

公告本
-----

## 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：**93130161**

※ 申請日期：**93.10.5**

※IPC 分類：

**H01L 21/205** (2006.01)

**H01L 5/323** (2006.01)

### 一、發明名稱：(中文/英文)

氮化物半導體基板之製造方法及氮化物半導體基板

METHOD OF MANUFACTURING NITRIDE SUBSTRATE FOR SEMICONDUCTORS, AND NITRIDE SEMICONDUCTOR SUBSTRATE

### 二、申請人：(共 1 人)

姓名或名稱：(中文/英文)

日商住友電氣工業股份有限公司

SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.

代表人：(中文/英文)

松本 正義

MATSUMOTO, MASAYOSHI

住居所或營業所地址：(中文/英文)

日本國大阪府大阪市中央區北濱四丁目5番33號

5-33, KITAHAMA 4-CHOME, CHUO-KU, OSAKA-SHI, OSAKA

541-0041, JAPAN

國 籍：(中文/英文)

日本 JAPAN

### 三、發明人：(共 1 人)

姓 名：(中文/英文)

松本 直樹

MATSUMOTO, NAOKI

國 籍：(中文/英文)

日本 JAPAN

#### 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. 日本；2003年10月30日；特願2003-370430

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。

## 九、發明說明：

### 【發明所屬之技術領域】

本發明有關降低翹曲氮化物半導體基板的製造方法，以及有關藉由該方法製造的氮化物半導體基板。

製造半導體元件的基板係為圓形的晶圓，假設藉由諸如光微影、摻雜、擴散、及化學汽相沉積(CVD)的汽相沉積等方法在基板前表面上製造元件，則前表面必須平坦，且具有最小翹曲。在特別作為基板的矽(Si)及砷化鎵(GaAs)上製造半導體元件時，會採用具有最小翹曲及拋光為光學平滑、鏡面處理的Si及GaAs晶圓。

可使用藍寶石晶圓作為藍色發光二極體的基板，其中氮化銦鎵為發光層。在藍寶石基板上形成使用以氮化銦鎵(InGaN)/GaN為主的LED已執行良好且十分可靠。藍寶石基板的成本並不高，代表使用以InGaN為主的LED可以低成本製造。

然而，藍寶石還是有缺點。一個缺點是，由於藍寶石是絕緣體，未在底部附著n個電極，而是在附著n個電極的表面施加GaN層，因而需要額外的面積。另一個缺點是由於藍寶石不會裂開，因而無法沿著自然的裂縫割裂成晶片。且因在不適合之異質基板上生長的是GaN及InGaN，因而造成嚴重的缺陷。

在這些情況下，GaN本身最好是基板。GaN基板已可使用汽相沉積在異質基板基底上沉積厚的GaN薄膜及移除基底以建立GaN獨立層而進行生產。且就尺寸而言，長久以來

眾所期待的50 mm直徑基板也已經可行。

然而，卻使用汽相生長的GaN晶體晶圓作為磊晶沉積基板的已生長基板。在已進行汽相沉積之GaN基板的正面，粗糙度相當大且翹曲嚴重增加中；此種基板上成長的GaN及InGaN不見得可以降低使用藍寶石基板時的缺陷。實驗上在已生長之GaN基板上建立的LED當然執行劣於在藍寶石上製造的LED。

由於在GaN基板上的半導體元件形成係藉由光微影、平坦、鏡面處理的晶圓，且具有如基板所需的最小翹曲。要使晶圓表面光學平滑，必須使用拋光及蝕刻技術。拋光及蝕刻技術在完全發展的半導體基板(如Si及GaAs)上已經相當健全。Si及GaAs晶體可以藉由逐漸凝固熔化物來生長，如Czochralski方法或Bridgeman方法。由於具有少數差排的長柱形鑄錠可以藉由從液相生長來產生，因此會以內徑鋸子切割鑄錠以產生晶圓。這表示翹曲從一開始就是最小。

另一方面，就GaN而言，不可能從液相生長，而是藉由汽相沉積。此外，尚無法得知應該採取何種形式的最佳拋光及蝕刻方法。如果GaN要在不同種類的晶體(如三重對稱)上進行異質沉積，則生長必須以c軸為方向。其表面為(0001)平面及(000 $\bar{1}$ )平面。由於GaN晶體沒有逆對稱，因此(0001)及(000 $\bar{1}$ )平面在晶體上並不相等。(0001)面是鎵原子在上表面上整體排列整齊的面，(000 $\bar{1}$ )面則是氮原子在上表面上整體排列整齊的面。

前者可稱為(0001)Ga面，或簡稱Ga面；後可稱為(000 $\bar{1}$ )N

面或簡稱N面。在物理化學上，Ga面極為頑強且粗糙，無法利用化學劑溶解。N面在物理化學上也很強健，但可以利用特定類型的強酸及強鹼進行侵蝕。GaN晶體就是有此種不對稱性。

當在基底基板上生長GaN時，正面及背面會變成Ga面或N面。根據選擇基底基板的方式，可將正面變成Ga面或N面。然後背面就變成具有相反極性的面。

為了簡單明瞭，將考慮正面為(0001)Ga面及背面為(000 $\bar{1}$ )N面的情況。也可以在相反情況中做出同樣的陳述及實施相同的設計特色。

由於本發明的主題是翹曲，因此開始會先定義翹曲。翹曲可以表示為曲率的半徑或曲率。以上是精確的表示並能在局部指定。即使在翹曲很複雜且基板粗糙度嚴重的情況中，仍可以使用局部曲率表示式表示翹曲。例如，也可以表示具有鞍點的翹曲及類圓柱形鏡片的翹曲。

但對於圓形晶圓的均勻鼓起而言，通常會以比較簡單的表示式代表翹曲。如果粗糙度一致，則會從凸面中央區域之表面的平面高度H來測量晶圓，根據此測量值可提供翹曲值。此為直覺且有助於測量。此翹曲測量可決定絕對值。

翹曲的正負號將以其方向來決定。此定義如圖1所示。沿著正面向外彎曲的翹曲定為正數( $H>0$ )；沿著正面向內彎曲的翹曲定為負數( $H<0$ )。

在可以生產具有少數差排的長單晶鑄錠的情況中，例如Si及GaAs的情況，由於會使用內徑鋸子或線鋸切割鑄錠，

因此一開始就會有些翹曲。然而，要生產GaN晶體，由於要從液相生長已不可能，因此會執行汽相生長。由於提供GaN晶體係藉由在熱膨脹係數與GaN不同之異質基板上的異質磊晶，然後再移除異質基板，因此在GaN晶體中會出現相當大的翹曲。這個問題不只因為熱膨脹係數的差異所造成，還有因為基底基板及覆蓋薄膜材料不同而產生的許多差排所造成。差排會引起不規則的應力，而因為差排量所造成的不規則應力便是翹曲形成的原因。

