



(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 201218249 A1

(43)公開日：中華民國 101 (2012) 年 05 月 01 日

(21)申請案號：099136289

(22)申請日：中華民國 99 (2010) 年 10 月 25 日

(51)Int. Cl. :

H01L21/20 (2006.01)

H01L29/205 (2006.01)

(71)申請人：國立交通大學(中華民國) NATIONAL CHIAO TUNG UNIVERSITY (TW)

新竹市大學路 1001 號

(72)發明人：張翼 CHANG, EDWARD YI (TW)；蕭佑霖 HSIAO, YU LIN (TW)；呂榮淇 LU, JUNG CHI (TW)

(74)代理人：陳昭誠

申請實體審查：有 申請專利範圍項數：10 項 圖式數：3 共 22 頁

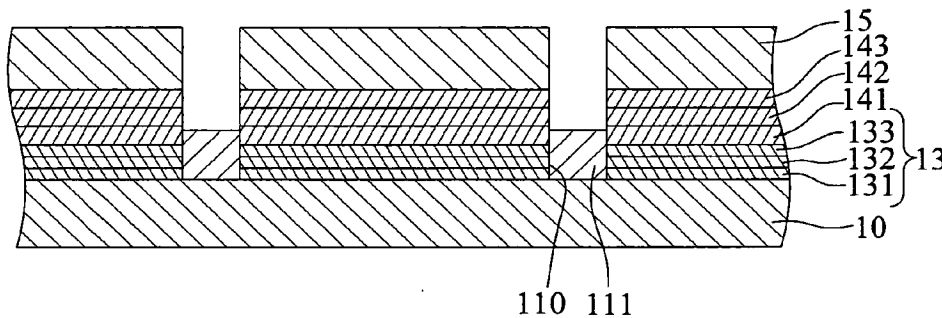
(54)名稱

具有氮化鎵層的多層結構基板及其製法

MULTILAYER SUBSTRATE HAVING A GALLIUM NITRIDE LAYER AND FABRICATION METHOD THEREOF

(57)摘要

一種具有氮化鎵層的多層結構基板之製法，其係先在承載板上形成具有複數開孔之網狀層，並於該開孔內的承載板上依序形成緩衝層、三層不同鋁濃度之氮化鋁鎵層與氮化鎵層。本發明之三層不同鋁濃度之氮化鋁鎵層係能有效釋放應力、減少氮化鎵層表面裂痕與控制內部缺陷，因此可形成較大面積、較大厚度、無裂痕且較高品質的氮化鎵層，進而有利於高效能電子元件的製作。本發明復提供一種具有氮化鎵層的多層結構基板。



10：承載板

13：緩衝層

15：氮化鎵層

110：開孔

111：網狀層

131：高溫氮化物層

132：低溫氮化物層

133：高溫氮化物層

141：底層之氮化鋁鎵層

142：中間層之氮化鋁鎵層

143：上層之氮化鋁鎵層

# 發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※ 申請案號： 99136289 H01L 21/50 (2006.01)  
 ※ 申請日： 05.20.2005 ※IPC 分類： H01L 29/05 (2006.01)

## 一、發明名稱：(中文/英文)

具有氮化鎵層的多層結構基板及其製法

MULTILAYER SUBSTRATE HAVING A GALLIUM NITRIDE  
LAYER AND FABRICATION METHOD THEREOF

## 二、中文發明摘要：

一種具有氮化鎵層的多層結構基板之製法，其係先在承載板上形成具有複數開孔之網狀層，並於該開孔內的承載板上依序形成緩衝層、三層不同鋁濃度之氮化鋁鎵層與氮化鎵層。本發明之三層不同鋁濃度之氮化鋁鎵層係能有效釋放應力、減少氮化鎵層表面裂痕與控制內部缺陷，因此可形成較大面積、較大厚度、無裂痕且較高品質的氮化鎵層，進而有利於高效能電子元件的製作。本發明復提供一種具有氮化鎵層的多層結構基板。

### 三、英文發明摘要：

The invention provides a multilayer substrate having a gallium nitride layer and a method of forming the same, comprising forming a mesh layer with a plurality of holes on a substrate thereof, then forming in sequence a buffer layer, three layers of aluminum gallium nitride layers having varied aluminum concentrations, and a gallium nitride layer. The three layers of aluminum gallium nitride formed with varied concentrations can release stresses effectively, reduce surface cracks on the gallium nitride layer and control inner defects, thereby providing a gallium nitride layer having a relatively larger surface, greater thickness and free of cracks for the fabrication of electronic devices with high efficacy as a result. The invention further provides a multilayer substrate as described above.

