



(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 I679798 B

(45)公告日：中華民國 108 (2019) 年 12 月 11 日

(21)申請案號：104131454

(22)申請日：中華民國 104 (2015) 年 09 月 23 日

(51)Int. Cl. : *H01M4/1395 (2010.01)**H01M10/42 (2006.01)*

(30)優先權：2014/09/23 美國

62/054,267

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

(72)發明人：海爾薩布拉曼亞 P HERLE, SUBRAMANYA P. (IN)

(74)代理人：李世章；彭國洋

(56)參考文獻：

TW I284997

US 2008/0153000A1

US 2013/0295452A1

審查人員：謝文瑜

申請專利範圍項數：14 項 圖式數：16 共 23 頁

(54)名稱

具有受保護負電極的電化學單元

(57)摘要

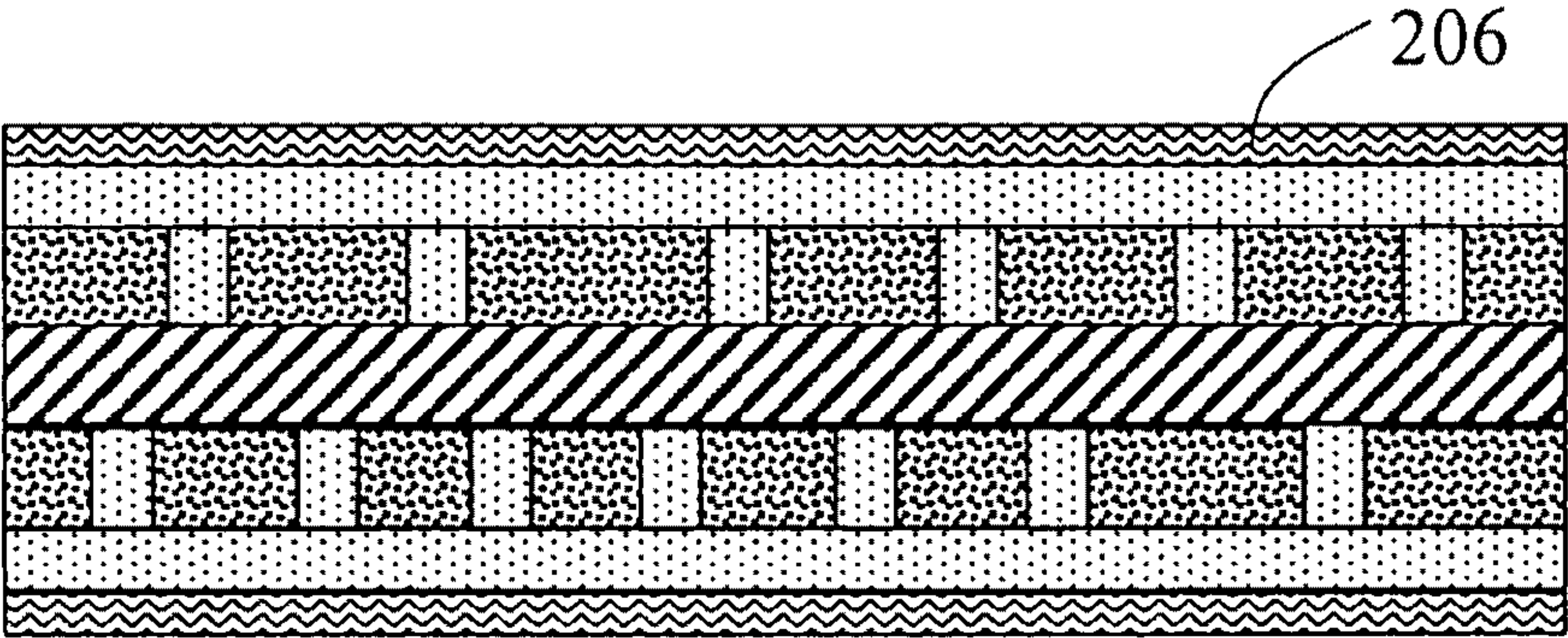
一種製造用於一電化學單元的一負電極的方法可包含：提供一導電基材；沉積一金屬層於該基材上；陽極化該金屬層，以形成一多孔層於該基材上；沉積一離子傳導材料層於該多孔層上，該層至少部分地延伸到該多孔層的孔隙內；緻密化該離子傳導材料層；沉積一鹼金屬層於該緻密化離子傳導材料層上；將一臨時電極接附到該鹼金屬層且使一電流通過該臨時電極與該基材之間以驅動鹼金屬通過該緻密化離子傳導材料層到該基材的表面，而形成一鹼金屬儲存件在該基材的表面處。又，一導電網篩可用以取代該基材上的該多孔層。

A method of fabricating a negative electrode for an electrochemical cell may comprise: providing an electrically conductive substrate; depositing a metal layer on the substrate; anodizing the metal layer to form a porous layer on the substrate; depositing a layer of ion conducting material on the porous layer, the layer extending at least partially into pores of the porous layer; densifying the layer of ion conducting material; depositing a layer of alkali metal on the densified layer of ion conducting material; attaching a temporary electrode to the layer of alkali metal and passing a current between the temporary electrode and the substrate to drive alkali metal through the densified layer of ion conducting material to the surface of the substrate, forming an alkali metal reservoir at the surface of the substrate. Furthermore, an electrically conductive mesh may be used in place of the porous layer on the substrate.

指定代表圖：

符號簡單說明：

206 . . . 鋰金屬



第11圖



I679798

【發明摘要】

【中文發明名稱】具有受保護負電極的電化學單元

【英文發明名稱】ELECTROCHEMICAL CELL WITH PROTECTED
NEGATIVE ELECTRODE

【中文】

一種製造用於一電化學單元的一負電極的方法可包含：提供一導電基材；沉積一金屬層於該基材上；陽極化該金屬層，以形成一多孔層於該基材上；沉積一離子傳導材料層於該多孔層上，該層至少部分地延伸到該多孔層的孔隙內；緻密化該離子傳導材料層；沉積一鹼金屬層於該緻密化離子傳導材料層上；將一臨時電極接附到該鹼金屬層且使一電流通過該臨時電極與該基材之間以驅動鹼金屬通過該緻密化離子傳導材料層到該基材的表面，而形成一鹼金屬儲存件在該基材的表面處。又，一導電網篩可用以取代該基材上的該多孔層。

【英文】

A method of fabricating a negative electrode for an electrochemical cell may comprise: providing an electrically conductive substrate; depositing a metal layer on the substrate; anodizing the metal layer to form a porous layer on the substrate; depositing a layer of ion conducting material on the porous layer, the layer extending at least partially into pores of the porous layer; densifying the layer of ion conducting material; depositing a layer of alkali metal on the densified layer of ion conducting material; attaching a temporary electrode to the layer of alkali metal and passing a current between the temporary electrode and the substrate to drive alkali

metal through the densified layer of ion conducting material to the surface of the substrate, forming an alkali metal reservoir at the surface of the substrate. Furthermore, an electrically conductive mesh may be used in place of the porous layer on the substrate.