已移除基底基板之已生長、盤狀、20-50 mm直徑的GaN晶體具有從 $\pm 40 \mu\text{m}$ 至多達 $\pm 100 \mu\text{m}$ 的翹曲，不過，此數值會隨著基底基板的類型及晶體平面方向而不同，以及隨著汽相沉積參數而不同。

由於GaN晶圓基板的翹曲如此龐大，在曝光晶圓上之光微影光阻劑的情況中，其尺寸將會失去平衡。因此必須大幅降低翹曲。Si及GaAs晶圓中的翹曲也必須降低，但對GaN而言，有一個必須降低翹曲的特別原因。由於GaN係為透明，當在具有內建加熱器且加熱的支持台上放置晶圓時，加熱GaN晶體的加熱器並不會產生許多輻射熱。瞭解支持台的熱傳導如何成為主要的熱傳送方式，GaN晶體的背面最好平坦，且其整個表面與支持台接觸而沒有任何間隙。

上述向外彎曲(正翹曲， $H > 0$ )的例子意味著晶圓中央部分與支持台分開。此種情況還比較好，因為熱傳導是從周圍邊緣朝向中央。相反地，在上述向內彎曲(負翹曲， $H < 0$ )的例子中，只有中央接觸支持台，晶圓最後會旋轉，導致

位置不穩定。不只如此，還有原材料氣體會透過四周圍繞的抬高區域繞至背面，致使在基板的背面上也發生薄膜生長或蝕刻。結果，負翹曲甚至比正翹曲更不符合半導體製造的需求。

由於已生長的Ga<sub>2</sub>N晶體具有從±40 μm至±100 μm的翹曲H，因此首要目標在於降低翹曲為介於+30 μm至-20 μm之間。

更有利的做法是，應將翹曲降低為介於+20 μm至-10 μm之間。

此外，可以的話，使翹曲介於+10 μm至-5 μm之間甚至更能符合製造需求。

有許多範例可以用來設計降低產品翹曲的晶體生長方法。這些方法大致可分成以下方法：藉由橫向過度生長Ga<sub>2</sub>N以減輕縱向應力及降低內部應力來降低翹曲，及生長具有競爭作用的兩層及利用作用間的平衡來減小翹曲。以上每一個方法都是嘗試經由沉積參數來降低生長中晶體之翹曲的方法，並非嘗試降低已經產生之晶體之翹曲的方法。

### 【先前技術】

日本未審查的專利申請案第H11-186178號說明的問題如下：在Si基板上生長Ga<sub>2</sub>N薄膜以建立Ga<sub>2</sub>N/Si合成基板時，會發生因Si及Ga<sub>2</sub>N的熱膨脹係數差異而造成Ga<sub>2</sub>N晶體的翹曲及裂開事件。

此參考文獻論及為了防止Ga<sub>2</sub>N晶體發生翹曲及裂開，會在Si基板上形成二氧化矽(SiO<sub>2</sub>)薄膜的長條，且在基板上生

長GaN薄膜時，一開始不會在SiO<sub>2</sub>上生長GaN，因而可在Ga<sub>2</sub>N/Si合成基板中減輕應力及降低翹曲。此基板並非獨立的Ga<sub>2</sub>N薄膜，而是在Si基底上提供大小10 μm之Ga<sub>2</sub>N薄層的合成基板，因而可以藉由SiO<sub>2</sub>的介入而降低Ga<sub>2</sub>N層的內部應力。

日本未審查的專利申請案第2002-208757號有關製造理想晶體的氮化物半導體基板，其係藉由採用橫向過度生長，以及，在控制翹曲的情況下，在缺陷集中的整個聚結界限上分散遍及基板。

日本未審查的專利申請案第2002-335049號提出的沉積方法係藉由橫向過度生長以縮減應力來降低差排，此外還可以降低翹曲。

日本未審查的專利申請案第2002-270528號提出藉由橫向過度生長以降低應力來降低差排的沉積方法可以避免發生翹曲。

日本未審查的專利申請案第2002-228798號利用Si晶體並非作為半導體而是作為鏡子。其目標在於利用Si晶體建立凹面或凸面鏡面。要使Si晶體持有所需的曲率，必須使其變形。要使其變形，可在Si基板上建立鑽石的薄膜，然後藉由鑽石薄膜/Si基板之間的應力使Si基板變形。換言之，會強迫使原來平面的物體鼓起，使其具有凹面或凸面鏡面。該參考文獻描述可隨著鑽石形成參數將Si鼓成選定的曲率。

日本未審查的專利申請案第2003-179022號說明問題如

下：在大測徑Si晶圓上形成半導體元件後，會磨平晶圓背面及會以機械刨平背面以縮減晶圓至所需厚度，不過會形成處理扭曲層，因而產生800  $\mu\text{m}$ 的翹曲，但蝕刻該層會花費太多時間。此參考文獻說明，在瞭解Si晶圓背面的處理扭曲層為非晶性的情況下，要減小翹曲，可以鹵素燈光曝光Si背面5秒，以暫時將晶圓加熱至600-700 $^{\circ}\text{C}$ ，然後將處理扭曲層從非晶性轉換成結晶狀態。因此這是不去除晶圓之處理扭曲層的範例，但是藉由在品質上改變層來減小晶圓翹曲。

因為氮化物半導體的產生主要使用汽相沉積以在異質基板上建立薄膜然後再移除基底基板，由於熱膨脹係數差異所造成的差排及發生於高密度之不匹配的晶格常數，翹曲會很嚴重。雖然在各方面已經提出藉由設計生長方法以降低內部應力而縮減翹曲的方法，但這些方法還是不夠。

即使有了此種方法，製造大薄膜厚度及大直徑的氮化物半導體晶體意味著差排及翹曲也會很大，且在移除基底基板時，晶體通常最後會裂開。即使晶體不會裂開，翹曲也會很大，達到 $\pm 40 \mu\text{m}$ 至多達 $\pm 100 \mu\text{m}$ 。