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第 ( 1H ) 圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

10	承載板
111	網狀層
110	開孔
13	緩衝層
131、133	高溫氮化物層
132	低溫氮化物層
141	底層之氮化鋁鎵層
142	中間層之氮化鋁鎵層
143	上層之氮化鋁鎵層
15	氮化鎵層

五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

本案無代表化學式

## 六、發明說明：

### 【發明所屬之技術領域】

本發明係有關於一種具有氮化鎵層的多層結構基板及其製法，尤指一種具有厚度較厚且面積較大的氮化鎵層的多層結構基板及其製法。

### 【先前技術】

近年來，以矽為主的電力電子（power electronics）元件大幅應用在電動車的市場上，舉例來說，製作成電動車內的電壓轉換器（converter）或反相器（inverter）等元件。然而，受限於矽本身的材料特性，若要進一步提升電力電子元件的效能，則勢必要尋找其他的替代材料。

氮化鎵（GaN）不僅本身具有較矽還優越的物理性質，且還可藉由在矽承載板上成長以降低其生產成本，所以目前氮化鎵被視為極具應用於電動車的電力電子元件的潛力的材料之一。

不過，以往在矽承載板上成長氮化鎵層時，常常由於嚴重的拉伸應力而造成氮化鎵層出現裂痕而不利於後續應用，且該裂痕問題隨著氮化鎵層的厚度增加或面積增大而愈趨嚴重，使得難以成長厚度較厚的氮化鎵層；另外，受限於氮化鎵層與矽承載板之間的晶格常數不匹配，而容易於氮化鎵層中形成過多的缺陷。上述兩項因素均使得應用氮化鎵之電子元件的效能無法進一步提升，具體而言，厚度較薄與缺陷密度較高的氮化鎵層將導致其所製成的電子元件的漏電流效應，並限制了電子元件的直流特性與耐高

崩潰電壓特性等等。

在由 Shuo Jia 等人在 2005 年 3 月的 IEEE Electron Device Letters 的第 3 期的第 26 卷中所公開的「AlGaIn-GaN HEMTs on Patterned Silicon (111) Substrate」中，係揭露一種磊晶結構，其係先藉由蝕刻方式在矽承載板上形成網狀溝槽，進而構成複數個矩形矽凸塊，再於各該矽凸塊上形成氮化鎵層，但是最終僅能在極小面積（30 微米見方）內形成厚度 1.5 微米的氮化鎵層。

此外，在由 C.-H. Chen 等人在 2005 年的 Journal of Applied Physics 的第 98 卷中所公開的「Stress relaxation in the GaN/AlN multilayers grown on a mesh-patterned Si(111) substrate」中，其係先在矽(111)承載板上形成氮化矽網狀層，再於該矽(111)承載板上形成氮化鎵層/氮化鋁層/氮化鎵層/氮化鋁層/氮化鎵層/氮化鋁層，惟，其最外表面的氮化鎵層之厚度僅有 1 微米。

再者，在由 A. Dadgar 等人在 2001 年的 phys. stat. sol. 的第 1 期的第 188 卷中所公開的「Crack-Free InGaIn/GaN Light Emitters on Si(111)」中，其係先在矽(111)承載板上形成圖案化的氮化矽層，並於該矽(111)承載板上形成 15 對氮化鋁鎵層/氮化鎵層，最後再形成氮化鎵層，雖然其最終的氮化鎵層之厚度有 3.6 微米，然而該氮化鎵層只能形成 100 微米見方的面積大小。

所以，上述習知技術均有氮化鎵層的厚度不足或面積過小等缺點，進而不利於將氮化鎵層應用於電力電子元件

中。

因此，鑒於上述之問題，如何在承載板上形成厚度較厚、面積夠大、且無裂痕的氮化鎵層，以提供後續電子元件的製作，實已成為目前亟欲解決之課題。

### 【發明內容】

鑒於上述習知技術之缺失，本發明揭露一種具有氮化鎵層的多層結構基板之製法，係包括：提供一承載板；於該承載板上形成網狀層，該網狀層具有複數外露該承載板之開孔；於該開孔內的承載板上形成緩衝層，該緩衝層係由複數氮化物層所構成；於該緩衝層上依序形成三層不同鋁濃度之氮化鋁鎵層，其中，該底層之氮化鋁鎵層的鋁濃度大於中間層氮化鋁鎵層者，該中間層之氮化鋁鎵層的鋁濃度大於上層之氮化鋁鎵層者，且該中間層之氮化鋁鎵層在形成過程中係隨厚度增加而逐漸減少鋁的比例；以及於該上層之氮化鋁鎵層上形成氮化鎵層。

依上述之多層結構基板之製法，該網狀層之材質可為氮化矽，且形成該網狀層的方法係可包括：於該承載板上形成氮化矽層；於該氮化矽層上形成網狀阻層；移除未被該網狀阻層覆蓋之該氮化矽層，以形成該網狀層；以及移除該網狀阻層。

依上述之製法，復可包括於該氮化鎵層上形成頂層之氮化鋁鎵層。

又依上述之製法，該承載板之材質可為矽、藍寶石、氮化鎵、氧化鋅或碳化矽，且該氮化物層可為氮化鋁層、

氮化鎳層或氮化鋁鎳層。

依上述之多層結構基板之製法，該緩衝層可為高溫氮化物層/低溫氮化物層/高溫氮化物層，該高溫氮化物層之形成溫度可為 1000°C 至 1200°C，且該低溫氮化物層之形成溫度可為 700°C 至 900°C。

