

發明專利說明書

(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： 95/24658

※ 申請日期： 95.7.6

※IPC 分類：

H01L 21/20, 33/00

一、發明名稱：(中文/英文)

低表面缺陷密度之磊晶基板的製造方法及其製品/ Method of making a low-defect-density epitaxial substrate and the product made therefrom

二、申請人：(共 1 人)

姓名或名稱：(中文/英文)

國立中興大學/ National Chung Hsing University

代表人：(中文/英文)

蕭介夫/ SHAW, JEI-FU

住居所或營業所地址：(中文/英文)

(402) 台中市南區國光路 250 號/250, Kuo Kuang Rd., Taichung 402, Taiwan

國 籍：(中文/英文)

中華民國/R.O.C.

三、發明人：(共 4 人)

姓 名：(中文/英文)

1. 武東星/ WUU, DONG-SING

2. 洪瑞華/ HORNG, RAY-HUA

3. 王偉凱/ WANG, WOEI-KAI

4. 文國昇/ WEN, KUO-SHENG

國 籍：(中文/英文)

1. 中華民國/R.O.C.

2. 中華民國/R.O.C.

3. 中華民國/R.O.C.

4. 中華民國/R.O.C.

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：

☐ 無主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

☐ 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。

4. 中華民國/R.O.C.

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：

☐ 無主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

☐ 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。

九、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明是有關於一種半導體基板，特別是指一種低表面缺陷密度之磊晶基板的製造方法。

【先前技術】

目前氮化鎵系發光二極體所產生的發光效率（light extraction efficiency）問題，主因通常在於用來磊晶成長氮化鎵系材料之碳化矽或藍寶石基板，其晶格常數與氮化鎵系材料的晶格常數不相匹配，或是氮化鎵系材料在此等基板上磊晶成長機制的問題，造成以氮化鎵系材料自基板依序磊晶成長披覆層（cladding layer）、作動層（active layer）時，例如差排（dislocation）等晶體缺陷（defects）隨之累積生成在作動層中，而使得內部量子效率將因大量的差排密度而大幅地降低，進而影響到發光二極體的發光效率。

為了克服上述問題，日本特開平 6-196757 發明專利案提出選用一晶格常數介於基板、氮化鎵系材料之間的材料，於基板上先低溫磊晶成長出緩衝層（buffer layer），接著再依序自緩衝層上磊晶成長披覆層、作動層，以減少基板本身的晶體缺陷直接累積生成在作動層中，同時減少因磊晶成長機制本身產生缺陷的機率，進而改善發光二極體的發光效率。

然而此種方式雖然可以減少基板本身的晶體缺陷因磊晶過程直接累積生成在發光二極體的作動層中，並可減少

磊晶成長機制本身產生缺陷的機率，但是效果仍不明顯——一般缺陷密度仍高達在 $10^{11} \sim 10^{12} \text{ cm}^{-2}$ ，並無法有效改善發光二極體的發光效率。

參閱圖，美國專利 US6051849、US6608327B1 則先類似地選用晶格常數與基材、氮化鎵系材料匹配的材料，於基材 11 上先低溫磊晶成長出緩衝層 12，接著自緩衝層 12 向上磊晶成長出一第一磊晶層 13，然後自第一磊晶層 13 表面向上以氧化矽成長一氧化矽層 15，並圖案化該氧化矽層 15 出多數間隔散佈之凹洞 151，接著自圖案化之氧化矽層 15 表面開始橫向磊晶（Epitaxial Lateral Overgrowth）形成一第二磊晶層 14，並視需要再重複進行類似的步驟：於第二磊晶層 14 表面再成長一氧化矽層，並圖案化此氧化矽層後橫向磊晶形成第三磊晶層…，視需要而可成長多數層磊晶層；藉由該氧化矽層 15 上形成的多數凹洞 151 減少磊晶形成開始的面積區域，而降低下方磊晶層缺陷向上延伸的機率，進而提供一低表面缺陷密度的基板，繼而再於此基板繼續磊晶成長披覆層、作動層等後續的發光二極體製備；藉由直接減少基板本身的表面缺陷密度，從而減少來自基板本身的缺陷累積生成在後續欲製備之發光二極體的作動層中的機率，進而改善發光二極體的發光效率。