### 【發明內容】

本發明的目的係為，在翹曲很大的此種晶體基板中，藉由後沉積程序來降低翹曲。

第一目的是提供處理方法，使氮化物半導體基板(如2英寸晶圓)的翹曲數字介於+30  $\mu\text{m}$ 至-20  $\mu\text{m}$ 之間。第二目的是提供處理方法，使GaN基板的翹曲數字介於+20  $\mu\text{m}$ 至-10  $\mu\text{m}$

之間。本發明的第三目的是提供處理方法，藉由後沉積程序以降低氮化物半導體基板的翹曲數字介於+10  $\mu\text{m}$ 至-5  $\mu\text{m}$ 之間。本發明的第四目的是提供翹曲介於+30  $\mu\text{m}$ 至-20  $\mu\text{m}$ 之間的氮化物半導體基板。

依據本發明之一方面之製造氮化物半導體基板的方法說明氮化物半導體基板的翹曲會以機械磨平，以在鼓起基板的凹面中引入受損層，因而延伸凹面，使其接近成為平面，然後降低翹曲。

依據本發明之另一方面的氮化物基板製造方法，藉由機械磨平，在有翹曲之氮化物半導體基板的凹面中引入受損層，使凹面延伸以呈凸面變形；及藉由蝕刻該凸面變形的表面以移除部分或全部受損層及減小凸面，可使基板接近成為平面，因而降低基板翹曲。

依據本發明之進一步方面的製造方法，藉由機械磨平，在有翹曲之氮化物半導體基板的凹面中引入受損層，使凹面延伸以呈凸面變形；會蝕刻凸面變形的表面以移除部分或全部受損層及減小凸面，及以機械磨平，在對面已變成凹面的表面中引入受損層，使凹面延伸，使其成為凸面；藉由蝕刻現在已凸面變形的表面及減小該凸面，使基板接近成為平面，因而降低基板翹曲。

依據係為製造方法之本發明的進一步方面，藉由機械磨平，在有翹曲之氮化物半導體基板的凹面中引入受損層，使凹面延伸以呈凸面變形；及藉由機械磨平，在對面已變成凹面的表面中引入受損層，使凹面延伸，使其成為凸面；

藉由蝕刻現在已凸面變形的表面及減小該凸面，使基板接近成為平面，因而降低基板翹曲。

參考以下結合附圖的詳細說明，熟習此項技術者即可瞭解本發明的上述和其他目的、特色、方面及優點。

### 【實施方式】

本發明將從製造 GaN 基板至磨平及蝕刻的階段進行詳細說明。

#### 1. 生長 GaN 鑄錠

GaN 獨立層係根據日本未審查的專利申請案第 2000-12900 及 2000-22212 號之方法產生。磊晶橫向過度生長 (ELO) 遮罩將置於 (111)GaAs 晶圓上，及藉由如氫化物或有機金屬-氯化物汽相磊晶 (HVPE 或 MO-氯化物 VPE) 之汽相磊晶技術來生長 GaN。

GaN 會在 ELO 遮罩上生長以降低晶體中的應力，此外還必須進行小平面生長以降低差排。沉積可產生厚度 100  $\mu\text{m}$  至數個 mm 的 GaN，及會移除 GaAs 基板以提供獨立的 GaN 基板。

移除 GaAs 基底基板的技術包括以王水溶解、藉由拋光以刮除、及藉由揭開程序來分層。GaN 薄膜生長得很薄可形成單一、獨立的 GaN 晶圓；薄膜很厚時，則會使用晶圓鋸切割以產生複數個晶圓。

在移除 GaAs 後之已生長的 GaN 晶體通常為沿著背面的凸面，翹曲振幅 H 通常為  $\pm 40 \mu\text{m}$  至多達  $\pm 100 \mu\text{m}$ 。沿著背面的粗糙度 ( $R_{\text{max}}$ ) 可以是 10  $\mu\text{m}$  或更多。此種嚴重翹曲係由於基

底基板及 GaN 之間很大的熱膨脹係數差異而發生，及由於因其不匹配之晶格所產生的大量差排而發生。雖然執行方才所述的遮罩利用橫向過度生長技術，但必然還是會發生此種翹曲。

要讓 GaN 基板能在其上製造半導體元件，必須降低翹曲，且正面及背面要平坦化(降低表面粗糙度的程度)。本發明將說明如下。

## 2. 評估已磨平之基板的受損層

藉由使用掃描電子顯微術 (SEM) 及陰極發光 (CL) 的橫截面觀察，即可評估基板上的後-磨平受損層。

從觀察結果顯而易見，在採用 #325 鑽石砂磨平 GaN 晶體面的基板上，受損層的深度約為  $4.8\ \mu\text{m}$ 。

鑽石砂的網目(大小)與表面粗糙度相關。鑽石砂越粗糙，以鑽石砂磨平的表面就越粗糙。使用比較細緻的鑽石砂紋理，以鑽石砂磨平的面就會變平。接著，由於受損層因磨平而產生，因此受損層應與鑽石砂之粗糙度有關係。這表示藉由鑽石砂紋理的粗糙度，在受損層的厚度及表面粗糙度之間應有相關性。

在這些考量下，也會研究受損層的深度及表面粗糙度之間的關係。結果如圖 2 所示。水平軸為網目 (#)。號碼越大，鑽石砂越細緻。圖中描繪的是在 GaN 晶體上以 #80、#325、及 #1000 鑽石砂刨平的受損層，與粗糙度相對。左邊的垂直軸代表受損層深度(厚度為  $\mu\text{m}$ )，右邊的垂直軸代表表面粗糙度  $R_a$  ( $\mu\text{m}$ )。

從圖中應明白，表面粗糙度越低，受損層就越薄。受損層的深度取決於所用鑽石砂的顆粒大小。其意義為受損層的深度可加以控制。使用精細紋理的鑽石砂可降低受損層並使其平滑。同理可證，使用粗糙紋理的鑽石砂即可特意建立厚的受損層。

以合適紋理的鑽石砂磨平可平滑及產生GaN基板面上的受損層。受損層的作用在於伸展受損所形成的表面。如果作用過度，晶體最後反而會鼓起。為了改正此情形，應部分移除受損層，而為了移除受損層，必須執行蝕刻。至於蝕刻，則會嘗試使用化學劑的濕蝕刻及使用電漿的乾蝕刻。