本發明復揭露一種具有氮化鎳層的多層結構基板，係包括：承載板；網狀層，係設於該承載板上，該網狀層具有複數外露該承載板之開孔；緩衝層，係設於該開孔內的承載板上，該緩衝層係由複數氮化物層所構成；依序形成於該緩衝層上之三層不同鋁濃度之氮化鋁鎳層，其中，該底層之氮化鋁鎳層的鋁濃度大於中間層氮化鋁鎳層者，該中間層之氮化鋁鎳層的鋁濃度大於上層之氮化鋁鎳層者，且該中間層之氮化鋁鎳層之鋁濃度係由該底層向上逐漸遞減；以及氮化鎳層，係設於該上層之氮化鋁鎳層上。

依上述之結構，復可包括頂層之氮化鋁鎳層，係設於該氮化鎳層上。

又依上述之結構，該承載板之材質可為矽、藍寶石、氮化鎳、氧化鋅或碳化矽，該網狀層之材質可為氮化矽，且該氮化物層可為氮化鋁層、氮化鎳層或氮化鋁鎳層。

依上述之多層結構基板，該緩衝層可為高溫氮化物層/低溫氮化物層/高溫氮化物層，該高溫氮化物層之形成溫度可為 1000°C 至 1200°C，且該低溫氮化物層之形成溫度可為 700°C 至 900°C。

由上可知，本發明之具有氮化鎳層的多層結構基板之



製法係先在承載板上形成具有複數開孔之網狀層，並於該開孔內的承載板上依序形成緩衝層、三層不同鋁濃度之氮化鋁鎵層，再於該上層之氮化鋁鎵層上形成氮化鎵層。該三層不同鋁濃度之氮化鋁鎵層係能有效釋放應力、降低氮化鎵層表面裂痕、與控制內部缺陷，因而可形成較大面積、較大厚度、無裂痕、且較高品質的氮化鎵層，故相較於習知技術，本發明之具有氮化鎵層的多層結構基板係有利於後續耐高崩潰電壓的電力電子元件的製作。

### 【實施方式】

以下藉由特定的具體實施例說明本發明之實施方式，熟悉此技藝之人士可由本說明書所揭示之內容輕易地瞭解本發明之其他優點及功效。

請參閱第 1A 至 1I 圖，係為本發明之具有氮化鎵層的多層結構基板之製法之剖視圖，其中，第 1E' 圖係第 1E 圖之俯視圖。

如第 1A 圖所示，提供一承載板 10，該承載板 10 之材質可為矽、藍寶石、氮化鎵、氧化鋅或碳化矽，且該承載板 10 係較佳為晶格面 (111) 之矽承載板。

如第 1B 圖所示，藉由 PECVD 機台於該承載板 10 上形成例如 300 奈米厚度的氮化矽 ( $\text{Si}_x\text{N}_y$ ) 層 11。

如第 1C 圖所示，於該氮化矽層 11 上形成網狀阻層 12。

如第 1D 圖所示，移除未被該網狀阻層 12 覆蓋之該氮化矽層 11，以形成網狀層 111，該網狀層 111 具有複數外露該承載板 10 之開孔 110。

如第 1E 與 1E' 圖所示，移除該網狀阻層 12，於本實施例中，該網狀層 111 之開孔 110 係呈方形網格，當然，該網狀層 111 之開孔 110 亦可呈其他形狀之網格，而不以方形網格為限；且該網狀層 111 之開孔 110 較佳係邊長為 300 或至 1000 微米的方形，至此即完成圖案化承載板 (patterned substrate)。

如第 1F 圖所示，藉由 MOCVD 機台於該開孔 110 內的承載板 10 上形成緩衝層 13，該緩衝層 13 係由複數氮化物層所構成，於本實施例中，該緩衝層 13 可為高溫 (high temperature, 簡稱 HT) 氮化物層 133/ 低溫 (low temperature, 簡稱 LT) 氮化物層 132/ 高溫 (HT) 氮化物層 131，該高溫氮化物層 131, 133 之形成溫度可為 1000°C 至 1200°C (較佳為 1030°C)，且該低溫氮化物層 132 之形成溫度可為 700°C 至 900°C (較佳為 800°C)，又該緩衝層 13 中的氮化物層可為氮化鋁層、氮化鎵層或氮化鋁鎵層。在本發明之一具體實施例中，構成該緩衝層個氮化物層為單一材質者，例如，氮化鋁。

如第 1G 圖所示，於該緩衝層 13 上依序形成三層不同鋁濃度之氮化鋁鎵層，分別為底層之氮化鋁鎵層 141、中間層之氮化鋁鎵層 142 與上層之氮化鋁鎵層 143，該底層之氮化鋁鎵層 141 與上層之氮化鋁鎵層 143 之成分是固定的 (fixed)，該中間層之氮化鋁鎵層 142 在形成過程中係隨厚度增加而逐漸減少鋁的比例 (或相對地逐漸增加鎵的比例)，即該中間層之氮化鋁鎵層 142 之成分是有階的

