



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公開本

(11)公開編號：TW 201628249 A

(43)公開日：中華民國 105 (2016) 年 08 月 01 日

(21)申請案號：104128166

(22)申請日：中華民國 104 (2015) 年 08 月 27 日

(51)Int. Cl. : *H01M10/052 (2010.01)*

H01M2/16 (2006.01)

H01M10/0562(2010.01)

H01M10/0583(2010.01)

(30)優先權：2014/08/28 美國

62/043,261

(71)申請人：應用材料股份有限公司 (美國) APPLIED MATERIALS, INC. (US)

美國

(72)發明人：孫立中 SUN, LIZONG (US)；宋道因 SONG, DAOYING (CN)

(74)代理人：蔡坤財；李世章

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：20 項 圖式數：9 共 35 頁

(54)名稱

包含用於降低界面電阻及過電位的中間層的電化學裝置堆疊

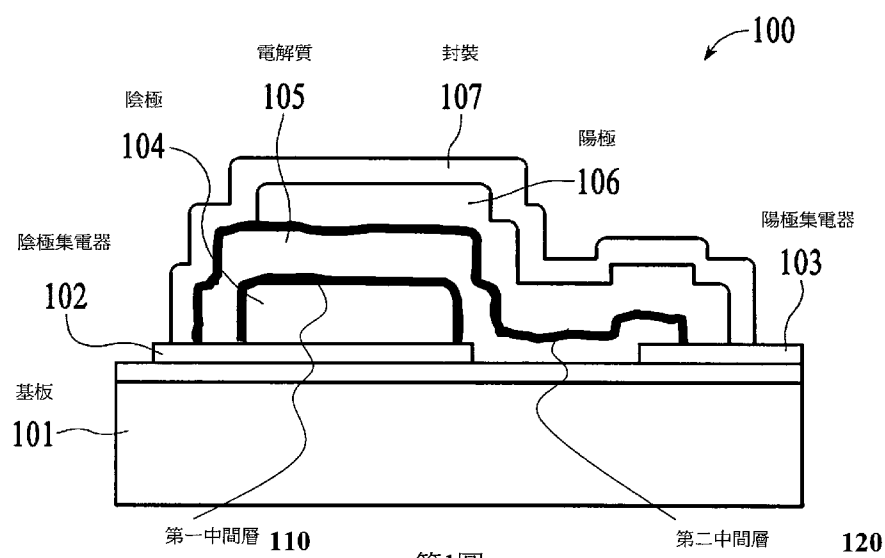
ELECTROCHEMICAL DEVICE STACKS INCLUDING INTERLAYERS FOR REDUCING
INTERFACIAL RESISTANCE AND OVER-POTENTIAL

(57)摘要

在諸如薄膜電池(TFBs)、電致變色(EC)裝置等電化學裝置中、在電極與固態電解質之間包括中間層，以降低界面電阻及過電位，用於促進離子輸送(例如鋰離子輸送)通過電化學裝置堆疊中的某些界面。本文中揭示了製造這些電化學裝置的方法及設備。

Interlayers are included between electrode(s) and solid state electrolyte in electrochemical devices such as thin film batteries (TFBs), electrochromic (EC) devices, etc., in order to reduce the interfacial resistance and over-potential for promoting ion transport, such as lithium ion transport, through certain of the interfaces in the electrochemical device stack. Methods of manufacturing these electrochemical devices, and equipment for the same, are disclosed herein.

指定代表圖：



第1圖

符號簡單說明：

- 100 . . . 第一 TFB (薄膜電池)裝置結構
- 101 . . . 基板
- 102 . . . 陰極集電器
- 103 . . . 陽極集電器
- 104 . . . 陰極
- 105 . . . 電解質
- 106 . . . 陽極
- 107 . . . 封裝層
- 110 . . . 第一中間層
- 120 . . . 第二中間層

201628249

【發明摘要】

【中文發明名稱】包含用於降低界面電阻及過電位的中間層的電化學裝置堆疊

【英文發明名稱】ELECTROCHEMICAL DEVICE STACKS INCLUDING INTERLAYERS FOR REDUCING INTERFACIAL RESISTANCE AND OVER-POTENTIAL

【中文】

在諸如薄膜電池（TFBs）、電致變色（EC）裝置等電化學裝置中、在電極與固態電解質之間包括中間層，以降低界面電阻及過電位，用於促進離子輸送（例如鋰離子輸送）通過電化學裝置堆疊中的某些界面。本文中揭示了製造這些電化學裝置的方法及設備。

【英文】

Interlayers are included between electrode(s) and solid state electrolyte in electrochemical devices such as thin film batteries (TFBs), electrochromic (EC) devices, etc., in order to reduce the interfacial resistance and over-potential for promoting ion transport, such as lithium ion transport, through certain of the interfaces in the electrochemical device stack. Methods of manufacturing these electrochemical devices, and equipment for the same, are disclosed herein.

【指定代表圖】第（1）圖。

【代表圖之符號簡單說明】

100 第一 TFB（薄膜電池）裝置結構

101 基板

102 陰極集電器

1 0 3 陽 極 集 電 器

1 0 4 陰 極

1 0 5 電 解 質

• 1 0 6 陽 極

. 1 0 7 封 裝 層

1 1 0 第 一 中 間 層

1 2 0 第 二 中 間 層

【特徵化學式】

無

【發明說明書】

【中文發明名稱】包含用於降低界面電阻及過電位的中間層的電化學裝置堆疊

【英文發明名稱】ELECTROCHEMICAL DEVICE STACKS INCLUDING INTERLAYERS FOR REDUCING INTERFACIAL RESISTANCE AND OVER-POTENTIAL

【0001】 本申請案主張2014年8月28日提出申請的美國臨時申請第62/043,261號之權益。

【技術領域】

【0002】 本揭示之實施例大體而言係關於電化學裝置，更具體言之、但並不排他，係關於包含中間層的電化學裝置堆疊，該中間層係用於降低在與電極和固態電解質的界面的電阻及過電位。

【先前技術】

【0003】 電化學裝置，例如薄膜電池（TFBs）和電致變色裝置（EC），包括多個層的薄膜堆疊，該等層包括集電器、陰極（正極）、固態電解質及陽極（負極）。

【0004】 這些電化學裝置的性能取決於輸送鋰通過堆疊之各個層的簡易性，該簡易性不僅受每一層的阻抗影響，而且還受到在該等層之間的界面的電阻/阻抗影響。因此，在固態薄膜電池中，在這些電極/電解質界面的大電荷輸送電阻對於整體的鋰輸送具有（或會有）大的影響，並因此對電池的性能有大的影響，而其中一些性能因素會是功率能力和容量利用率。

【0005】 明顯地，需要有效降低在這些電化學裝置中的界面電阻以促進鋰輸送通過界面的裝置結構及製造方法。

【發明內容】

【0006】 本揭示大體而言係關於在電化學裝置中的電極與固態電解質之間引入中間層，該電化學裝置例如薄膜電池（TFBs）、電致變色（EC）裝置等，以降低界面電阻及過電位，用於促進離子輸送（例如鋰離子輸送）通過裝置堆疊中的某些界面。

