

發明專利說明書

公告本

(本說明書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※ 申請案號：97149979

※ 申請日期：97.12.19

※IPC 分類：H01L 31/0224 (2006.01)
H01L 31/18 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

具有利用奈米粒子形成的透明電極之光伏裝置

PHOTOVOLTAIC DEVICE HAVING TRANSPARENT ELECTRODE
FORMED WITH NANOPARTICLES

二、申請人：(共 1 人)

姓名或名稱：(中文/英文)

以色列商西瑪奈米技術以色列有限公司

CIMA NANOTECH ISRAEL LTD.

代表人：(中文/英文)

塞區 法蘭柯

FRENKEL, ZACH

住居所或營業所地址：(中文/英文)

以色列凱薩里亞工業園區塔席路12號

12 TARSHISH, INDUSTRIAL PARK CAESAREA 38900, ISRAEL

國 籍：(中文/英文)

以色列 ISRAEL

三、發明人：(共 3 人)

姓 名：(中文/英文)

1. 弗南多 德 勒 維加

DE LA VEGA, FERNANDO

2. 摩拉 M 尼爾

NIR, MOIRA M.

3. 雅加迪 賈巴

GARBAR, ARKADY

國 籍：(中文/英文)

1. 以色列 ISRAEL

2. 以色列 ISRAEL

3. 以色列 ISRAEL

四、聲明事項：

☐ 主張專利法第二十二條第二項 ☐ 第一款或 ☐ 第二款規定之事實，其事實發生日期為： 年 月 日。

☒ 申請前已向下列國家（地區）申請專利：

【格式請依：受理國家（地區）、申請日、申請案號 順序註記】

☒ 有主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

1. 美國；2007年12月20日；61/015,483

2.

☐ 無主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

1.

2.

☐ 主張專利法第二十九條第一項國內優先權：

【格式請依：申請日、申請案號 順序註記】

☐ 主張專利法第三十條生物材料：

☐ 須寄存生物材料者：

國內生物材料 【格式請依：寄存機構、日期、號碼 順序註記】

國外生物材料 【格式請依：寄存國家、機構、日期、號碼 順序註記】

☐ 不須寄存生物材料者：

所屬技術領域中具有通常知識者易於獲得時，不須寄存。

五、中文發明摘要：

本發明揭示一種光伏打裝置，其包含一透明前部電極，該透明前部電極藉由來自一塗佈至一基板上並烘乾之乳液之導電奈米粒子之自我組裝而形成。該等奈米粒子自我組裝成一網路狀導電跡線圖案，該等導電跡線界定若干隨機成形之透明單元。該等單元可由各種透明填料材料填充，且除習用元件之外亦可於該裝置中設有若干額外層。本發明亦揭示用於形成透明電極之製程。

六、英文發明摘要：

A photovoltaic device is disclosed that includes a transparent front electrode formed by the self-assembly of conductive nanoparticles from an emulsion coated onto a substrate and dried. The nanoparticles self-assemble into a network-like pattern of conductive traces that define randomly-shaped transparent cells. The cells may be filled with various transparent filler materials and additional layers may be present in the device in addition to conventional components. Processes for forming the transparent electrode are also disclosed.

七、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第 (1) 圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

100	半 導 體 基 板
102	下 側 表 面
104	電 極
106	表 面
108	電 極 層
110	圖 案
112	導 電 跡 線
114	單 元

八、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

(無)

九、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明係關於一種用於製作用於將光轉變為電之裝置之方法及藉此製作之裝置。

【先前技術】

在太陽能電池中所使用之光伏打效應允許藉由在一半導體材料內部產生及傳輸正電荷及負電荷來將來自太陽射線之光能直接轉變成電。碰撞於該半導體材料上之光之動作形成彼此不約束或彼此微弱約束之若干正電荷及負電荷，該等正電荷及負電荷能夠擴散或以其他方式由與該半導體接觸之不同電極俘獲。

若干電極置於該半導體材料之兩側上以收集電荷。光必須透過該等電極中之至少一者(一般稱為"前部"電極)進入太陽能電池。因此，該前部電極必須對光透明以及導電。

透明前部電極通常由一銀導線柵格圖案組成，該銀導線柵格圖案係藉由絲網印刷或其他形式之接觸印刷施用至半導體材料之表面。另一選擇為，其可由一更均勻/鄰近的透明導電材料膜(例如，氧化銦錫("ITO")膜)組成。

ITO膜具有許多缺點，包含較劣透明度(尤其在光譜的紅外線及紫外線區中)及邊際導電性。這兩個缺點都導致太陽能電池之較低效率。ITO亦頗為昂貴且已引起關於縮小銦的全球供應之考量。ITO亦頗易碎且不有助於捲式處理或用於撓性太陽能電池中。

銀導線柵格亦具有顯著缺陷，尤其在藉助矽晶圓之太陽

能電池之製作方面。藉由接觸印刷技術將柵格圖案施用至矽晶圓可導致顯著晶圓破損。對破損的敏感度要求製造商使用比可能原本較佳的基板厚的矽基板，且矽基板之厚度係總體電池成本中之一主要因素。此外，習用絲網印刷之Ag電極往往具有不良幾何形狀，包含出於前部電極目的之不良縱橫比，此意味著其相對寬(投射一大的陰影)且相對短(意味著提供比將係較佳電導小的總體電導)。此外，其因解析度限制而不能緊密接近於彼此印刷。

因此，光伏打電池需要一改良型透明導電前部電極，該改良型透明導電前部電極消除當前使用之透明導電前部電極之缺點。

【發明內容】

本發明尋求提供一種用於製作用於將光轉變為電之裝置之改良型方法及藉此製作之改良型裝置。

該方法及裝置包含一透明電極，該透明電極包括一由界定若干隨機成形之單元的若干至少部分結合之奈米粒子形成的導電跡線圖案，該等隨機成形之單元一般無奈米粒子並一般對光透明。該等導電跡線在該乳液被塗佈至一基板上並烘乾之後自一含有該等奈米粒子之液體乳液自我組裝而成。該等跡線可藉由習用液體塗佈製程形成於基板上，該等習用液體塗佈製程不要求塗佈設備與該等基板之實體接觸，藉此減小對該基板造成破損之可能性。該電極具有撓性且可藉由成本有效捲式塗佈製程製作。

除由奈米粒子形成的透明電極之外，該光伏打裝置亦包

含：一半導體基板，其與該透明電極電接觸；及一第二電極，其在該半導體基板之與該透明電極相對之側上且具有一不同功函數。該第二電極可係透明或不透明。該第二電極亦可包括一包括若干至少部分結合之奈米粒子的導電跡線圖案，該等導電跡線界定一般無奈米粒子並對光透明之若干隨機成形之單元。此等光伏打裝置能夠在自兩側照明時產生功率。

在一個實施例中，該經圖案化之電極之該等單元由一可服務多種功能之透光填料材料填充。在另一實施例中，該填料材料延伸超過該等導電跡線之高度。

本發明之光伏打裝置可含有若干額外層，例如，該填料材料及跡線上方之一層以幫助將電荷攜載出該裝置或例如提供抗反射性質，或半導體基板之表面上之一層以幫助將電荷攜載出該裝置或防止電極或保護層之間的短路以提供與環境因素隔離或保護其免受環境因素的影響。

在另一實施例中，串列裝置係藉由如下方法形成：在經圖案化之電極上方包含一額外半導體基板且在該額外半導體基板上包含一具有一不同功函數之額外經圖案化之電極。

一種製作一根據本發明之光伏打裝置之方法包括如下步驟：(1)提供一具有一半導體表面之基板；(2)以如下方式在該半導體表面上方形成一第一電極層，其提供一由界定若干隨機成形之單元的若干至少部分結合之奈米粒子形成的導電跡線圖案，該等隨機成形之單元一般無奈米粒子並

對光透明；及(3)毗鄰該半導體基板與其上形成該第一電極之表面相對之表面提供一第二電極層。

在本發明之一較佳實施例中，該經圖案化之電極係由一塗佈至該半導體基板上之含有若干奈米粒子之乳液形成，且在該乳液中之液體之蒸發期間，該等奈米粒子組裝成導電圖案。該方法之其他實施例包含：(1)將該奈米粒子乳液塗佈至該半導體基板之兩側上；(2)在一連續、捲式製程中將該奈米粒子乳液塗佈至該半導體基板上；(3)將該奈米粒子乳液塗佈於一經預先圖案化之基板上；(4)在一基板上形成該經圖案化之電極並隨後將其與半導體組件組合，且在某些情形下在將該經圖案化之電極與該半導體組件組合之前將其自該基板移除；及(4)在將該經圖案化之電極自一載體基板轉移至該半導體組件期間使其發生變形。

在本發明之光伏打裝置中所使用之透明電極提供在光譜之可見範圍中比ITO高或類似的透明度且在紅外線及紫外線範圍中提供較高透明度。較高透明度可導致較高光功率轉變效率。

在本發明之光伏打裝置中所使用之透明電極亦具有比ITO低的電阻率。較低電阻率可導致光功率至電功率轉變中之較低歐姆功率損失。

此外，透明電極網路圖案之幾何形狀因提供更大透明度而比習用絲網印刷之銀柵格之幾何形狀有利。與形成本裝置之透明電極網路之跡線之線寬度(~10微米)相比較，絲網印刷之柵格之線寬度通常相當大(100微米)。減小之線寬

度允許較大透明度。習用印刷或噴墨印刷線之高度相對於其寬度亦頗低，從而對於最大透明度給予其一不良縱橫比。因此，對於一既定金屬量(電導)而言，在一寬但短的導線中存在一比將在一窄但相對高的導線中可用的遮蔽量大的遮蔽量(光可轉變功率損失)。習用電極之縱橫比可係約1:10 (高度對寬度)。在本發明之裝置中所使用之透明電極之縱橫比通常甚佳，亦即1:5或更高且較佳1:2或更高。較高縱橫比允許更好的透明度與電導組合且因此更好的總體功率轉變效率。

此外，出於導電目的不僅因其不良縱橫比且亦因柵格圖案之線不能因解析度限制而緊密接近於彼此之事實，習用絲網印刷之銀電極往往具有不良幾何形狀。在更遙遠間隔之柵格線之情形下，光電產生之電荷載流子需要透過較高電阻率區行進較長距離(且具有較大載流子重新組合機會)，從而導致較大功率損失。相關地，習用太陽能電池常常在經印刷銀柵格圖案內利用意欲用於擴散至下伏半導體基板中之摻雜劑。然而，此擴散在幾何形狀上限於由能夠絲網印刷之幾何形狀所界定之區域。本文中所描述之電極之較窄線及較小單元允許半導體基板內更有效的摻雜劑放置。同樣，在晶體矽光伏打裝置之情形下，一更緊密間隔之電極組件因可能具有本發明中所使用之電極而將允許使用一經更少量摻雜之前部n層，一般認為其對裝置內部量子效率(IQE)有益，尤其在光譜之藍色及UV部分。

印刷之銀導線柵格亦具有顯著缺陷，尤其在藉助矽晶圓

之太陽能電池之製作方面。藉助接觸印刷技術將柵格圖案施用至矽晶圓可導致顯著晶圓破損。對破損的敏感度要求製造商使用比可能原本較佳的基板厚的矽基板，且矽基板之厚度係總體電池成本中之一主要因素。

自實施方式將顯而易見藉助該等電極製作之透明電極及光伏打裝置之其他優點。

【實施方式】

現參照圖1，其係一根據本發明之一個實施例之用於將光轉變為電之裝置之一簡化圖解說明。

如圖1中所見，該用於將光轉變為電之裝置包括一半導體基板100，該半導體基板具有一形成於其一下側表面102上並與其有效電接觸之電極104。

半導體基板100可係任何適宜之半導體基板，例如此技術中所已知的例如無機半導體等材料，包含(但不限於)：矽、鍺、硼、碲、鎵或錫的化合物及如下化合物，例如砷化鎵(GaAs)、磷化鎵(GaP)、磷化銦(InP)、碲化鎘(CdTe)、硫化鎘(CdS)、鎵鋁砷(GaAlAs)、碲鎘汞(HgCdTe)、砷化磷化鎵(GaAsP)、銅銦鎵聯碲(CIGS)及銅銦碲或硫。

該等材料可經摻雜或不經摻雜，且其可呈此技術中所已知的任何適宜形式，例如非晶、多晶、微晶或單晶體，包含晶圓。半導體層100可包含p-n、p-i-n、n-p-n或p-n-p接面或此技術中所已知的其他組態，例如肖特基-接面光伏打裝置中所採用之彼等組態。

半導體基板100可具有一多達約1000微米之厚度。舉例而言，基板100可係一厚膜半導體(例如，一習用100-500微米厚矽晶圓)或一具有一約小於100微米之厚度之薄膜。薄膜無機半導體可以約1-2微米之厚度製作。

另外，包括在化學上不同的半導體(例如，在有機光伏打電池中具有p型及n型層)之異質接面可提供於不同層中或彼此混合。亦可採用雙極性材料。

另一選擇為或另外，可在半導體基板100中採用在此技術中已知為"激子"半導體之材料。激子光伏打裝置中之光電轉變與習用無機光伏打裝置中的光電轉變根本上不同。激子常常被描述為一約束電子-電洞對，與一自由電子-電洞對相對。激子係在光吸收時產生且電荷載流子係同時跨越一異質介面而分開，或產生於其擴散至的介面之數個奈米內。電荷分開未必要求一內部電場。在激子太陽能電池中通常可忽略塊重新組合(其係習用光伏打裝置中之主要重新組合製程)，此乃因其中之少數載流子之塊密度不顯著，然而該等激子之壽命相當短。

另一選擇為或另外，半導體基板100可具有染料激活之太陽能電池(DSSC)中所採用之類型。當前DSSC以10微米或更小之厚度製作，而薄膜聚合物及塊異質接面半導體層可以100-200 nm或更小之厚度構造而成。

另一選擇為或另外，該半導體基板可包含若干有機半導體，例如聚合物或具有共軛結構或線性熔融環狀化合物之小分子有機物。舉例而言，此技術中所已知的有機半導體

包含聚伸苯基伸乙烯基、聚乙炔、噻吩、二萘嵌苯、並五苯、蒽、並四苯、紅螢烯、萘及衍生物。該等材料可經摻雜或不經摻雜。有機半導體可包含非晶或半晶化合物或聚合物，且具有任何適當之分子重量及封裝，並可包含自我組裝共聚物。其可經功能化以有助於溶解度、表面張力、組裝或其他改良。半導體基板100可在不同層或域之間包含至少一個異質接面。

該等半導體材料(無論其係有機或無機或兩者例如在一混合裝置中之一組合)可由混合物或其他組合或由上述材料製成之各種層組成。其可如在染料激活之二氧化鈦半導體或酞菁染料衍生物中進一步包含光吸收或光發射實體，例如量子點或光敏染料或顏料。富勒烯及相關化合物(例如，石墨或碳奈米管)可併入至半導體基板100中。

電極104通常具有一50 nm至約2微米之厚度，且可甚至更厚。其可係一習用電極或一透明電極。若電極104透明，則其可係由如下製作：例如本文中所述之透明電極等透明導電塗層及圖案或此技術中所已知的一替代透光導電材料(例如，導電氧化物薄膜，尤其ITO或氧化鋅)，碳奈米管或富勒烯或石墨網路，或印刷之匯流排條、或導電聚合物(例如，PEDOT或PEDOT:PSS，其分別係聚(3,4-伸乙基二氧噻吩)及聚(3,4-伸乙基二氧噻吩)-聚(苯乙烯磺酸鹽)。電極104亦可係由混合物或其他組合或由導電材料製成之各種層製造而成，該等導電材料例如(但不限於)以上透光導電材料。在US6951770中描述一適宜於用作電極104