(graded)。此外，該底層之氮化鋁鎵層 141 的鋁濃度大於中間層之氮化鋁鎵層 142 者，該中間層之氮化鋁鎵層 142 的鋁濃度大於上層之氮化鋁鎵層 143 者。具體而言，該底層之氮化鋁鎵層 141 之成分可為  $\text{Al}_{0.29}\text{Ga}_{0.71}\text{N}$ ，該中間層之氮化鋁鎵層 142 之成分可為  $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$  (該  $x$  隨厚度增加而由 0.29 逐漸減少至 0.07)，該上層之氮化鋁鎵層 143 之成分可為  $\text{Al}_{0.07}\text{Ga}_{0.93}\text{N}$ 。

如第 1H 圖所示，於該低鋁濃度之上層之氮化鋁鎵層 143 上形成氮化鎵層 15。

如第 1I 圖所示，於該氮化鎵層 15 上形成頂層之氮化鋁鎵層 16。

本發明復揭露一種具有氮化鎵層的多層結構基板，係包括：承載板 10；網狀層 111，係設於該承載板 10 上，該網狀層 111 具有複數外露該承載板 10 之開孔 110；緩衝層 13，係設於該開孔 110 內的承載板 10 上，該緩衝層 13 係由複數氮化物層所構成；依序形成於該緩衝層 13 上之三層不同鋁濃度之氮化鋁鎵層，其中，該底層之氮化鋁鎵層 141 的鋁濃度大於中間層之氮化鋁鎵層 142 者，該中間層之氮化鋁鎵層 142 的鋁濃度大於上層之氮化鋁鎵層者 143，且該中間層之氮化鋁鎵層 142 之鋁濃度係由該底層向上逐漸遞減；以及氮化鎵層 15，係設於該低鋁濃度之上層之氮化鋁鎵層 143 上。

依上述之結構，復可包括頂層之氮化鋁鎵層 16，係設於該氮化鎵層 15 上。

於本發明之具有氮化鎵層的多層結構基板中，該承載板 10 之材質可為矽、藍寶石、氮化鎵、氧化鋅或碳化矽，且該網狀層 111 之材質可為氮化矽。

又依前述之多層結構基板，該緩衝層 13 可為高溫氮化物層 133/低溫氮化物層 132/高溫氮化物層 131，該高溫氮化物層 131, 133 之形成溫度可為 1000°C 至 1200°C，且該低溫氮化物層 132 之形成溫度可為 700°C 至 900°C，該氮化物層可為氮化鋁層、氮化鎵層、或氮化鋁鎵層。

請參閱第 2A 與 2B 圖，係分別為本發明之具有氮化鎵層的多層結構基板之掃描式電子顯微鏡 (Scanning Electron Microscope, 簡稱 SEM) 剖視圖與光學顯微鏡 (optical microscope, 簡稱 OM) 俯視圖。如圖所示，本發明可於網狀層 111 內的 300 微米見方面積的承載板 10 上得到厚度達 2 微米且無裂痕的氮化鎵層 15 (在此實施例中，係以氮化鋁做為緩衝層 13)；事實上，本發明還能達到厚度至少 2.2 微米的氮化鎵層 15。

請參閱第 3A 至 3C 圖，係為本發明之具有氮化鎵層的多層結構基板之光學顯微鏡俯視圖，其中，第 3A、3B、與 3C 圖分別係中間層之氮化鋁鎵層之厚度為 0、0.3、與 1.2 微米時的情況 (氮化鎵層之厚度為 1 微米)。因為該中間層之氮化鋁鎵層能夠產生壓縮應力，而該壓縮應力可用來平衡氮化鎵層與承載板所形成的拉伸應力，所以如圖所示，隨著中間層之氮化鋁鎵層的厚度增加，氮化鎵層的裂痕密度明顯減少，甚至在中間層之氮化鋁鎵層之厚度為 1.2 微

米且氮化鎵層之厚度為 1 微米的情況下，已經能夠使該氮化鎵層得到無裂痕的結果。

綜上所述，本發明之具有氮化鎵層的多層結構基板之製法係先在承載板上形成具有複數開孔之網狀層，並於該開孔內的承載板上形成緩衝層，再於該緩衝層上依序形成三層不同鋁濃度之氮化鋁鎵層，最後，於該上層之氮化鋁鎵層上形成氮化鎵層。該網狀層、三層不同鋁濃度之氮化鋁鎵層係能有效釋放應力、降低氮化鎵層表面裂痕與控制內部缺陷，而最終可形成較大面積、較大厚度、無裂痕、且較高品質的氮化鎵層，以有利於後續耐高崩潰電壓的電力電子元件的製作；此外，復可於該氮化鎵層上再形成頂層之氮化鋁鎵層，而能有利於進一步供製作成高效能之高電子遷移率電晶體（high electron mobility transistor，簡稱 HEMT）等元件。