### 3. 正面濕蝕刻的研究

在經過處理後，GaN基板的表面會進行濕蝕刻。將KOH(水溶液，8 N濃度)加熱至80°C，然後將GaN基板浸入溶液中為其進行濕-蝕刻。然而，卻無法改變翹曲。這表示KOH並未濕蝕刻藉由拋光而產生受損層的GaN晶體面。

GaN的(0001)面具有極性。一面(Ga面)以鎵原子終結，另一面(N面)以氮原子終結。Ga面既硬又頑強，化學性質穩定。沒有任何化學劑可以有效蝕刻Ga面。由於正面是Ga面及背面是N面，因此在將基板浸入KOH溶液時，背面N面會有點蝕刻，但正面Ga面完全不受蝕刻。由於被拋光的正面具有受損層，因此KOH無法移除正面受損層。

文件已記載使用如加熱之KOH的強鹼或如H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>的強酸來濕蝕刻GaN。但此種例子只會產生侵蝕N面的結果。本發明人所製造的GaN具有N面及Ga面交替出現的合成正面。由

於在如 KOH 或  $H_3PO_4$  的蝕刻劑中濕蝕刻 GaN 只會蝕刻 N 面，形成凹洞，因此正面最後會很粗糙。雖然拋光正面很費力，但最後造成破壞，沒有任何成果。因此，最後，證實濕蝕刻正面 (Ga 面) 不可行。

#### 4. 背面濕蝕刻

GaN 基板的背面 (N 面) 會被磨平。藉由拋光可在背面建立受損層，且基板會沿著背面凸面鼓起 (翹曲：負數)。據發現，當以  $80^\circ C$  之 8N KOH 溶液或以  $H_3PO_4$  磷酸濕蝕刻具有負翹曲的基板時，隨著蝕刻時間消逝，翹曲的絕對值也會降低。亦即，以強鹼及強酸蝕刻為 N 面的背面，且隨著縮減之受損層的縮減，翹曲也會縮減。這表示背面拋光及濕蝕刻構成可用來縮減翹曲的方法。

因此利用該方法的結果如圖 3 所示。在背面濕蝕刻和方才所述相同的條件下，可濕蝕刻 GaN 基板的背面。圖中水平軸代表濕蝕刻深度 ( $\mu m$ )，垂直軸則代表翹曲 ( $\mu m$ )。從圖中顯而易見，濕蝕刻正面具有初始  $-33 \mu m$  凹面翹曲的凹面 GaN 基板可縮減翹曲。在蝕刻一些  $5 \mu m$  後，翹曲成為約  $-10 \mu m$ ，在此之外的蝕刻並無法降低  $-10 \mu m$  翹曲。

此外，厚度變化在數個  $\mu m$  以下，亦即在沒有問題的等級。

濕蝕刻基板的背面可提供 GaN 晶體，外觀像磨砂玻璃呈霧狀，而其正面會進行整體鏡面處理，是透明的。這是因為背面已經進行表面粗糙化。由於翹曲已經降低，因此在可接受玻璃狀背面的情況中，該狀態中的基板可以使用。

然而，玻璃狀背面的情況也會出問題，其中背面必須是

鏡子般的表面。在此種情況中，必須進行藉由乾蝕刻背面以移除受損層的配置。當藉由乾蝕刻進行移除時，背面不會變成磨砂玻璃狀。

要濕-蝕刻Ga面是不可行的事實，但已說明濕蝕刻N面為可行。藉由濕蝕刻或乾蝕刻可以去除N面(背面)的受損層。至於正面，僅能藉由乾蝕刻加以移除。

### 5. 正面乾蝕刻的研究

因為濕蝕刻不起作用，蝕刻正面(Ga面)的唯一選項是藉由乾蝕刻。假設乾蝕刻可行，意即沿著GaN基板的正面移除受損層應該可行。

在以下條件下乾蝕刻GaN將可以蝕刻正面。

設備：	反應性離子蝕刻器
氣體：	鹵素氣體(氯氣)
氣流率：	5 sccm至100 sccm
蝕刻期間壓力：	0.1 Pa至10 Pa
電漿功率：	天線-100 W至500 W
	偏壓-5 W至20 W

圖4描繪GaN基板的正面(Ga面)乾蝕刻條件如下時，正面蝕刻深度及翹曲之間的關係：氣流率=10 sccm；壓力=1 Pa；天線功率300 W；偏壓10 W。水平軸為蝕刻深度( $\mu\text{m}$ )，垂直軸為翹曲( $\mu\text{m}$ )。雖然開始時的翹曲為40  $\mu\text{m}$ ，執行的蝕刻可繼續縮減翹曲。當蝕刻深度為0.8  $\mu\text{m}$ 時，翹曲降低為+30  $\mu\text{m}$ ；在1.3  $\mu\text{m}$ 的蝕刻深度，翹曲降低為+22  $\mu\text{m}$ ，在2  $\mu\text{m}$ 的蝕刻深度，翹曲降為+16  $\mu\text{m}$ ；在3.6  $\mu\text{m}$ 的蝕刻深度，翹曲降為

+13  $\mu\text{m}$ ；在5.5  $\mu\text{m}$ 的蝕刻深度，翹曲縮減為+10  $\mu\text{m}$ ；及當蝕刻深度超過6  $\mu\text{m}$ 時，翹曲不再降低，維持在+10  $\mu\text{m}$ 的等級。

已知雖然正面是Ga面，正面無法藉由濕蝕刻技術來蝕刻，但使用乾蝕刻技術-反應性離子蝕刻(RIE)-也可以蝕刻Ga面。亦已知藉由蝕刻，可降低正翹曲(正面中的凸面)。這是很重大的發現。受損層位於正面時，該層會產生正翹曲(沿著正面的凸面)。由於產生正翹曲的因素因為正面降低而縮減，因此翹曲可繼續降低。這是合理的解釋。

#### 6.背面乾蝕刻的研究

在如正面的相同條件下，也可以在GaN基板的背面(N面)進行乾蝕刻。藉由使用氯電漿的乾蝕刻，也可以移除背面的受損層。移除背面的受損層可以將相對正面為凹面的翹曲改變成為相對正面為凸面。(翹曲從負數變成正數。)不用破壞背面的表面平滑度也可以移除基板背面上的受損層。