之電極之實例，該專利藉此以引用方式併入。此等電極較佳地係由鋁或銀或一具有兩者之層之組合形成且可係藉助各種技術形成，例如噴塗塗佈、絲網印刷、電鍍沈積、金屬蒸發、氣相沈積、濺鍍或其他印刷或塗佈製程。

電極104可有孔可無孔。電極104通常包含一例如藉由噴塗塗佈或絲網印刷一金屬漿料而形成的完全接觸金屬層，例如鋁或另一導電金屬或其組合，例如一Al/Ag柵格。

電極104較佳地具有反射性以使得透過半導體基板100碰撞於其上之光由電極104反射回至半導體基板100中，從而導致半導體基板100處增加之光吸收。

電極104可含有將摻雜半導體層從而在半導體100層中形成一n或p薄層之摻雜材料。該摻雜將通常在該裝置之生產製程中之熱處理製作期間發生。摻雜材料之一實例係鋁。

一電極層108形成於半導體基板100之一表面106上方，其包括一由界定若干單元114的若干批至少部分結合之奈米粒子形成的若干導電跡線112之圖案110，該等單元一般不具有該等部分結合之奈米粒子並一般對光透明。

如下文中將參照圖9-14更詳細描述，採用一乳液塗層以形成透光電極層108。烘乾該乳液製作界定由若干跡線112環繞之若干不同透光單元114之圖案110，該等跡線比透光單元114透射顯著較少的光。透光單元114及週邊跡線112具有一可由光學顯微鏡觀察之網路狀特性。跡線112較佳地係藉由該乳液之一液相之蒸發形成。

在一較佳實施例中，圖案110係在一油包水乳液之沈積

之後形成，其中該乳液含有一水或水可混合相、一有機溶劑相及在其部分結合時具有導電性質之若干奈米粒子。

該等奈米粒子較佳地係由導電金屬或金屬混合物組成，其包含(但不限於)選自由以下組成之群組之金屬合金：銀、金、鉑、鈀、鎳、鈷、銅或其任一組合。適宜之奈米金屬粒子包含銀、銀-銅合金、銀鈀或其他銀合金或由如美國專利第5,476,535號("Method of Producing High Purity Ultra-Fine Metal Powder")及PCT申請案WO 2004/000491 A2("A Method for the Production of Highly Pure Metallic Nano-Powders and Nano-Powders Produced Thereby")中所描述之一稱為冶金化學製程 (MCP)之製程製作之金屬或金屬合金。該等奈米粒子可經塗佈或不經塗佈且可凝聚或不凝聚。

導電奈米粒子亦可由如下組成：金屬氧化物、金屬鹽、導電聚合物、碳衍生物(例如，碳黑、石墨、富勒烯或其他碳同素異形體)。亦可採用前驅物或以上粒子之組合。

在申請人/受讓人之專利公開案US20050215689及WO2006135735中描述具有在上文中所述類型之乳液及其用於製作導電跡線112之用途，該等申請案之揭示內容藉此以引用方式併入。所得圖案110及單元114的形狀在本質上係隨機的。通常，跡線112之寬度小於40微米，且高度小於20微米且平均單元直徑小於1000微米，且在某些情形下小得多，例如約5微米。平均單元大小與半導體基板之厚度之比率可係光伏打電池中之一重要設計特徵。

半導體層厚度因材料及處理成本而較佳為小，但在其可如何小的程度上受到光學吸收要求(尤其在薄膜單元中)以及機械強度(尤其在晶體矽單元中)限制。網路單元大小因其對遮蔽及電導的影響而影響單元效能，且因此將被相應地加以修整。

小網路單元大小對利用高阻性材料(例如，非晶矽或有機單元)之光伏打裝置中之低歐姆電阻損失為較佳/必需。在此等裝置中，具有一約為半導體層之厚度之網路單元大小造成一與電荷載流子自單元中間之橫向運動相關聯之電阻，其一般而言不大於與該等載流子在半導體層內之垂直運動相關聯之電阻，亦即，對於一小網路單元而言移動載流子之路徑長度在水平方向上不長於在垂直方向上。較大網路單元直徑可產生顯著較大歐姆損失，且因此一般而言非較佳。

使用低阻性材料之光伏打裝置(例如，晶體矽晶圓)可具有較大網路單元大小。舉例而言，此等裝置中平均單元直徑與半導體層厚度之比率可在1:3至1:1之範圍中，較佳1:2。

應瞭解，電極層108及電極104通常具有彼此不同的功函數。

具有若干導電跡線112之圖案110在燒結之後具有一在0.005 Ω /平方至5 k Ω /平方之間的薄片電阻，較佳小於50 ohm/sq，更佳小於20 ohm/sq，且最佳小於或等於10 ohm/sq。薄片電阻可因所沈積圖案之後續電鍍而進一步減

小。應瞭解，導電跡線 112 可消除對如在習用光伏打裝置中所使用之導電匯流排條及指的需要。

在包含染料激活之太陽能電池(DSSC)在內之各種設計中，可使用鍍覆來在銀導電跡線上方製作一額外層。在某些應用(例如，DSSC)中，在銀上方使用此一保護層可係有益的。

電極層 108 在要求透射電磁光譜之可見、NIR、IR 及 / 或 UV 區之裝置中尤其有益。術語"透光"在本文中可與術語"透明"交替使用且係指至少 30%、且較佳至少 50%、且更佳至少 70% 之光透射。對於要求透射可見光之應用而言，透射係在 400 nm 至 700 nm 之波長範圍中量測，且更具體而言可在 550 nm 處量測。

電極層 108 之透明度較佳地自 UV 至近 IR 波長以約 90% 相對均勻。與之相反，一如將在一習用薄膜太陽能電池中使用之典型 ITO 層可在可見範圍具有約 90% 的透明度，但在近 UV 範圍中，該透明度可隨著波長在 400 nm 時從 80% 減小至 200 nm 時之 <10% 而快速下降(Biyikli 等人所著，IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics，第 10 卷，第 4 號，2004 年，759 頁)。類似地，在 IR 範圍中，ITO 可具有在 800 nm 時為 75% 至 90% 下降至 1100 nm 時為 47% 至 88% (端視 ITO 厚度而定)之透明度。見 <http://www.pgo-online.com/intl/katalog/itotrans.html>。

根據本發明之一較佳實施例，該半導體基板之總體表面 106 之不接收入射光之百分比因跡線 112 之遮擋而較佳地不

高於15%。此外，跡線112可提供纖構或抗反射特性。

在跡線112中出於添加特定功能或增強跡線112之性質(例如，黏著性、摻雜、氣體屏障、抗刮性、接觸及薄片電阻或至一毗鄰層中之較佳擴散性)之目的，而可存在若干額外奈米粒子。舉例而言，玻璃粉或亞微米玻璃珠或矽石可添加至乳液調配物並存在於跡線112中，以有助於與一以矽為主的半導體層之交互擴散及黏著。另外或另一選擇為，摻雜劑、量子點、螢光材料及其他添加劑(例如，金屬前驅物或聚合物前驅物)可包含於乳液中，以便在乳液沈積及溶劑蒸發之後存在於跡線112中。舉例而言，該等跡線內之摻雜粒子可部分地擴散至一毗鄰層(例如，一半導體基板)中。可以各種方式增強該等功能，例如藉由加熱以增強摻雜粒子至一毗鄰層中之擴散。鋁係一適宜之摻雜劑之一實例。

可溶解於乳液之有機相中之材料(例如，一玻璃前驅物)可在烘乾該乳液時併入至跡線112中以增強接觸電阻。同樣，對乳液之水相及油相之間的介面具有親和力之材料可在烘乾該乳液時併入至跡線112中。可溶解於乳液之水相中之材料(例如，顏料)將沈積於單元114中。

圖1中所示之裝置可係獨立或可形成於或置於一撓性或剛性基板(例如，玻璃、紙張、陶瓷或織物)上。此基板可包含一聚合物，例如一聚酯、聚醯胺、聚醯亞胺、聚碳酸酯、聚烯烴、聚丙烯酸酯、聚甲基丙烯酸甲酯(PMMA)、環烯烴聚合物、一共聚物或其混合物。該裝置可形成有一

扁平表面或一彎曲表面。該半導體基板可具有一粗糙表面及/或一非扁平表面。

現參照圖2，其係一根據本發明之另一實施例之用於將光轉變為電之裝置之一簡化圖解說明。

如圖2中所見，該用於將光轉變為電之裝置包括一半導體基板200，該半導體基板具有一形成於其一下側表面202上並與其有效電接觸之電極204。一電極層208在半導體基板200之一表面206上方，其包括一由界定若干隨機形狀單元214的若干至少部分結合之奈米粒子形成的若干導電跡線212之圖案210，該等隨機形狀單元一般不具有該等部分結合之奈米粒子並對光透明。半導體基板200、電極204及電極層208對應於圖1之半導體基板100、電極104及電極層108且如參照圖1所描述。

如上文結合圖1之電極層108所述，電極層208較佳地係由一經塗佈之含有若干導電奈米粒子之乳液形成。透光單元214及環繞跡線212具有一網路狀特性並可藉助光學顯微鏡觀察。

在圖2之實施例中，電極層208之單元214由一透光填料215填充。適宜之填料材料可包含量子點、不導電聚合物、半導體材料、矽石、顏料、染料、色譜移位添加劑、金屬氧化物及/或其前驅物、導電聚合物及/或其前驅物。填料215亦可包括改變所透射光之光譜(亦即，發射對該裝置中之活性光伏打層具有一更相容光譜之光)，藉此增加該裝置之效率之若干粒子。

填料215可提供機械保護，尤其抗磨損或抗刮傷保護，以及免受濕氣、氧氣或紫外線輻射或環境中之其他組成的影響。

可採用填料215以在跡線212之高度處形成一平滑總體表面216。舉例而言，可施用導電或不導電透明材料(例如，一例如PEDOT:PSS之聚合物、一透明且導電聚合物)來填充開放區域214並幫助將電荷攜載出該裝置。填料215亦可係一"膠水"或一感壓黏著劑(PSA)，其將在該光伏打裝置之頂部上黏著或層壓一額外層(聚合物、基板等等)。其亦可係一"硬塗層"或"抗閃光"塗層或類似於顯示器膜中所使用之彼等塗層之其他塗層。其亦可係一抗靜電材料或抗污材料。亦可使用選擇性地吸收及發射光或之材料或前述材料之組合。

填料215可具有一抗反射功能。抗反射材料可併入其中，例如，添加玻璃粉或玻璃球、氮化矽、一氧或二氧化矽、二氧化鈦或氧化鋅。紋理化表面216或使表面216處材料之折射率變化亦可提供抗反射性質。舉例而言， TiO_2 抗反射塗層可呈一使用簡單技術(像噴塗或化學氣相沈積)形成的數百奈米厚之層。

如同圖1之裝置之情形，圖2中所示之裝置可係獨立或可形成於或置於一如結合圖1所述之撓性或剛性基板上。

現參照圖3，其係一根據本發明之另一實施例之用於將光轉變為電之裝置之一簡化圖解說明。

如圖3中所見，該用於將光轉變為電之裝置包括一半導

體基板300，該半導體基板具有一形成於其一下側表面302上並與其有效電接觸之電極304。一電極層308形成於半導體基板300之一表面306上方，其包括一由界定若干隨機成形之單元314的若干至少部分結合之奈米粒子形成的若干導電跡線312之圖案310，該等隨機成形之單元一般不具有該等部分結合之奈米粒子並對光透明，該等單元含有填料315。

如上文結合圖1之電極層108所述，電極層308較佳地係由一經塗佈之含有若干導電奈米粒子之乳液形成。透光單元314及環繞跡線312具有一網路狀特性並可藉助光學顯微鏡觀察。

半導體基板300、電極304、電極層308及填料315對應於圖2之半導體基板200、電極204、電極層208及填料215且如參照圖2所描述。然而，圖3之實施例之一特定特徵係：填料315在導電跡線312之圖案310上方延伸。填料315可形成一位於跡線312之高度上方之平滑總體表面316。

如同圖1及2之裝置之情形，圖3中所示之裝置可係獨立或可形成於或置於一如結合圖1所述之撓性或剛性基板上。

現參照圖4，其係一根據本發明之另一實施例之用於將光轉變為電之裝置之一簡化圖解說明。

如圖4中所見，該用於將光轉變為電之裝置包括一半導體基板400，該半導體基板具有一形成於其一下側表面402上並與其有效電接觸之電極404。一電極層408形成於半導

體基板400之一表面406上方，其包括一由界定若干隨機成形之單元414的若干至少部分結合之奈米粒子形成的若干導電跡線412之圖案410，該等隨機成形之單元一般不具有該等部分結合之奈米粒子並對光透明且含有填料415。半導體基板400、電極404、電極層408及填料415對應於圖2之半導體基板200、電極204、電極層208及填料215且如參照圖2所描述。

如上文結合圖1之電極層108所述，電極層408較佳地係由一經塗佈之含有若干導電奈米粒子之乳液形成。透光單元414及環繞跡線412具有一網路狀特性並可藉助光學顯微鏡觀察。

圖4之實施例之一特定特徵係：在填料415上方及具有若干導電跡線412之圖案410上方提供有一額外材料層417。額外層417之組成可包含量子點、不導電聚合物、半導體材料、矽石、顏料、染料、光改性劑、金屬氧化物及/或其前驅物、導電聚合物及/或其前驅物，且至少部分不同於填料415。層417較佳地具有一位於跡線412之高度上方之平滑總體表面416。舉例而言，在層417中可採用導電或不導電透明材料(例如一例如PEDOT:PSS之聚合物、一透明且導電聚合物)以幫助將電荷攜載出該裝置。層417可係一額外透明導電層。

層417之材料可具有一抗反射功能。抗反射材料可併入其中，例如添加玻璃球、氮化矽、一氧或二氧化矽、二氧化鈦或氧化鋅。紋理化表面416或使表面416處材料之折射

率變化亦可提供抗反射性質。舉例而言， TiO_2 抗反射塗層可呈一使用簡單技術(像噴塗或化學氣相沈積)形成的數百奈米厚之層。

如同圖1-3之裝置之情形，圖4中所示之可係獨立或可形成於或置於一如結合圖1所述之撓性或剛性基板上。

現參照圖5，其係一根據本發明之另一實施例之用於將光轉變為電之裝置之一簡化圖解說明。

如圖5中所見，該用於將光轉變為電之裝置包括一半導體基板500，該半導體基板具有一形成於其一下側表面502上並與其有效電接觸之電極504。一電極層508在半導體基板500之一表面506上方，其包括一由界定若干隨機成形之單元514的若干至少部分結合之奈米粒子形成的若干導電跡線512之圖案510，該等隨機成形之單元一般不具有該等部分結合之奈米粒子並對光透明。半導體基板500、電極504及電極層508對應於圖1之半導體基板100、電極104及電極層108且如參照圖1所描述。

