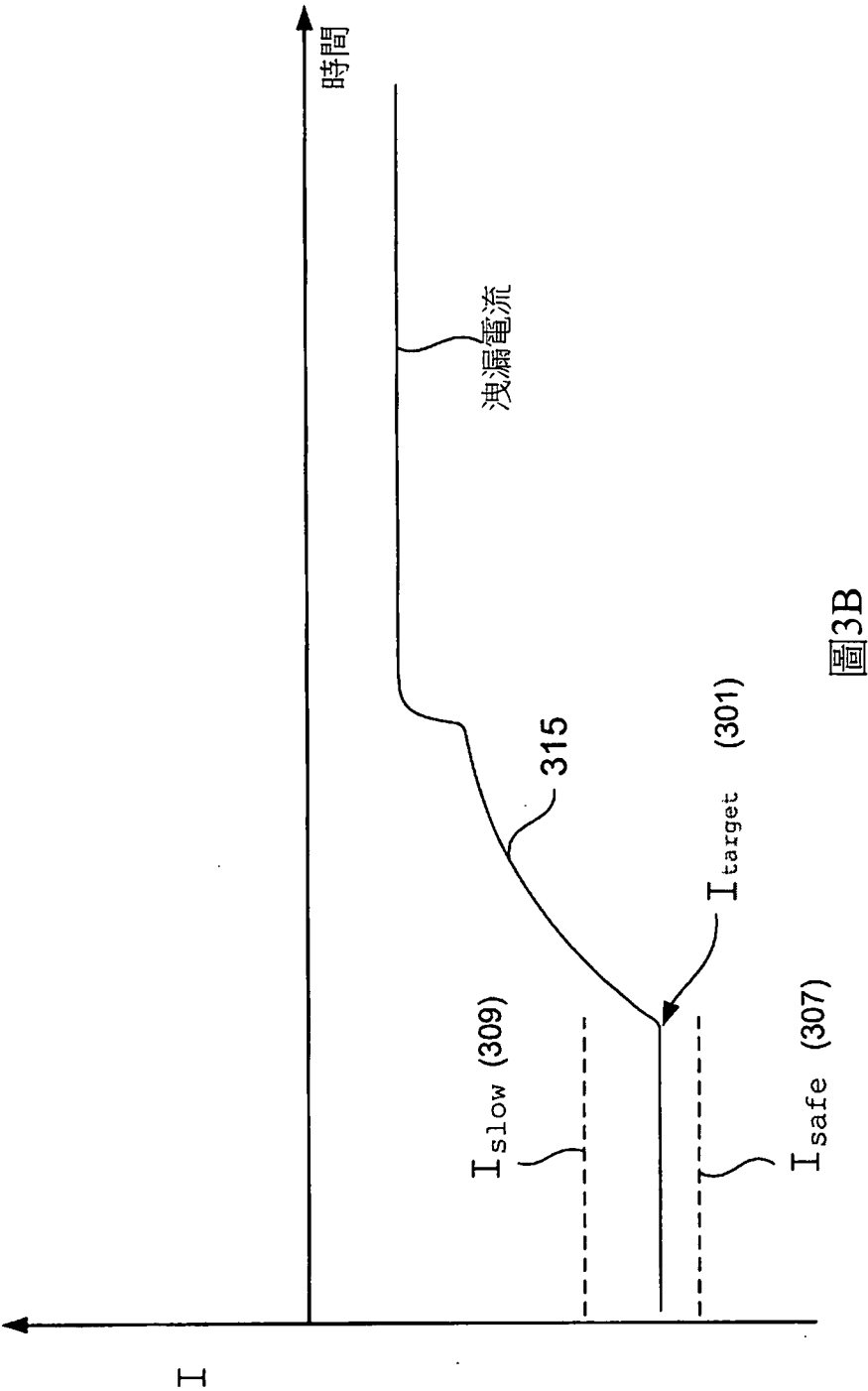


圖3B