#### 7.控制翹曲

本文不言可喻，可以藉由結合磨平或類似的機械程序及乾蝕刻來控制翹曲。受損層會在磨平正面(Ga面)或背面(N面)時形成。受損層會在磨平面上產生壓縮力，使其伸展。因此正面會在受損層在正面上時偏向凸面。而背面會在受損層都在兩面上時偏向凸面。翹曲率可以利用受損層的厚度 $d$ 加以調整，且受損層可以藉由乾蝕刻來移除。如果因此可以降低受損層的厚度，則翹曲會從凸面成為凹面。這些是藉由形成受損層為何可以控制翹曲的原因。

此種例子如圖5所示。晶圓內所繪的複數垂直線代表差排。此外，晶圓前面/背面處繪有小點；這些小點是因磨平而產生的受損層。圖5A顯示正面為凸面( $H>0$ )之晶圓的技術，其中磨平凹面背面可在背面上建立受損層以縮減翹曲。圖5B顯示正面為凹面( $H<0$ )之晶圓的技術，其中磨平凹面正面可在正面上建立受損層以縮減翹曲。圖5C顯示背面乾蝕刻的技術，其中會磨平正面為凹面( $H<0$ )之晶圓背面以在背面建立受損層，及背面的受損層已降低及變薄。

藉由汽相沉積在異質基板上沉積之Ga<sub>2</sub>N基板的翹曲(其基底基板已移除)為 $\pm 40$ 至多達 $\pm 100 \mu\text{m}$ 。如果翹曲因此很大，則在元件製造期間因光微影而造成的光學曝光圖案錯誤也會很大。在接觸曝光其受壓的基板時，如果有翹曲，基板會裂開。因此，Ga<sub>2</sub>N基板的翹曲必須為 $+30 \mu\text{m}$ 至 $-20 \mu\text{m}$ 。翹曲最好是 $+20 \mu\text{m}$ 至 $-10 \mu\text{m}$ ，為 $+10 \mu\text{m}$ 至 $-5 \mu\text{m}$ 更好。

GaN基板是透明的。藉由有機金屬化學汽相沉積(MOCVD)或分子束磊晶(MBE)、或蒸汽沉積晶圓上的電極以在GaN晶圓上形成薄膜意味著薄膜是放在具有內建加熱器及已加熱的支持台上，但由於晶圓是透明的，因此無法有效吸收加熱器的輻射熱。未吸收輻射熱，晶圓反而從支持台吸收熱傳導造成的熱。由於吸收途徑係藉由熱傳導，因此晶圓及支持台的接觸方式非常不可靠。為了使加熱均勻，晶圓及支持台之間的接觸狀態也必須均勻。如果晶圓中有翹曲，熱傳導將受限於中央部分(凹面翹曲)或周圍部分(凸面翹曲)。由於此種翹曲無法進行均勻的加熱，因此只能

在晶圓中建立強烈及直徑方向的溫度散佈。結果，製造元件的特性最後會不一致。就此而言，GaN基板與Si及GaAs基板極為不同。

因此，就翹曲而言，GaN基板的條件會比Si或GaAs基板更為嚴苛。由於要使熱傳導均勻，將尋求與支持台的整體平均接觸，零翹曲最為理想。可容許翹曲的範圍和在零上下不同：在容許限度以上，其中翹曲為凸面，可多達 $30\ \mu\text{m}$ ，及在容許限度以下，其中翹曲為凹面，則多達 $20\ \mu\text{m}$ 。

因此可以容許的翹曲限度為

限度(a)： $+30\ \mu\text{m}$ 至 $-20\ \mu\text{m}$ ；

限度(b)： $+20\ \mu\text{m}$ 至 $-10\ \mu\text{m}$ ；及

限度(c)： $+10\ \mu\text{m}$ 至 $-5\ \mu\text{m}$ 。

#### 本發明的有利特色

如果翹曲很大，則在使用汽相沉積及取下異質基板以在異質基板上生長GaN所獲得的GaN晶體晶圓上藉由光微影製造半導體元件，轉移圖案中的錯誤將很嚴重。且在真空夾取晶圓時，晶圓將會裂開。

因為本發明能使晶圓翹曲介於 $+30\ \mu\text{m}$ 至 $-20\ \mu\text{m}$ 之間，即使真空夾取晶圓也不會裂開。依據本發明的晶圓即使在晶圓上放置接觸曝光的遮罩時也不會破裂。由於沒有翹曲，可將遮罩圖案精確轉移至光阻劑上，因此光學曝光圖案中不會出現任何錯誤。這些特色可以提高元件製造良率。

因為受損層是用來減小翹曲，因此本發明的受損層會繼續留著直到某一個程度。在某些情況中將會出現最多 $50\ \mu\text{m}$

之沿著背面的受損層及最多  $10\ \mu\text{m}$  之沿著正面的受損層。沿著正面的受損層非常薄，致使在製造元件時不會變成阻礙。即使沿著背面，由於受損層為  $50\ \mu\text{m}$  或以下，因此在使用晶圓處理的操作後也不會發生諸如破裂生長或斷裂事件等分裂。

本發明人發現，以具有粗網目的鑽石砂磨平氮化物基板表面會產生受損層且受損層表面具有伸展效應，以及發現，藉由蝕刻以降低受損層，可縮減會伸展表面的作用。因此，本發明的新穎技術係為，藉由在氮化物基板的正面/背面上引入(磨平)受損層，然後移除部分受損層，即可產生具有最小翹曲的平面基板。

當考慮翹曲  $H$  及其正負號時，正面受損層引入  $S$  及背面蝕刻  $T$  可增加翹曲  $H$ ，而正面蝕刻  $U$  及背面受損層引入  $W$  可降低翹曲  $H$ 。

H 漸進增加程序 - 正面受損層引入  $S$ ，背面蝕刻  $T$

H 漸進降低程序 - 正面蝕刻  $U$ ，背面程序 - 變形層引入  $W$ 。

由於正面受損層引入  $S$  及正面蝕刻  $U$  為獨立程序，因此不一定要形成一對。同樣地，由於背面蝕刻  $T$  及背面受損層引入  $W$  為獨立程序，因此也不一定要形成一對。但由於蝕刻程序必須用於移除受損層，正面受損層引入  $S$  必須在正面蝕刻  $U$  前面。同樣地，背面受損層引入  $W$  也必須在背面蝕刻  $T$  之前。