上述實施例係用以例示性說明本發明之原理及其功效，而非用於限制本發明。任何熟習此項技藝之人士均可在不違背本發明之精神及範疇下，對上述實施例進行修改。因此本發明之權利保護範圍，應如後述之申請專利範圍所列。

#### 【圖式簡單說明】

第 1A 至 1I 圖係為本發明之具有氮化鎵層的多層結構基板之製法之剖視圖，其中，第 1E' 圖係第 1E 圖之俯視圖；

第 2A 與 2B 圖係分別為本發明之具有氮化鎵層的多層

結構基板之掃描式電子顯微鏡剖視圖與光學顯微鏡俯視圖；以及

第 3A 至 3C 圖係為不同厚度之中鋁濃度之氮化鋁鎵層之本發明之具有氮化鎵層的多層結構基板之光學顯微鏡俯視圖。

【主要元件符號說明】

10	承載板
11	氮化矽層
111	網狀層
110	開孔
12	網狀阻層
13	緩衝層
131、133	高溫氮化物層
132	低溫氮化物層
141	底層之氮化鋁鎵層
142	中間層之氮化鋁鎵層
143	上層之氮化鋁鎵層
15	氮化鎵層
16	頂層之氮化鋁鎵層

七、申請專利範圍：

1. 一種具有氮化鎵層的多層結構基板之製法，係包括：

提供一承載板；

於該承載板上形成網狀層，該網狀層具有複數外露該承載板之開孔；

於該開孔內的承載板上形成緩衝層，該緩衝層係由複數氮化物層所構成；

於該緩衝層上依序形成三層不同鋁濃度之氮化鋁鎵層，其中，該底層之氮化鋁鎵層的鋁濃度大於中間層之氮化鋁鎵層者，該中間層之氮化鋁鎵層的鋁濃度大於上層之氮化鋁鎵層者，且該中間層之氮化鋁鎵層在形成過程中係隨厚度增加而逐漸減少鋁的比例；以及

於該上層之氮化鋁鎵層上形成氮化鎵層。

2. 如申請專利範圍第 1 項所述之具有氮化鎵層的多層結構基板之製法，其中，該承載板之材質係為矽、藍寶石、氮化鎵、氧化鋅或碳化矽，且該網狀層之材質係為氮化矽。

3. 如申請專利範圍第 2 項所述之具有氮化鎵層的多層結構基板之製法，其中，形成該網狀層的方法係包括：

於該承載板上形成氮化矽層；

於該氮化矽層上形成網狀阻層；

移除未被該網狀阻層覆蓋之該氮化矽層，以形成該網狀層；以及

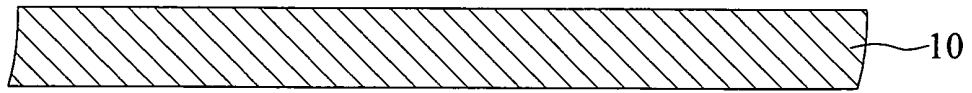
移除該網狀阻層。

4. 如申請專利範圍第 1 項所述之具有氮化鎳層的多層結構基板之製法，復包括於該氮化鎳層上形成頂層之氮化鋁鎳層。
5. 如申請專利範圍第 1 項所述之具有氮化鎳層的多層結構基板之製法，其中，該緩衝層係為高溫氮化物層/低溫氮化物層/高溫氮化物層，而該高溫氮化物層之形成溫度係為 1000°C 至 1200°C，且該低溫氮化物層之形成溫度係為 700°C 至 900°C。
6. 如申請專利範圍第 1 項所述之具有氮化鎳層的多層結構基板之製法，其中，該氮化物層係為氮化鋁層、氮化鎳層或氮化鋁鎳層。
7. 一種具有氮化鎳層的多層結構基板，係包括：
  - 承載板；
  - 網狀層，係設於該承載板上，該網狀層具有複數外露該承載板之開孔；
  - 緩衝層，係設於該開孔內的承載板上，該緩衝層係由複數氮化物層所構成；
  - 依序形成於該緩衝層上之三層不同鋁濃度之氮化鋁鎳層，其中，該底層之氮化鋁鎳層的鋁濃度大於中間層之氮化鋁鎳層者，該中間層之氮化鋁鎳層的鋁濃度大於上層之氮化鋁鎳層者，且該中間層之氮化鋁鎳層之鋁濃度係由該底層向上逐漸遞減；以及
  - 氮化鎳層，係設於該上層之氮化鋁鎳層上。
8. 如申請專利範圍第 7 項所述之具有氮化鎳層的多層結