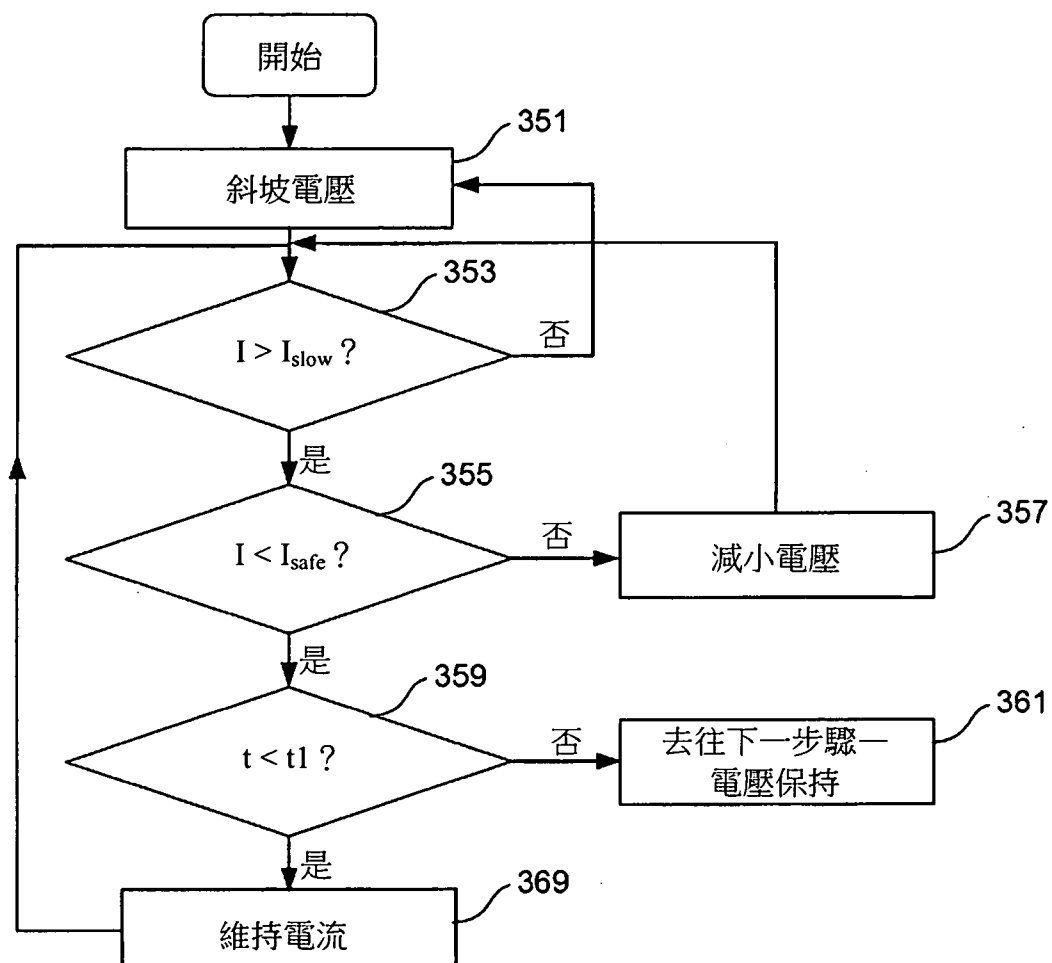