【0007】 依據一些實施例，一種薄膜電化學裝置可以包含：包含第一電極材料的第一電極層；電解質層，該電解質層包含電解質材料；第二電極層，該第二電極層包含第二電極材料；以及至少一中間層，該至少一中間層介於並接觸以下中之至少一者（a）該第一電極層和該電解質層及（b）該第二電極層和該電解質層；其中該中間層包含中間層材料，該中間層材料之特徵在於（1）該中間層材料不影響電荷載體在該電解質層與該第一和第二電極層中之任一者或兩者之間的界面的嵌入/脫嵌，（2）該中間層材料降低在該電解質層與該等電極層中之任一者或兩者之間的界面的電阻及過電位；（3）該中間層材料與鋰金屬相比的電動勢（emf）低於該第一或第二電極材料相對於鋰金屬的emf；及（4）沉積的該中間層材料為離子導體，例如鋰離子導體。

【0008】 依據一些實施例，一種製造薄膜電化學裝置的方法可以包含以下步驟：沉積裝置堆疊，該裝置堆疊包含第一電極層、電解質層、第二電極層、及至少一中間層，該至少一中間層被沉積在以下中之至少一者上（a）該第一電極層，其中該電解質層被沉積在該至少一中間層上，及（b）該電解質層，其中該第二電極層被沉積在該至少一中間層上；其中該至少一中間層包含中間層材料，該中間層材料之特徵在於（1）該中間層材料不影響電荷載體在該電解質層與該第一和第二電極層中之任一者或兩者之間的界面的嵌入/脫嵌，（2）該中間層材料降低在該電解質層與該等電極層中之任一者或兩者之間的界面的電阻及過電位；（3）該中間層材料與鋰金屬相比的電動勢（ emf ）低於該第一或第二電極材料相對於鋰金屬的 emf ；以及（4）沉積的該中間層材料為離子導體，例如鋰離子導體。

【0009】 依據進一步的實施例，一種用於製造電化學裝置的設備可以包含：用於沉積裝置堆疊的系統，該裝置堆疊包含第一電極層、電解質層、第二電極層、及至少一中間層，該至少一中間層被沉積在以下中之至少一者上：（a）該第一電極層，其中該至少一中間層中之一者係介於並接觸該第一電極層與該電解質層，及（b）該電解質層，其中該至少一中間層中之一者係介於並接觸該電解質層與該第二電極層；其中該至少一中間層包含中間層材料，該中間層材料之特徵在於（1）該中間層材料不影響電荷載

體在該電解質層與該第一和第二電極層中之任一者或兩者之間的界面的嵌入/脫嵌，（2）該中間層材料降低在該電解質層與該等電極層中之任一者或兩者之間的界面的電阻及過電位；（3）該中間層材料與鋰金屬相比的電動勢（ $e m f$ ）低於該第一或第二電極材料相對於鋰金屬的 $e m f$ ；以及（4）沉積的該中間層材料為一離子導體，例如鋰離子導體。

【圖式簡單說明】

【0010】 對於所屬技術領域中具有通常知識者而言，在結合附圖檢閱以下具體實施例的描述之後，本揭示的這些和其他態樣及特徵將變得顯而易見，在附圖中：

【0011】 第1圖為依據一些實施例具有中間層的薄膜電池之示意性剖面圖，該中間層係用於降低在電極與固體電解質之間的界面的電阻及過電位；

【0012】 第2圖為依據一些實施例具有中間層的電致變色裝置之示意圖，該中間層係用於降低在電極與固體電解質之間的界面的電阻及過電位；

【0013】 第3圖為依據一些實施例具有中間層的電化學裝置之示意性剖面圖，該中間層係用於降低在電極與固體電解質之間的界面的電阻及過電位；

【0014】 第4圖為依據一些實施例用於沉積具有一個或更多個中間層的電化學裝置的流程圖；

【0015】 第5圖圖示依據一些實施例有和無 TiO_2 中間層的TFB電池之利用率與電池容量率的相關性；

【0016】 第6圖圖示依據一些實施例在 LiCoO_2 陰極與 LiPON 電解質之間具有 TiO_2 中間層的TFB裝置之充放電曲線；

【0017】 第7圖為依據一些實施例的薄膜沉積群集工具之示意圖；

【0018】 第8圖為依據一些實施例具有多個在線工具的薄膜沉積系統之圖像；以及

【0019】 第9圖為依據一些實施例的在線沉積工具及基板輸送帶之圖像。

【實施方式】

【0020】 現在將參照圖式詳細地描述本揭示的實施例，提供圖式作為本揭示的說明性實例，以便使所屬技術領域中具有通常知識者能夠實施本揭示。值得注意的是，圖式和以下的實例無意將本揭示的範圍限制於單一實施例，而是藉由交換一些或全部的描述或圖示元件的方式，其他實施例也是可能的。此外，當本揭示的某些元件可以使用習知元件來部分或完全實施時，將只描述這種習知元件的那些用於理解本揭示所必需的部分，而且將省略這種習知元件的其他部分之詳細描述，以免混淆本揭示。在本說明書中，顯示單數元件的實施例不應被視為是限制性的；相反地，本揭示意圖涵蓋其他包括複數個相同元件的實施例，反之亦然，除非本文中另有明確的陳述。此外，申請人無意將說明書或申請專利範圍中的任何術語歸於罕見或特殊的含義，除非明確闡述為如此。此外，本揭示

涵蓋本文中以說明的方式指稱的習知元件之目前和未來的習知均等物。

【0021】 本揭示描述電化學裝置結構及製造電化學裝置的方法，該電化學裝置在電極（正及/或負）與固態電解質（例如LiPON）之間包括一個或更多個薄中間層，用於降低在與電極和固態電解質的界面的電阻及過電位。此外，該裝置可以包括在電極與電解質之間包含多個不同材料層的中間層，以形成穿過該中間層的「串聯」化學電位。

【0022】 第1-3圖圖示依據一些實施例具有中間層用於降低在電極與固體電解質之間的界面的電阻及過電位的薄膜電化學裝置之示意性剖面圖。

【0023】 第1圖圖示具有形成在基板101上的陰極集電器102和陽極集電器103、接著為陰極104、第一中間層110、電解質105、第二中間層120、及陽極106的第一TFB（薄膜電池）裝置結構100；然而該裝置可以順序相反的陰極、電解質及陽極來製造。此外，陰極集電器（CCC）和陽極集電器（ACC）可以被分開沉積。例如，可以在陰極之前沉積CCC，而且可以在電解質和第二中間層之後沉積ACC。該裝置可以被諸如聚對二甲苯的封裝層107覆蓋，以保護環境敏感層免於氧化劑的破壞。應注意的是，在第1圖圖示的TFB裝置中，元件層並非依比例繪製。

【0024】 依據實施例，第1圖的TFB裝置可以藉由以下製程來製造：提供基板；沉積圖案化CCC；沉積圖案ACC；沉積圖案化陰極；陰極退火；沉積第一圖案化中間層；沉積圖案化電解質；沉積第二圖案化中間層；沉積圖案化陽極；及沉積圖案化封裝層。可以使用蔭影遮罩來沉積圖案化層。在實施例中，陰極是 LiCoO_2 ，而且退火是在高達 850°C 的溫度下進行。此外，依據本揭示的一些TFBs實施例可以使用用於一個或更多個元件層的毯覆層沉積（無遮罩沉積）來製造；例如，可以使用無遮罩層沉積來製造具有的堆疊與第3圖的電化學裝置堆疊類似的TFB堆疊。

【0025】 在第2圖中描繪出電致變色（EC）裝置200。裝置200包含透明基板210、下透明導電氧化物（TCO）層220、陰極230、第一中間層280、固體電解質240、第二中間層290、相對電極（陽極）250、及上TCO層260。至於封裝270，可以在透明基板210的相對側上存在另外的基板/玻璃或透明薄膜滲透阻障層。應注意的是，在第2圖圖示的電致變色裝置中，元件層並非依比例繪製。