【指定代表圖】第（ 11 ）圖。

【代表圖之符號簡單說明】

2 0 6 鋰金屬

【特徵化學式】

無

【發明說明書】

【中文發明名稱】具有受保護負電極的電化學單元

【英文發明名稱】ELECTROCHEMICAL CELL WITH PROTECTED
NEGATIVE ELECTRODE

【技術領域】

【0001】 本說明書的實施例大致上關於電化學單元，並且更特定地（儘管不是專有地）關於受保護負電極。

【先前技術】

【0002】 鋰基電池之故障的一般模式是鋰樹突（lithium dendrites）的生長，這會生長到使電池電極短路。顯然，存在著可減少樹突形成的發生之鹼金屬基電池單元設計的需求。

【發明內容】

【0003】 本發明描述一電化學能源儲存裝置（諸如電池），包含被一分隔件和一電解質分離之一正電極與一負電極以及一電解質，該電解質作為一離子傳導基質，其中該負電極設以減少或去除鋰金屬樹突形成的發生。該負電極能以具有一緻密化離子傳導材料作為分隔件來製造。又，該負電極可設以作為一受保護鹼金屬電極。

【0004】 根據一些實施例，一種製造用於一電化學單元的一負電極的方法可包含：提供一基材，該基材可導電；沉積一金屬層於該基材上；陽極化該金屬層，以形成一多孔層於該基材上；沉積一離子傳導材料層於該多孔層上，該離子傳導材料層至少部分地延伸到該多孔層的孔隙

內；緻密化該離子傳導材料層；沉積一鹼金屬層於該緻密化離子傳導材料層上；將一臨時電極依附到該鹼金屬層且使一電流通過該臨時電極與該基材之間以驅動鹼金屬通過該緻密化離子傳導材料層到該基材的表面，而形成一鹼金屬儲存件在該基材的表面處。

【0005】 根據一些實施例，一種製造用於一電化學單元的一負電極的方法可包含：提供一導電網篩；沉積一離子傳導材料層於該導電網篩上，該離子傳導材料層至少部分地延伸到該導電網篩的孔洞內；緻密化該離子傳導材料層；沉積一鹼金屬層於該緻密化離子傳導材料層上；及將一臨時電極依附到該鹼金屬層且使一電流通過該臨時電極與該導電基材之間以驅動鹼金屬通過該緻密化離子傳導材料層到該導電網篩的表面，而形成一鹼金屬儲存件在該導電網篩的表面處。

【0006】 根據一些實施例，一種製造用於一電化學單元的一負電極的方法可包含：提供一導電基材；沉積一離子傳導材料層於該導電基材上；緻密化該離子傳導材料層；沉積一鹼金屬層於該緻密化離子傳導材料層上；及將一臨時電極依附到該鹼金屬層且使一電流通過該臨時電極與該導電網篩之間以驅動鹼金屬通過該緻密化離子傳導材料層到該導電基材的表面，而形成一鹼金屬儲存件在該導電基材的表面處。

【圖式簡單說明】

【0007】 在參照以下特定實施例的說明以及附圖，本發明的這些與其他態樣和特徵對於此技術領域中具有通常知識者是可輕易得知的，其中：

【0008】 第1~5圖是根據一些實施例代表一第一負電極製造過程的示意剖視圖；

【0009】 第6~11圖是根據一些實施例代表一第二負電極製造過程的示意剖視圖；

【0010】 第12圖顯示根據一些實施例之第11圖在鋰金屬移動到基材而當多孔層203是鋰離子導體時的結構；

【0011】 第13圖顯示根據一些實施例之第11圖在鋰金屬移動到基材而當多孔層203不是鋰離子導體時的結構。

【0012】 第14和15圖是根據一些實施例代表一第三負電極製造過程的示意剖視圖；及

【0013】 第16圖是根據一些實施例代表一進一步負電極結構的示意剖視圖。

【實施方式】

【0014】 現在將參照圖式詳細地描述本說明書的實施例，其中該些實施例係被提供作為本說明書的示範性實例以使熟習此技術領域的人士能實施本發明。在此提供的圖式包括沒有依比例繪製之元件以及元件製程流程的呈現。值得注意，以下的圖式與實例沒有被意圖用以限制本說明書的範疇到單一實施例，但是藉由交換一些或全部所描述的或所繪示的元件，其他實施例是可行的。又，當可使用已知部件來部分地或完全地實現本說明書的特定元

件時，僅這些已知部件必須用於瞭解本說明書的部分會被描述，並且這些已知部件的其他部分的詳細描述將被省略以為了不模糊化本發明。在本說明書中，除非在此明確地載明，顯示單個部件的實施例不應被視為構成限制；相反地，本說明書意圖涵蓋包括複數個相同部件的其他實施例，且反之亦然。又，除非明確地如此公開，申請人不意圖使說明書或申請專利範圍中的任何詞語歸諸於罕見的或特別的意義。再者，本說明書涵蓋在此藉由說明參照的已知部件之目前與未來等效物。

【0015】 本說明書描述一種電化學能源儲存裝置(諸如電池)，包含被一分隔件分離之一正電極與一負電極以及一電解質，該電解質作為一離子傳導基質，其中該負電極設以減少或去除鋰金屬樹突形成的發生。又，該負電極可設以作為一受保護鋰電極。

【0016】 第1~3圖顯示一負電極的第一實施例的製造。在第1圖中，提供一基材101，基材101亦可以是由例如銅、不銹鋼或被塗覆有導電材料的介電材料(諸如玻璃)形成的電流收集器。在第2圖中，基材被塗覆有一離子傳導材料102，諸如石榴石(LLZO(LiLaZr氧化物))、LLZTO(LiLaZrTa氧化物)、硫化物(LGPS(Li₁₀GeP₂S₁₂))、Li₃PS₄)、反鈣鈦礦(antiperovskite)(摻雜Li₃OX，X=鹵素)、LiPON、適當的聚合物材料與/或適當的聚合物/凝膠聚合物等；塗覆物可被沉積在基材的一或兩側上且可使用諸如PVD、

電漿噴灑、熱噴灑、生胚 (green tape) 沉積等的沉積技術來沉積。在第3圖中，使用諸如點火、燒結、雷射或烘爐退火、RTP 等的方法，離子傳導材料被緻密化以形成一緻密化離子傳導材料 103。緻密化離子傳導材料應不含有針孔或具有高深比孔隙以抑制樹突生長。第3圖所示的負電極可被取用且與一正電極結合，該正電極在實施例中可直接地被沉積在負電極上。負電極上的緻密化離子傳導材料 103 作為所產生電池的離子傳導分隔件。在此實施例中，鋰金屬來自正電極。正電極可被印刷/塗覆在一鋁電流收集器上而具有或不具有液體電解質，並且活性材料可與鋰導電固體電解質摻合以減少正電極中的液體電解質。因此，電化學單元組件可具有減少的位在正電極與位在沒有液體電解質的負電極側上的液體電解質。此外，正電極可被圖案化，以減少扭曲且獲得更高的充電速率效能。

【0017】再者，第3圖的負電極的處理可如第4~5圖所示被持續。在第4圖中，鋰金屬 104 被沉積在緻密化離子傳導材料 103 上。（值得注意的是基於安全理由，鋰金屬沉積區域會小於鋰金屬被沉積在其上的離子傳導材料的表面的區域—鋰金屬被保持成遠離邊緣。）在第5圖中，一由例如銅形成的臨時電極（未示出）接附到緻密化離子傳導材料的鋰覆蓋頂表面，以致一電流可通過該臨時電極與該基材/電流收集器之間，而驅動鋰 104 通過緻密化離子傳導材料 103 到一鋰儲存件 105 所被形成之處的基材/

電流收集器 101 的表面。一混合離子與電氣導電氧化物可被沉積在緻密化離子傳導材料層與鋰金屬層之間，以致所有的鋰可有效電化學地被移動到基材與緻密化離子傳導材料之間的界面。第 5 圖的負電極可被取用且與一正電極結合，如上所述，以形成一電池。值得注意的是在第 5 圖的實施例中，鋰儲存件受到保護－藉由一離子傳導材料層和負電極的表面分離，其中該離子傳導材料層對於保護鋰免於環境中的氧化元素/化合物是有效的，這使得負電極的處置更加容易。

【0018】 根據一些實施例，一種電化學單元的負電極可包含：一導電基材；一位在導電基材上的緻密化離子傳導材料層；一位在緻密化離子傳導材料層上的鹼金屬層；及一位在導電基材的表面處的鹼金屬儲存件，鹼金屬儲存件已經藉由將一臨時電極接附到鹼金屬層且使一電流通過臨時電極與導電基材之間以驅動鹼金屬通過緻密化離子傳導材料層到導電基材的表面來形成。

【0019】 第 6~11 圖顯示一負電極的第二實施例的製造。在第 6 圖中，提供一基材 201，基材 201 亦可以是由例如銅、不銹鋼或被塗覆有導電材料的介電材料（諸如玻璃）形成的電流收集器。在第 7 圖中，基材被塗覆有一適於形成多孔層的金屬 202，諸如鋁、鋅或鈦；塗覆物可被沉積在基材的一或兩側上，且可使用諸如 PVD 的沉積技術來沉積。在第 8 圖中，金屬被陽極化以形成一多孔層 203。孔隙可僅部分延伸或整個延伸通過金屬層的厚度；