此等方式雖然可以利用重複增加多數磊晶層而降低最終製品的表面缺陷密度，但是，表面缺陷密度的降低程度卻會隨著磊晶層數的增加而降低，最後會降低到一飽和值，且此同時，磊晶過程中所造成良率的下降也是不符合預

期的，所以，目前並未有人嘗試堆疊超過兩層以上的磊晶層，製作用於製備發光二極體的基板。

因此，如何提供一種表面缺陷密度極低的基板，用以避免來自基板本身的缺陷累積生成在後續磊晶成長之發光二極體中，從而提昇內部量子效率以提高發光二極體的發光效率，仍是目前相關業者所需克服的一大難題。

【發明內容】

因此，本發明之一目的，即在提供一種低表面缺陷密度之磊晶基板的製造方法。

此外，本發明之另一目的，即在提供一種低表面缺陷密度的磊晶基板，用於磊晶製得高發光效率的發光二極體。

於是，本發明一種低表面缺陷密度之磊晶基板的製造方法，是先將一基材表面形成多數間隔散佈之凹洞。

然後於該基材表面開始橫向磊晶形成一填覆入該多數凹洞中並封閉該多數凹洞的第一磊晶層。

繼而於該第一磊晶層表面形成一呈現預定圖像以遮覆該第一磊晶層表面預定區域的阻擋層。

最後自該第一磊晶層表面未被該阻擋層遮覆之區域橫向磊晶形成一包覆該阻擋層且表面缺陷密度不大於 10^5 cm^{-2} 的第二磊晶層，即製得該磊晶基板。

而，本發明一種低表面缺陷密度的磊晶基板，包含一基材、一第一磊晶層、一阻擋層，及一第二磊晶層。

該基材具有一基面，及多數彼此相間隔地自該基面凹

陷形成的凹洞。

該第一磊晶層自該基面橫向磊晶形成，並具有一底面、一相反於該底面的頂面，及多數自該底面間隔地向下突出入該多數凹洞中的凸塊，該任一凸塊對應地封閉該一凹洞並共同界定出至少一封閉孔。

該阻擋層形成在該第一磊晶層的頂面上並呈現與該多數凹洞對應地錯位互補的態樣，而遮覆該第一磊晶層頂面的預定區域。

該第二磊晶層自該第一磊晶層頂面未被該阻擋層遮覆之區域開始橫向磊晶形成，且具有一相對遠離該第一磊晶層且低表面缺陷密度的磊晶面。

本發明之功效在於以基材形成的多數凹洞與凸島降低基材缺陷向上延伸累積的機率，並以阻擋層阻擋基材缺陷再向上延伸，以提供表面缺陷密度極低的磊晶基板。

【實施方式】

有關本發明之前述及其他技術內容、特點與功效，在以下配合參考圖式之較佳實施例的詳細說明中，將可清楚的呈現。

在本發明被詳細描述之前，要注意的是，在以下的說明內容中，類似的元件是以相同的編號來表示。

參閱圖 2，本發明一種低表面缺陷密度之磊晶基板的製造方法的一較佳實施例，適用於製造一如圖 3 所示之低表面缺陷密度的磊晶基板 3。

先參閱圖 3，該磊晶基板 3 包含一基材 31、一第一磊

晶層 32、一阻擋層 33，及一第二磊晶層 34。

該基材 31 是一般用來磊晶成長氮化鎵系材料之碳化矽基板、或藍寶石基板 ((0001)面)、或矽基板，具有一基面 311，及多數成陣列分佈在基面 311 的凹洞 312，每一凹洞 312 的孔徑在 $1\sim 5\mu\text{m}$ ，深度在 $0.5\sim 2\mu\text{m}$ ，彼此間的間距 $1\sim 5\mu\text{m}$ ，且該基材 31 本身即具有隨機分布的結晶缺陷 400，例如差排。

該第一磊晶層 32 自該基面 31 橫向磊晶形成，具有一底面 321、一相反於該底面 321 的頂面 322，及多數自該底面 321 向下間隔地凸伸入該多數凹洞 312 中的凸塊 323，該任一凸塊 323 並對應地填覆封閉該一凹洞 312 且與該凹洞 312 共同界定出至少一封閉孔 500。