如上文結合圖1之電極層108所述，電極層508較佳地係由一經塗佈之含有若干導電奈米粒子之乳液形成。透光單元514及環繞跡線512具有一網路狀特性並可藉助光學顯微鏡觀察。

根據圖5之實施例，在半導體基板500之表面506上方形成有一額外材料層507，較佳地但未必一導電或半導體聚合物。

例如，一PEDOT:PSS或相關聚合物層507可提供於半導

體表面 506 上方。PEDOT:PSS 係透明且導電並可幫助將電荷攜載出該裝置。PEDOT:PSS 可藉由旋轉澆鑄施用。

玻璃粉或壓微米玻璃珠或矽石可包含於層 507 中以增強層 507 至半導體表面 506 之相互擴散及黏著。

電極層 504 與 508 之間的短路亦可藉由一 PEDOT:PSS 層 507 來減小或防止。玻璃珠或矽奈米粒子或其他粒子可併入至層 507 中以允許電極層 508 與半導體表面 506 之間良好的介面接觸。其亦可併入至形成電極層 508 之乳液中。

層 507 可包含一底層材料以有助於黏著並允許電極層 508 之良好塗佈性質。

在其中半導體基板 500 係一例如晶體矽之材料之情形下，層 507 亦可係一例如氮化矽之材料，其可提供半導體表面之電鈍化以及抗反射性質。

如同圖 1-5 之裝置之情形，圖 5 中所示之裝置可係獨立或可形成於或置於一如結合圖 1 所述之撓性或剛性基板上。

現參照圖 6，其係一根據本發明之另一實施例之用於將光轉變為電之裝置之一簡化圖解說明。

如圖 6 中所見，該用於將光轉變為電之裝置包括一半導體基板 600，該半導體基板具有一形成於其一下側表面 602 上並與其有效電接觸之電極 604。一電極層 608 形成於半導體基板 600 之一表面 606 上方，其包括一由界定若干隨機成形之單元 614 的若干至少部分結合之奈米粒子形成的若干導電跡線 612 之圖案 610，該等隨機成形之單元一般不具有該等部分結合之奈米粒子並對光透明且含有填料 615。半

導體基板 600、電極 604、電極層 608及填料 615對應於圖 2 之半導體基板 200、電極 204、電極層 208及填料 215且如參照圖 2 所描述。

如上文結合圖 1 之電極層 108 所述，電極層 608 較佳地係由一經塗佈之含有若干導電奈米粒子之乳液形成。透光單元 614 及環繞跡線 612 具有一網路狀特性並可藉助光學顯微鏡觀察。

根據本發明之此實施例，在半導體基板 600 上方形成有一額外層 607。層 607 對應於圖 5 之層 507 且如結合圖 5 所述。

如同圖 1-5 之裝置之情形，圖 6 中所示之裝置可係獨立或可形成於或置於一如結合圖 1 所述之撓性或剛性基板上。

注意，在本文中在於一光伏打電池之一單個側上製作一透明電極中所使用之概念可極類似地用於在一光伏打電池之相對面上製作一對透明電極。此單元可具有如下優點：能夠在自任一側照明時產生光(所謂的有兩面的單元)，或藉助適當之設計部分地對光透明以或許允許同時作為一窗口以及一功率產生器。類似地，包含三個電極之如圖 7 及 8 中所示之更複雜的幾何形狀係一可能性，且在下文加以描述。

現參照圖 7，其係一根據本發明之另一實施例之用於將光轉變為電之裝置之一簡化圖解說明。

如圖 7 中所見，該用於將光轉變為電之裝置較佳地包括一半導體基板 700，該半導體基板具有一形成於其一下側

表面 702 上並與其有效電接觸之電極 704。一電極層 708 形成於半導體基板 700 之表面 706 上方，其包括一由界定若干隨機成形之單元 714 的若干至少部分結合之奈米粒子形成的若干導電跡線 712 之圖案 710，該等隨機成形之單元一般不具有該等部分結合之奈米粒子並對光透明。半導體基板 700、極 704 及電極層 708 對應於圖 1 之半導體基板 100、電極 104 及電極層 108 且如參照圖 1 所描述。

如上文結合圖 1 之電極層 108 所述，電極層 708 較佳地係由一經塗佈之含有若干導電奈米粒子之乳液形成。透光單元 714 及環繞跡線 712 具有一網路狀特性並可藉助光學顯微鏡觀察。

在圖 7 之所圖解說明之實施例中，在電極層 708 上方提供有一額外半導體層 720 且在額外半導體層 720 上方形成有一額外電極層 728，其包括一由界定若干隨機成形之單元 734 的若干至少部分結合之奈米粒子形成的若干導電跡線 732 之圖案 730，該等隨機成形之單元一般不具有該等部分結合之奈米粒子並對光透明。類似的電極層 708、電極層 728 較佳地係由一經塗佈之含有若干導電奈米粒子之乳液形成。透光單元 734 及環繞跡線 732 具有一網路狀特性並可藉助光學顯微鏡觀察。

電極層 708 及 728 對應於圖 1 中之電極層 108 且如結合圖 1 所描述。然而，應瞭解，電極層 728 及電極 704 以及電極 708 通常具有彼此不同的功函數。

半導體層 700 及 720 可包括如結合圖 1 中之半導體層 100 所

述之材料，但其彼此不同。圖7中所示之裝置係一串列光伏打裝置之一新穎實施例，亦稱為一多接面光伏打裝置，其中具有不同帶隙之兩個或更多個不同半導體材料層係以一堆疊配置。在僅該裝置之一個側直接接收入射光之情形下，較高帶隙材料較佳地在吸收高能光子之側上。低能光子係由位於一較高帶隙材料下方之較低帶隙材料吸收。

如同圖1-6之裝置之情形，圖7中所示之裝置可係獨立或可形成於或置於一如結合圖1所述之撓性或剛性基板上。

現參照圖8，其係一根據本發明之另一實施例之用於將光轉變為電之裝置之一簡化圖解說明。

如圖8中所見，該用於將光轉變為電之裝置較佳地包括一半導體基板800，該半導體基板具有一安置於其一下側表面802上並與其有效電接觸之電極804。一電極層808安置於半導體基板800之相對表面806上方，其包括一由界定若干隨機成形之單元814的若干批至少部分結合之奈米粒子形成的若干導電跡線812之圖案810，該等隨機成形之單元一般不具有該等部分結合之奈米粒子並對光透明。區域814較佳地由一透光填料815填充。半導體基板800、電極804及電極層807及填料815對應於圖2之半導體基板200、電極204、電極層208及填料215且如參照圖2所描述。

如上文結合圖1之電極層108所述，電極層808較佳地係由一經塗佈之含有若干導電奈米粒子之乳液形成。透光單元814及環繞跡線812具有一網路狀特性並可藉助光學顯微鏡觀察。

在圖8之所圖解說明之實施例中，在表面816處於電極層808及填料815上方提供一額外半導體層820。一額外電極層828安置於額外半導體層820上方，其包括一由界定若干隨機成形之單元834的若干至少部分結合之奈米粒子形成的若干導電跡線832之圖案830，該等隨機成形之單元一般不具有該等部分結合之奈米粒子並對光透明。

類似的電極層808、電極層828較佳地係由一經塗佈之含有若干導電奈米粒子之乳液形成。透光單元834及環繞跡線832具有一網路狀特性並可藉助光學顯微鏡觀察。

根據圖8之實施例，單元834由一透光填料835填充。填料835對應於圖2中之填料215且結合圖2加以描述。

圖8中所示之裝置係一如結合圖7所述之串列光伏打裝置之另一實例且類似於其，除存在填料815及填料835之外。

如同圖1-7之裝置之情形，圖8中所示之裝置可係獨立或可形成於或置於一如結合圖1所述之撓性或剛性基板上。

現參照圖9，其係一用於製造用於將光轉變為電之裝置(例如，圖1-8中之任一者所示之裝置)之製程之一簡化圖示。如圖9中所見，提供複數個半導體基板組件900。基板組件900包含一半導體基板901，該半導體基板類似於在上文中所述之半導體基板100-800且其上形成有一可相同於在上文中所述之電極層104-804中之任一者之電極層903。通常，半導體基板901具有一多達約1 mm之厚度且電極層903具有一多達約2微米之厚度。

將半導體基板組件900供應至一乳液塗佈台906。在乳液

塗佈台 906 處，將一乳液 907 施用至半導體基板組件 900 之一與其上形成電極層 903 之表面相對之表面 910。

乳液 907 如上文結合圖 1 之實施例所述，亦即，較佳地一油包水乳液，其含有一水或水可混合相、一有機溶劑相及在其部分結合時具有導電性質之若干奈米粒子。

可藉助任一適宜之技術將乳液 907 施用於乳液塗佈台 906 處，例如條形散佈、浸泡、噴塗或浸漬。可用於施用乳液 907 之額外技術包含例如條形塗佈、絲網印刷、噴墨印刷、旋轉塗佈、浸塗、噴塗、凹版印刷、滾筒塗佈及刀片塗佈。利用單個或多個通過塗佈設備，可在乳液塗佈台 906 處採用實驗室規模或工業製程。

此外，根據本發明之一個實施例，在一預塗佈之表面 910 上散佈一乳液之步驟提供一 1 至 200 微米且更佳 5 至 200 微米之濕乳液厚度。

其上沈積乳液 907 之表面 910 可例如藉由加熱、蝕刻、電暈處理或氧化或其組合來加以預處理。可給予表面 910 一初步塗佈，例如，其可首先以一適宜之底層塗佈。

本發明之一特定特徵係：將一乳液施用至一表面之步驟可在不藉助一塗佈工具直接接觸該表面之情形下實施。舉例而言，使用一刀隙塗佈器、一氣刀塗佈器、一刮刀塗佈器、一狹縫模具或一幕式塗佈器塗佈不要求藉助一塗佈工具與基板表面 910 直接接觸。此與通常涉及與基板直接接觸之絲網印刷、凹版印刷及條形塗佈相反。在採用不接觸印刷技術時，基板表面 910 上存在之精密或靈敏特徵較不

易於發生損壞或變形。

根據本發明之一較佳實施例，可遵循以下步驟：將乳液907施用至表面910；在施用熱或不施用熱之情形下自乳液907蒸發出溶劑，如參考編號912處所指示；及以一在約室溫至約850°C之範圍內之溫度燒結剩餘塗層，如參考編號914處所指示，藉此在表面910上方提供一電極層920。燒結較佳在環境大氣壓力下發生。

另一選擇為或另外，在參考編號914處所指示之所有或部分燒結製程可在存在引起該燒結製程之化學製品之情形下發生。適宜之化學製品之實例包含甲醛或酸(例如，甲酸、醋酸及鹽酸)。該化學製品可呈所沈積之粒子曝露至其之一蒸汽或一液體之形式。另一選擇為，此等化學製品可在沈積之前併入至包括奈米粒子之組成中，或可在將該等粒子沈積於基板上之後沈積於該等奈米粒子上。

該製程亦可包含一後燒結處理步驟，如參考編號916處所指示，其中電極層920可經進一步燒結、退火或使用熱、鐳射、UV、酸或其他處理進行其他後處理及/或曝露至例如金屬鹽、鹼或離子液體等化學製品。經處理之電極層920可藉助水或其他適宜之液體沖洗。

電極層920係由一由界定若干隨機成形之單元的若干批至少部分結合之奈米粒子形成的導電跡線圖案來表徵，該等隨機成形之單元一般對光透明並可由光學顯微鏡觀察，如參照圖1-8所述。

電極層920進一步由薄片電阻表徵，該薄片電阻在燒結

之後在 $0.005\ \Omega/\text{平方}$ 至 $5\ \text{k}\Omega/\text{平方}$ 之間，較佳小於 $50\ \text{ohm/sq}$ ，更佳小於 $20\ \text{ohm/sq}$ ，且最佳小於或等於 $10\ \text{ohm/sq}$ 。薄片電阻可使用例如電鍍電極層 920 等技術而進一步減小。

本發明之一特定特徵亦係：電極層 920 之形成可採用低溫沈積及以高達約 350°C 之溫度之處理方法。低溫液相處理可以相對低的成本執行，尤其在電極層 920 被形成於大規模表面 910 上並允許使用例如某些聚合基板等熱敏基板時。

本發明之一特定特徵亦係：電極層 920 之形成可經控制以得到不同的單元大小並調整其以獲得最適宜之光伏打裝置效能。

可藉助多種技術施用或形成若干額外裝置層或特徵，例如自溶液沈積、藉助上述方法中之任一者塗佈，及直接印刷(例如，噴墨或捲式印刷)。亦可使用其他沈積及特徵形成方法來形成若干額外層或特徵，例如氣相沈積、微影、光學微影、蝕刻、溶解、真空昇華、藉由真空蒸發之金屬沈積、濺鍍、離子轟擊、電鍍、無電電鍍、鐳射圖案化、鐳射剝離或上述方法之組合。

現參照圖 10，其係一根據另一實施例之用於製造用於將光轉變為電之裝置(例如，圖 1-8 中之任一者中所示之裝置)之製程之一簡化圖示。如圖 10 所見，提供複數個半導體基板組件 1000。基板組件 1000 包含一半導體基板 1001，其類似於在上文中所述之半導體基板 100-800。通常，半導體

基板1001具有一高達約1 mm之厚度。

將半導體基板組件1000供應至一乳液塗佈台1006。在乳液塗佈台1006處，將一乳液1007施用至半導體基板組件1000之一表面1010。

如上所述，乳液1007較佳係一油包水乳液，其含有一水或水可混合相、一有機溶劑相，及在其部分結合時具有導電性質之若干奈米粒子。

乳液1007可以一類似於上文結合圖9所述之方式施用於乳液塗佈台1008處，且其上沈積有乳液1007之表面1010可如先前所述加以預處理。

在施用乳液1007之後，如上文結合圖9所述執行溶劑蒸發(在1012處)、燒結(在1014處)及可能的後燒結處理步驟(在1016處)。電極層1020之薄片電阻係如上文結合圖9之電極層920所述加以特徵化，且該電阻可藉由例如電鍍等技術而減小，且可如上文結合圖9所述添加若干額外裝置層及特徵。

在電極層1020之形成的下游，較佳地將其上形成有電極層1020之半導體基板1000翻轉並且使電極層1020沿圖10之方向向下饋入至一乳液塗佈台1026。在乳液塗佈台1026處，將一乳液1027施用至半導體基板組件1000之一與其上形成電極層1020之表面相對之一表面1030。

乳液1027較佳係一如上文結合乳液1007所述之油包水乳液，但其經選擇以提供一具有一與自乳液1007形成的電極層不同的功函數之電極層。

乳液1027可如上文參照乳液1007所述施用於乳液塗佈台1026處。

其上沈積乳液1027之表面1030可如上文所述加以預處理。在施用乳液1007之後，如上文結合圖9所述執行溶劑蒸發(在1032處)、燒結(在1034處)及可能的後燒結處理步驟(在1036處)。電極層1040之薄片電阻係如上文結合圖9之電極層920所述加以表徵，且該電阻可藉由例如電鍍等技術而減小。可如上文結合圖9所述添加若干額外裝置層及特徵。

應瞭解，電極層1020及電極層1040通常具有彼此不同的功函數。圖10之實施例之一特定特徵係：該製程提供一具有至少兩個電極之裝置，該至少兩個電極透光且位於一半導體基板之相對側上。