孔隙典型地是奈米尺度（直徑是次數 10 至數 100 的奈米，在實施例中是在 10 nm 至 500 nm 的範圍中），並且可具有低或高密度。多孔層典型地是在 1 至 10 微米厚的範圍中，且在實施例中是 2 至 5 微米厚。在第 9 圖中，多孔層被塗覆有一離子傳導材料 204，諸如石榴石（LLZO、LLZTO）、硫化物（LGPS、 Li_3PS_4 ）、反鈣鈦礦（antiperovskite）（摻雜 Li_3OX ， X = 鹵素）、LiPON、適當的聚合物材料與 / 或適當的聚合物 / 凝膠聚合物等。使用 PVD、熱蒸發、熱噴灑、電子束蒸發、化學溶液沉積或化學氣相沉積，塗覆物 204 至少部分地被沉積到孔隙內。在第 10 圖中，使用諸如點火、燒結、雷射或烘爐退火、RTP 等的方法，離子傳導材料被緻密化，以形成一緻密化離子傳導材料 205。緻密化離子傳導材料在實施例中不含有針孔或具有高深比孔隙以抑制樹突生長。第 10 圖所示的負電極可被取用且與一如上所述的正電極結合，該正電極在實施例中可直接地被沉積在負電極上；在此實施例中，鋰金屬來自正電極。

【0020】再者，第 10 圖的負電極的處理可如第 11~13 圖所示被持續。在第 11 圖中，鋰金屬 206 被沉積在緻密化離子傳導材料 205 上。（值得注意的是基於安全理由，鋰金屬沉積區域會小於鋰金屬被沉積在其上的離子傳導材料的表面的區域—鋰金屬被保持成遠離邊緣。）在第 12 和 13 圖中，一由例如銅形成的臨時電極（未示出）接附到緻密化離子傳導材料的鋰覆蓋頂表面，以致一電流可通

過該臨時電極與該基材/電流收集器之間，而驅動鋰206通過緻密化離子傳導材料205到一鋰儲存件207/208所被形成之處的基材/電流收集器201的表面。值得注意的是第12圖顯示其中陽極化金屬是一離子導體－例如當金屬分別是銦或鈦且多孔層分別是由 ZrO_x 或 TiO_x 形成時－的實施例的結果，以及第13圖顯示其中陽極化金屬不是離子導體，但是鋰可沿著孔隙的表面移動－例如當金屬是鋁且多孔層是由 Al_2O_3 形成時的實施例的結果。第12或13圖的負電極可被取用且與一正電極結合以形成一電池。值得注意的是第12和13圖，鋰儲存件受到保護－藉由一離子傳導材料層和負電極的表面分離，其中該離子傳導材料層對於保護鋰免於環境中的氧化元素/化合物是有效的，這使得負電極的處置更加容易。

【0021】 根據一些實施例，一種電化學單元的負電極可包含：一基材，該基材可導電；一位在基材上的多孔陽極化金屬層；一位在多孔層上的緻密化離子傳導材料層，該離子傳導材料層至少部分地延伸到多孔層的孔隙內；一位在緻密化離子傳導材料層上的鹼金屬層；及一位在基材的表面處的鹼金屬儲存件，鹼金屬儲存件已經藉由將一臨時電極接附到鹼金屬層且使一電流通過臨時電極與基材之間以驅動鹼金屬通過緻密化離子傳導材料層到基材的表面來形成。

【0022】 第14~15圖顯示一負電極的第三實施例的製造。在第14圖中，提供一基材301，基材由篩網(諸如玻

玻璃纖維篩網、陶瓷纖維篩網或聚合物篩網)形成。在第15圖中，基材被塗覆有一離子傳導材料302，諸如石榴石(LLZO、LLZTO)、硫化物(LGPS、 Li_3PS_4)與/或反鈣鈦礦(antiperovskite)(摻雜 Li_3OX ，X=鹵素)；塗覆物被沉積在篩網基材的頂側上，並且可使用諸如PVD、電漿噴灑、熱噴灑、生胚(greentape)沉積等的沉積、熱蒸發、電子束蒸發、化學溶液沉積或化學氣相沉積等沉積技術來沉積。在，一薄金屬(諸如銅金屬)層303被沉積在篩網的背側上，其中該篩網的另一側已經以離子傳導材料302來塗覆。此結構接著可經歷如上所述的緻密化，並且接著作為一負電極－具有或不具有一鋰儲存件皆可。值得注意的是此實施例提供一可撓的電極。

【0023】 根據一些實施例，一種用以製造一電化學單元的一負電極的方法可包含：提供一篩網，諸如玻璃纖維篩網、陶瓷纖維篩網或聚合物篩網；沉積一離子傳導材料層於篩網的前側上，離子傳導材料層至少部分地延伸到篩網的孔洞中；在沉積離子傳導材料層之後，沉積一金屬層於篩網的背側上；緻密化該離子傳導材料層；沉積一鹼金屬層於緻密化離子傳導材料層上；及將一臨時電極接附到鹼金屬層且使一電流通過該臨時電極與該金屬層之間以驅動鹼金屬通過緻密化離子傳導材料層到篩網的背側上的金屬層的表面，而在金屬層的表面處形成一鹼金屬儲存件。

【0024】再者，在實施例中，可使用一導電篩網來取代上述製造過程中第8圖的結構儘管應注意的是篩網中的孔洞典型地是微米尺度(直徑是次數10或數100微米，在實施例中是在一微米至一百微米的範圍中)，而陽極化金屬中的孔隙典型地是奈米尺度。

【0025】根據一些實施例，一種電化學單元的負電極可包含：一導電網篩；一位在導電網篩上的緻密化離子傳導材料層，離子傳導材料層至少部分地延伸到導電網篩的孔洞內；一位在緻密化離子傳導材料層上的鹼金屬層；及一位在導電網篩的表面處的鹼金屬儲存件，鹼金屬儲存件已經藉由將一臨時電極接附到鹼金屬層且使一電流通過臨時電極與導電網篩之間以驅動鹼金屬通過緻密化離子傳導材料層到導電網篩的表面來形成。在實施例中，導電網篩可包含諸如玻璃纖維網篩、陶瓷纖維網篩或聚合物網篩的網篩，例如被塗覆有一金屬層在網篩而和離子傳導材料相對的側上，如第15圖所示。

【0026】再者，應注意的是，相較於不具有多孔基材的負電極，具有多孔基材的負電極(如第8~15圖的實施例所示)被期待能呈現因電池循環(在充電與放電循環期間，重複的鋰到負電極與從負電極的移動)所改善的應力處置。

【0027】在進一步實施例中，一種製造電化學單元的方法可包含沉積一或更多個金屬(諸如鋁)於一分隔件401(諸如聚烯烴分隔件)上，及陽極化該金屬層以形成一具有可抑制樹突生長的垂直奈米孔隙的陽極化層402，因

此形成一保護片，及將此保護片予以壓合至一鋰金屬403塗覆的電流收集器層404(諸如銅層)，其中陽極化金屬面對鋰。再者，在實施例中，保護片可被塗覆有一離子傳導材料405，離子傳導材料405在壓合之前至少部分地被沉積到孔隙內(且離子傳導材料可被緻密化)，以致離子傳導材料面對鋰，有助於避免樹突生成。離子傳導材料可以是提供為上述實施例的實例的離子傳導材料的一或更多者，並且可使用上述的方法與設備被沉積且被緻密化。第16圖顯示所產生的具有離子傳導材料的負電極結構。

【0028】 根據一些實施例，一種製造電化學單元的負電極的方法可包含：提供一分隔件；沉積一金屬層於該分隔件上；陽極化該金屬層以形成一多孔層於該分隔件上；沉積一離子傳導材料層於該多孔層上，該離子傳導材料層至少部分地延伸到該多孔層的孔隙內；緻密化該離子傳導材料層，而形成一保護片；及將被塗覆有一鹼金屬層的一電流收集器層予以壓合至該保護片，鹼金屬面對緻密化離子傳導材料。在實施例中，鹼金屬是鋰。