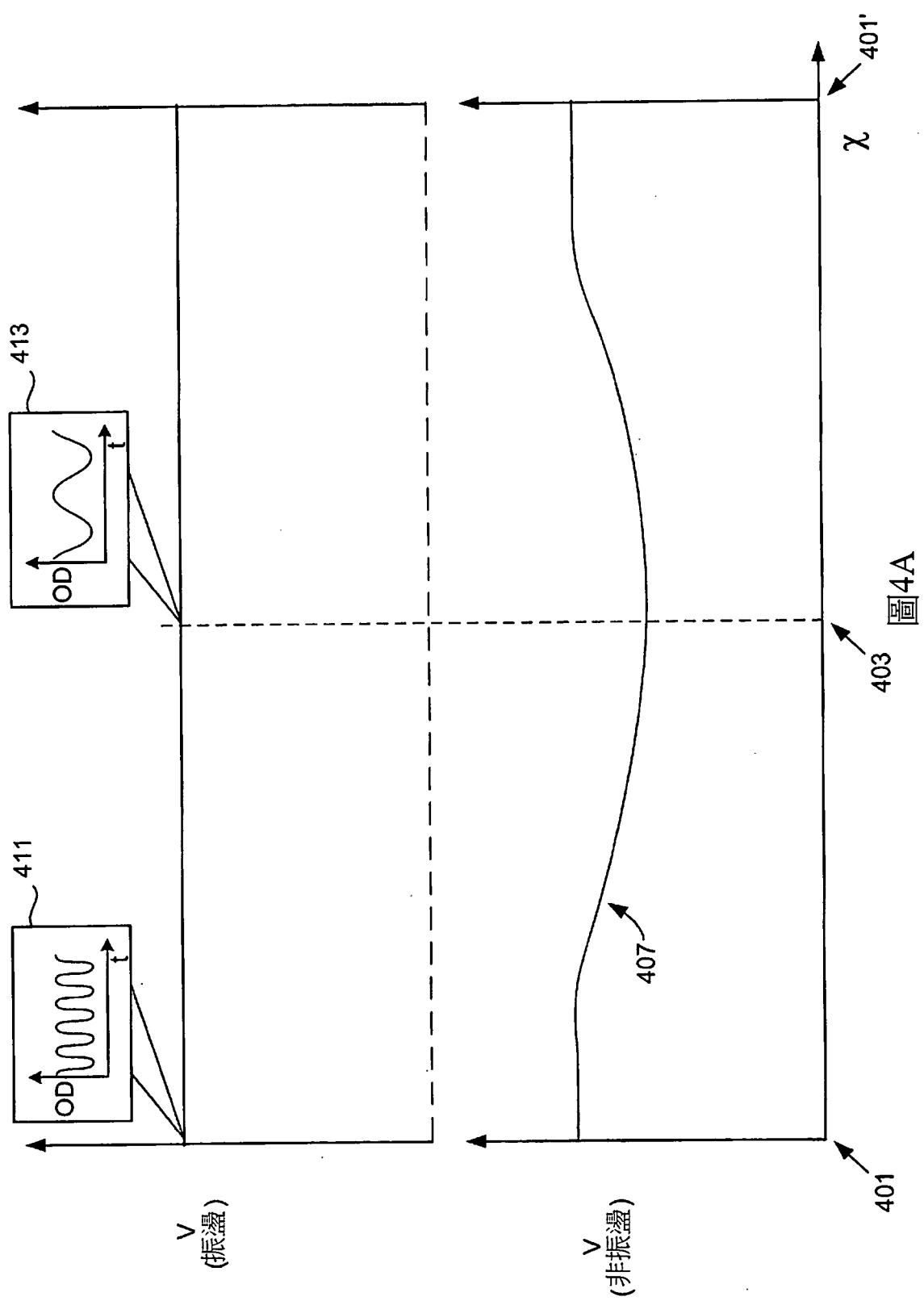


圖3C



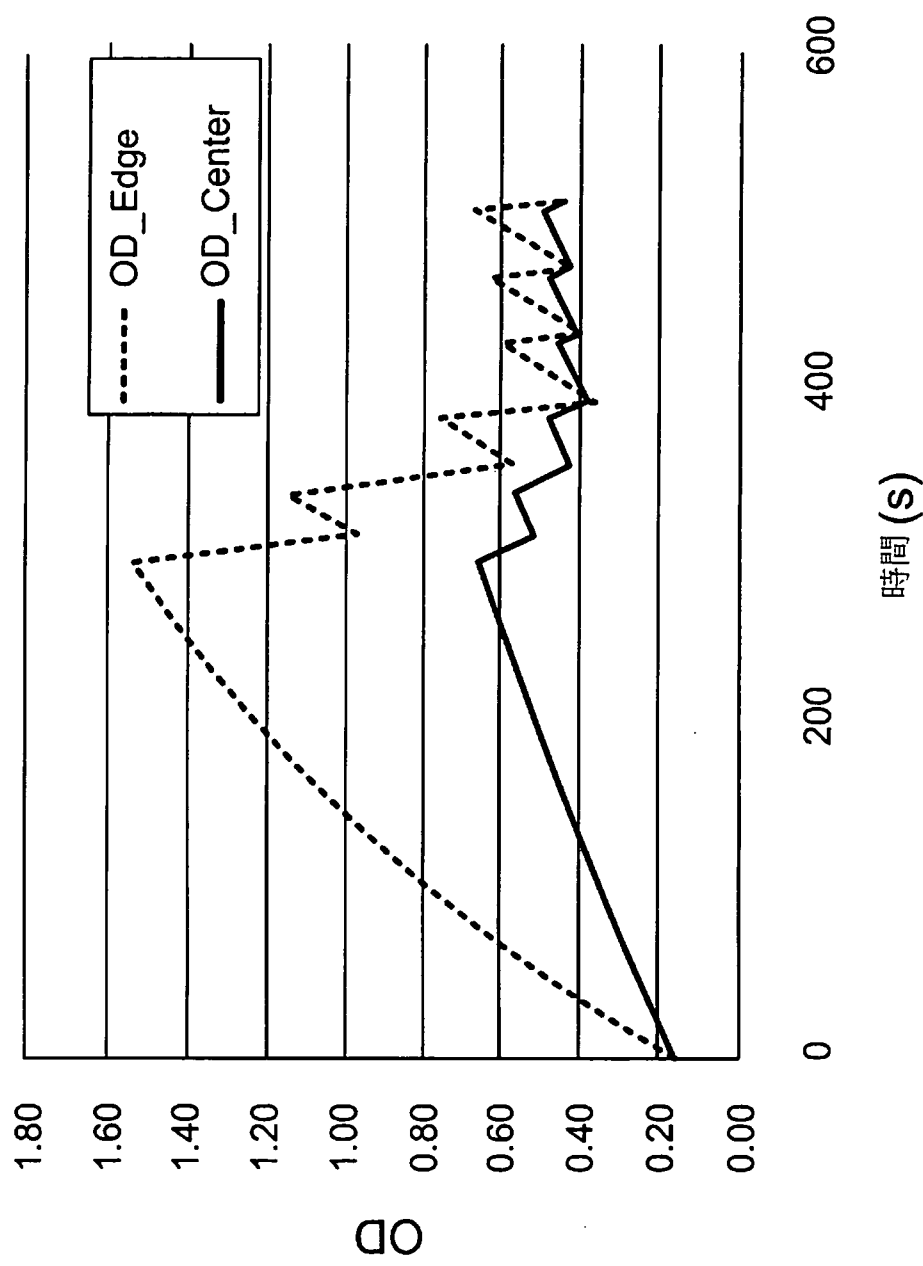