由於該第一磊晶層 32 僅自該基材 31 基面 311 未形成出凹洞 312 的區域中開始橫向磊晶成長，因此該基材 31 基面 311 對應於該等凹洞 312 分布的結晶缺陷 400 並不會向上延伸累積至該第一磊晶層 32 中；也就是說，藉由圖案化該基材 31 所形成的凹洞 312，大幅降低了該第一磊晶層 32 在結晶成長的過程中對應延續累積來自該基材 31 基面 311 的缺陷 400 密度；同時，因橫向磊晶過程使得任一凸塊 323 對應地填覆封閉一凹洞 312 且與該凹洞 312 共同界定出的封閉孔 500，可在後續製備完成發光二極體後，發光二極體作動發出且朝向此基材 31 行進的光在該些凹洞 312 產生散射，並可同時增加發光二極體的正向出光量，減少射向晶粒底部的光線經多重反射之損失，再者，由於此等封閉孔 500

的尺寸極小，因此並不會影響到發光二極體的散熱狀況。

該阻擋層 33 是選用例如氧化矽、氮化矽、氧化鈦、氧化鋇等材料形成在該第一磊晶層 32 的頂面 322 上厚度在 $0.1\sim 0.5\mu\text{m}$ 的薄層，並呈現與該多數凹洞 312 對應地錯位互補的態樣，而遮覆該第一磊晶層 32 頂面 322 的預定區域，在本例中是選用氮化矽為材料並對應於該多數呈現陣列分佈的凹洞 312，而呈現多數錯位且呈現陣列分佈的圓盤態樣；該阻擋層 33 可阻擋基材 31 基面 311 未形成出凹洞 312 的區域中對應分布的結晶缺陷 400 向上延伸累積。

該第二磊晶層 34 自該第一磊晶層 32 頂面 322 未被該阻擋層 33 遮覆之區域橫向磊晶形成，且厚度約為 $5\mu\text{m}$ ，而將該阻擋層 33 包覆其中；由於基材 31 形成的多數凹洞 312 降低基材 31 缺陷 400 向上延伸累積的機率，以及阻擋層 33 阻擋基材 31 未形成出凹洞 312 的區域中對應分布的結晶缺陷 400 再向上延伸，而使得該第二磊晶層 34 的結晶過程幾乎未對應延續累積來自該基材 31 基面 311 的結晶缺陷 400，因此，具有表面缺陷密度極低（在本例中可低於 105 cm^{-2} ）的磊晶面 341。

上述的磊晶基板 3 在配合以下本發明一種低表面缺陷密度之磊晶基板的製造方法的一較佳實施例的說明後，當可更加清楚的明白。

參閱圖 2、圖 4，首先進行步驟 21，應用微影蝕刻技術，配合具有多數對應於欲形成該多數凹洞 312 之圖像的光罩，將基材 31 基面 311 向下蝕刻形成該多數間隔散佈之凹

洞 312。

參閱圖 2，然後進行步驟 22，控制相關製程條件，自該基材 31 基面 311 開始橫向磊晶形成該第一磊晶層 32。

參閱圖 2、圖 5，接著進行步驟 23，應用微影蝕刻技術於第一磊晶層 32 頂面 322 形成遮覆的阻擋層 33；在此步驟中，是應用實施步驟 21 所用光罩，但偏移預定位置以形成對應該多數凹洞 312 呈現錯位態樣而形成該阻擋層 33，藉此節省光罩設計、製作的成本。此外，其他例如物理性鍍覆技術（Thermal、Sputter...等），也都是可以用於形成具有圖像之阻擋層 33 的方式之一，由於此等可應用實施的技術種類眾多，且非本發明創作重點所在，在此不再一一舉例說明。

參閱圖 2，最後實施步驟 24，自該第一磊晶層 32 頂面 322 未被該阻擋層 33 遮覆之區域橫向磊晶形成該第二磊晶層 34，即製得該磊晶基板 3。

本發明低表面缺陷密度之磊晶基板的製造方法，主要是藉由基材 31 上形成的多數凹洞 312 降低基材 31 對應發生在該等凹洞 312 之缺陷 400 在第一磊晶層 32 磊晶生長時向上延伸累積至第一磊晶層 32 的機率，並同時以阻擋層 33 阻擋基材 31 對應分佈於未形成有多數凹洞 312 的基面 311 的晶格缺陷 400 再向上延伸，因此，可以使得最後橫向磊晶生成的第二磊晶層 34 具有缺陷密度極低的磊晶面 341，進而可以避免當以此基板 3 進行後續磊晶製備發光二極體時，來自磊晶基板 3 本身的晶格缺陷 400 累積生成在後續