【0029】 根據一些實施例，一種電化學單元的負電極可包含：一分隔件；一位在該分隔件上的多孔陽極化金屬層；一位在該多孔層上的緻密化離子傳導材料層，該緻密化離子傳導材料層至少部分地延伸到該多孔層的孔隙內；一位在該緻密化離子傳導材料層上的鹼金屬層；及一位在該鹼金屬層上的電流收集器。在實施例中，鹼金屬是鋰。

【0030】 儘管已經參照鋰負電極來特定地描述本發明的實施例，本發明的原理與教示亦可應用在其他鹼金屬負電極，諸如鈉或鉀。

【0031】 儘管已經參照本發明的特定實施例來特定地描述本發明的實施例，形式與細節的改變與變化而不悖離本發明的精神和範疇對於此技術領域中具有通常知識者應是可輕易得知的。

【符號說明】

【0032】

101 基材

102 離子傳導材料

103 緻密化離子傳導材料

104 鋰金屬

105 鋰儲存件

201 基材

202 金屬

203 多孔層

204 塗覆物

205 緻密化離子傳導材料

206 鋰金屬

207 鋰儲存件

208 鋰儲存件

301 基材

302 離子傳導材料

3 0 3 薄 金 屬 層

4 0 1 分 隔 件

4 0 2 陽 極 化 層

4 0 3 鋰 金 屬

4 0 4 電 流 收 集 器 層

4 0 5 離 子 傳 導 材 料

【生物材料寄存】

【 0 0 3 3 】 國內寄存資訊 (請依寄存機構、日期、號碼順序註記)

無

【 0 0 3 4 】 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】 一種製造用於一電化學單元的一負電極的方法，包含：

提供一基材，該基材可導電；

沉積一金屬層於該基材上；

陽極化該金屬層，以形成一多孔層於該基材上；

沉積一離子傳導材料層於該多孔層上，該離子傳導材料層至少部分地延伸到該多孔層的孔隙內；

緻密化該離子傳導材料層；

沉積一鹼金屬層於緻密化的該離子傳導材料層上；

將一臨時電極接附到該鹼金屬層且使一電流通過該臨時電極與該基材之間以驅動鹼金屬通過緻密化的該離子傳導材料層到該基材的表面，而在該基材的表面處形成一鹼金屬儲存件。

【第2項】 如請求項 1 所述之方法，其中鹼金屬是鋰金屬。

【第3項】 如請求項 1 所述之方法，其中該金屬層選自由鋁、鋅與鈦所構成的群組。

【第4項】 如請求項 1 所述之方法，其中該些孔隙是奈米尺度孔隙。

【第5項】 如請求項 1 所述之方法，其中該基材是被塗覆在導電材料中的玻璃。

【第6項】 如請求項 1 所述之方法，其中沉積該金屬層的步驟包含該金屬層的物理氣相沉積。

【第7項】 如請求項 1 所述之方法，其中沉積該離子傳導材料層的步驟包含：物理氣相沉積離子傳導材料。

【第8項】 如請求項 1 所述之方法，其中緻密化該離子傳導材料層步驟包含烘爐退火該離子傳導材料層。

【第9項】 一種製造用於一電化學單元的一負電極的方法，包含：

提供一導電網篩；

沉積一離子傳導材料層於該導電網篩上，該離子傳導材料層至少部分地延伸到該導電網篩的孔洞內；

緻密化該離子傳導材料層；

沉積一鹼金屬層於緻密化的該離子傳導材料層上；
及

將一臨時電極接附到該鹼金屬層且使一電流通過該臨時電極與該導電網篩之間以驅動鹼金屬通過緻密化的該離子傳導材料層到該導電網篩的表面，而在該導電網篩的表面處形成一鹼金屬儲存件。

【第10項】 如請求項 9 所述之方法，其中鹼金屬是鋰金屬。

【第11項】 如請求項 9 所述之方法，其中該些孔洞是微米尺度孔洞。

【第12項】 如請求項9所述之方法，其中該負電極是可撓的。

【第13項】 一種製造用於一電化學單元的一負電極的方法，包含：

提供一導電基材；

沉積一離子傳導材料層於該導電基材上；

緻密化該離子傳導材料層；

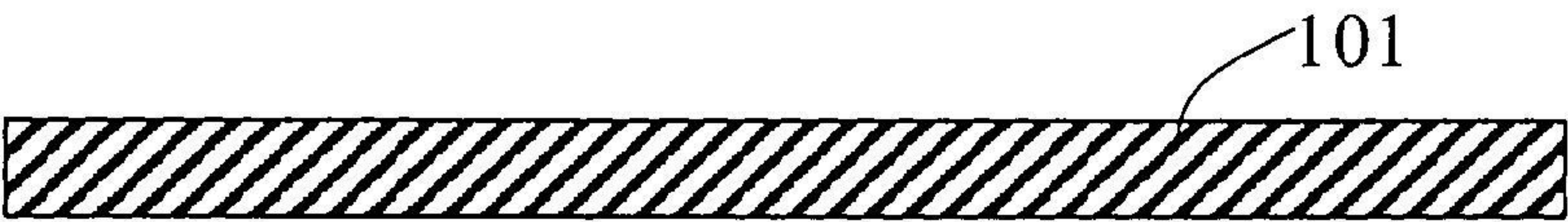
沉積一鹼金屬層於緻密化的該離子傳導材料層上；

及

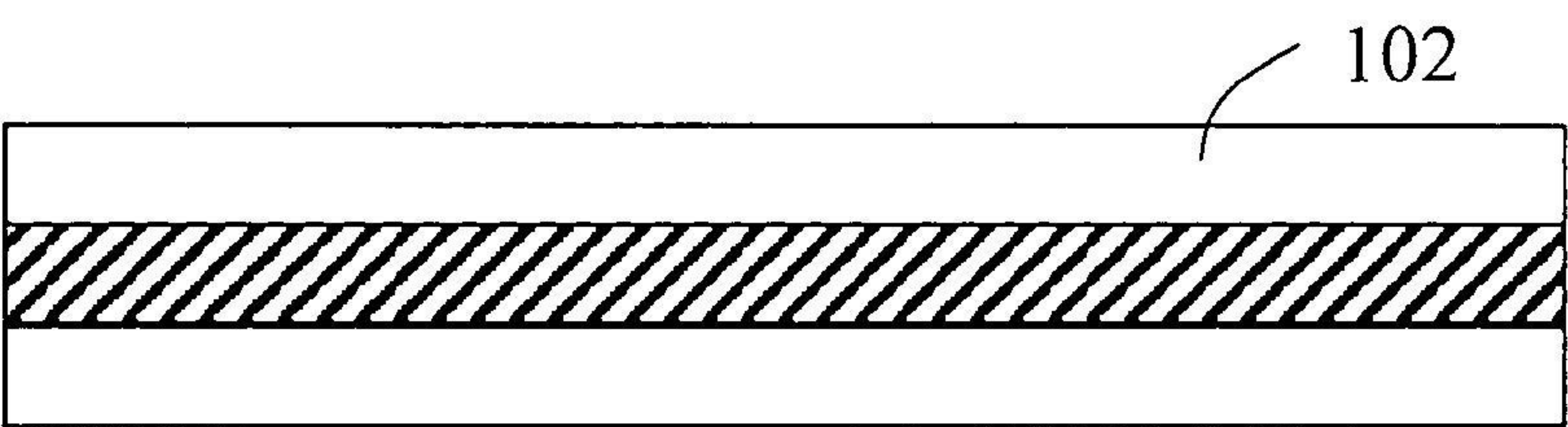
將一臨時電極接附到該鹼金屬層且使一電流通過該臨時電極與該導電基材之間以驅動鹼金屬通過緻密化的該離子傳導材料層到該導電基材的表面，而在該導電基材的表面處形成一鹼金屬儲存件。