【0026】 依據實施例，第2圖的電致變色裝置可以藉由以下製程來製造：提供基板；沉積下透明導電氧化物（TCO）層（在實施例中，該TCO層可被退火以改良光透明度和導電率）；沉積陰極，例如 WO_3 ；陰極退火；沉積第一中間層；沉積固體電解質；沉積第二中間層；沉

積相對電極（陽極）；沉積鋰層；沉積上TCO層；以及分別沉積或固定密封層或基板。

【0027】第3圖圖示具有垂直堆疊的電化學裝置之實例，該垂直堆疊係依據本揭示之實施例製造並具有一個或更多個中間層。在第3圖中，該垂直堆疊包含：第一電極層310、中間層320、電解質層330、第二中間層340及第二電極層350。第一和第二電極層通常會是陽極和陰極。還可以有（未圖示）基板、用於第一電極層及/或第二電極層的集電器、在整個堆疊上方的保護塗層、及用於電極的電觸點。此外，該裝置可以包括在電極與電解質之間包含多個不同材料層的中間層，以形成穿過該中間層的「串聯」化學電位。

【0028】第4圖提供依據一些實施例用於在諸如TFB或EC裝置的電化學裝置之電解質與一個或更多個電極之間包括一個中間層或多個中間層的製程流程。用於製造具有一個或更多個中間層的電化學裝置之製程流程可以包括：提供第一電極（401）；在該第一電極上沉積第一中間層（402）；在該第一中間層上沉積電解質層（403）；在該電解質層上沉積第二中間層（404）；以及在該第二中間層上沉積第二電極層（405）。這裡，該第一和第二電極可以是陽極和陰極。該製程可以進一步包括在電極層與電解質層之間、在彼此頂部上沉積多個不同材料層，以形成穿過該中間層的「串聯」化學電位。例示的裝置堆疊包括：陽極-中間層-電解質-陰極；陽極-電解質-中間層-

陰極；陽極 - 中間層 - 電解質 - 中間層 - 陰極；陽極 - 中間層 - 中間層 - 電解質 - 陰極；陽極 - 電解質 - 中間層 - 中間層 - 陰極等。

【0029】此外，該製程流程可以被描述為製作薄膜電化學裝置的方法，該方法包含以下步驟：沉積裝置堆疊，該裝置堆疊依序包含第一電極層、電解質層、及第二電極層；以及沉積至少一個中間層，該中間層被沉積在該堆疊中、在該第一電極層上或在該電解質層上。如上所述，該製程可以進一步包括在一個電極層與該電解質層之間、在彼此頂部上沉積多個不同材料層，以形成穿過該中間層的「串聯」化學電位。

【0030】陰極層的實例是 LiCoO_2 層，陽極層的實例是 Li 金屬層，電解質層的實例是 LiPON 層。然而，預期的是，可以使用範圍廣泛的陰極材料，例如 NMC (NiMnCo 氧化物)、 NCA (NiCoAl 氧化物)、 LMO (Li_xMnO_2)、 LFP (Li_xFePO_4)、 LiMn 尖晶石等，可以使用範圍廣泛的陽極材料，例如 Si 、 Al 、 Sn 等，而且可以使用範圍廣泛的鋰導電性電解質材料，例如 LLZO (LiLaZr 氧化物)、 LiSiCON 等。用於這些層的沉積技術可以是任何能夠提供所需成分、相及結晶度的沉積技術，而且可以包括諸如 PVD (物理氣相沉積)、反應濺射、不反應濺射、 RF (射頻) 濺射、多頻濺射、蒸鍍、 CVD (化學氣相沉積)、 ALD (原子層沉積) 等沉積技術。沉積方法也可以是非以真空為基礎的，例如電漿噴塗、噴霧熱解、槽模

塗佈、網版印刷等。中間層的材料可以選自金屬氧化物，例如 TiO_2 、 Ta_2O_5 、 ZrO_2 、 ZnO 、 SnO_2 、 Al_2O_3 ，並包括陰極活性電池材料（例如化學電位比陰極更低的材料），例如 TiO_x 、 TiS_2 等，其中中間層材料滿足以下條件：

- 1) 中間層材料不會影響Li在任一界面的嵌入/脫嵌；
- 2) 中間層材料降低在中間層與兩個電極層和電解質層之間的界面的電阻及過電位；
- 3) 對於含鋰陰極層與電解質層之間的中間層來說，中間層材料與鋰金屬相比的電動勢低於主體陰極材料對比鋰金屬的電動勢；
- 4) 對於陽極層與電解質層之間的中間層來說，中間層材料與鋰金屬相比的電動勢低於主體陽極材料對比鋰金屬的電動勢；以及
- 5) 所沉積的中間層材料是離子導體，例如鋰離子導體，而且通常是電子導體，然而在實施例中，當薄到足以發生電子穿隧時，中間層可以是不導電的。

【0031】 此外，預期的是，特定中間層組成物的性能將強烈依賴於良好地控制中間層之成分、相及結晶度。

【0032】 在實施例中，中間層的厚度可以在3 nm - 200 nm的範圍中，而且在一些實施例中，該厚度可以在10 nm - 50 nm的範圍中。雖然概念的演示是使用PVD（物理氣相沉積）濺鍍的中間層，但預期的是，該概念是沉積方法不可知的 - 例如用於中間層的沉積技術可以是

任何能夠提供所需成分、相及結晶度的沉積技術，而且可以包括諸如PVD、反應濺射、不反應濺射、RF（射頻）濺射、多頻濺射、蒸鍍、CVD（化學氣相沉積）、ALD（原子層沉積）等沉積技術。沉積方法也可以是非以真空為基礎的，例如電漿噴塗、噴霧熱解、槽模塗佈、網版印刷等。此外，該演示係使用單一中間層，但吾人可以構想到在電極層與電解質層之間形成穿過中間層的「串聯」化學電位的多個中間層 - 例如，在電極層與電解質之間可以存在Ta₂O₅層、然後TiS₂層、然後TiO_x層。

【0033】 通過添加TiO_x中間層，在LiCoO₂陰極層與LiPON電解質層之間的界面電阻顯得降低，如下表所示。此外，第5圖顯示有和無中間層的樣品之容量利用率對C-率（電池容量率）的相依性之差異。據推測，這些明顯的差異是由於LiCoO₂與LiPON層之間僅由於界面層的較佳電化學電位匹配。此外，可以的情況是，製造具有中間層的裝置堆疊可以導致過渡層（例如Li、Co及中間層的過渡金屬氧化物之混合物）形成，該過渡層具有比沒有中間層的界面更低的電阻，從而在界面產生較低的過電位要求及整體的電池性能改良。（假使過渡層是需要的，則預期的是，退火可以有效形成這樣的過渡層；退火還可以改良中間層的結晶度）。表1和第5圖中使用的材料是TiO_x，其中 $1.3 \leq x \leq 2.0$ ，TiO_x也是一種化學電位比LiCoO₂更低的陰極材料。因此，這個較低的化學電位層可以使Li嵌入絕對更容易 - 從而降低整體阻抗並

導致更佳的電池性能。預期負極與電解質的界面會有類似的情況。在Li-電解質界面具有這樣的氧化物/陰極層可以使Li離子的輸送更容易，因為TiO_x-Li會誘導Li離子先「自然地」嵌入TiO_x（諸如LiPON的固體電解質比Li更加化學穩定和電化學穩定）中，甚至在施加驅動電壓以使用電池/使電池放電之前形成包含Li離子的中間層。