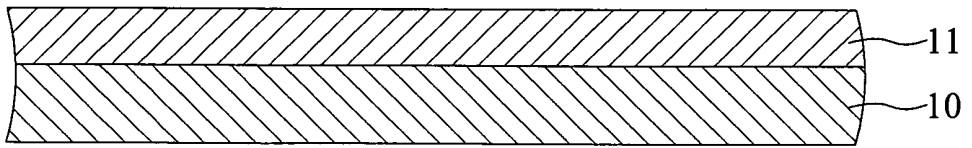


構基板，復包括頂層之氮化鋁鎵層，係設於該氮化鎵層上。

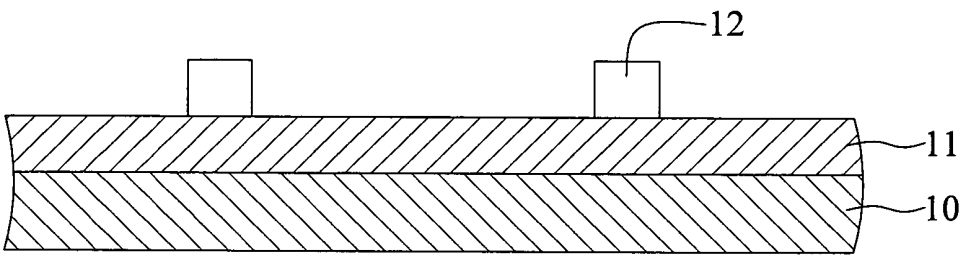
9. 如申請專利範圍第 7 項所述之具有氮化鎵層的多層結構基板，其中，該承載板之材質係為矽、藍寶石、氮化鎵、氧化鋅或碳化矽，且該網狀層之材質係為氮化矽。而該氮化物層係為氮化鋁層、氮化鎵層或氮化鋁鎵層。
10. 如申請專利範圍第 7 項所述之具有氮化鎵層的多層結構基板，其中，該緩衝層係為高溫氮化物層/低溫氮化物層/高溫氮化物層，而該高溫氮化物層之形成溫度係為 1000°C 至 1200°C，且該低溫氮化物層之形成溫度係為 700°C 至 900°C。