【第14項】 如請求項13所述之方法，其中鹼金屬是鋰金屬。

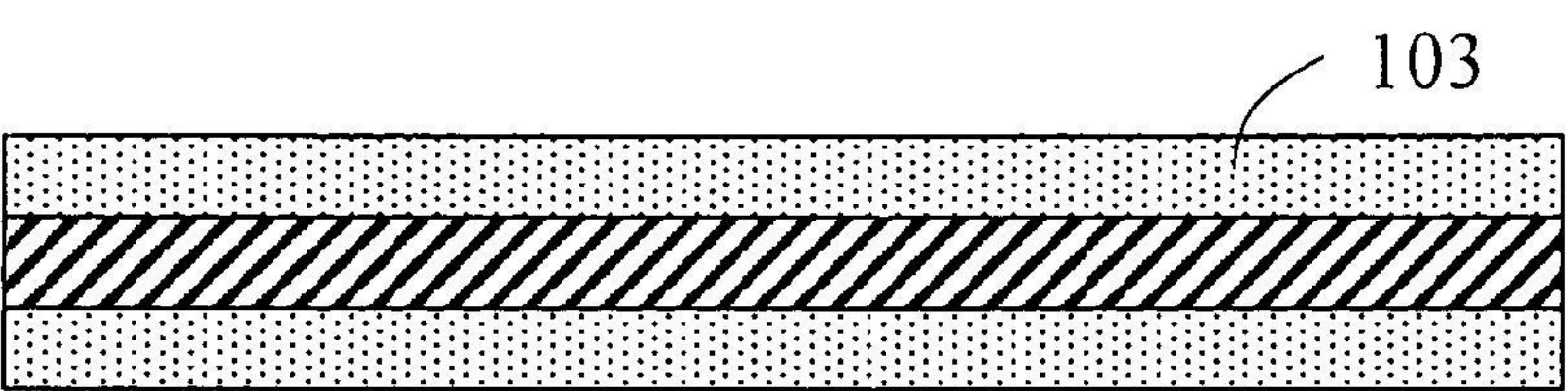
圖式



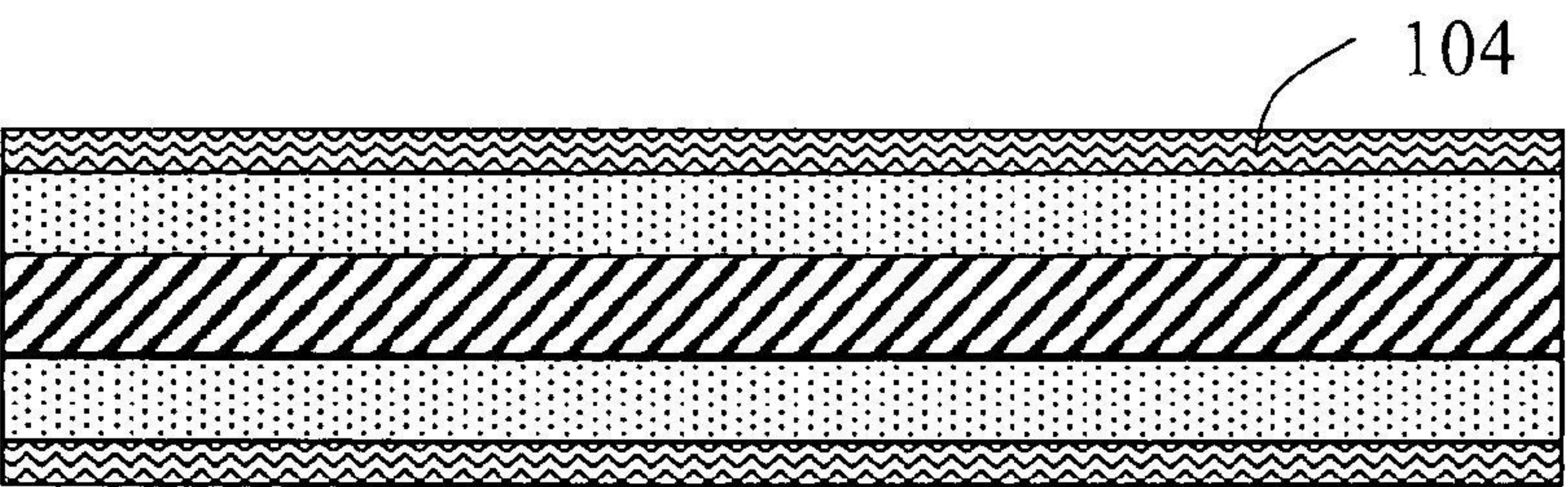
第1圖



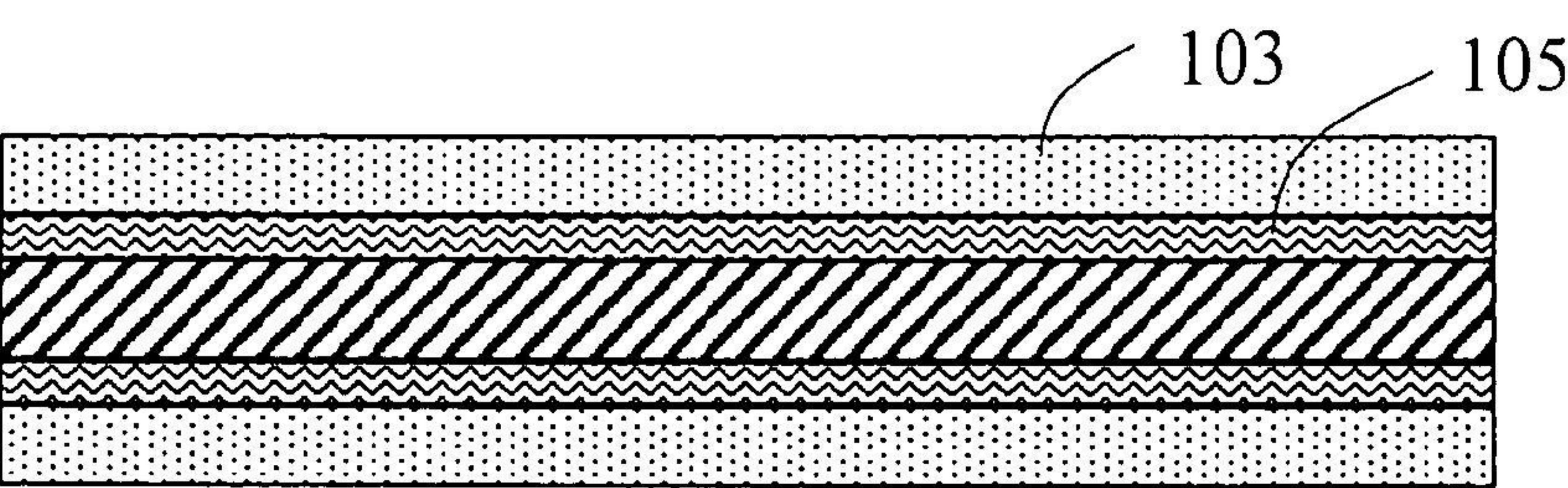
第2圖