現參照圖11，其係一根據本發明之另一實施例之用於製造用於將光轉變為電之裝置(例如，圖1-8中之任一者中所示之裝置)之捲式製程之一簡化圖示。如圖11中所見，提供一連續半導體基板組件1100。基板組件1100包含一半導體基板1101，其類似於在上文中所述之半導體基板100-800，其上形成有一電極層1103，該電極層可相同於在上文中所述之電極層104-804中之任一者。

將半導體基板組件1100供應至一乳液塗佈台1106。在乳液塗佈台1106處，將一乳液1107施用至半導體基板組件1100之一與其上形成電極層1103之表面相對之表面1110。

乳液1107較佳係一如上文結合乳液907所述之油包水乳

液。

乳液 1107 可如上文參照乳液 907 所述施用於乳液塗佈台 1106 處。

其上沈積乳液 1107 之表面 1110 可如上文所述加以預處理。在施用乳液 1107 之後，如上文結合圖 9 所述執行溶劑蒸發(在 1112 處)、燒結(在 1114 處)及可能的後燒結處理步驟(在 1116 處)。電極層 1120 之薄片電阻係如上文結合圖 9 之電極層 920 所述加以表徵，且該電阻可藉由例如電鍍等技術而減小。可如上文結合圖 9 所述添加若干額外裝置層及特徵。

應瞭解，該連續半導體組件可形成於一由撓性材料製成之撓性網上，例如，一撓性聚合物、塑膠或彈性體結構或一織物、紙張或纖維襯字或金屬箔或經撓性玻璃塗佈之材料。撓性基板可包含聚合物，例如，一聚酯、聚醯胺、聚醯亞胺、聚碳酸酯、聚烯烴、聚丙烯酸酯、聚甲基丙烯酸甲酯(PMMA)、一共聚物或其混合物。

現參照圖 12，其係一根據另一實施例之用於製造用於將光轉變為電之裝置(例如，圖 1-8 中之任一者中所示之裝置)之製程之一簡化圖示。如圖 12 中所見，提供一半導體基板組件 1200。基板組件 1200 可以一連續形式提供或提供為複數個個別基板。基板組件 1200 包含一半導體基板 1201，其類似於在上文中所述之半導體基板 100-800，其上形成有一電極層 1203，該電極層可相同於在上文中所述之電極層 104-804 中之任一者。

半導體基板組件1200之一表面1210與其上形成電極層1203之表面相對。圖12之實施例之一特定特徵係：表面1210含有藉由蝕刻、刮擦、標記、微影或其他適宜之方法預先形成的若干經圖案化之通道。該等通道在表面1210上形成圖案1205。該等通道將致使乳液中之奈米粒子在將該乳液施用至表面10且溶劑蒸發之後較佳組裝在該等通道中。

將半導體基板組件1200供應至一乳液塗佈台1206。在乳液塗佈台1206處，將乳液1207施用至半導體基板組件1200之表面1210。

乳液1207較佳係一如上所述之油包水乳液。乳液1207可如上文參照乳液907所述施用於乳液塗佈台1206處。

其上沈積乳液1207之表面1210可如上文所述加以預處理。在施用乳液1207之後，如上文結合圖9所述執行溶劑蒸發(在1212處)、燒結(在1214處)及可能的後燒結處理步驟(在1216處)。電極層1220之薄片電阻係如上文結合圖9之電極層920所述加以表徵，且該電阻可藉由例如電鍍等技術而減小。可如上文結合圖9所述添加若干額外裝置層及特徵。

圖12之實施例之另一特定特徵係：在自乳液1207蒸發溶劑時，剩餘塗層中之奈米粒子將較佳地填充或至少部分地填充圖案1205之通道。

現參照圖13，其係一根據另一實施例之用於製造用於將光轉變為電之裝置(例如，圖1-8中之任一者中所示之裝置)

之製程之一簡化圖示。如圖 13 中所見，提供一基板組件或複數個基板組件 1302。

基板組件 1302 可具有撓性或剛性，例如玻璃、紙張、陶瓷及織物。此基板可包含一聚合物，例如一聚酯、聚醯胺、聚醯亞胺、聚碳酸酯、聚烯烴、聚丙烯酸酯、聚甲基丙烯酸甲酯 (PMMA)、一共聚物或其混合物。基板 1302 可具有一扁平表面或一彎曲表面，且該表面可係平滑或粗糙。基板 1302 可透光。

將基板組件 1302 供應至一乳液塗佈台 1306。在乳液塗佈台 1306 處，將一乳液 1307 供應至基板組件 1302 之一表面 1310。

乳液 1307 較佳係一如上所述之油包水乳液。乳液 1307 可如上文參照乳液 907 所述施用於乳液塗佈台 1206 處。

其上沈積乳液 1307 之表面 1310 可如上文所述加以預處理。在施用乳液 1307 之後，如上文結合圖 9 所述執行溶劑蒸發 (在 1312 處)、燒結 (在 1314 處) 及可能的後燒結處理步驟 (在 1316 處)。電極層 1320 之薄片電阻係如上文結合圖 9 之電極層 920 所述加以表徵，且該電阻可藉由例如電鍍等技術而減小。可如上文結合圖 9 所述添加若干額外裝置層及特徵。

將電極層 1320、一半導體基板組件 1330 或複數個半導體基板組件 1330 之形成的下游供應至一製作台 1332。基板組件 1330 包含一半導體基板 1331，其類似於在上文中所述之半導體基板 100-800，且其上形成有一電極層 1333，該電

極層可相同於在上文中所述之電極層 104-804 中之任一者。

在製作台 1332 處，基板組件 1330 置於電極層 1320 上以使得半導體基板 1331 與電極層 1320 電接觸。該等經組合之部分形成光伏打裝置 1336。

圖 13 之實施例之一特定特徵係：乳液 1307 塗佈或以其他方式沈積至一基板上以形成電極 1320 且該具有電極 1320 之經塗佈之基板接著併入一光伏打裝置之一在一獨立製作步驟中預先製作之部分。

現參照圖 14，其係一根據另一實施例之用於製造用於將光轉變為電之裝置(例如，圖 1-8 中之任一者中所示之裝置)之製程之一簡化圖示。如圖 14 中所見，提供一基板組件或複數個基板組件 1402。

基板組件 1402 可具有撓性或剛性，例如玻璃、紙張、陶瓷及織物。此基板可包含一聚合物，例如，一聚酯、聚醯胺、聚醯亞胺、聚碳酸酯、聚烯烴、聚丙烯酸酯、聚甲基丙烯酸甲酯 (PMMA)、一共聚物或其混合物。基板 1402 可具有一扁平表面或一彎曲表面，且該表面可係平滑或粗糙。

將基板組件 1402 供應至一乳液塗佈台 1406。在乳液塗佈台 1406 處，將一乳液 1407 施用至基板組件 1402 之一表面 1410。

乳液 1407 較佳係一如上所述之油包水乳液。乳液 1407 可如上文參照乳液 907 所述施用於乳液塗佈台 1206 處。

其上沈積乳液 1407 之表面 1410 可如上文所述加以預處理。在施用乳液 1407 之後，如上文結合圖 9 所述執行溶劑蒸發(在 1412 處)、燒結(在 1414 處)及可能的後燒結處理步驟(在 1416 處)。電極層 1420 之薄片電阻係如上文結合圖 9 之電極層 920 所述加以表徵，且該電阻可藉由例如電鍍等技術而減小。可如上文結合圖 9 所述添加若干額外裝置層及特徵。

在一電極移除台 1422 處，電極層 1420 與基板組件 1402 分開，從而形成一分開之電極層 1426。電極層 1420 與基板組件 1402 之分開可藉由實體方法(例如，刮擦、剝落、刀分開或漂浮)或藉助化學方法(例如，溶解或加熱脫模劑)來達成。亦可使用存在一脫模劑或釋放層或缺少一黏著劑來允許移除電極層 1420。

該製程亦可包含一如參考編號 1428 處所指示之變形步驟，其中電極層 1426 經拉長或變形以改變該導電跡線圖案內若干透光區域之形狀。舉例而言，拉長可定向並增加如由圖案 1440 所圖解說明之圖案中之單元之縱橫比。

具有圖案 1420 或 1440 之分開之電極層 1426 可轉移至一半導體基板組件 1430。基板組件 1430 包含一半導體基板 1431，其類似於在上文中所述之半導體基板 100-800，且其上形成有一電極層 1433，該電極層可相同於在上文中所述之電極層 104-804 中之任一者。可如結合圖 9 所述執行若干額外處理步驟。

現參照圖 15，其係一根據本發明之透明導電塗層之一光

學顯微照片。該基板係由一標準n摻雜型(P)4-英吋Si晶圓組成。在施用乳液之前，該基板在一3:1硫磺酸：過氧化氫溶液(標準piranha溶液)中處理至少兩分鐘。硫磺酸濃度為97%，而過氧化氫濃度為3%。該piranha處理服務於如下目的：清潔表面並增加表面處羥基的密度，從而使得該表面更親水。對於此樣本而言，使用以下乳液調配物：

1.3 g的銀奈米粉末

44 mg的氧化銻奈米粉末

125 mg的Span 60

122 mg的BYK410

1.72 g環己酮

18 g甲苯

10 g的0.02% BYK 348於DI水中。

該塗層係使用一借助於兩個由塞璐玢捲帶形成的間隔物與表面保持一50 um之距離之邁爾棒 #4來施用。該所施用之塗層之總濕厚度為60 um左右。在烘乾之後，在800℃下烘烤該樣本。此樣本之薄片電阻為~1 ohm/平方，透明度為81%。該透明度係使用影像處理軟體ImageJ根據光學顯微照片計算而成，且其係指表面不被TCC跡線遮蔽之小部分。

熟悉此項技術者應瞭解，其他要求透射電磁光譜之可見、NIR、IR及/或UV區之裝置(包含，例如光電二極體、光電導體、光感測器、包含有機發光二極體在內之發光二極體(LED)及鐳射器以及包含無機電晶體、有機電晶體或

混合電晶體在內之專門電晶體)可製作有在本發明中所使用之經圖案化之透明電極。可利用本發明之其他應用包含(但不限於)以下類別：印刷電子學、顯示器底板及觸摸螢幕及大或小區域撓性應用。撓性應用進一步包含大區域陣列、紡織品或活性衣服、撓性顯示器及e-紙張(電子書、期刊、報紙)。應用進一步包含用於保健、安全或保安用途之監控或偵測裝置，其包含低成本或可安置感測器或光學裝置，以及呈例如用以將標籤、指示符或RFID元件併入至該封裝中之智慧封裝。本發明可用於用以室外環境及室外設備之裝置中，例如在軍事、露營或遠端或臨時設施中或用於海或空應用。該等裝置可用於各種軍事構造中，例如火箭、飛機或軍需品。另外，該技術可用於建築應用(例如，智慧窗口或窗格)中或用於充當一半導體裝置之部分之專業塗料及塗層中。

【圖式簡單說明】

結合圖式自上文實施方式將更全面理解及瞭解本發明，其中：

圖1係一根據本發明之一個實施例之用於將光轉變為電之裝置之一簡化圖解說明；

圖2係一根據本發明之另一實施例之用於將光轉變為電之裝置之一簡化圖解說明，其中經圖案化之電極之單元由一填料材料填充；

圖3係一根據本發明之另一實施例之用於將光轉變為電之裝置之一簡化圖解說明，其中單元中之填料材料在經圖

案化之電極之跡線上方延伸；

圖4係一根據本發明之另一實施例之用於將光轉變為電之裝置之一簡化圖解說明，其中經圖案化之電極之單元由一填料材料填充且一額外層提供於填料及跡線上方；

圖5係一根據本發明之另一實施例之用於將光轉變為電之裝置之一簡化圖解說明，其中一額外層提供於半導體基板與經圖案化之電極之間；

圖6係一根據本發明之另一實施例之用於將光轉變為電之裝置之一簡化圖解說明，其類似於圖2之實施例但在半導體基板與經圖案化之電極之間具有一額外層；

圖7係一根據本發明之另一實施例之用於將光轉變為電之裝置之一簡化圖解說明，其中存在一額外半導體層及經圖案化之電極；

圖8係一根據本發明之另一實施例之用於將光轉變為電之裝置之一簡化圖解說明，其類似於圖7之實施例，其中經圖案化之電極之單元由一填料材料填充；

圖9係一根據本發明之用於製造用於將光轉變為電之裝置之製程之一簡化圖示；

圖10係一根據另一實施例之用於製造用於將光轉變為電之裝置之製程之一簡化圖示，其中經圖案化之電極提供於該裝置之相對側上；

圖11係一根據另一實施例之用於製造用於將光轉變為電之裝置之製程之一簡化圖示，其中經圖案化之電極以一連續方式形成至一半導體組件基板輓輪上；

圖 12 係一根據另一實施例之用於製造用於將光轉變為電之裝置之製程之一簡化圖示，其中半導體基板組件輓輪具有一經預先圖案化之表面；

圖 13 係一根據另一實施例之用於製造用於將光轉變為電之裝置之製程之一簡化圖示，其中經圖案化之電極形成於一基板上並隨後與一預先製作之半導體組件組合以形成光伏打裝置；

圖 14 係一根據另一實施例之用於製造用於將光轉變為電之裝置之製程之一簡化圖示；其中形成於一基板上之經圖案化之電極隨後自該基板移除並轉移至一半導體組件；及

圖 15 係一矽基板上之一氮化矽層上之一透明導電塗層之一光學顯微照片。

【主要元件符號說明】

100	半導體基板
102	下側表面
104	電極
106	表面
108	電極層
110	圖案
112	導電跡線
114	單元
200	半導體基板
202	下側表面
204	電極

206	表 面
208	電 極 層
210	圖 案
212	導 電 跡 線
214	單 元
215	透 光 填 料
216	平 滑 總 體 表 面
300	半 導 體 基 板
302	下 側 表 面
304	電 極
306	表 面
308	電 極 層
310	圖 案
312	導 電 跡 線
314	單 元
315	填 料
316	平 滑 總 體 表 面
400	半 導 體 基 板
402	下 側 表 面
404	電 極
406	表 面
408	電 極 層
410	圖 案
412	導 電 跡 線

414	單 元
415	填 料
416	平 滑 總 體 表 面
417	層
500	半 導 體 基 板
502	下 側 表 面
504	電 極
506	表 面
507	額 外 材 料 層
508	電 極 層
510	圖 案
512	導 電 跡 線
514	單 元
600	半 導 體 基 板
602	下 側 表 面
604	電 極
606	表 面
607	額 外 層
608	電 極 層
610	圖 案
612	導 電 跡 線
614	單 元
615	填 料
700	半 導 體 基 板

702	下側表面
704	電極
706	表面
708	電極層
712	導電跡線
714	單元
720	額外半導體層
728	額外電極層
730	圖案
732	導電跡線
734	單元
800	半導體基板
802	下側表面
804	電極
806	表面
808	電極層
812	導電跡線
814	單元
815	透光填料
816	表面
820	額外半導體層
828	額外電極層
830	圖案
832	導電跡線

834	單 元
835	透 光 填 料
900	半 導 體 基 板 組 件
901	半 導 體 基 板
903	電 極 層
906	乳 液 塗 佈 台
907	乳 液
910	表 面
920	經 處 理 之 電 極 層
1000	半 導 體 基 板 組 件
1001	半 導 體 基 板
1006	乳 液 塗 佈 台
1007	乳 液
1010	表 面
1020	電 極 層
1026	乳 液 塗 佈 台
1027	乳 液
1030	表 面
1040	電 極 層
1100	連 續 半 導 體 基 板 組 件
1101	半 導 體 基 板
1103	電 極 層
1106	乳 液 塗 佈 台
1107	乳 液