【0034】 表1：在LCO電極與LiPON電解質之間有或無TiO_x中間層的TFB電池之IR降低比較的實例。

ID	LCO 厚度 (μm)	TiO ₂ 層	充電 電壓	放電 電壓	IR (V)	放電電 流(μA)	IR @ 100μA/c m ² (V)	IR (Ω/cm ² .μm)
無 TiO _x	14.7	否	4.2	4.168	0.0320	103.5	0.031	21
有 TiO _x (~3 nm 厚)	13.8	是	4.2	4.179	0.0210	93.1	0.023	16

【0035】 第6圖圖示在LiCoO₂與LiPON層之間包含Li陽極和薄TiO_x中間層的固態薄膜電池之充放電曲線。TFB容量利用率在11微米的LiCoO₂達到82% - 這是重大的結果，而且是優於無中間層的相同裝置的性能改良，展現出本揭示的方法及結構的效用。

【0036】 預期的是，本揭示的實施例將非常適合用於具有較高電壓的陰極/正電解質層（例如LiCoO₂和LiPON）的固態電池，從而提供藉由例如容量利用率、比率能力及/或循環壽命所測得的改良性能。

【0037】 第7圖為依據一些實施例用於製造電化學裝置（例如TFB或EC裝置）的處理系統700之示意圖。處理系統700包括到群集工具702的標準機械介面（SMIF）701，群集工具702配備有可在上述製程步驟中利用的反應電漿清洗（RPC）腔室703及處理室C1-C4（704、705、706及707）。也可以將手套箱708附接於該群集工具。手套箱可以將基板保存在惰性環境中（例如在諸如He、Ne或Ar等稀有氣體之下），此舉在鹼金屬/鹼土金屬沉積之後是有用的。若需要的話還可以使用到手套箱的前置腔室709 - 前置腔室是氣體交換腔室（惰性氣體到空氣，反之亦然），前置腔室允許基板被傳送進出手套箱而不污染手套箱中的惰性環境。（請注意，可以將手套箱換成露點足夠低的乾燥室內環境，此為鋰箔製造商所使用的。）腔室C1-C4可被設置用於製造電化學裝置的製程步驟，該等製程步驟可以包括例如：在電極層上方沉積中間層 - 例如在藉由反應濺射沉積的 LiCoO_2 層上方藉由PVD沉積 TiO_x ，接著在中間層上方沉積電解質層（例如藉由諸如在 N_2 氛圍中RF濺射或多頻濺射 Li_3PO_4 靶材的方法所沉積的LiPON），接著沉積諸如Li、Si、Al、Sn等第二電極層，如上所述。適當的群集工具平台之實例包括顯示器群集工具。應當理解的是，雖然已圖示出群集配置的處理系統700，但也可以使用線性系統，其中處理室被配置在沒有移送室的產線中，使得基板從一個腔室連續移動到下一個腔室。

【0038】 第8圖圖示依據一些實施例具有多種在線工具801至899（包括工具830、840、850）的在線製造系統800之圖像。在線工具可以包括用於沉積電化學裝置（包括TFBs和電致變色元件）的所有層的工具。此外，在線工具可以包括預調理和後調理腔室。例如，工具801可以是抽空腔室，用於在基板移動通過真空氣鎖802進入沉積工具之前建立真空。一些或全部的在線工具都可以是由真空氣鎖分隔的真空工具。應注意的是，製程產線中的製程工具和特定製程工具之順序將由所使用的具體電化學裝置製造方法來決定。例如，如上述製程流程中指定的。此外，可以將基板移動通過方向為水平或垂直的在線製造系統。

【0039】 爲了說明基板通過例如第8圖圖示的在線製造系統的移動，在第9圖中將基板輸送帶901圖示爲只有一個在線工具830在適當位置。將包含基板903的基板托架902（圖示部分剖開的基板托架，使得基板可以被看見）安裝在輸送帶901或等效裝置上，用於將托架和基板移動通過在線工具830，如所指出的。在一些實施例中，用於處理工具830的在線平台可被設置用於垂直基板，而且在一些實施例中可被設置用於水平基板。

【0040】 一種用於製造電化學裝置的設備可以包含：用於沉積裝置堆疊的系統，該裝置堆疊包含第一電極層、電解質層、第二電極層、及至少一中間層，該至少一中間層被沉積在以下中之至少一者上：（a）第一電極層，其中

該至少一中間層中之一者係介於該第一電極層與該電解質層之間、並與該第一電極層和該電解質層接觸，及 (b) 電解質層，其中該至少一中間層中之一者係介於該電解質層與該第二電極層之間、並與該電解質層和該第二電極層接觸；其中該至少一中間層包含中間層材料，該中間層材料之特徵在於 (1) 該中間層材料不影響電荷載體在該電解質層與該第一和第二電極層中之任一者或兩者之間的界面的嵌入/脫嵌，(2) 該中間層材料降低在該電解質層與該等電極層中之任一者或兩者之間的界面的電阻及過電位；(3) 該中間層材料與鋰金屬相比的電動勢 (emf) 低於該第一或第二電極材料相對於鋰金屬的 emf；以及 (4) 沉積的該中間層材料為離子導體，例如鋰離子導體。此外，在實施例中，該系統可以進一步沉積集電器層及保護塗層。該系統可以是群集工具、在線工具、獨立的工具、或上述工具中之一者或更多者的組合。

【0041】 雖然已經參照鋰離子電化學裝置具體描述了本揭示的實施例，但本揭示的教示和原理也可被應用於基於其他離子(例如質子、鈉離子等)的輸送的電化學裝置。

【0042】 雖然已經參照TFB裝置具體描述了本揭示的實施例，但本揭示的教示和原理也可被應用於各種電化學裝置，包括電致變色裝置、電化學感測器、電化學電容器等。

【0043】 雖然已經參照本揭示的某些實施例具體描述了本揭示的實施例，但所屬技術領域中具有通常知識者應

顯而易見的是，在不偏離本揭示的精神和範圍下可以做出形式和細節的變化和修改。

【符號說明】

【 0 0 4 4 】

1 0 0 第一 T F B (薄膜電池) 裝置結構

1 0 1 基板

1 0 2 陰極集電器

1 0 3 陽極集電器

1 0 4 陰極

1 0 5 電解質

1 0 6 陽極

1 0 7 封裝層

1 1 0 第一中間層

1 2 0 第二中間層

2 0 0 裝置

2 1 0 透明基板

2 2 0 下透明導電氧化物 (T C O) 層

2 3 0 陰極

2 4 0 固體電解質

2 5 0 相對電極 (陽極)

2 6 0 上 T C O 層

2 7 0 封裝

2 8 0 第一中間層

2 9 0 第二中間層

- 3 1 0 第一電極層
- 3 2 0 中間層
- 3 3 0 電解質層
- 3 4 0 第二中間層
- 3 5 0 第二電極層
- 7 0 0 處理系統
- 7 0 1 標準機械介面 (S M I F)
- 7 0 2 群集工具
- 7 0 3 反應電漿清洗 (R P C) 腔室
- 7 0 4 處理室
- 7 0 5 處理室
- 7 0 6 處理室
- 7 0 7 處理室
- 7 0 8 手套箱
- 7 0 9 前置腔室
- 8 0 0 在線製造系統
- 8 0 1 工具
- 8 0 2 真空氣鎖
- 8 3 0 工具
- 8 4 0 工具
- 8 5 0 工具
- 8 9 9 工具
- 9 0 1 輸送帶
- 9 0 2 基板托架

9 0 3 基 板

【生物材料寄存】

【 0 0 4 5 】 國內寄存資訊 (請依寄存機構、日期、號碼順序註記)