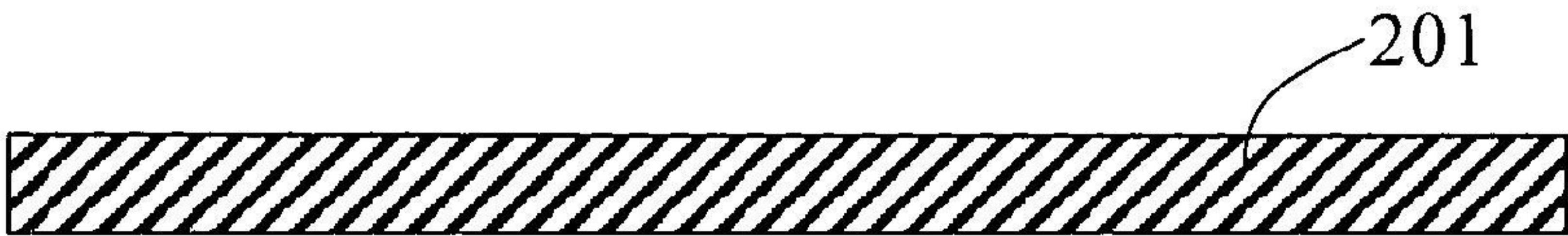
第3圖



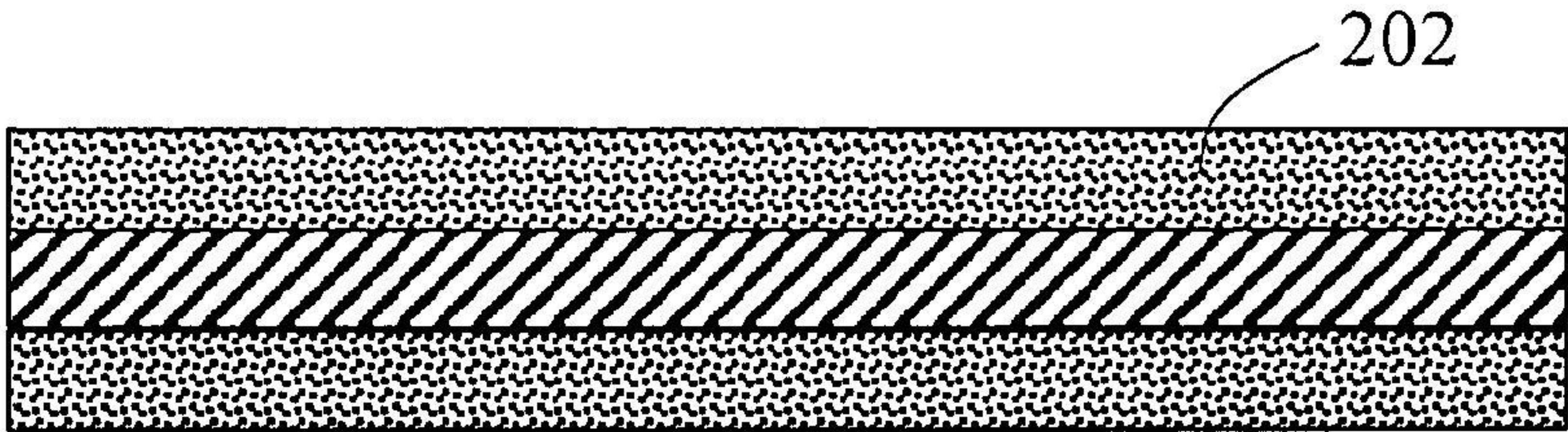
第4圖



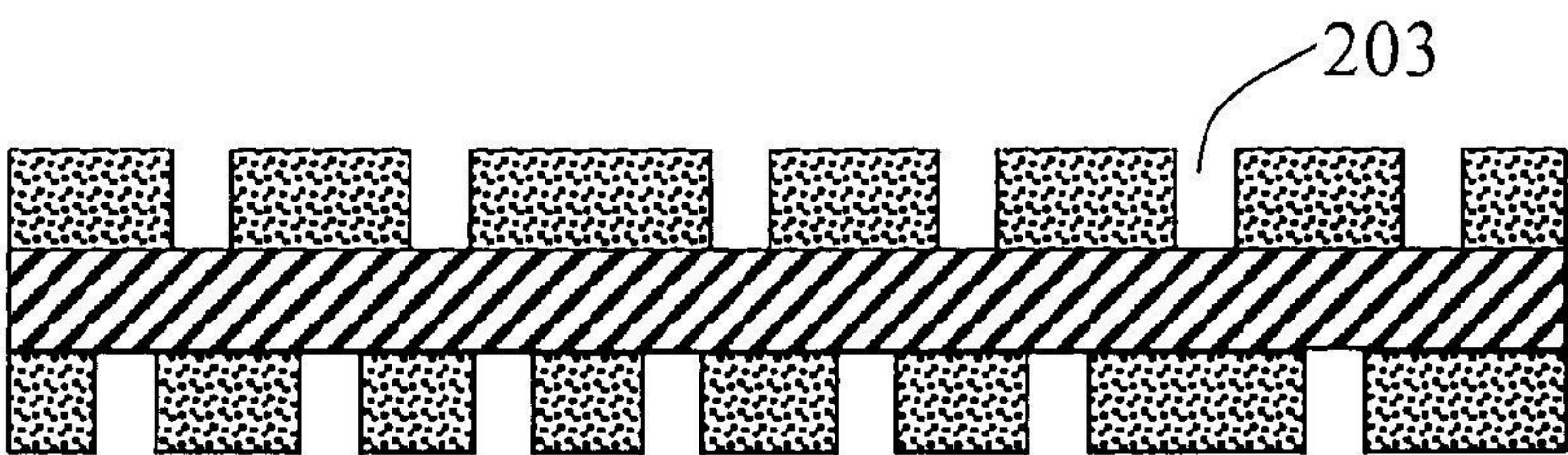
第5圖



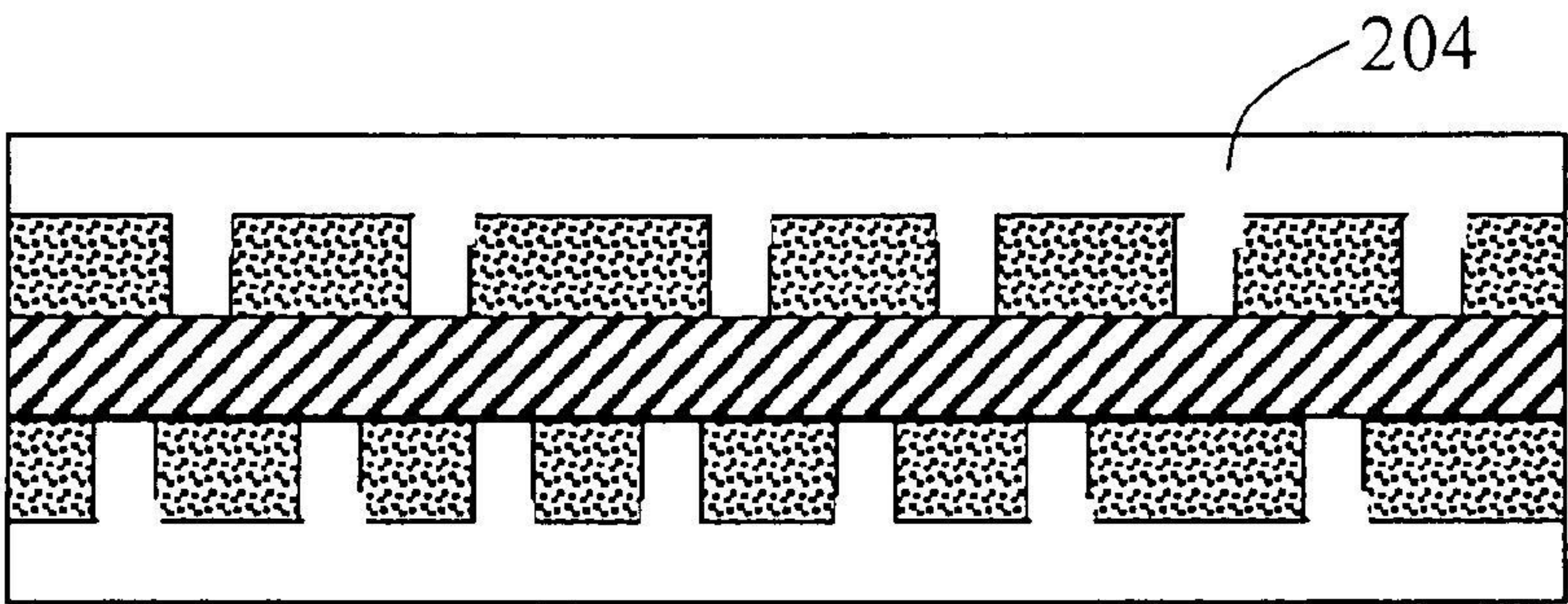
第6圖