磊晶成長之發光二極體的各結晶層（特別是作動層）中，從而提昇製得之發光二極體的內部量子效率，提高製得之發光二極體的發光效率；且，因為本發明磊晶基板在第一磊晶層 32 橫向磊晶形成時與基板 31 的多數凹洞 312 界定形成出多數封閉孔 500，而此等封閉孔 500 可在後續製備完成發光二極體後，當該發光二極體作動發出朝向此基材 31 行進的光產生散射，而可同時增加發光二極體的正向出光量，減少射向晶粒底部的光線經多重反射之損失。

以下藉由一具體例說明本發明低表面缺陷密度之磊晶基板的製造方法，以更清楚的說明本發明的確實實施狀況。

【具體例】

首先選用藍寶石基材 31，以標準清洗過程清洗基面後，利用包含多數直徑為 $3\mu\text{m}$ 並呈陣列分佈之穿孔的鎳金屬層板作為遮罩；再將被遮罩遮覆的藍寶石基材 31 置放入高密度感應式耦合電漿蝕刻機台 (Inductively Coupled Plasma Etcher) 中，提供上電極功率 1600 Watt 與下電極偏壓達 -350 Volt，並將反應腔壓力控制在 5 mTorr，並注入 12sccm 的氯氣與 18sccm 氯化硼 (BCl_3) 氣體，可以得到 300 nm/min 的藍寶石蝕刻速率，使得藍寶石基材 31 基面 311 向下形成有多數孔洞 312，之後，再移除鎳金屬層板，即完成圖案化藍寶石基材 31 基面 311 的步驟。

之後，以有機金屬氣相沉積技術 (MOCVD) 在藍寶石基材 31 的基面 311 開始橫向磊晶沉積出氮化鎵單晶的第一

磊晶層 32。

接著，同樣地以電漿輔助化學氣相沉積技術在第一磊晶層 32 頂面 322 沉積 $0.5\mu\text{m}$ 厚的氧化矽，並利用黃光微影技術錯位定義出多數的圓洞圖案而完成該阻擋層 33。

最後，再利用有機金屬氣相沉積技術自第一磊晶層 32 未被該阻擋層 33 遮覆的區域開始橫向磊晶成長氮化鎵單晶而形成該第二阻擋層 34，即完成該磊晶基板 3 的製備。

由上述說明可知，本發明低表面缺陷密度之磊晶基板的製造方法，確實可藉由圖案化基材 31 基面 311 降低基材 31 的晶體缺陷 400 向上延伸至第一磊晶層 32 的機率，並同時以阻擋層 33 阻擋基材 31 其他的晶格缺陷 400 再向上延伸的機率，從而使得最後橫向磊晶生成的第二磊晶層 34 的具有低表面缺陷密度的磊晶面 341，進而可以避免以此磊晶基板 3 進行後續磊晶製備發光二極體時，來自磊晶基板 3 本身的晶格缺陷累積生成在後續磊晶成長之發光二極體各結晶層（特別是作動層）中，從而提昇製得之發光二極體的內部量子效率，提高製得之發光二極體的發光效率，確實達到本發明之目的。

惟以上所述者，僅為本發明之較佳實施例而已，當不能以此限定本發明實施之範圍，即大凡依本發明申請專利範圍及發明說明書內容所作之簡單的等效變化與修飾，皆應仍屬本發明專利涵蓋之範圍內。

【圖式簡單說明】

圖 1 是一流程圖，說明習知之一種降低表面缺陷密度

之基板的製造過程；

圖 2 是一流程圖，說明本發明一種低表面缺陷密度之磊晶基板的製造方法的一較佳實施例；

圖 3 是一剖面示意圖，說明以圖 2 之製造方法製得的低表面缺陷密度之磊晶基板；

圖 4 是一立體圖，說明以圖 2 之製造方法將一基材自基面向下形成多數凹洞的態樣；及

圖 5 是一立體圖，說明以圖 2 之製造方法，在一第磊晶層上形成阻擋層的態樣。

【主要元件符號說明】

11	基材	311	基面
12	緩衝層	312	凹洞
13	第一磊晶層	32	第一磊晶層
14	第二磊晶層	321	底面
15	氧化矽層	322	頂面
151	凹洞	323	凸塊
21	步驟	33	阻擋層
22	步驟	34	第二磊晶層
23	步驟	341	磊晶面
24	步驟	400	缺陷
3	磊晶基板	500	封閉孔
31	基材		