1120	電 極 層
1200	半 導 體 基 板 組 件
1201	半 導 體 基 板
1203	電 極 層
1205	圖 案
1206	乳 液 塗 佈 台
1207	乳 液
1210	表 面
1220	電 極 層
1302	基 板 組 件
1306	乳 液 塗 佈 台
1307	乳 液
1310	表 面
1320	電 極 層
1330	半 導 體 基 板 組 件
1331	半 導 體 基 板
1332	製 作 台
1333	電 極 層
1336	光 伏 打 裝 置
1402	基 板 組 件
1406	乳 液 塗 佈 台
1407	乳 液
1410	表 面
1420	電 極 層

1422	電極移除台
1426	分開之電極層
1430	半導體基板組件
1431	半導體基板
1433	電極層
1440	圖案

十、申請專利範圍：

1. 一種用於將光轉變為電之裝置，其包括：
 - 一基板，其具有一半導體表面；
 - 一第一電極層，其安置於該基板之該半導體表面之上並與之電接觸，該第一電極層包括一由界定隨機成形之單元的至少部分結合之奈米粒子形成的導電跡線圖案，該等隨機成形之單元一般無該等部分結合之奈米粒子，且該等單元一般對光透明；及
 - 一第二電極層，其安置於與該基板之其上安置有該第一電極層並與該半導體電接觸之側相對之側上。
2. 如請求項1之裝置，其在至少該等單元內進一步包括透明填料材料。
3. 如請求項1之裝置，其進一步包括一安置於該基板與該第一電極層之間的中間層。
4. 如請求項3之裝置，其中該中間層係一導電聚合物。
5. 如請求項4之裝置，其中該導電聚合物係PEDOT:PSS。
6. 如請求項3之裝置，其中該中間層進一步包括一增強該第一電極對該半導體表面之黏著性之材料。
7. 如請求項6之裝置，其中該用於增強黏著性之材料包括玻璃粉、玻璃珠或矽石。
8. 如請求項6之裝置，其中該中間層進一步包括一用於增強該第一電極對該半導體表面之電接觸之材料。
9. 如請求項1之裝置，其中該導電跡線圖案之電阻小於30 ohm/sq。

10. 如請求項1之裝置，其中該半導體基板之平均單元直徑與厚度之比率約為1:2。
11. 如請求項1之裝置，其中該半導體的不接收入射光之表面之百分比小於百分之15。
12. 如請求項1之裝置，其中摻雜劑包含於該等隨機成形之單元內。
13. 如請求項1之裝置，其中該等跡線具有一為1:5或更高的高度對寬度縱橫比。
14. 如請求項1之裝置，其中該等跡線一般具有窄於50 um之線寬度。
15. 如請求項1之裝置，其中該等單元一般具有小於500 um之直徑。
16. 如請求項1之裝置，其進一步包括：一第二半導體基板，該第二半導體基板安置於與安置於該第一半導體基板上之側相對之側上之該第一電極層上方；及一第三電極，其安置於與安置於該第一電極層上方之側相對之側上之該第二半導體基板上，該第一及該第三電極包括一由界定隨機成形之單元的至少部分結合之奈米粒子形成的導電跡線圖案，該等隨機成形之單元一般無該等部分結合之奈米粒子，且該等單元一般對光透明；且該第一、第二及第三電極層具有彼此不同的功能。
17. 如請求項1之裝置，其中該第二電極亦包括一由界定隨機成形之單元的至少部分結合之奈米粒子形成的導電跡線圖案，該等單元一般對光透明；且該第一及第二電極

102年7月9日修正替換頁

層可具有彼此不同的功能。

18. 一種用於將光轉變為電之裝置，其包括：

一基板，其具有第一及第二表面；

一第一電極層，其安置於該基板之該第一表面上方並與之電接觸，該第一電極層包括一由界定隨機成形之單元的至少部分結合之奈米粒子形成的導電跡線圖案，該等隨機成形之單元一般無該等部分結合之奈米粒子，且該等單元一般對光透明；

一半導體層，其至少安置於該等單元中；及

一第二電極層，其安置於該第二表面上方並與之電接觸。

19. 一種用於製作用於將光轉變為電之裝置之方法，其包括：

提供一具有一半導體表面之基板；

以如下方式將一第一電極層安置於該基板之該半導體表面上方：提供一由界定隨機成形之單元的至少部分結合之奈米粒子形成的導電跡線圖案，該等隨機成形之單元一般無該等部分結合之奈米粒子，且該等單元一般對光透明；及

提供一第二電極層，其安置於與該基板之其上安置有該第一電極層並與該半導體電接觸之表面相對之表面上方。

20. 如請求項19之方法，其中該第一電極係藉由如下步驟形成：將一含有導電奈米粒子之乳液塗佈於該半導體基板

上方；烘乾該乳液以形成一跡線圖案，該等跡線界定一般無奈米粒子並對光透明的隨機成形之單元；及燒結該圖案以至少部分地結合該等奈米粒子並使得該圖案導電。

21. 如請求項20之方法，其中在一捲式製程中以一連續製程將該乳液塗佈至該半導體基板上。
22. 一種在一基板上製作一透明導電塗層之方法，其包括如下步驟：
 - a)提供一其上形成有一圖案之基板；
 - b)以一含有導電奈米粒子之乳液塗佈該基板；及
 - c)烘乾該乳液，從而致使該等奈米粒子較佳地組裝在該基板之經圖案化之區域中。
23. 如請求項22之方法，其中該圖案包括以一預定幾何形狀形成於該基板中之若干通道。