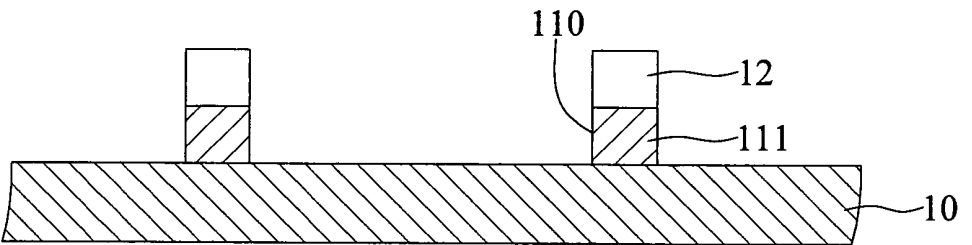
第1A圖



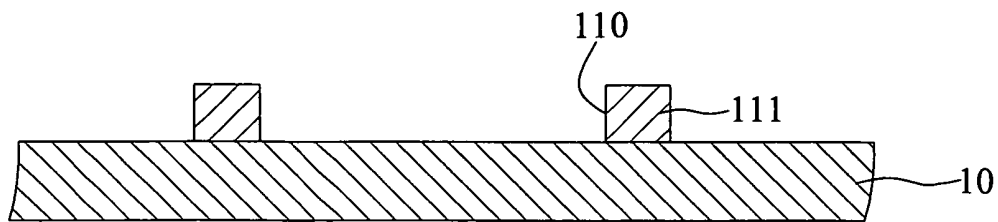
第1B圖



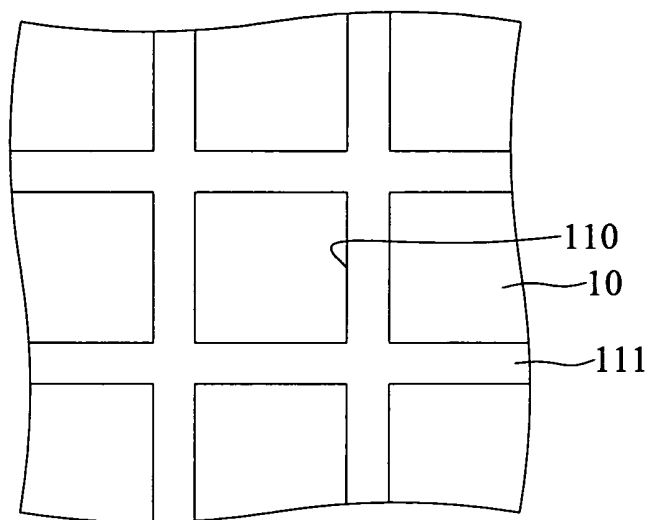
第1C圖



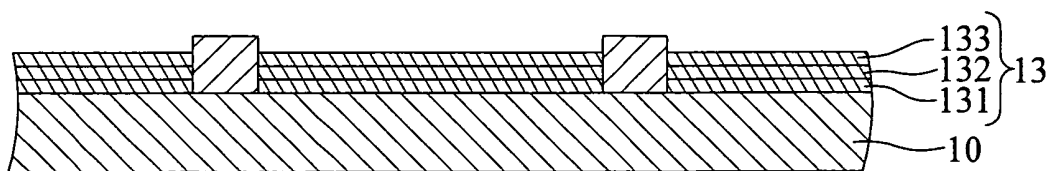
第1D圖



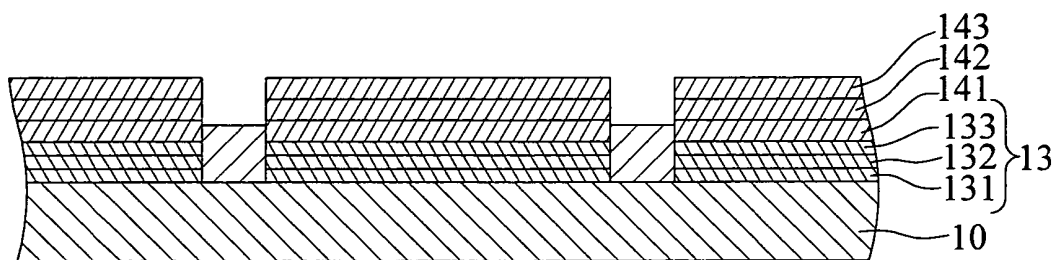
第1E圖



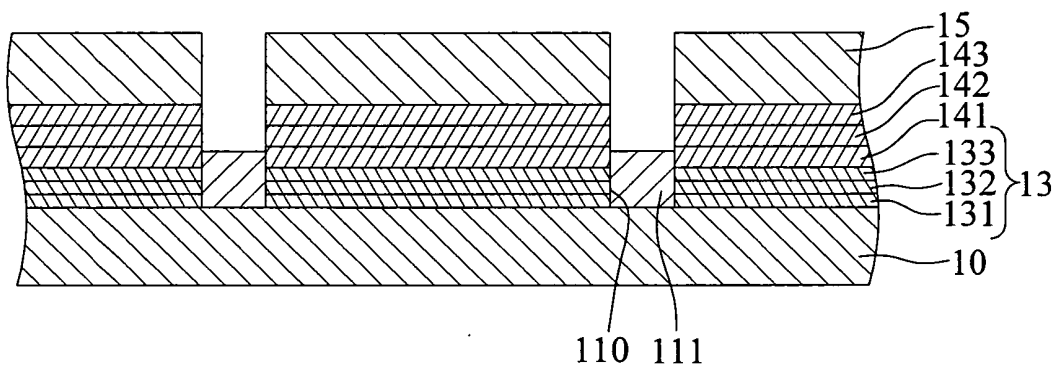
第1E'圖