五、中文發明摘要：

本發明是低表面缺陷密度之磊晶基板的製造方法及其製品。該方法是先將基材表面形成多數凹洞，接著自上開始橫向磊晶形成第一磊晶層，以減少基材對應發生在該等凹洞位置之缺陷向上延伸至第一磊晶層，然後於第一磊晶層上形成一對應錯位於該等凹洞位置而遮覆部分表面用以阻擋基材對應發生在該等凹洞位置之間的缺陷再向上延伸的阻擋層，最後自第一磊晶層表面未被阻擋層遮覆之區域橫向磊晶形成包覆阻擋層的第二磊晶層，即製得表面缺陷密度極低的磊晶基板。

六、英文發明摘要：

This invention mainly provides a method of making a low-defect-density epitaxial substrate. The first step of the method is to form cavities sunk from a base-substrate. Then, laterally overgrow a first-epitaxial layer from the surface of the base-substrate to avoid defects corresponding to the cavities of the base-substrate grows up to the first-epitaxial layer. The third step is to form a stop layer corresponding to the cavities from the surface of the first-epitaxial layer to stop defects of the first-epitaxial layer to grow up. Finally, form a second-epitaxial layer from the co-surface of the first-epitaxial layer and the stop layer, and make the low-defect-density epitaxial substrate.

十、申請專利範圍：

1. 一種低表面缺陷密度之磊晶基板的製造方法，包含：
 - (a) 自一基材表面向下形成多數間隔散佈的凹洞；
 - (b) 於該基材表面開始橫向磊晶形成一填覆入該多數凹洞中並封閉該多數凹洞的第一磊晶層；
 - (c) 於該第一磊晶層表面形成一呈現預定圖像以遮覆該第一磊晶層表面預定區域的阻擋層；及
 - (d) 自該第一磊晶層表面未被該阻擋層遮覆之區域橫向磊晶形成一包覆該阻擋層且低表面缺陷密度的第二磊晶層，製得該磊晶基板。
2. 依據申請專利範圍第 1 項所述低表面缺陷密度之磊晶基板的製造方法，其中，該基材是選自由下列所構成的群組：藍寶石、碳化矽，矽，且該第一、二磊晶層是由氮化鎵系之半導體材料磊晶形成。
3. 依據申請專利範圍第 1 項所述低表面缺陷密度之磊晶基板的製造方法，其中，該第一磊晶層填覆入該多數凹洞的部分與該多數凹洞共同界定出多數封閉孔。
4. 依據申請專利範圍第 1 項所述低表面缺陷密度之磊晶基板的製造方法，其中，該步驟 (a) 所形成的多數凹洞是呈陣列分佈，且每一凹洞的孔徑 $1\sim5\mu\text{m}$ ，深度在 $0.5\sim2\mu\text{m}$ ，彼此間的間距在 $1\sim5\mu\text{m}$ 。
5. 依據申請專利範圍第 1 項所述低表面缺陷密度之磊晶基板的製造方法，其中，該步驟 (c) 所形成之阻擋層是呈與該多數凹洞對應地錯位互補的態樣，而遮覆該第一

磊晶層表面的預定區域。

6. 依據申請專利範圍第 1 項所述低表面缺陷密度之磊晶基板的製造方法，其中，該阻擋層的厚度在 $0.1\sim 1.0\ \mu\text{m}$ 。
7. 依據申請專利範圍第 1 項所述低表面缺陷密度之磊晶基板的製造方法，其中，該阻擋層是選自由下列所構成之群組為材料形成：氧化矽、氮化矽、氧化鈦、氧化鋇。
8. 一種低表面缺陷密度的磊晶基板，包含：

一基材，具有一基面，及多數彼此相間隔地自該基面凹陷形成的凹洞；

一第一磊晶層，自該基面橫向磊晶形成並具有一底面、一相反於該底面的頂面，及多數自該底面間隔地下下突出入該多數凹洞中的凸塊，該任一凸塊對應地封閉該一凹洞並共同界定出至少一封閉孔；