十一、圖式：

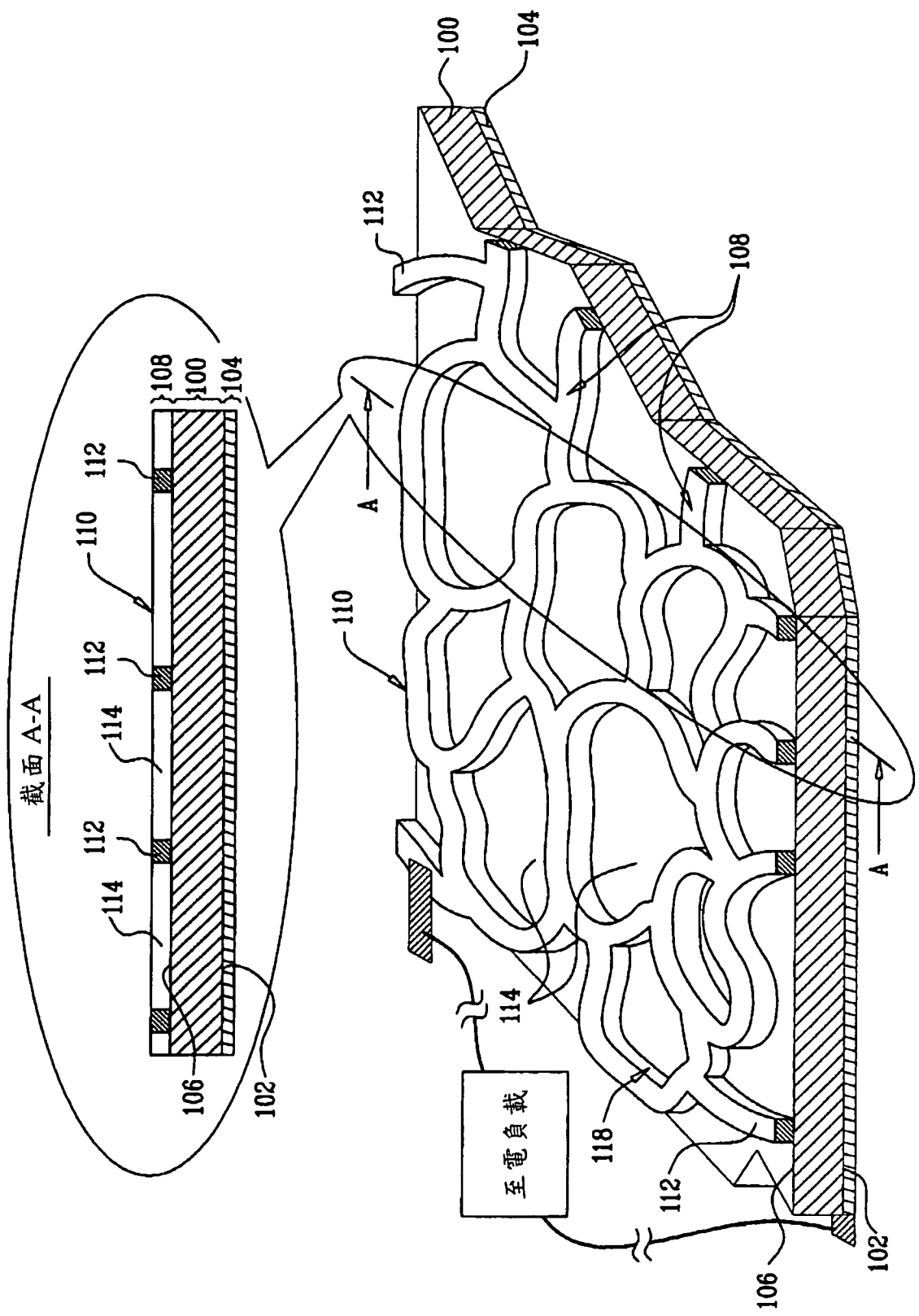


圖 1

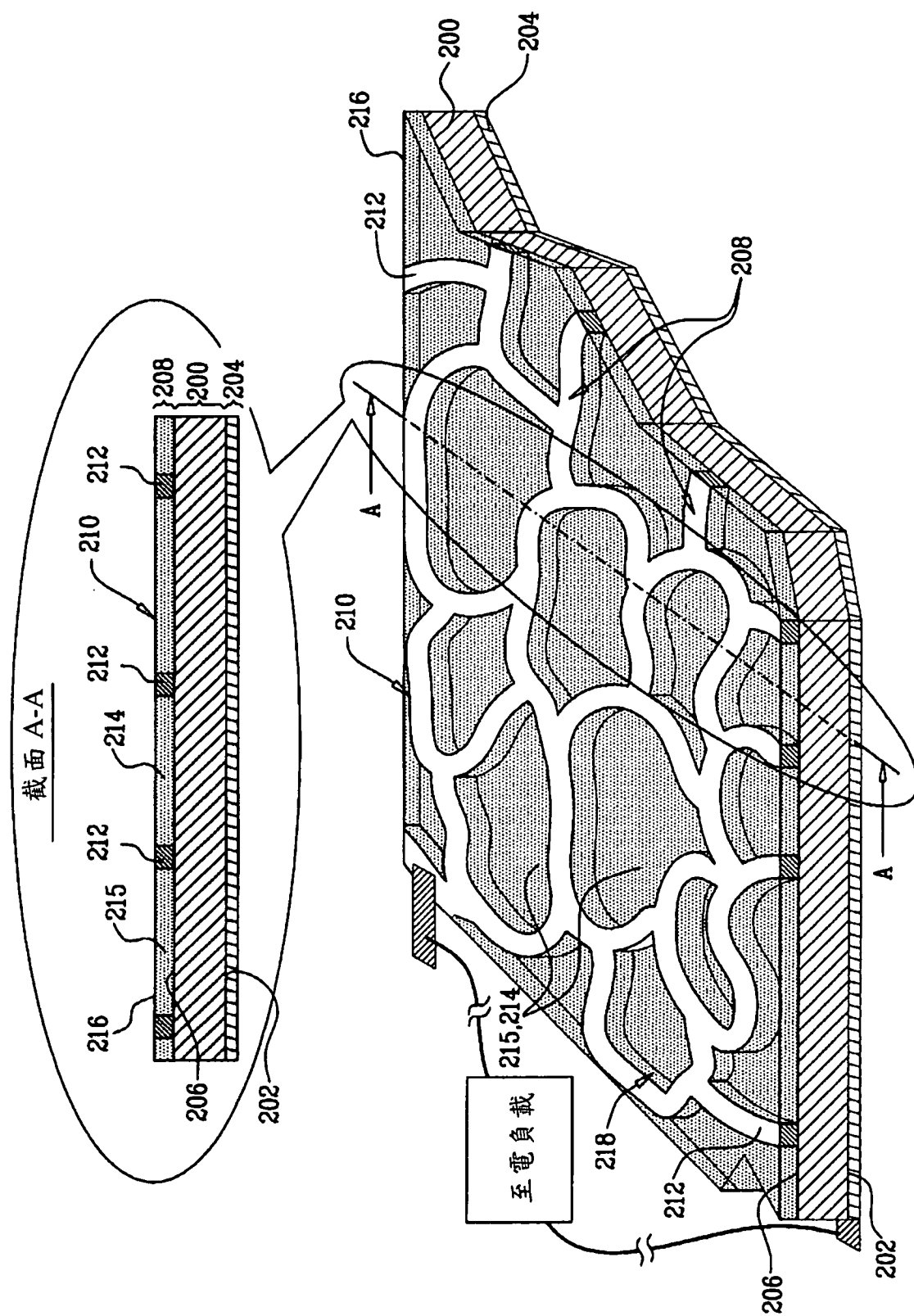


圖 2

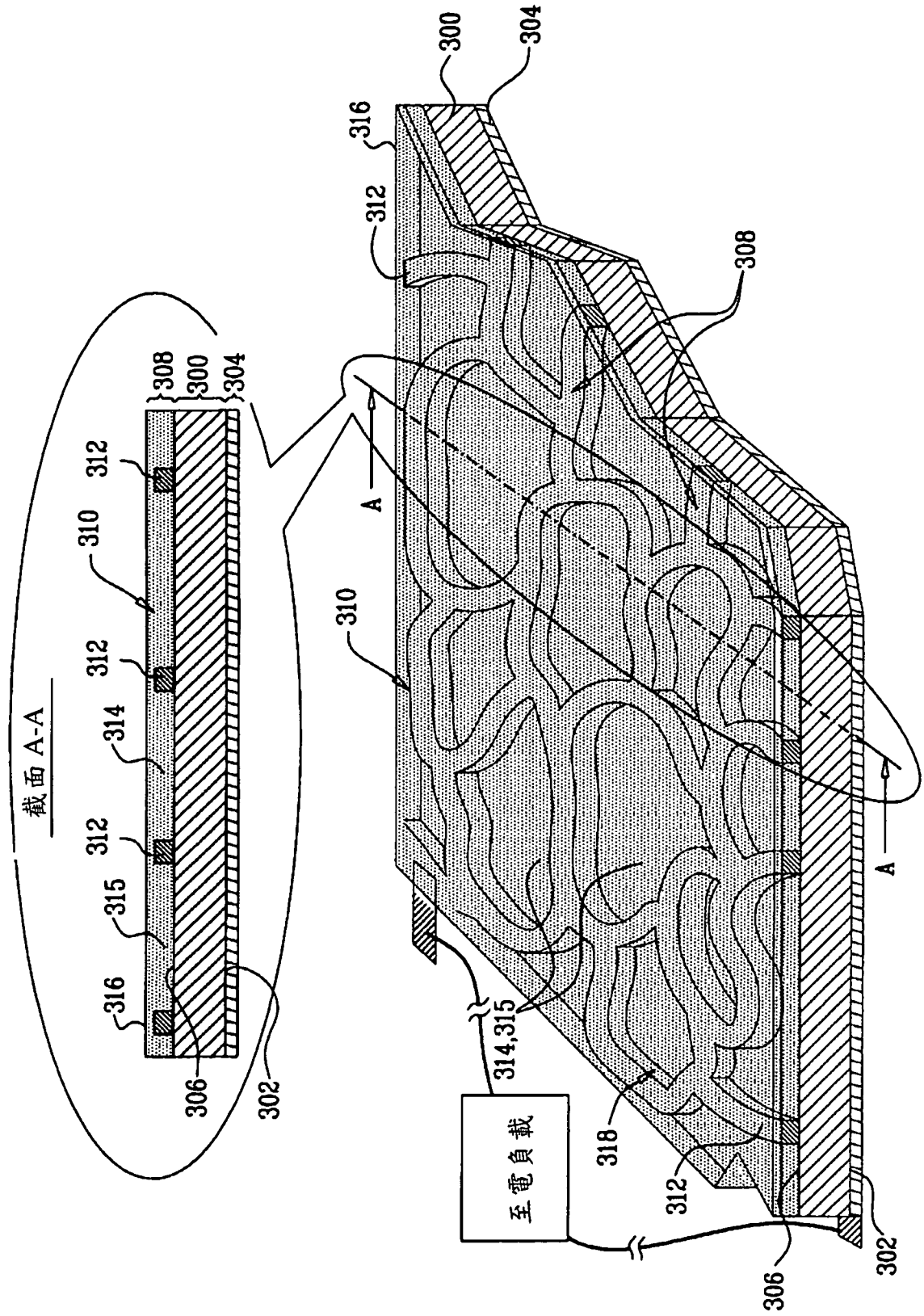
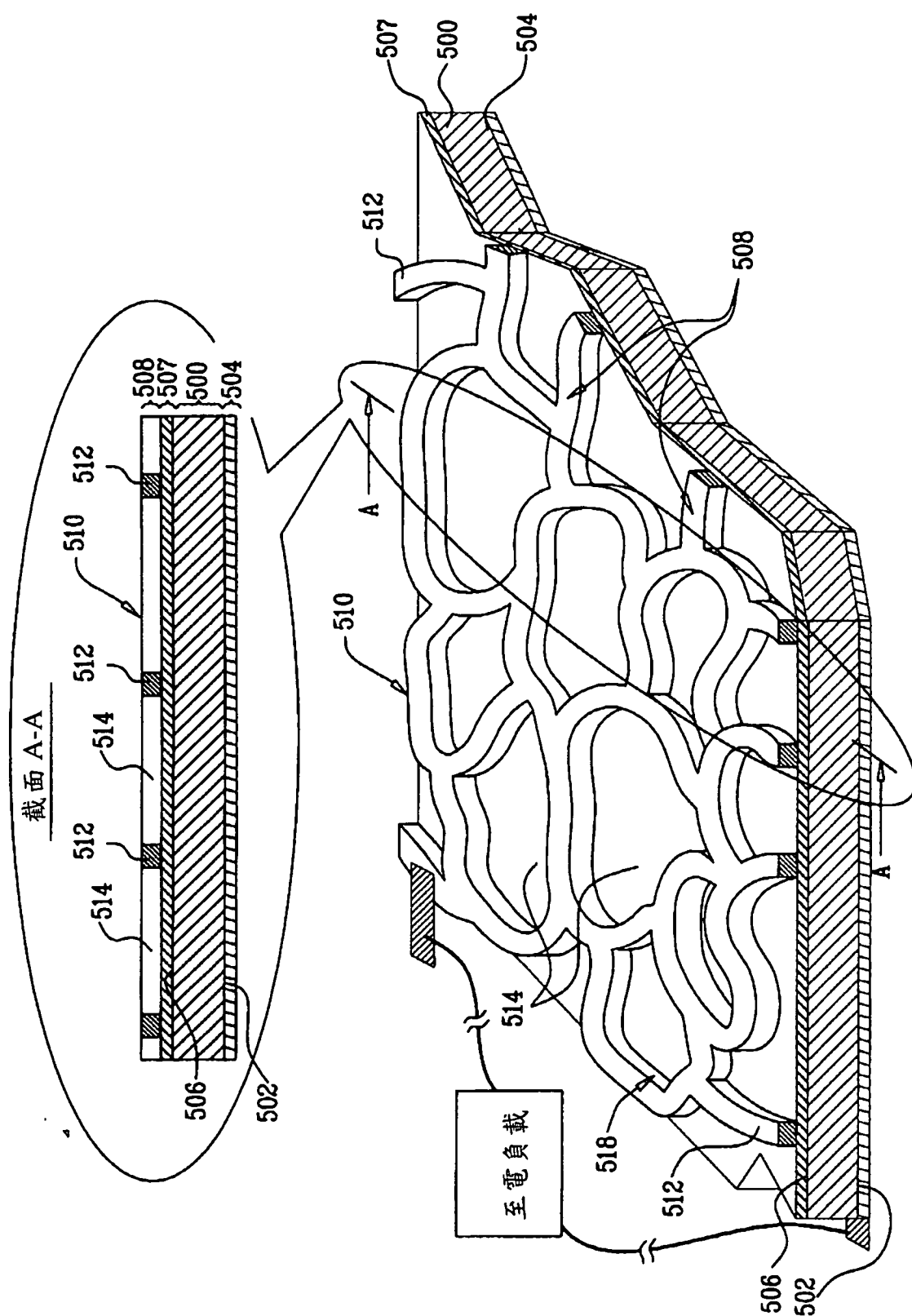