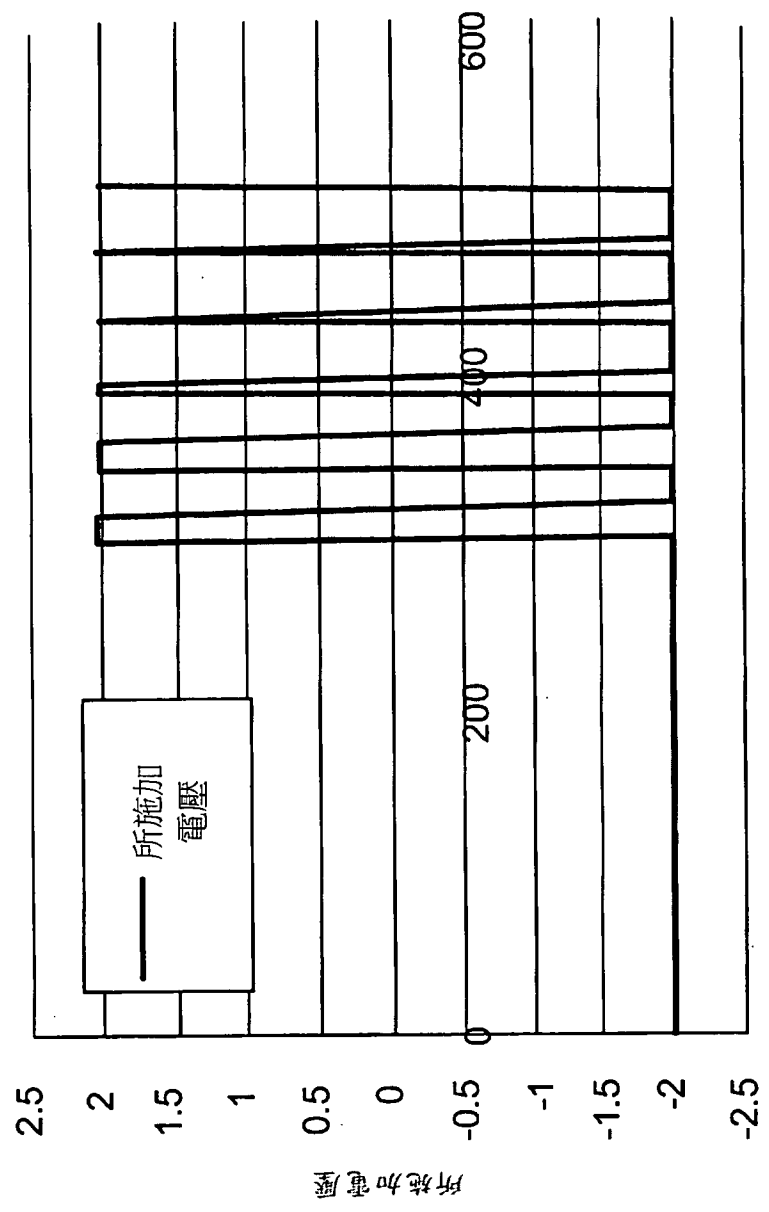