再繼續進一步，可採用這些程序的正負號以表示翹曲的增加/降低。因此， $S$  及  $T$  可為正值； $U$  及  $W$  可為負值。由於

翹曲中因蝕刻而改變的絕對值小於翹曲中因受損層而改變的絕對值，因此 $S+T$ 為正數， $U+W$ 為負數。也就是：

$$S>0; T>0 \quad (1)$$

$$U<0; W<0 \quad (2)$$

$$S+U>0 \quad (3)$$

$$W+T<0 \quad (4)$$

假設初始翹曲為 $H_i$ 及最終翹曲為 $H_o$ ，則基本上

$$H_i+S+U+W+T=H_o \quad (5)$$

理想上，最終翹曲 $H_o$ 為0，但也有約為0的最佳限度，最好具有限度如下：

$$+30 \mu\text{m} \geq H_o \geq -20 \mu\text{m} \quad (6)$$

在給定等式(5)的意義下，其意義為增加透過正面磨平(因 $S$ 為正數)的翹曲，降低藉由正面磨平(因 $U$ 為負數)的翹曲，降低藉由背面磨平(因 $W$ 為負數)的翹曲，及增加藉由背面磨平(因 $T$ 為正數)的翹曲可產生合適的(從 $-20 \mu\text{m}$ 至 $+30 \mu\text{m}$ )最終翹曲 $H_o$ 。為了簡單明瞭之故，可將翹曲 $H_o$ 視為0。在給定等式(1)至(4)的參數下，無論初始翹曲 $H_i$ 為何，都可能產生為0的最終翹曲，不然也在合適的限度(6)內。

然而，沿著正面之受損層的最終厚度為 $10 \mu\text{m}$ 或更少的事實對 $S+U$ (正值)有所限制。接著，沿著背面之受損層的厚度為 $50 \mu\text{m}$ 或更少的事實也會對 $W+T$ (負值)有所限制。

由於 $W+T$ 可能是絕對值很大的負數，初始翹曲 $H_i$ 為正數中的實施表示本發明在自由度特別大的情況下，本發明更容易具體實施。

當初始翹曲  $H_i$  為正數 - 即沿著正面 (Ga 面) 有凸面時 - 則可以省略步驟 S 及 U，而翹曲的縮減可以只依據

$$(H_i > 0) \quad H_i + W + T = H_0. \quad (7)$$

換言之，這表示只有背面磨平 W 及背面蝕刻 T 便已足夠。此外，如果情況是可藉由背面磨平精確控制翹曲的改變，則背面蝕刻 T 可以省略。亦即，此種情況會使得

$$(H_i > 0) \quad H_i + W = H_0. \quad (8)$$

這主張只藉由背面磨平 W 即可減小翹曲 (具體實施例 3)。

在初始翹曲  $H_i$  為負數的例子中 - 即沿著正面 (Ga 面) 有凹面時 - 則因為必須增加 H，將會需要 S 及 T (S, T 均為正數)。但即使如此，由於 T 必然需要 W，因此只有正面蝕刻 U 可以省略。則在此種例子中可行的是

$$(H_i < 0) \quad H_i + S + W + T = H_0. \quad (9)$$

這說明翹曲可以只藉由正面磨平 S、背面磨平 W、及背面蝕刻 T 來縮減 (具體實施例 2)。

然而，在初始翹曲  $H_i$  為負數的一些情況中，建議使用所有四個步驟：

$$(H_i < 0) \quad H_i + S + U + W + T = H_0. \quad (10)$$

這說明翹曲可以只藉由正面磨平 S、正面蝕刻 U、背面磨平 W、及背面蝕刻 T 來縮減 (具體實施例 1)。

即使初始翹曲  $H_i$  為正數時也可以利用技術 (9) 及 (10)。因此，請記下以下本發明所有可行的技術。

$$(H_i > 0) \quad H_i + W = H_0. \quad (8)$$

$$(H_i > 0) \quad H_i + W + T = H_0. \quad (7)$$

$$(H_i+/-) \quad H_i+S+W+T=H_0 \quad (9)$$

$$(H_i+/-) \quad H_i+S+U+W+T=H_0 \quad (10)$$

### 具體實施例

GaN如上述是藉由HVPE在GaAs基底基板上生長。GaAs基底基板會被移除以形成獨立、單獨的GaN晶體。因此所得之已生長的GaN晶體基板為直徑50.8 mm(2英吋)及厚度500  $\mu\text{m}$ 。

基板有沿著正面(Ga面)的凹面，且翹曲的絕對值為40  $\mu\text{m}$ 或更多( $H < -40 \mu\text{m}$ )。正面的表面粗糙度為 $R_{\text{max}}$  10  $\mu\text{m}$ 或更多。表面粗糙度及翹曲的測量係採用觸針式測面儀(由日本東京精密株式會社(Tokyo Seimitsu Co.)製造的「Surfcom」)。

藉由上臘至以氧化鋁陶磁製成的平台，然後在以下表格所示條件下加以磨平，即可加上GaN晶體。

表 I GaN晶體基板正面/背面磨平條件

GaN晶體	外直徑：2英吋(50.8 mm $\phi$ )；厚度：500 $\mu\text{m}$
磨平表面	(0001)平面；Ga面或N面
磨平裝置	旋轉型磨床
磨平參數	鑽石砂直徑：200 mm $\phi$
	鑽石砂/顆粒大小：鑽石，#325
	工作轉數：400 rpm
	饋送率：5 $\mu\text{m}/\text{min}$ .
	磨平泥供應率：5 L/min.

磨平後仍立即加到拋光平台之GaN晶體基板的平面(翹曲)為 $\pm 2 \mu\text{m}$ ，及表面粗糙度 $R_{\text{max}}$ 為0.5  $\mu\text{m}$ 。由於拋光平台完全平坦，因此可以確定牢牢黏接至平台之基板的翹曲會很少。

拋光平台會加熱至100 $^{\circ}\text{C}$ 以從平台剝除GaN晶體基板。

從拋光平台分開的GaN晶體基板可在異丙醇中進行超音波清洗。然後會測量各階段中GaN基板的翹曲。

如方才所述的磨平可在正面(Ga面)及背面(N面)上執行。

磨平可產生受損層。會進行蝕刻基板以在磨平後立即移除受損層的配置。雖然可以使用KOH來濕蝕刻N面(背面)，而在Ga面(正面)，因為濕蝕刻不起作用，所以會使用氯電漿執行乾蝕刻。當然，乾蝕刻背面也是可行。蝕刻條件如下：