一阻擋層，形成在該第一磊晶層的頂面上並呈現與該多數凹洞對應地錯位互補的態樣，而遮覆該第一磊晶層頂面的預定區域；及

一第二磊晶層，自該第一磊晶層頂面未被該阻擋層遮覆之區域開始橫向磊晶形成，且具有一相對遠離該第一磊晶層且低表面缺陷密度的磊晶面。

9. 依據申請專利範圍第 8 項所述低表面缺陷密度的磊晶基板，其中，該基材是選自由下列所構成的群組：藍寶石、碳化矽、矽，且該第一、二磊晶層是由氮化鎵系之半導體材料磊晶形成。
10. 依據申請專利範圍第 8 項所述低表面缺陷密度的磊晶基

板，其中，該基材之多數凹洞是呈陣列分佈，且每一凹洞的孔徑在 $1\sim 5\ \mu\text{m}$ ，深度在 $0.5\sim 2.0\ \mu\text{m}$ ，彼此間的間距在 $1\sim 5\ \mu\text{m}$ 。

11. 依據申請專利範圍第 8 項所述低表面缺陷密度的磊晶基板，其中，該阻擋層的厚度在 $0.1\sim 1.0\ \mu\text{m}$ 。
12. 依據申請專利範圍第 8 項所述低表面缺陷密度的磊晶基板，其中，該阻擋層是選自由下列所構成之群組為材料形成：氧化矽、氮化矽、氧化鈦、氧化鋇。