圖 3

4
回

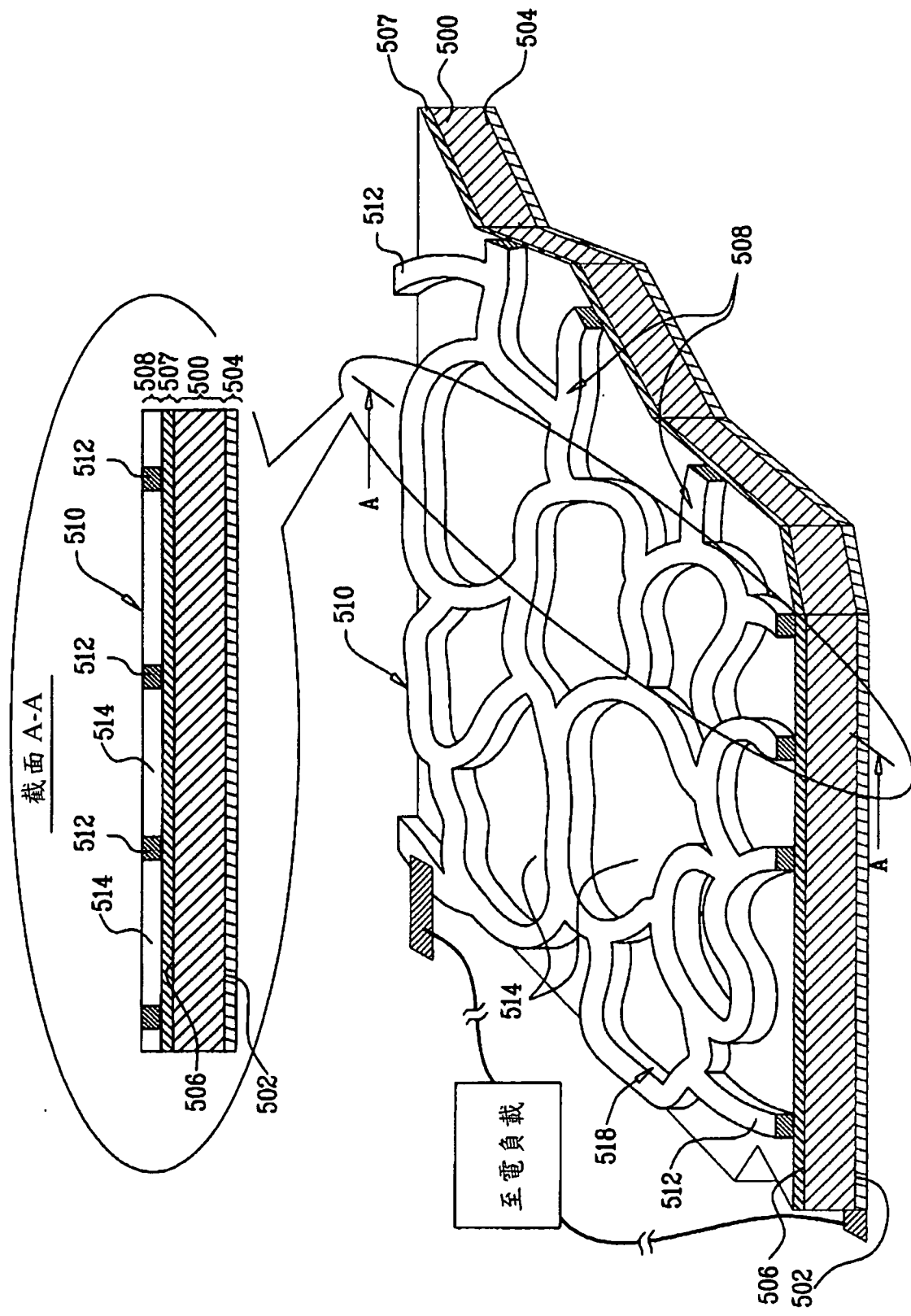


圖 5

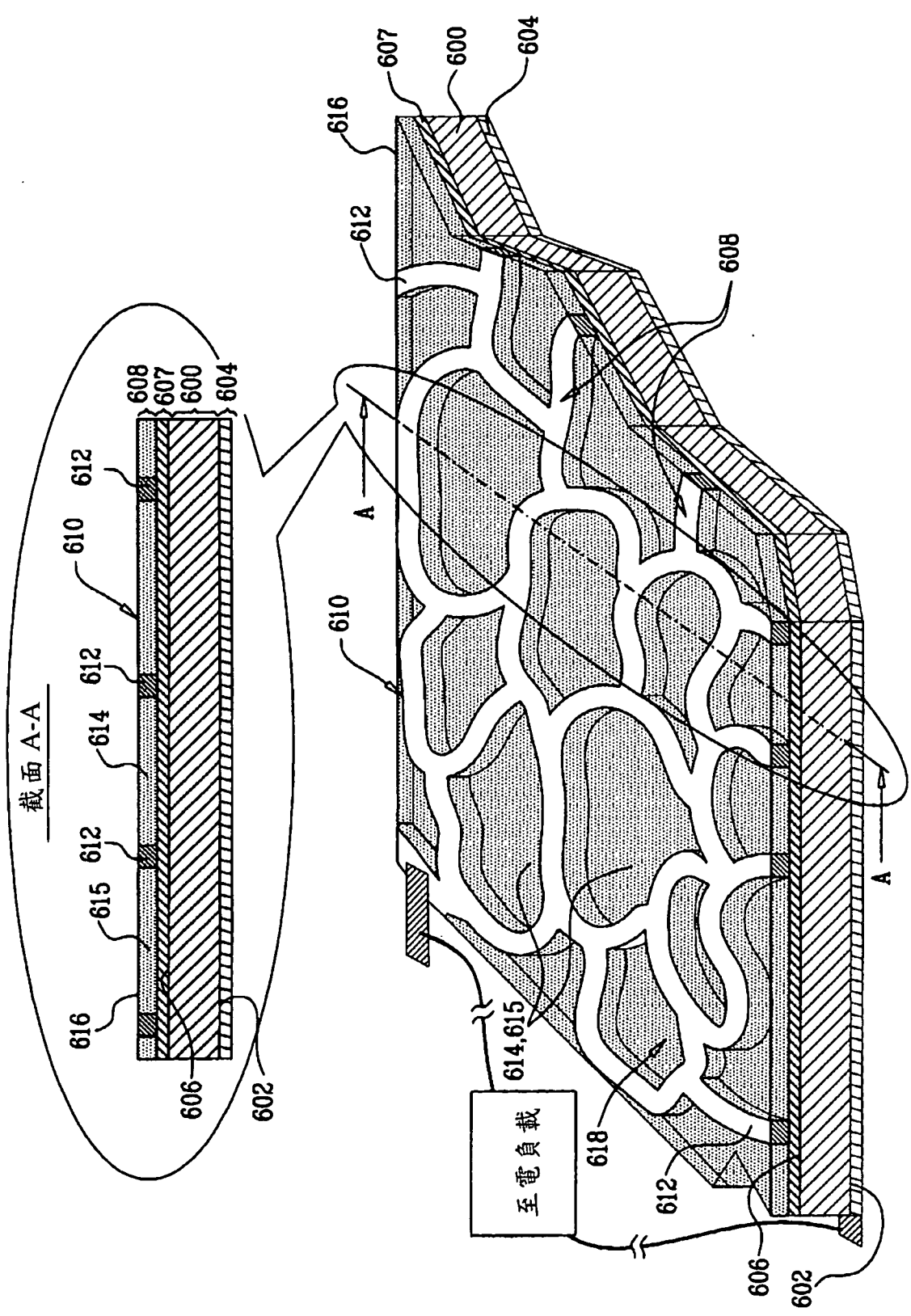


圖 6

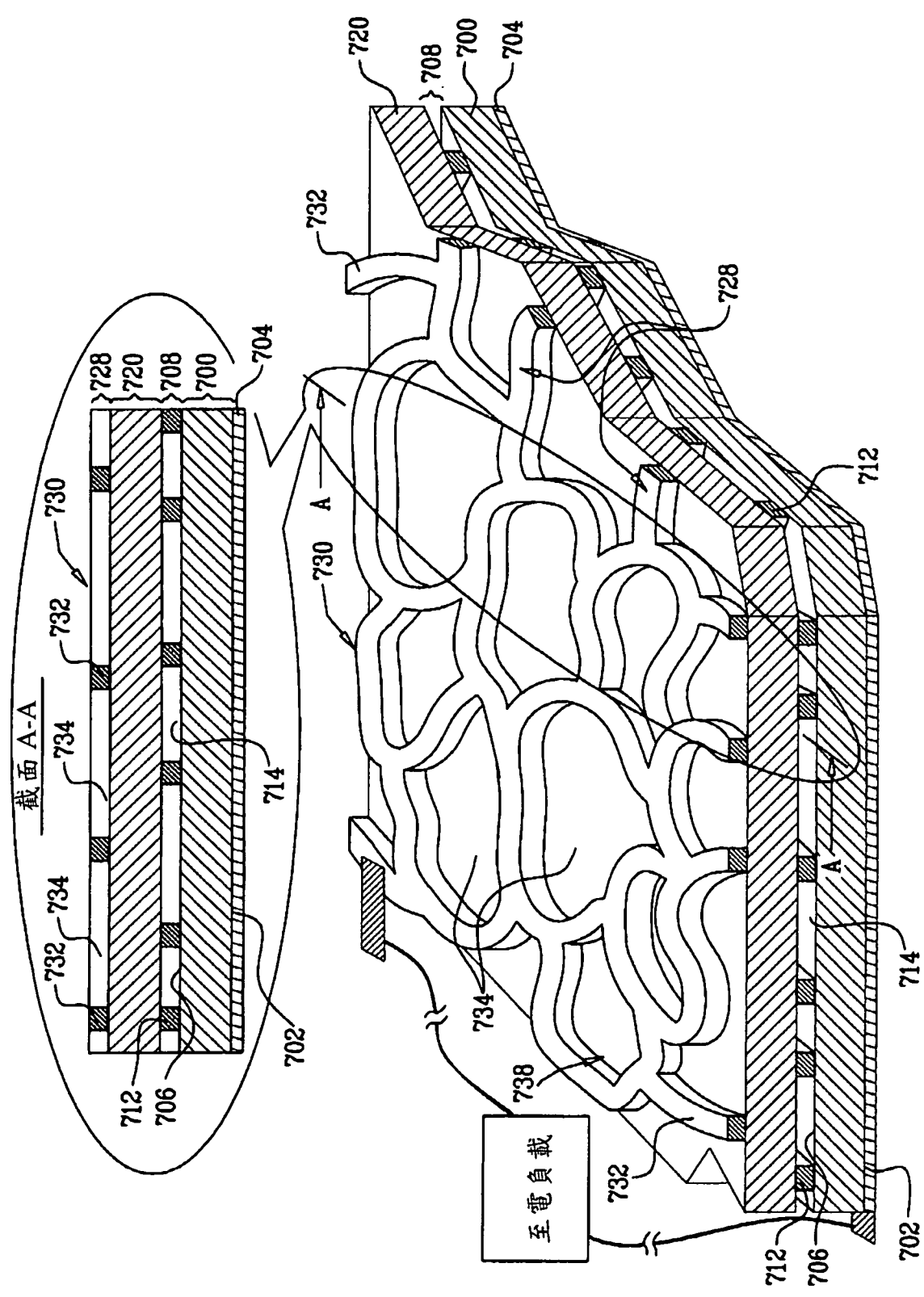


圖 7

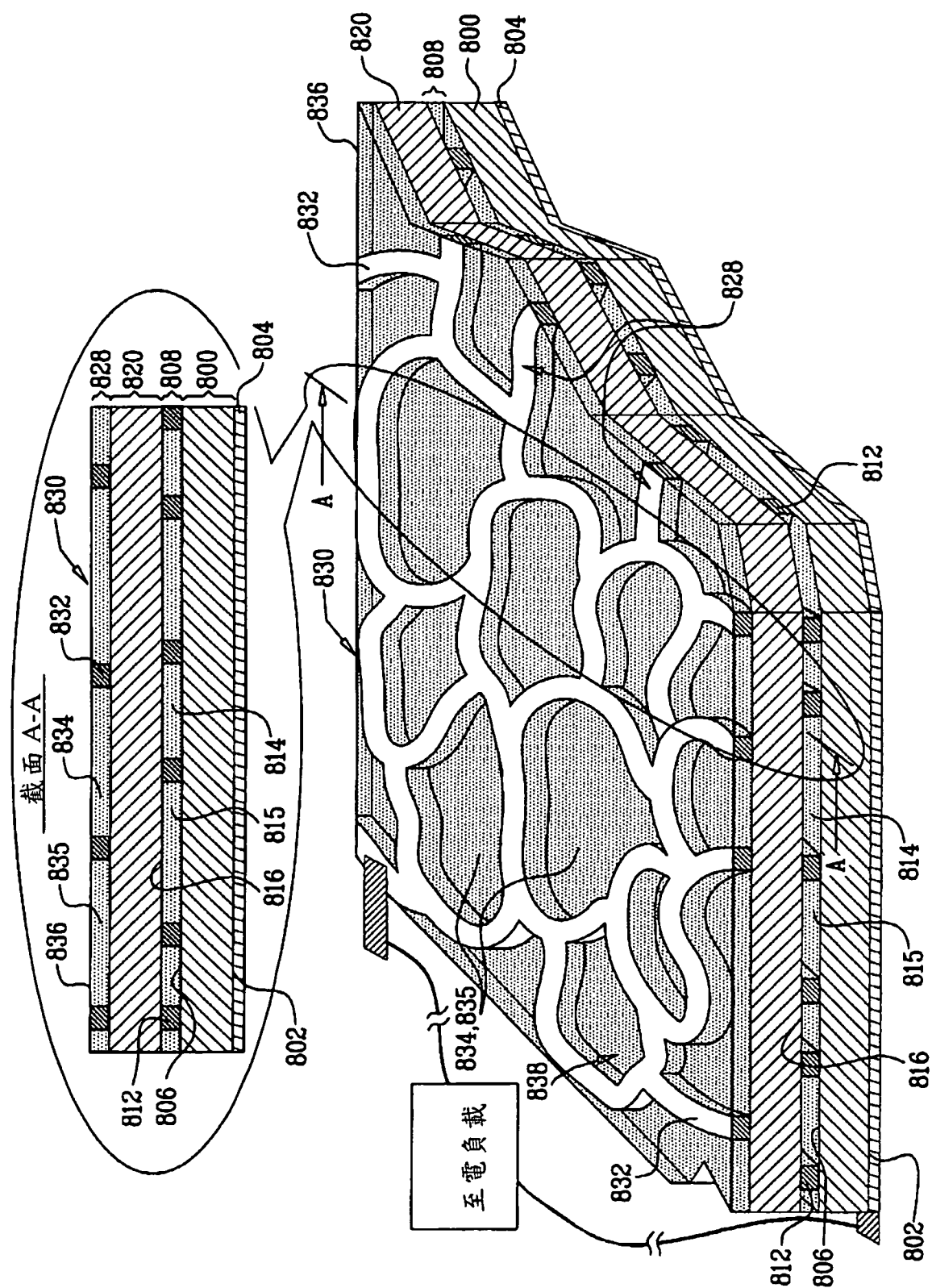


圖 8

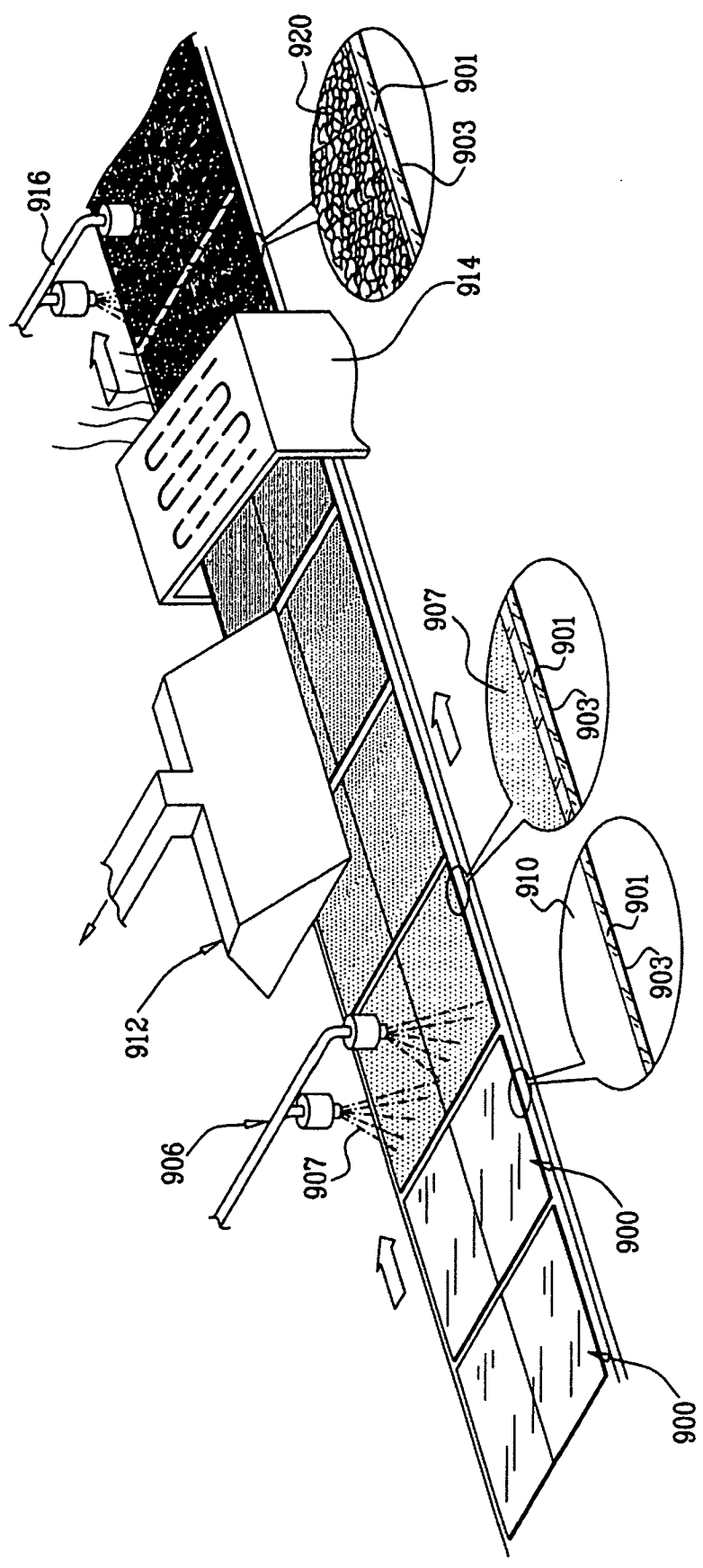


圖 9