圖4B



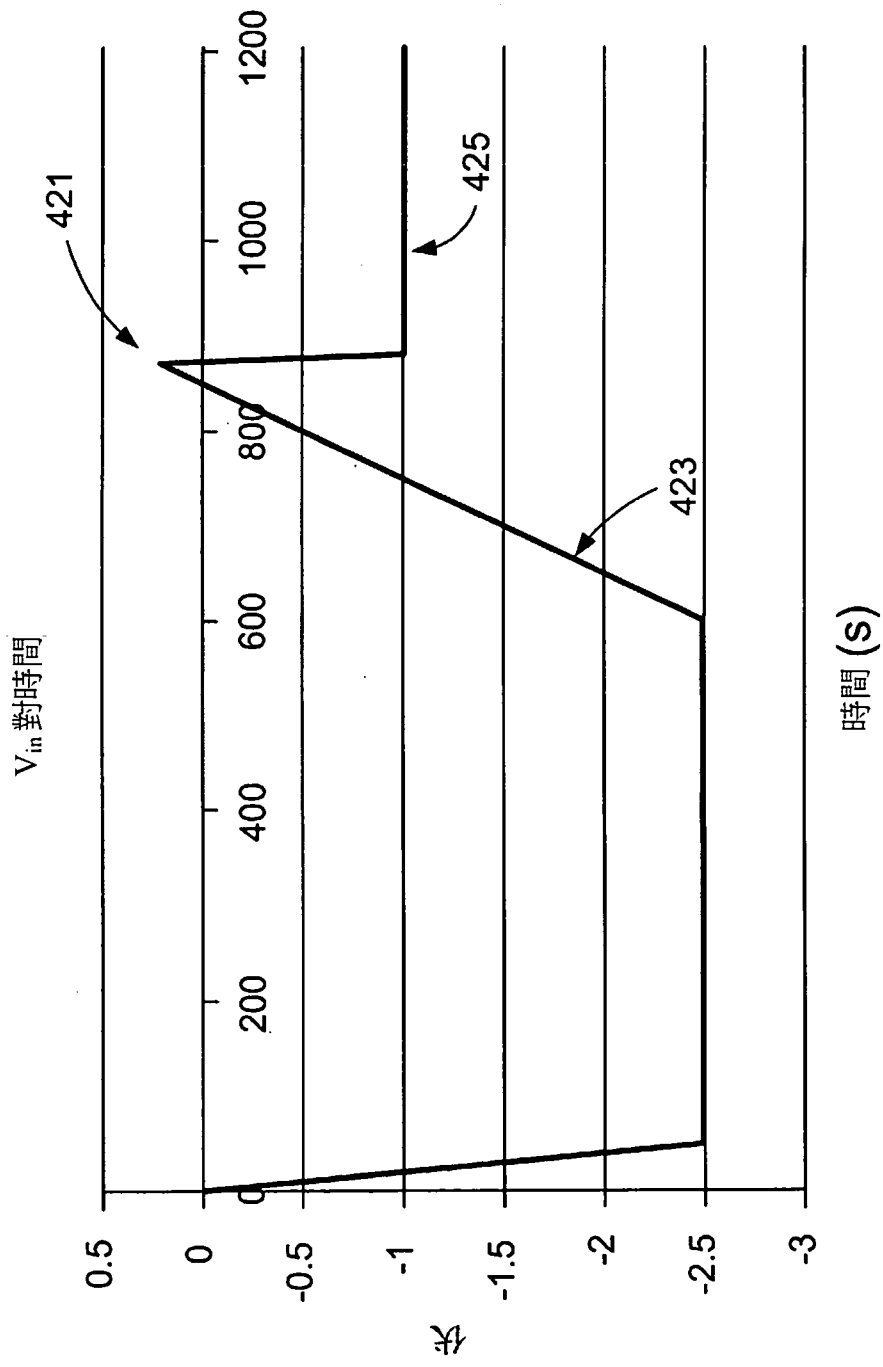