無

【 0 0 4 6 】 國外寄存資訊 (請依寄存國家、機構、日期、號碼順序註記)

無

【序列表】(請換頁單獨記載)

無

【發明申請專利範圍】

【第1項】 一種薄膜電化學裝置，包含：

一第一電極層，包含一第一電極材料；

一電解質層，該電解質層包含一電解質材料；

一第二電極層，該第二電極層包含一第二電極材料；以及

至少一中間層，介於並接觸以下中之至少一者（a）該第一電極層和該電解質層及（b）該第二電極層和該電解質層；

其中該中間層包含一中間層材料，該中間層材料之特徵在於（1）該中間層材料不影響電荷載體在該電解質層與該第一和第二電極層中之任一者或兩者之間的界面的嵌入/脫嵌，（2）該中間層材料降低在該電解質層與該等電極層中之任一者或兩者之間的界面的電阻及過電位；（3）該中間層材料與鋰金屬相比的電動勢（ emf ）低於該第一或第二電極材料相對於鋰金屬的 emf ；及（4）沉積的該中間層材料為一離子導體。

【第2項】 如請求項 1 所述之薄膜電化學裝置，其中該中間層材料為一電子導體。

【第3項】 如請求項 1 所述之薄膜電化學裝置，其中該薄膜電化學裝置為一電致變色裝置。

【第4項】 如請求項 1 所述之薄膜電化學裝置，其中該

薄膜電化學裝置為一薄膜電池。

【第5項】如請求項1所述之薄膜電化學裝置，其中該中間層材料為 TiO_2 、 Ta_2O_5 、 ZrO_2 、 ZnO 、 SnO_2 、 Al_2O_3 、 TiS_2 及 TiO_x 中之至少一者，其中 $1.3 \leq x \leq 2.0$ 。

【第6項】如請求項1所述之薄膜電化學裝置，其中該第一電極材料為 LiCoO_2 ，該電解質材料為 LiPON ，而且介於該第一電極與該電解質之間的至少一中間層包含 TiO_x ，其中 $1.3 \leq x \leq 2.0$ 。

【第7項】如請求項1所述之薄膜電化學裝置，其中該第二電極材料為 Li ，該電解質材料為 LiPON ，而且介於該第一電極與該電解質之間的該中間層包含 TiO_x ，其中 $1.3 \leq x \leq 2.0$ 。

【第8項】如請求項1所述之薄膜電化學裝置，其中該第一電極材料為 LiCoO_2 ，該電解質材料為 LiPON ，而且介於該第一電極與該電解質之間的該至少一中間層在該第一電極材料上包含一 Ta_2O_5 層、在該 Ta_2O_5 層上包含一 TiS_2 層、以及在該 TiS_2 層上包含一 TiO_x 層，其中 $1.3 \leq x \leq 2.0$ ，該電解質係在該 TiO_x 層上。

【第9項】如請求項1所述之薄膜電化學裝置，其中該至少一中間層具有一在 3 nm 至 200 nm 的範圍中的

厚度。

【第10項】 如請求項1所述之薄膜電化學裝置，其中該至少一中間層具有一在10 nm至50 nm的範圍中的厚度。

【第11項】 如請求項1所述之薄膜電化學裝置，其中該中間層材料為一鋰離子導體。

【第12項】 一種製造一薄膜電化學裝置的方法，包含以下步驟：

沉積一裝置堆疊，該裝置堆疊包含一第一電極層、一電解質層、一第二電極層、及至少一中間層，該至少一中間層被沉積在以下中之至少一者上（a）該第一電極層，其中該電解質層被沉積在該至少一中間層上，及（b）該電解質層，其中該第二電極層被沉積在該至少一中間層上；

其中該至少一中間層包含一中間層材料，該中間層材料之特徵在於（1）該中間層材料不影響電荷載體在該電解質層與該第一和第二電極層中之任一者或兩者之間的界面的嵌入/脫嵌，（2）該中間層材料降低在該電解質層與該等電極層中之任一者或兩者之間的界面的電阻及過電位；（3）該中間層材料與鋰金屬相比的電動勢（emf）低於該第一或第二電極材料相對於鋰金屬的emf；以及（4）沉積的該中間層材料為一離

子導體。

【第13項】 如請求項12所述之方法，其中該中間層材料爲一電子導體。

【第14項】 如請求項12所述之方法，其中該薄膜電化學裝置爲一電致變色裝置。

【第15項】 如請求項12所述之方法，其中該薄膜電化學裝置爲一薄膜電池。

【第16項】 如請求項12所述之方法，其中該中間層材料爲 TiO_2 、 Ta_2O_5 、 ZrO_2 、 ZnO 、 SnO_2 、 Al_2O_3 、 TiS_2 及 TiO_x 中之至少一者，其中 $1.3 \leq x \leq 2.0$ 。