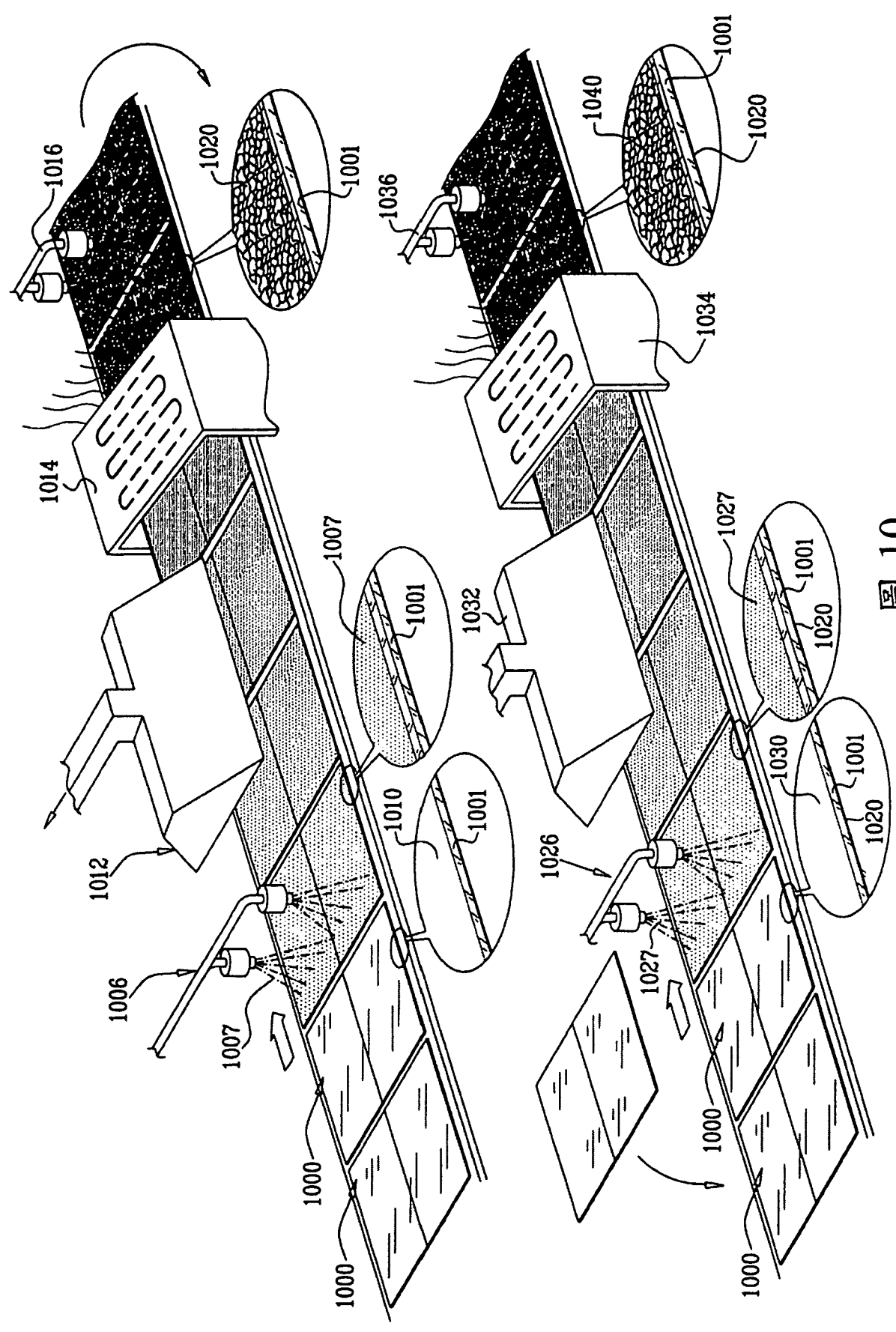


圖 10

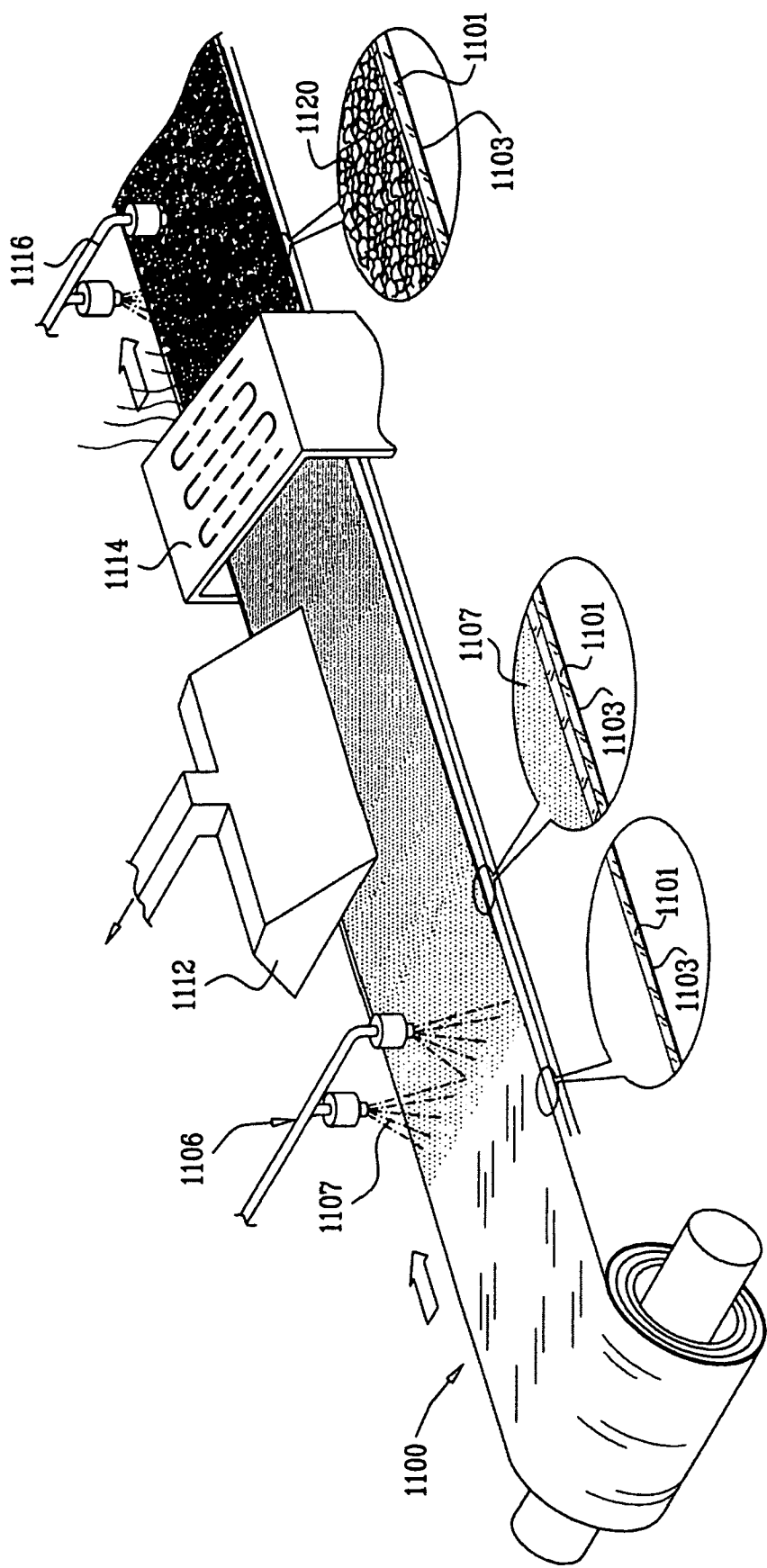


圖 11

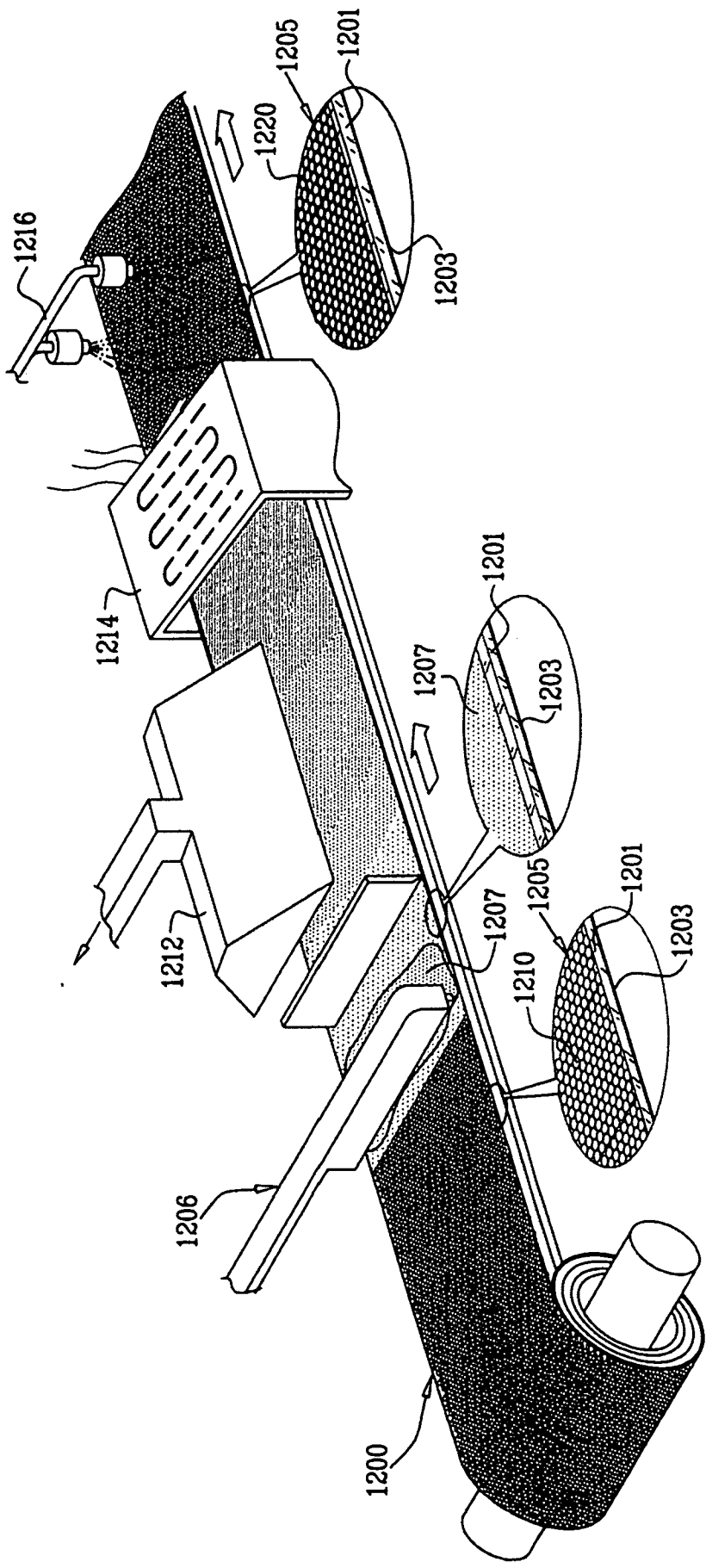


圖 12

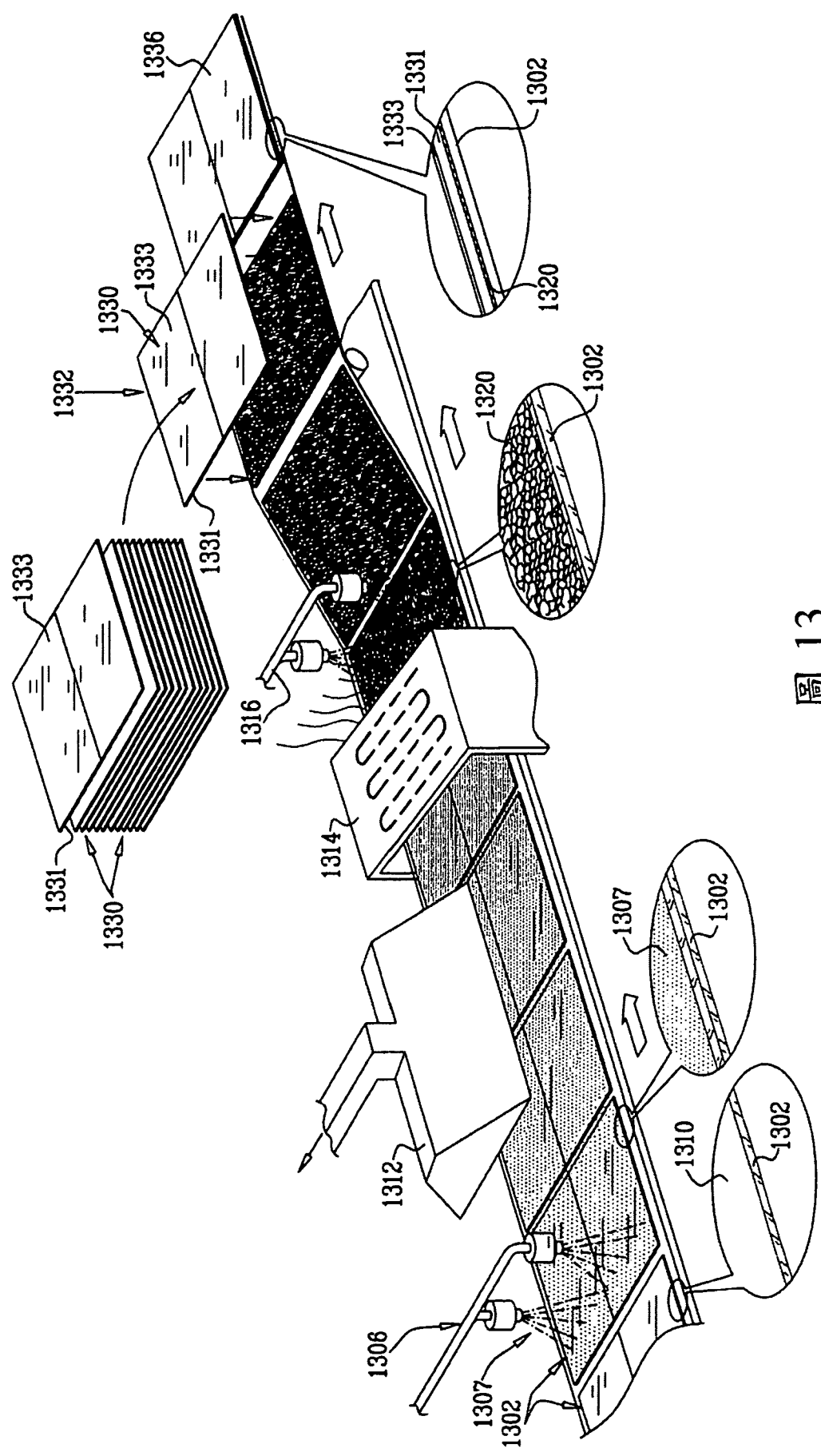


圖 13

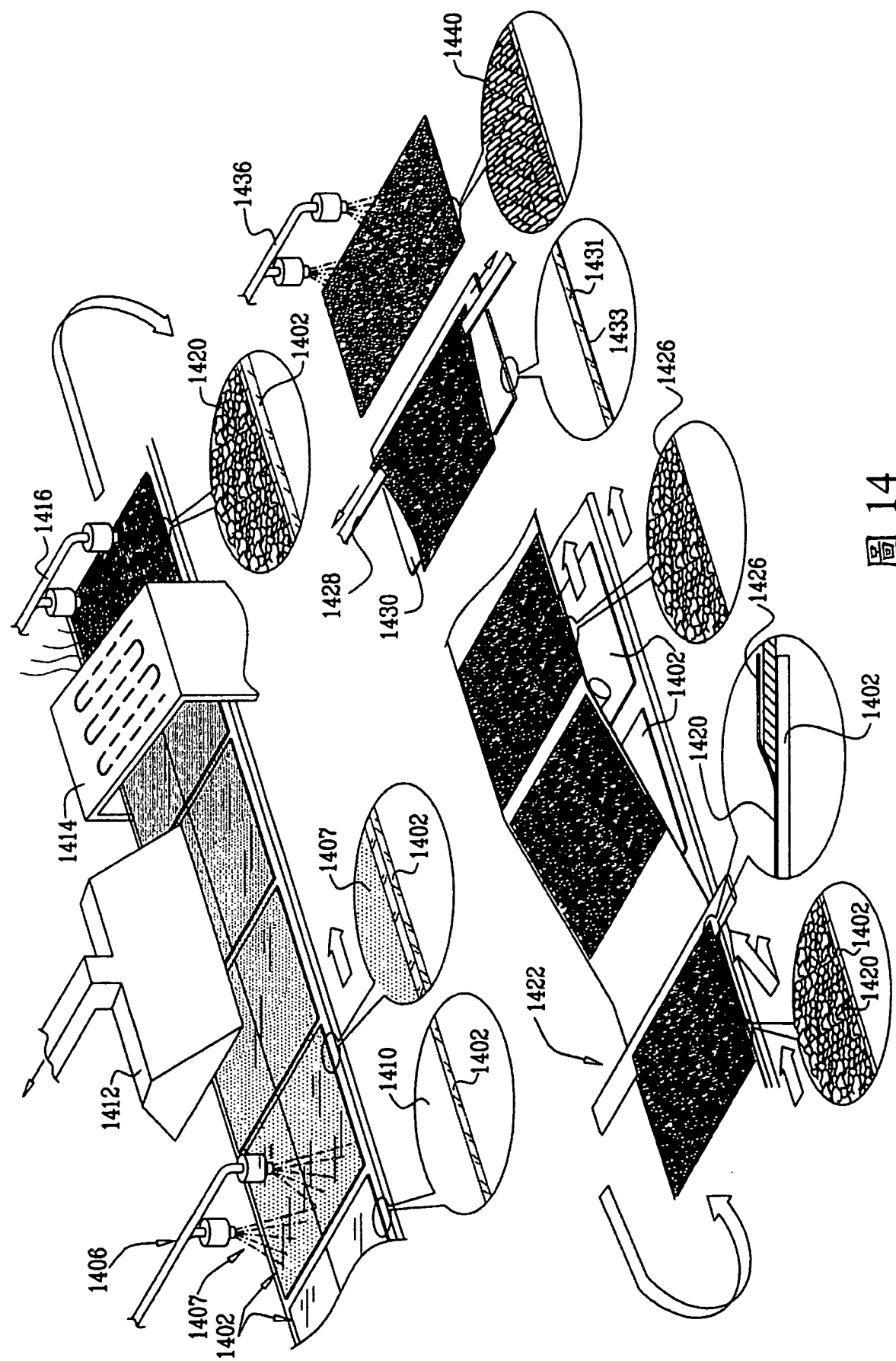


圖 14

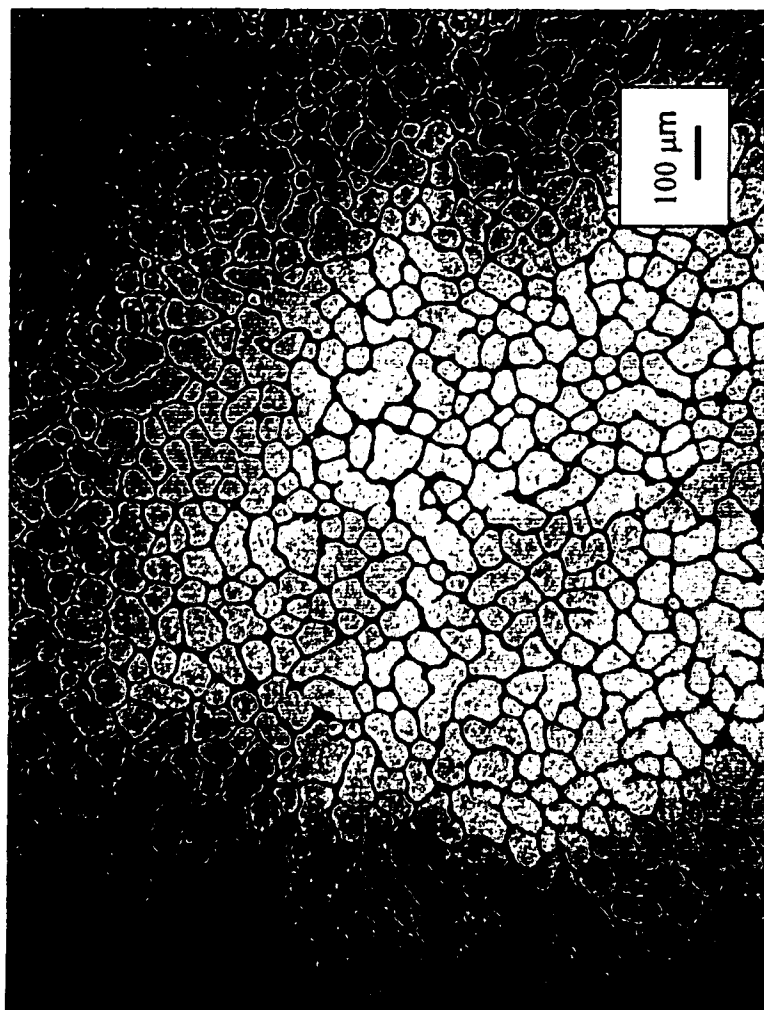


圖 15