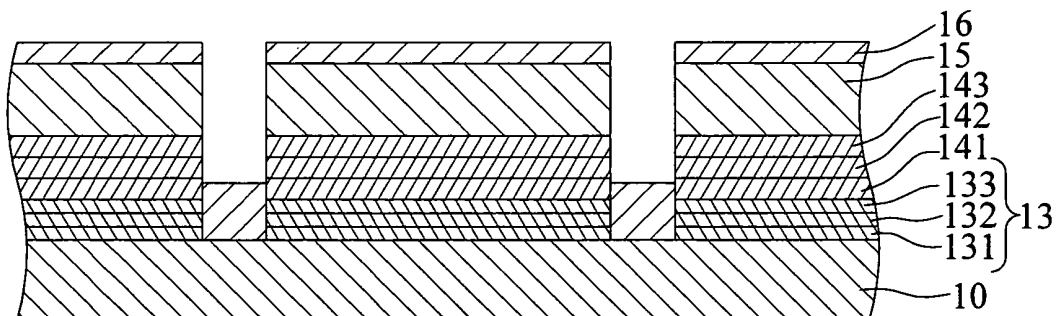
第1F圖



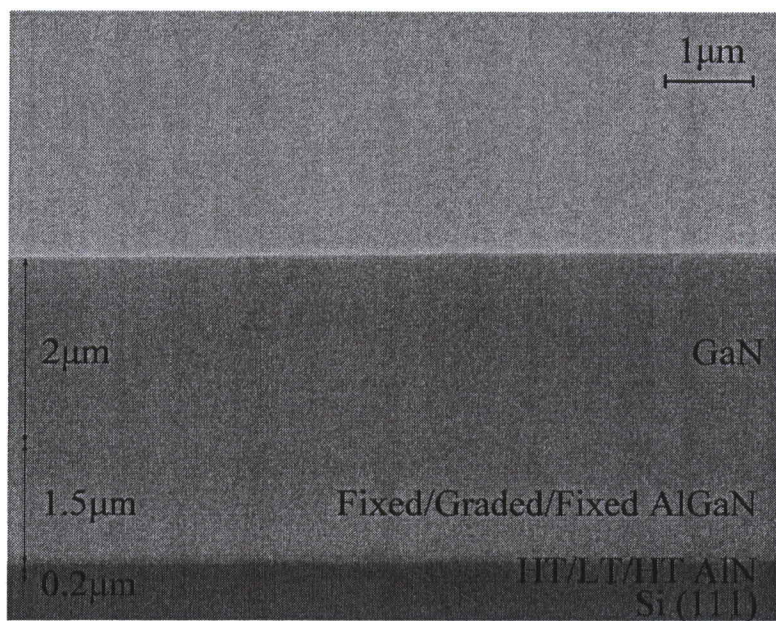
第1G圖



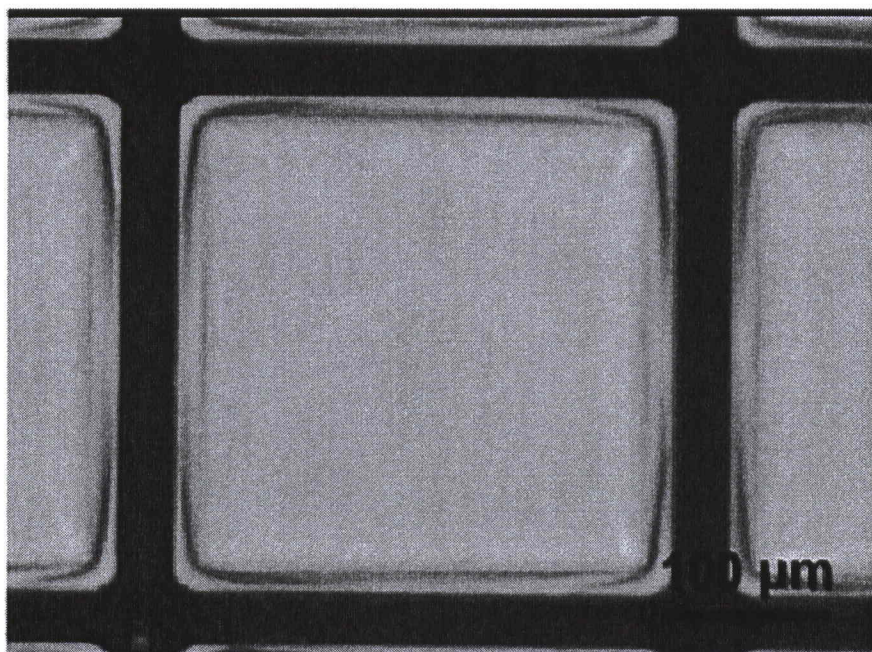
第1H圖



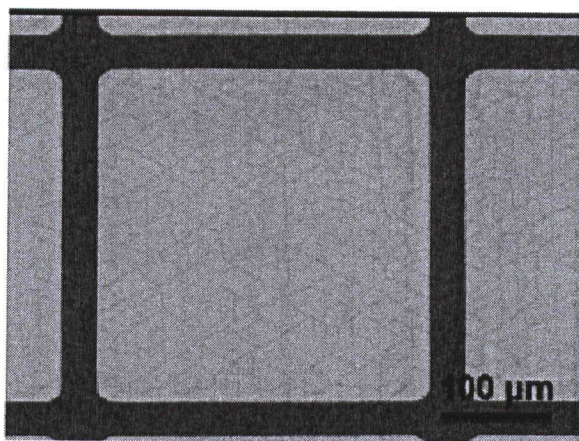
第1I圖



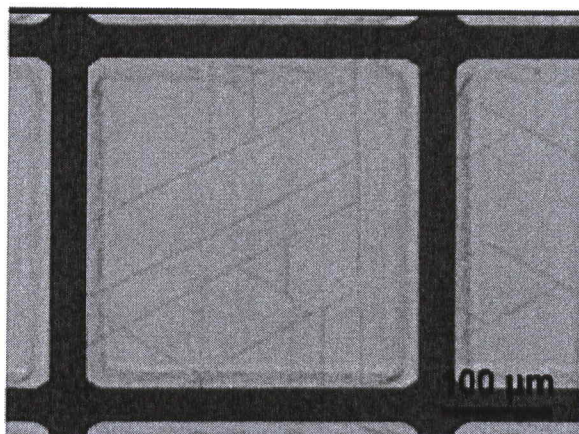
第2A圖



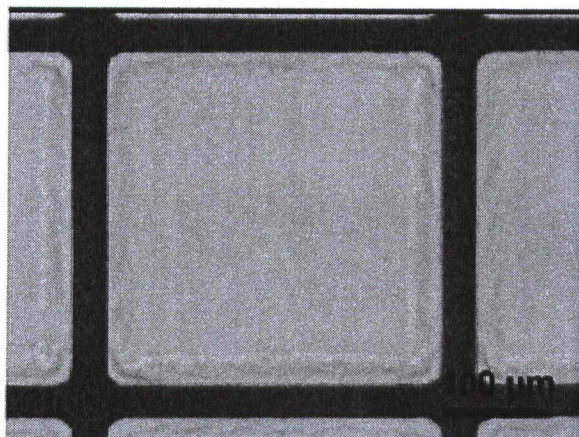
第2B圖



第3A圖



第3B圖



第3C圖