【第17項】 如請求項12所述之方法，其中該至少一中間層具有一在 3 nm 至 200 nm 的範圍中的厚度。

【第18項】 如請求項12所述之方法，其中該至少一中間層具有一在 10 nm 至 50 nm 的範圍中的厚度。

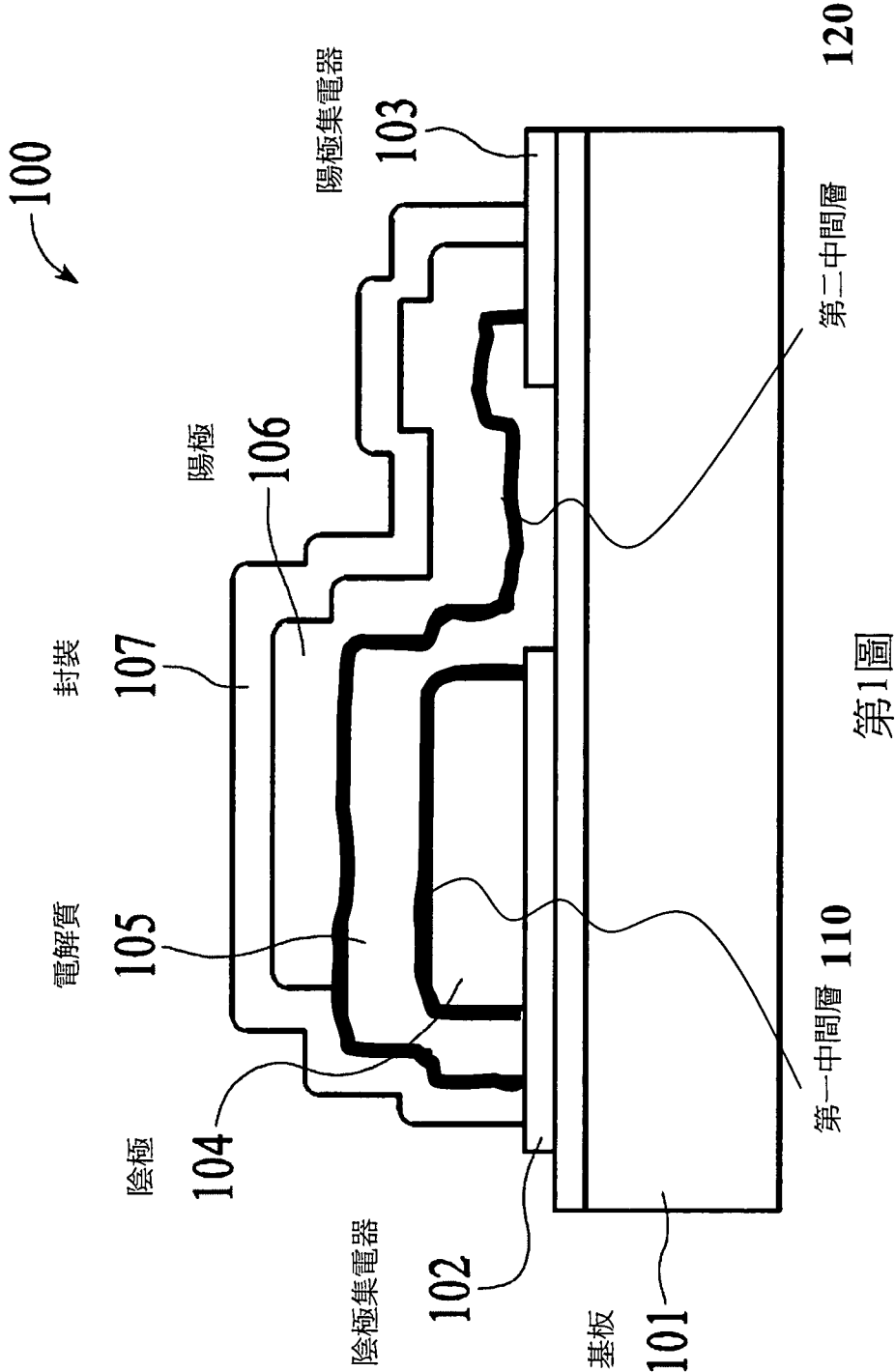
【第19項】 一種用於製造電化學裝置的設備，包含：

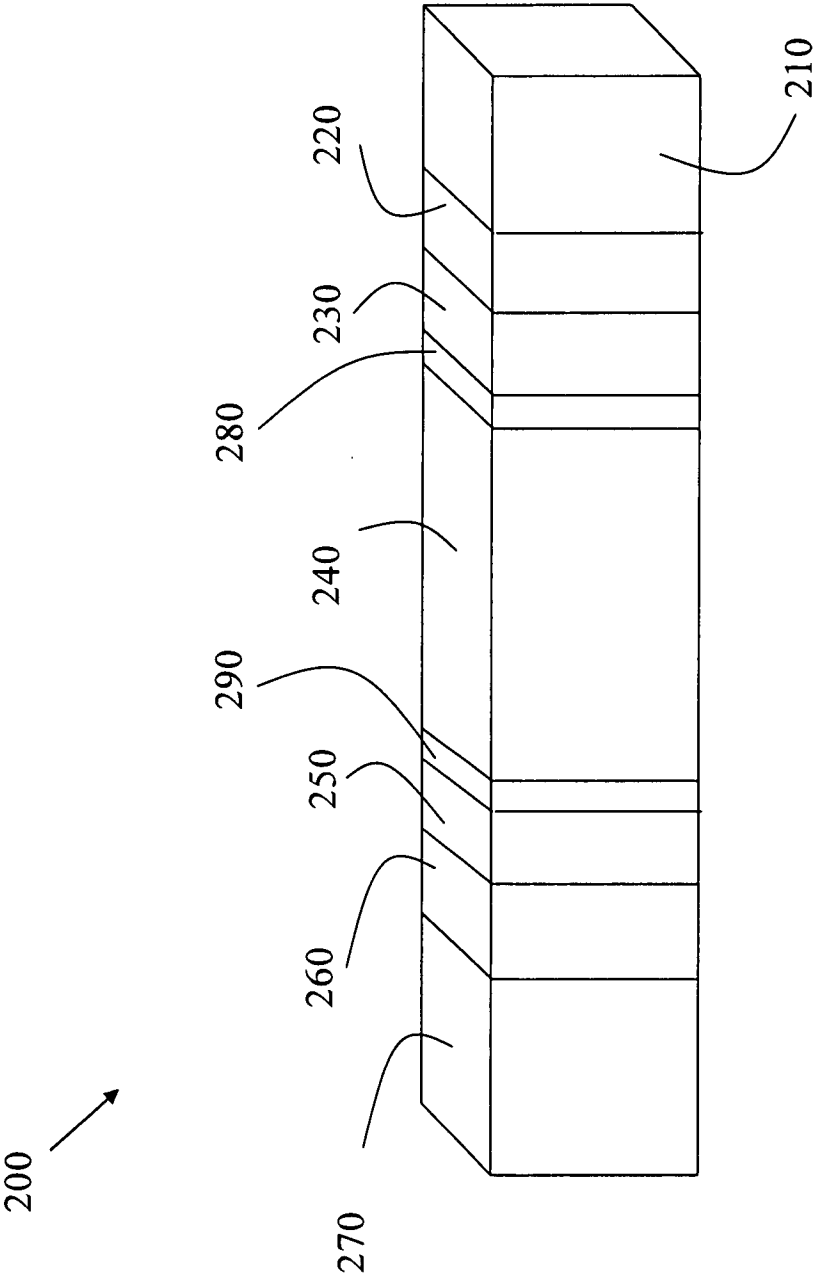
一系統，用於沉積一裝置堆疊，該裝置堆疊包含一第一電極層、一電解質層、一第二電極層、及至少一中間層，該至少一中間層被沉積在以下中之至少一者上 (a) 該第一電極層，其中該至少一中間層中之一者係介於並接觸該第一電極層與該電解質層，及 (b) 該電解質層，其中該至少一中間層中之一者係介於並接觸該電解質層與該第二電極層；

其中該至少一中間層包含一中間層材料，該中間層材料之特徵在於（1）該中間層材料不影響電荷載體在該電解質層與該第一和第二電極層中之任一者或兩者之間的界面的嵌入/脫嵌，（2）該中間層材料降低在該電解質層與該等電極層中之任一者或兩者之間的界面的電阻及過電位；（3）該中間層材料與鋰金屬相比的電動勢（ emf ）低於該第一或第二電極材料相對於鋰金屬的 emf ；以及（4）沉積的該中間層材料為一離子導體。