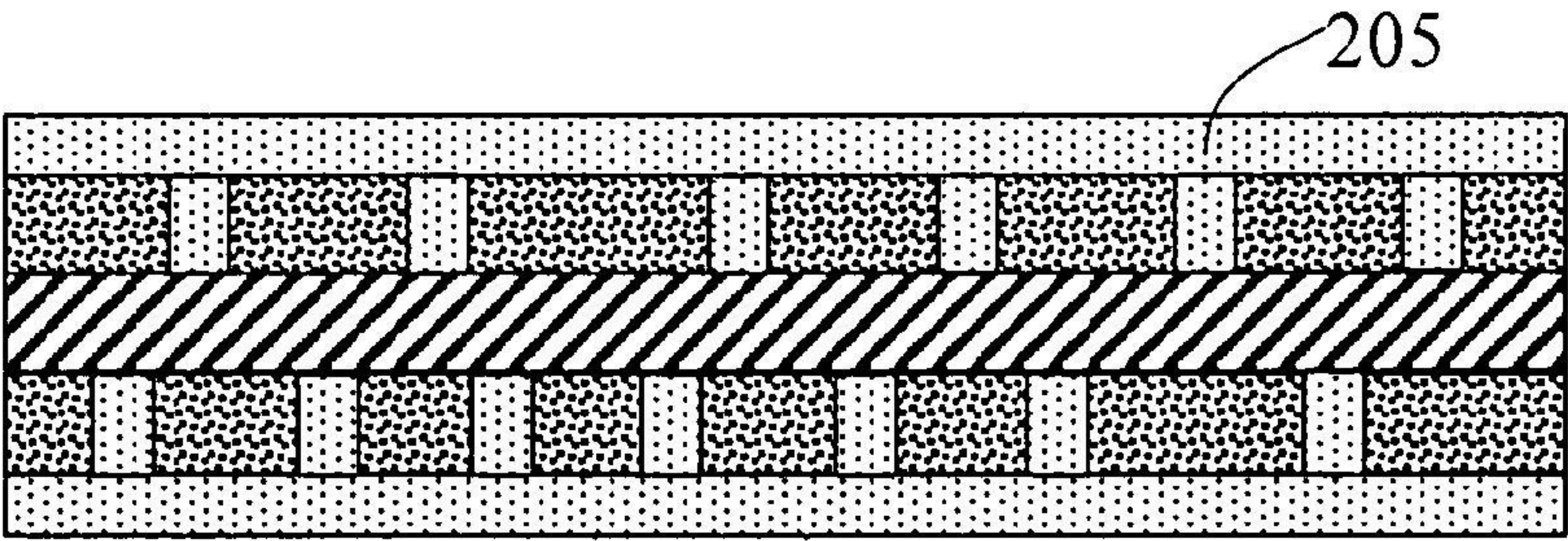
第7圖



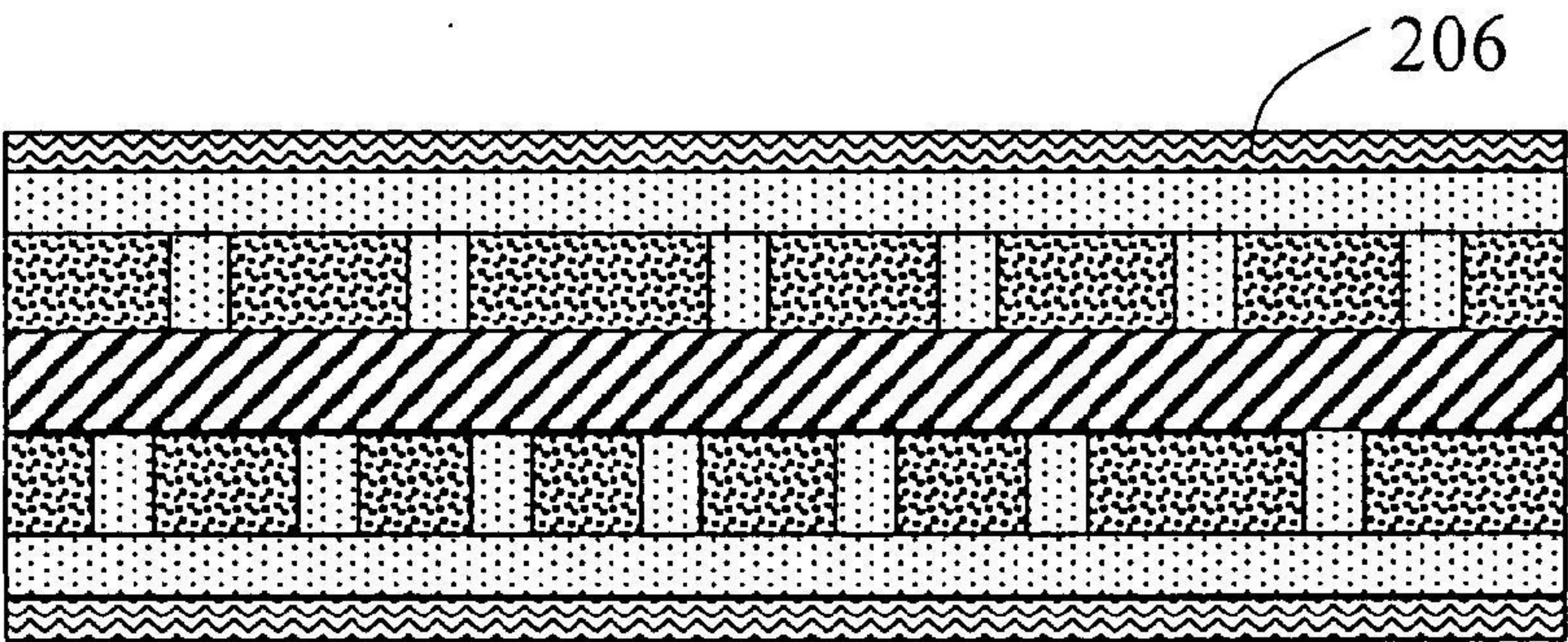
第8圖



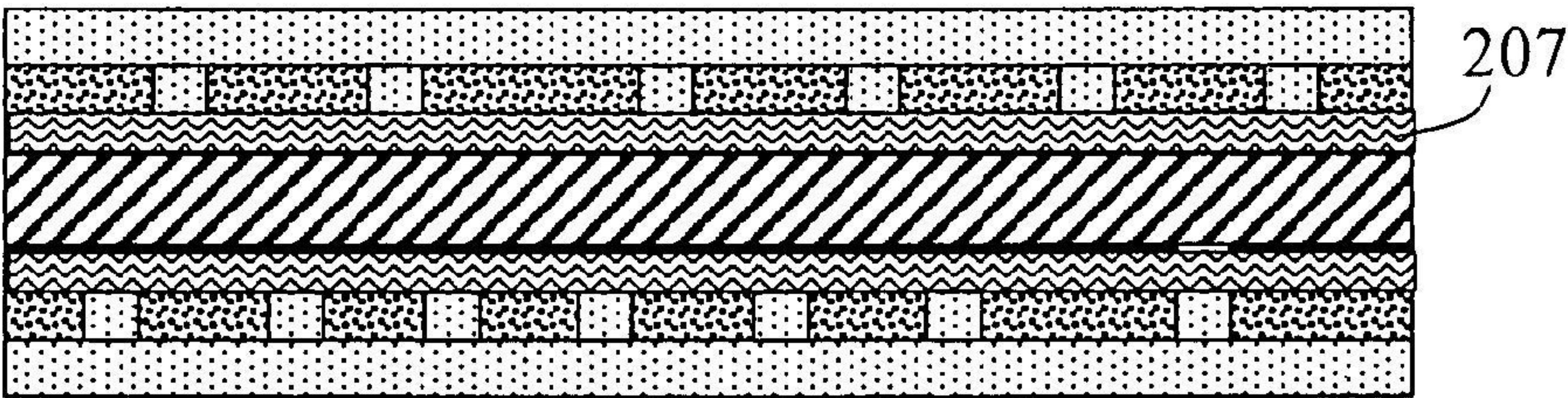
第9圖



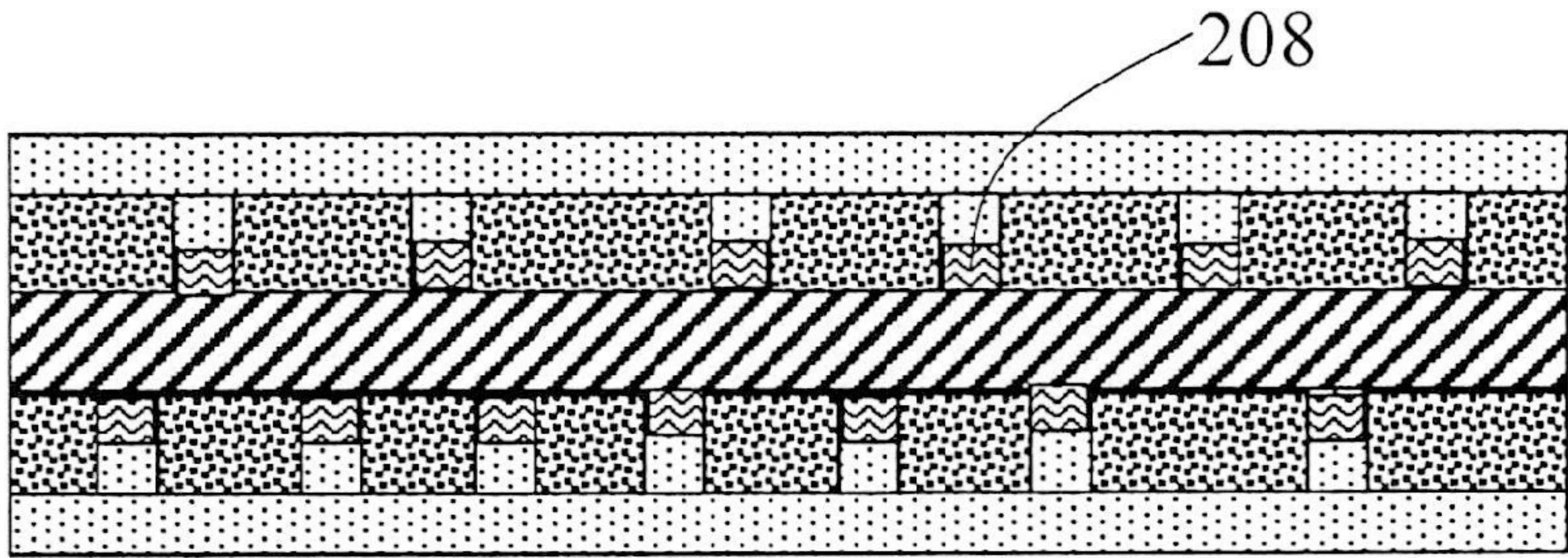