圖4D

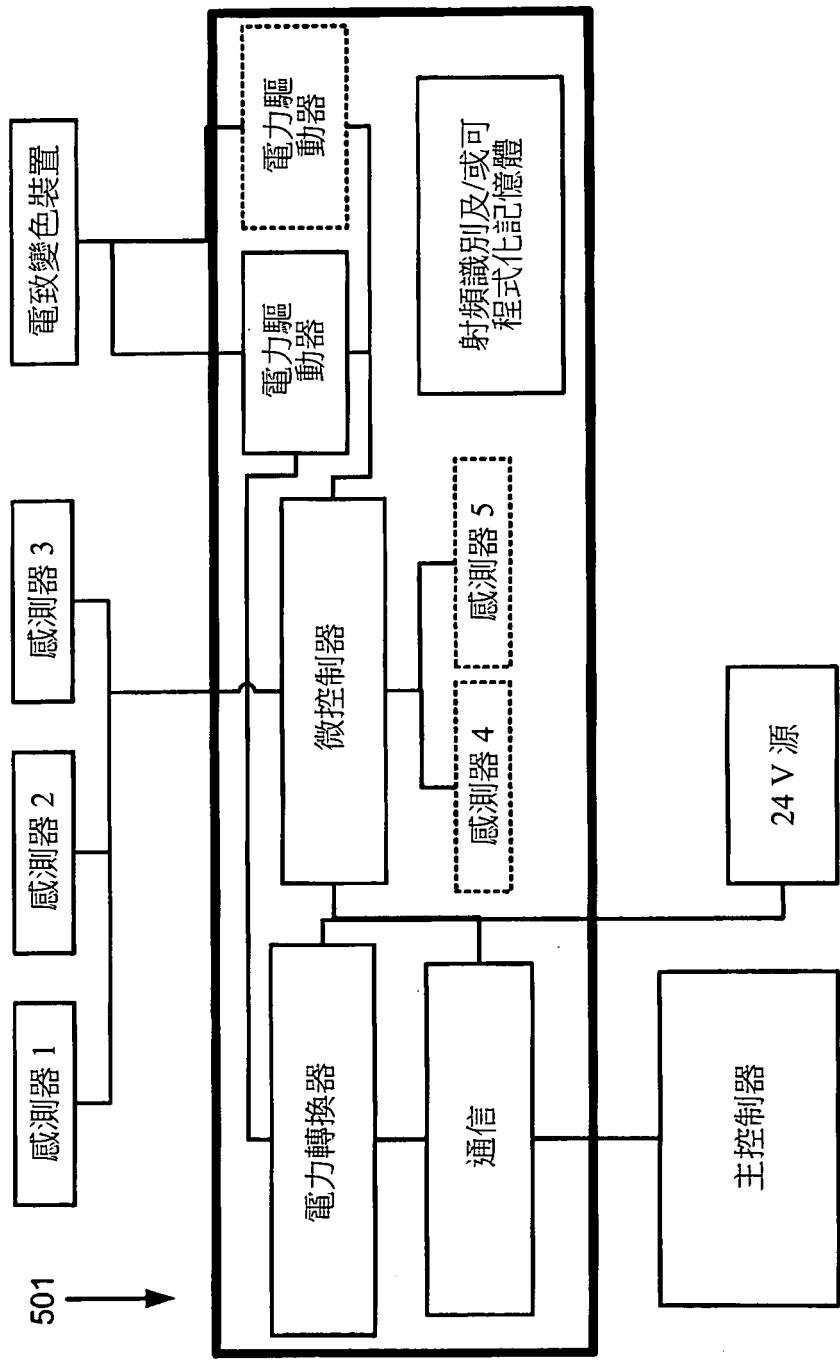


圖5