表 II 乾蝕刻參數

設備	反應性離子蝕刻器
氣體	氯
氣流率	10 sccm
蝕刻期間的壓力	1Pa
電漿功率	天線：300 W；偏壓：10 W

可以先磨平正面或背面。對於以下程序A及程序B，個別順序如下所示。不一定要設定程序為蝕刻操作永遠在磨平操作之後；兩個基板側都可以磨平，然後再蝕刻兩個基板側(程序C及程序D)。

因為個別階段後會執行清洗及乾燥，例如在從拋光平台分開基板時，及在蝕刻後，在此這些均已省略。

#### 程序 A

- 正面磨平
- 正面乾蝕刻(氯電漿)
- 背面磨平
- 背面濕蝕刻(KOH)，或乾蝕刻(氯電漿)

所寫程序順序將詳細說明如下。

生長基板 → 加至平台 → 磨平正面 → 從平台分開(揭開) →  
乾蝕刻正面 → 加至平台 → 磨平背面 → 從平台分開(揭開) →  
濕蝕刻或乾-蝕刻背面。

#### 程序 B

- 背面磨平
- 背面濕蝕刻(KOH)，或乾蝕刻(氣電漿)
- 正面磨平
- 正面乾蝕刻(氣電漿)

所寫程序順序將詳細說明如下。

生長基板 → 加至平台 → 磨平背面 → 從平台分開(揭開) →  
濕蝕刻或乾蝕刻背面 → 加至平台 → 磨平正面 → 從平台分開  
(揭開) → 乾蝕刻正面。

#### 程序 C

- 正面磨平
- 背面磨平
- 正面乾蝕刻(氣電漿)
- 背面濕蝕刻(KOH)，或乾蝕刻(氣電漿)

#### 程序 D

- 背面磨平
- 正面磨平
- 背面濕蝕刻(KOH)，或乾蝕刻(氣電漿)
- 正面乾蝕刻(氣電漿)

在以下說明的具體實施例 1 中，會採用程序 A，其中會測

量基板翹曲的情況如下：在後生長自由態、在黏附平台時的後磨平束縛態、在從平台分開後的自由態、在正面蝕刻後的自由態、在背面磨平後黏附平台時的束縛態、及在背面蝕刻後的自由態。

具體實施例1： 凹面翹曲( $H < 0$ )：正面磨平 → 正面DE → 背面磨平 → 背面DE

GaAs基底基板可從中移除之(2英吋 $\phi$ ，500  $\mu\text{m}$ 厚度)GaN晶體之自由態中的翹曲為 $H = -50 \mu\text{m}$ (正面凹面)。會將背面加至拋光平台及會磨平正面。磨平條件如先前所述。在束縛態中附加之GaN晶體中後磨平正面翹曲的絕對值不會多於 $1 \mu\text{m}$ 。已從平台揭開之自由態之GaN晶體的翹曲為 $H = +30 \mu\text{m}$ 。

這表示晶體沿著正面已變成凸面。其原因是因為厚的受損層已藉由磨平而引入正面，及受損層已產生會伸展正面的應力。由於正面出現受損層並不理想，因此會以氣電漿乾蝕刻(DE)正面。之後證實翹曲為 $H = +10 \mu\text{m}$ 。雖然沿著正面之凸面的條件本身不會改變，但翹曲量卻可以降低。此外，會將正面加至平台及磨平背面。磨平條件如先前所述。牢牢黏附平台時之GaN晶體的後-磨平背面翹曲不會多於 $1 \mu\text{m}$ 。

已從平台脫離之自由態之GaN晶體的翹曲為 $-20 \mu\text{m}$ 。其原因是因為受損層已藉由磨平而沿著背面產生，因而受損層的作用可伸展該表面。接著乾蝕刻背面後之自由態中的翹曲為 $H = -5 \mu\text{m}$ 。這表示大部分的翹曲都已消失。依據本發明，此翹曲足以滿足條件： $+30 \mu\text{m} \geq H \geq -20 \mu\text{m}$ ；還可以滿足較佳條件： $+20 \mu\text{m} \geq H \geq -10 \mu\text{m}$ ；及事實上還可以滿足最

佳條件： $+10 \mu\text{m} \geq H \geq -5 \mu\text{m}$ 。

磨平會形成受損層及由於此受損層會有效伸展磨平表面，因此翹曲會變到對面。而進一步的意義是當藉由蝕刻移除受損層時，會對應於移除量來縮減翹曲。簡言之，這代表藉由結合磨平及蝕刻，即可降低或減小翹曲。

表III 具體實施例1在以下情形後立即發生的翹曲改變：  
晶體生長後、正面磨平後、揭開後、正面乾蝕刻後、背面磨平後、揭開後、及背面乾蝕刻後

階段	翹曲H( $\mu\text{m}$ )
晶體-生長後(自由態)	-50
正面磨平後(束縛態)	0
揭開後(自由態)	+30
正面乾蝕刻後(自由態)	+10
背面磨平後(束縛態)	0
揭開後(自由態)	-20
背面乾蝕刻後(自由態)	-5

具體實施例2 凹面翹曲( $H < 0$ )：正面磨平 → 背面磨平 → 背面DE

具體實施例2為省略具體實施例1之正面乾蝕刻(DE)的具體實施例。

GaAs基底基板可從中移除之(2-英吋 $\phi$ ，500- $\mu\text{m}$ 厚度)GaN晶體之自由態中的翹曲為 $H = -50 \mu\text{m}$ (正面凹面)。會將背面加至拋光平台及會磨平正面。磨平條件如先前所述。束縛態附加時之GaN晶體的後-磨平正面翹曲絕對值不會多於 $1 \mu\text{m}$ 。自由態之GaN晶體從平台揭開時的翹曲為 $H = +30 \mu\text{m}$ 。

這表示晶體沿著正面已變成凸面。其原因是因為厚的受

損層已藉由磨平而引入正面，及受損層已產生會伸展正面的應力。正面不會執行乾蝕刻，但會將正面加至平台及磨平背面。磨平條件如先前所述。在背面磨平時，會發生局部裂開的例子。牢牢黏附平台時之Ga<sub>2</sub>N晶體的後磨平背面翹曲不會多於1 μm。