十一、圖式

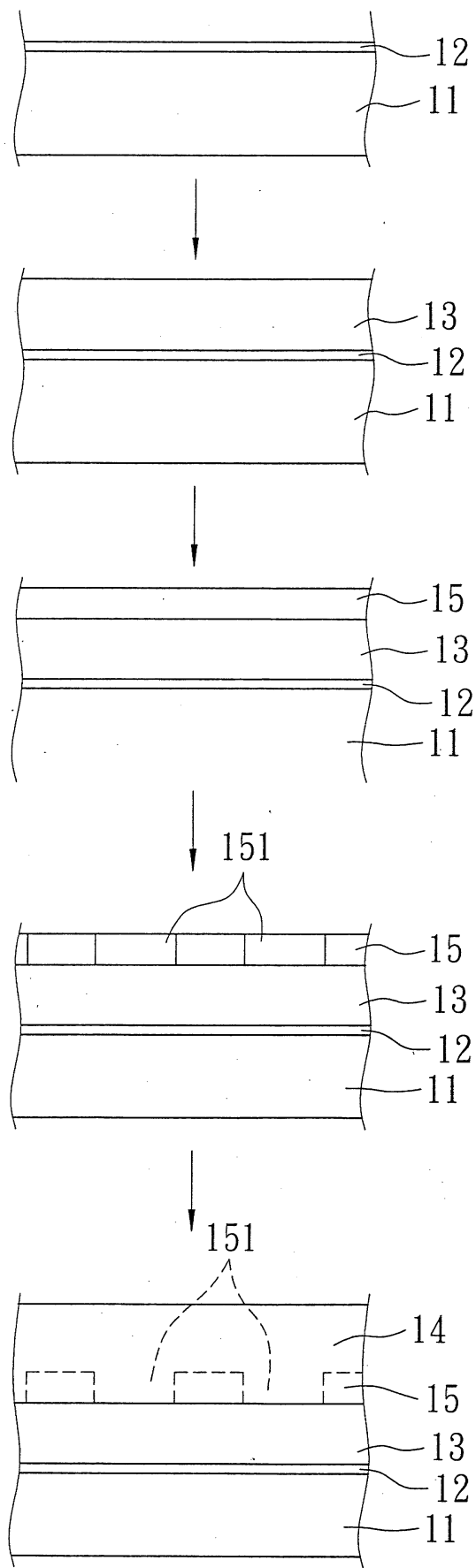


圖 1

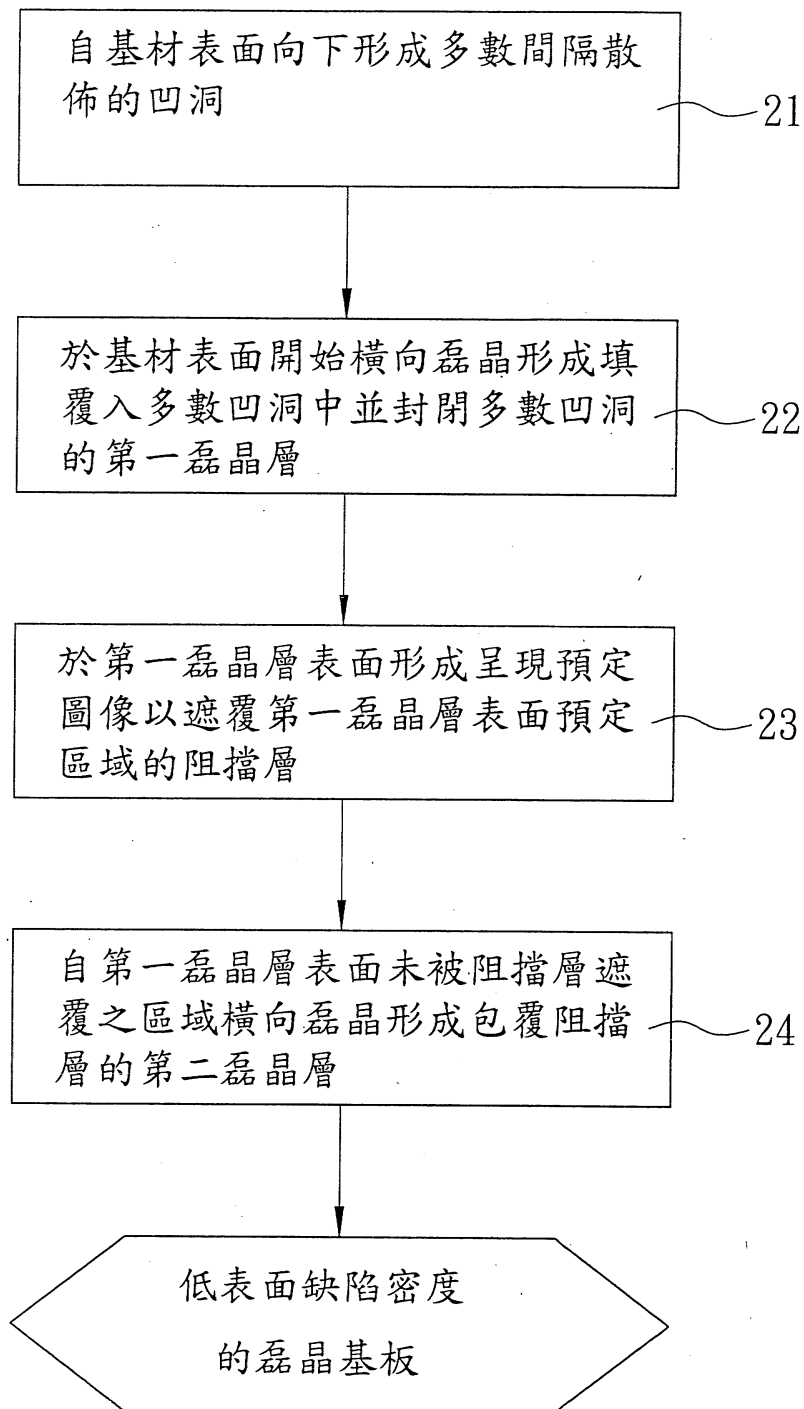


圖2

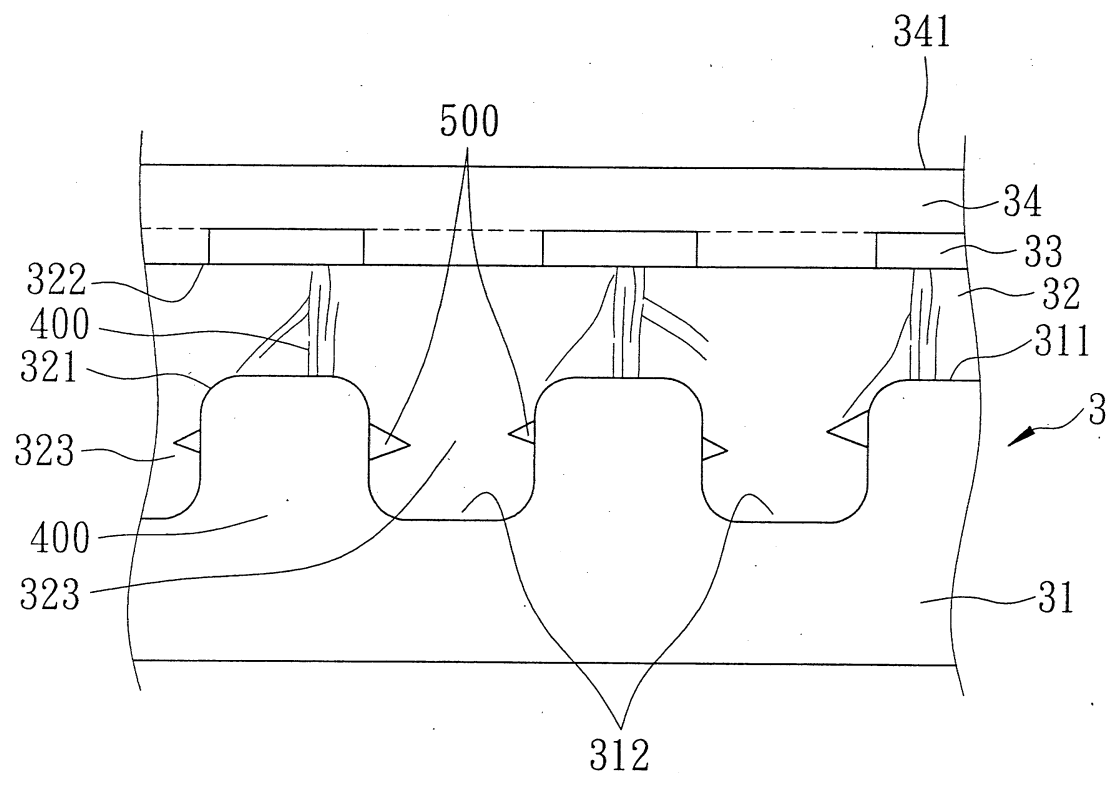


圖 3

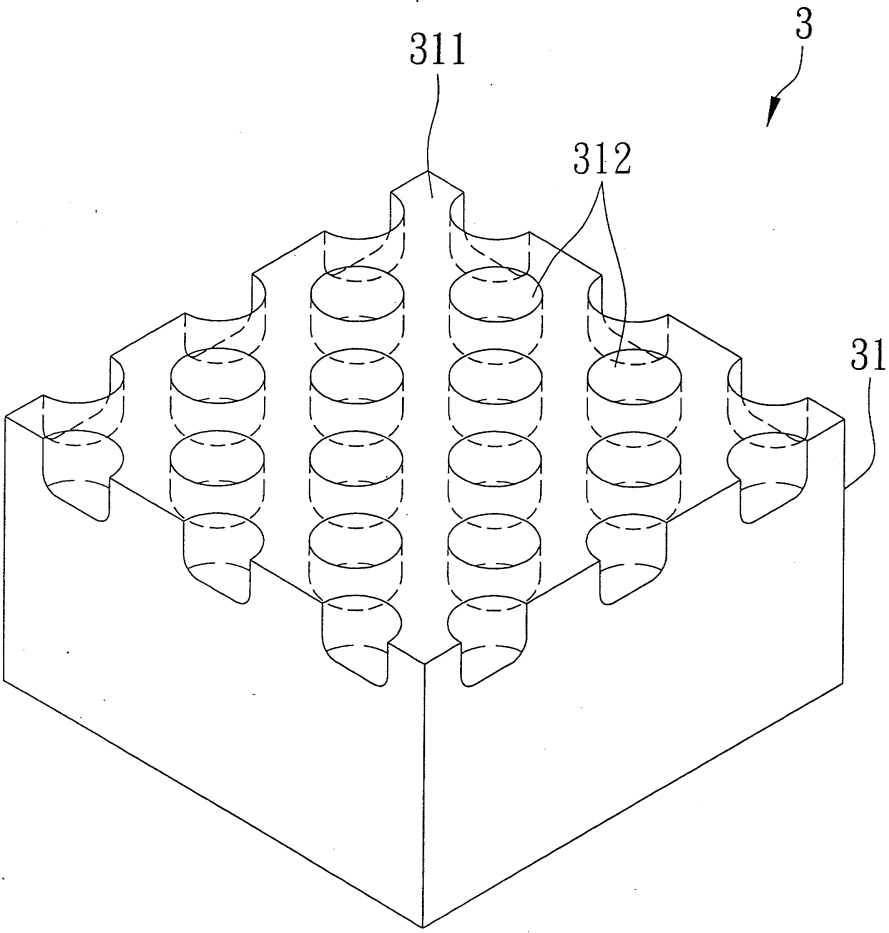


圖4

七、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第 (2) 圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

21 步驟

24 步驟

22 步驟

23 步驟

八、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：