第10圖



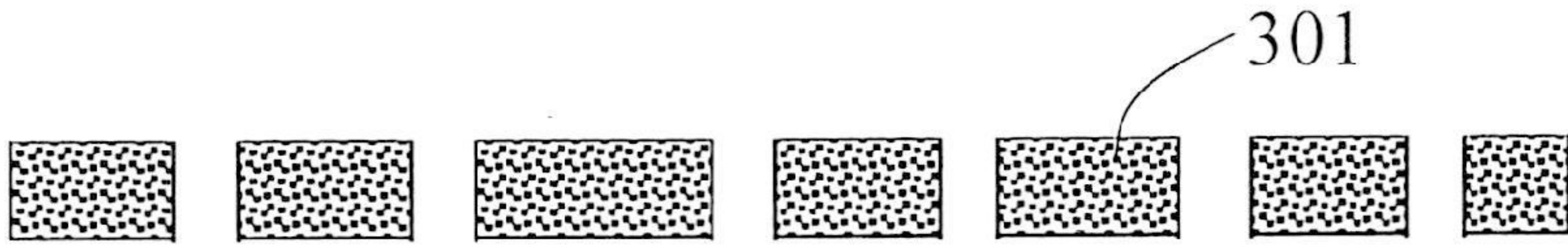
第11圖



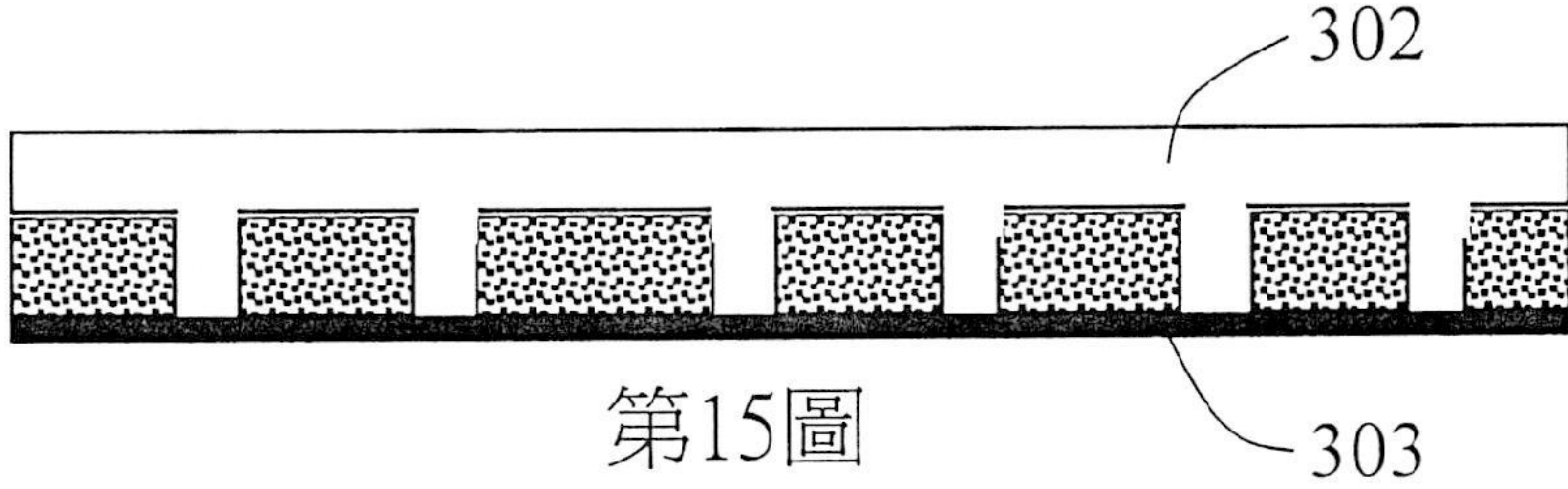
第12圖



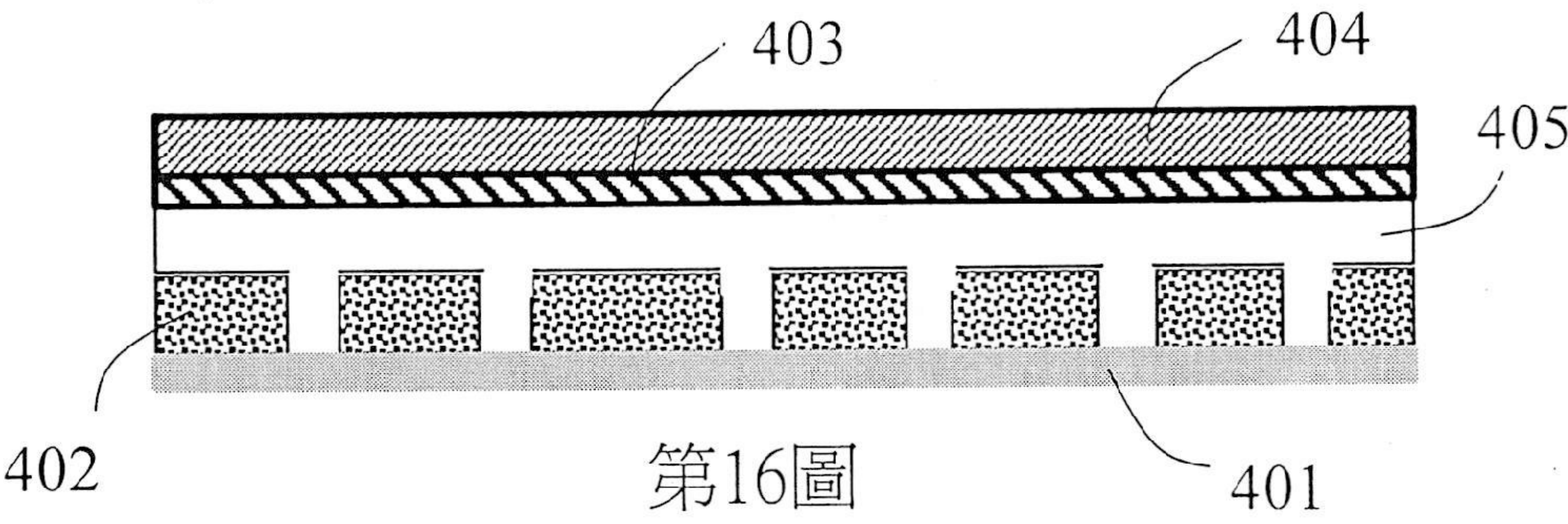
第13圖



第14圖



第15圖



第16圖