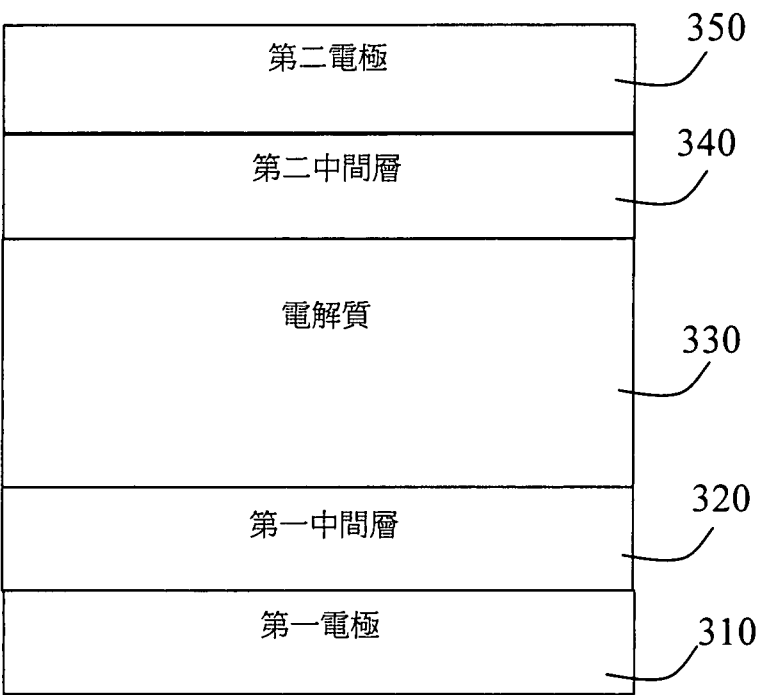
【第20項】 如請求項19所述之設備，其中該系統為一群集工具。

圖式

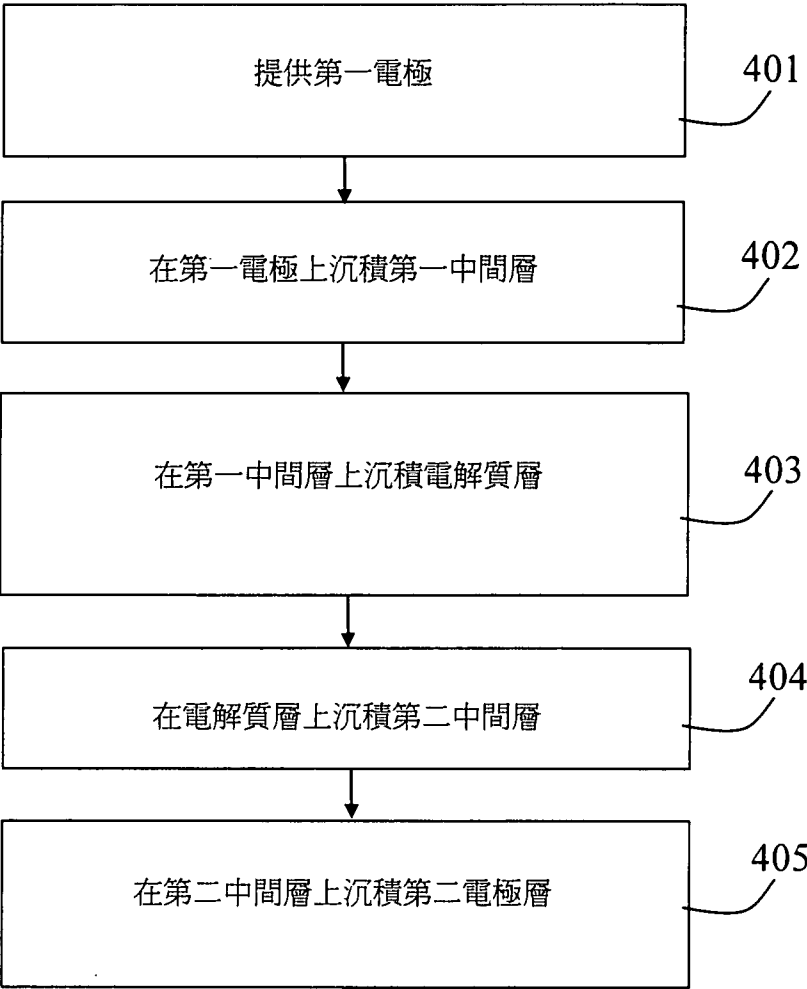




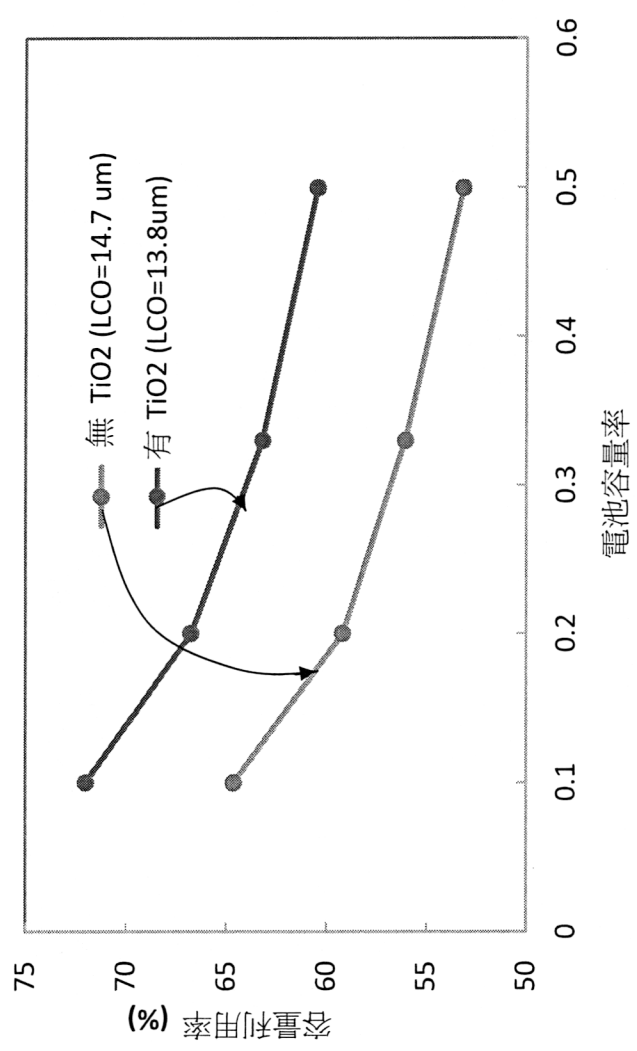
第2圖



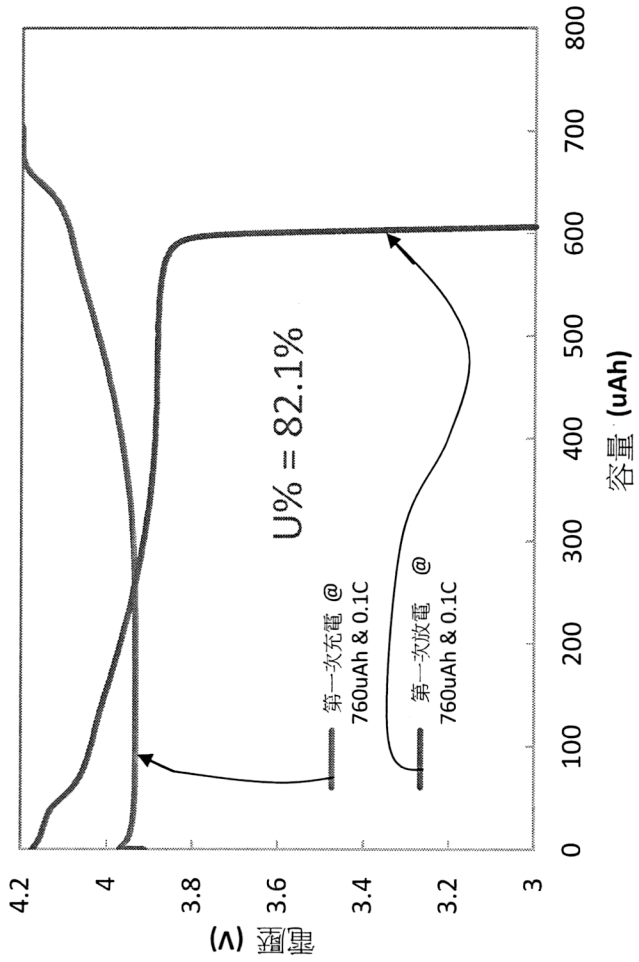
第3圖



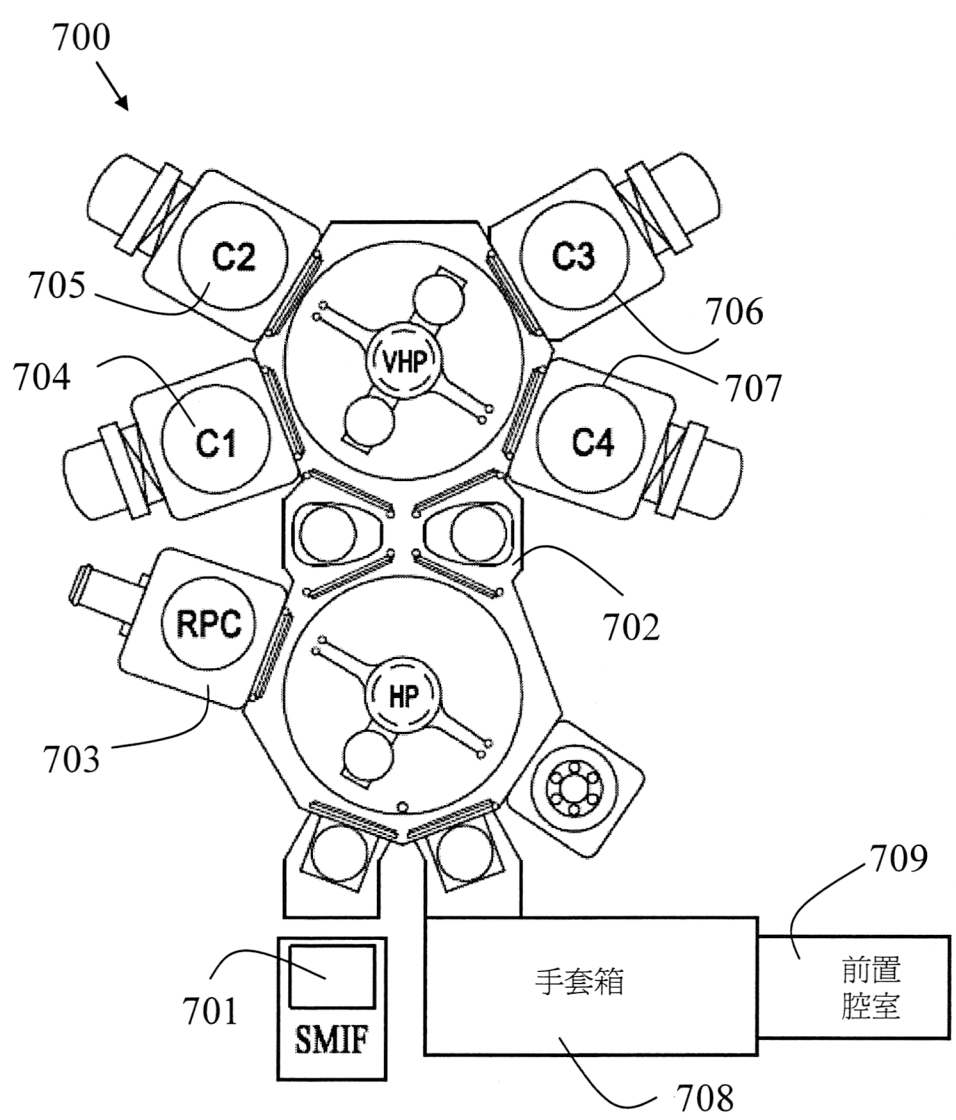
第4圖



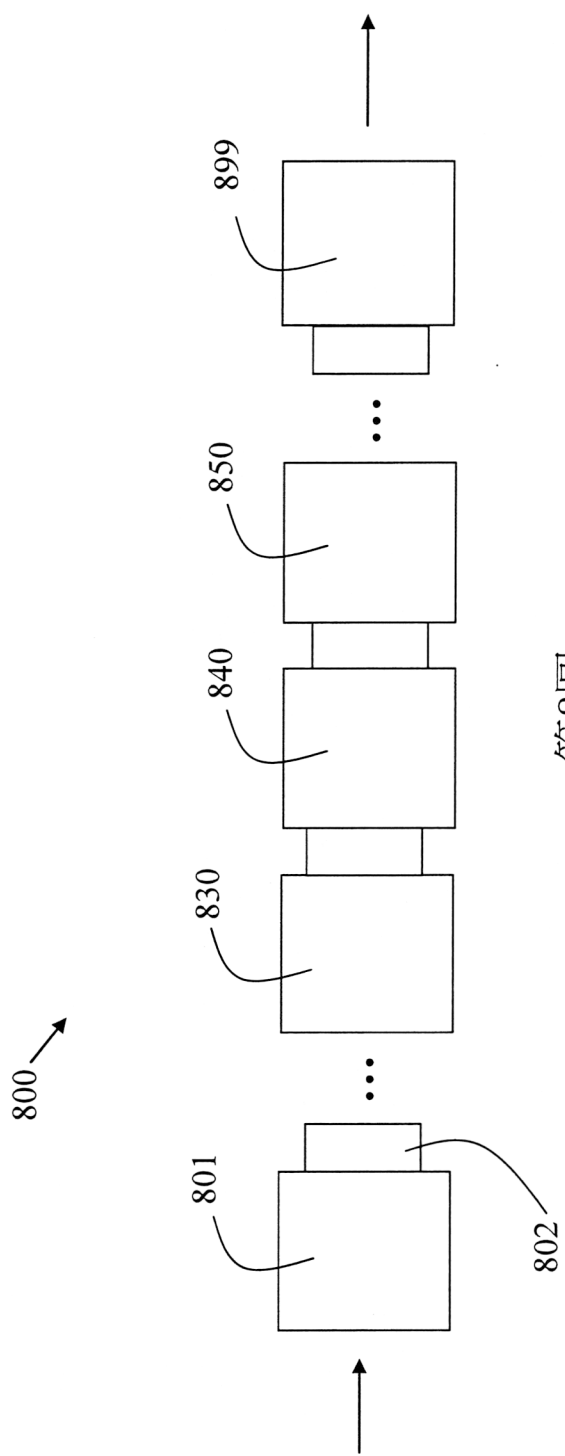
第5圖



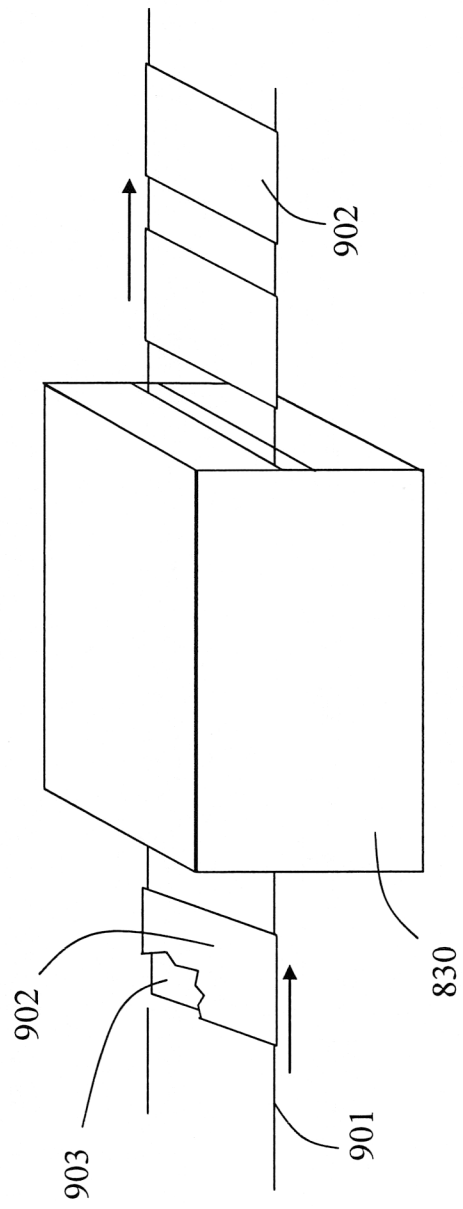
第6圖



第7圖



第8圖



第9圖