從平台脫離時之自由態之Ga<sub>2</sub>N晶體的翹曲為-30 μm。其原因是因為受損層已藉由磨平而沿著背面產生，因此，受損層的作用是伸展該表面。接著會乾-蝕刻背面。之後，自由態的翹曲為H=-20 μm。依據本發明，此翹曲可滿足條件： $+30 \mu\text{m} \geq H \geq -20 \mu\text{m}$ 。這是光微影可行的翹曲限度。此處特別的意義為，由於未執行正面蝕刻，因此可以減小使H成為正數的因素。

表IV 具體實施例2在以下情形後立即發生的翹曲改變：  
晶體生長後、正面磨平後、揭開後、背面磨平後、揭開後、及背面乾蝕刻後

階段	翹曲H(μm)
晶體-生長後(自由態)	-50
正面磨平後(束縛態)	0
揭開後(自由態)	+30
正面乾蝕刻後(自由態)	-
背面磨平後(束縛態)	0
揭開後(自由態)	-30
背面乾蝕刻後(自由態)	-20

具體實施例3 凸面翹曲(H>0)：背面磨平

GaAs基底基板可從中移除之(2英吋φ，500 μm厚度)Ga<sub>2</sub>N晶體之自由態中的翹曲為H=+30 μm(正面凸面)。晶體會加

至陶磁平台，且會磨平兩側以降低受損層。這表示會採用細-網目鑽石砂。Ra不會多於5 nm。

在此具體實施例中，不用建立正面磨平受損層也不用蝕刻，即可減小翹曲，方法比較簡單。會將正面加至拋光平台及會磨平背面。磨平條件如先前所述。牢牢黏附平台時之GaN晶體的後-磨平背面翹曲不會多於1  $\mu\text{m}$ 。已從平台揭開之自由態之GaN晶體的翹曲為+10  $\mu\text{m}$ 。由於翹曲為正，因此不用執行背面蝕刻。此具體實施例-翹曲為凸面的例子-的意義是只要在背面引入受損層，即可縮減翹曲。

表V 具體實施例3在以下情形後立即發生的翹曲改變：  
晶體生長後、背面磨平後、及揭開後

階段	翹曲H( $\mu\text{m}$ )
晶體-生長後(自由態)	+30
正面磨平後(束縛態)	-
揭開後(自由態)	-
正面乾蝕刻後(自由態)	-
背面磨平後(束縛態)	0
揭開後(自由態)	+10
背面乾蝕刻後(自由態)	-

此處，只要翹曲在磨平背面後是負數(沿著背面的凸面)，蝕刻背面以移除部分受損層將使表面比較接近平面( $H \rightarrow 0$ )。

僅選擇選定的具體實施例來說明本發明。然而，根據上述揭示內容，熟習此項技術者應明白，可於此進行各種變化與修改而不會背離隨附申請專利範圍所定義的本發明之範疇。此外，依據本發明之上述具體實施例僅提供用於說

明而非限制藉由隨附申請專利範圍及其同等內容所定義的本發明。

### 【圖式簡單說明】

圖1為基板之放大的外形截面圖，呈現指定翹曲之正負號的定義，其中沿著正面的凸面翹曲為正數，及沿著背面的凸面翹曲為負數。

圖2是描繪2英吋Ga<sub>N</sub>晶圓之正面以#80、#325、及#1000鑽石砂進行磨平操作時之正面粗糙度(Ra:  $\mu\text{m}$ )及受損層深度的測量圖。水平軸為鑽石砂(網目)號碼，右邊垂直軸為表面粗糙度Ra( $\mu\text{m}$ )的等級，及左邊垂直軸為受損層深度( $\mu\text{m}$ )。從圖中顯而易見，以鑽石砂作為中間媒介，受損層越深，表面-粗糙度等級越大。

圖3是描繪翹曲H之測量值與利用KOH溶劑濕-蝕刻後-背面-磨平Ga<sub>N</sub>晶圓之背面(N面)上的受損層時之蝕刻深度之測量值對照的曲線圖。水平軸為蝕刻深度( $\mu\text{m}$ )，垂直軸為晶圓翹曲H( $\mu\text{m}$ )。從圖中顯而易見，蝕刻具有初始-33  $\mu\text{m}$ 凹面翹曲(沿著正面向內彎曲)的晶圓繼續降低翹曲。蝕刻一些5  $\mu\text{m}$ 後，翹曲會變成固定的-10  $\mu\text{m}$ 左右，並不會降低低於該值。

圖4是描繪翹曲H之測量值與利用氯電漿乾-蝕刻磨平後之Ga<sub>N</sub>晶圓之正面(Ga面)上受損層時之蝕刻深度之測量值對照的曲線圖。水平軸為正面蝕刻深度( $\mu\text{m}$ )，垂直軸為晶圓翹曲H( $\mu\text{m}$ )。從圖中顯而易見，蝕刻具有初始+41  $\mu\text{m}$ 凹面翹曲(沿著正面向外彎曲)的晶圓繼續降低翹曲。蝕刻一些

6 $\mu\text{m}$ 後，翹曲會變成固定的+10  $\mu\text{m}$ 左右，並不會降低低於該值。

圖5為說明本發明藉由結合以磨平形成受損層及降低利用蝕刻的受損層來降低晶圓中翹曲之基本技術的晶體-截面圖。直線代表差排，斑點代表受損層。圖5A顯示用於後-生長基板晶體沿著正面凸面鼓起( $H>0$ )之情況的技術，其中磨平背面可在背面建立受損層，以延伸背面及降低翹曲。圖5B顯示用於後-生長基板晶體沿著正面凸面鼓起( $H<0$ )之情況的技術，其中磨平正面可在正面建立受損層，以延伸正面及降低翹曲。圖5C顯示用於磨平背面已產生過度受損層而造成沿著正面的凹面翹曲之情況的技術，其中會藉由蝕刻移除背面上的受損層，因而使受損層變薄以降低翹曲。

## 五、中文發明摘要：

在一基底異質基板上，使用汽相沉積以製出一氮化鎵 (GaN) 層，然後再移除該基底基板，而製造一獨立 GaN 薄膜，於該 GaN 薄膜中，由於層與基底之熱膨脹係數及晶格常數的差異，翹曲將會高達  $\pm 40 \mu\text{m}$  至  $\pm 100 \mu\text{m}$ 。由於該翹曲，藉由光微影的元件製造十分困難，目標為降低翹曲為  $+30 \mu\text{m}$  至  $-20 \mu\text{m}$ 。磨平凹面偏向的表面，使其具有含伸展效應的受損層，使表面成為凸面。藉由蝕刻移除已成為凸面之表面的受損層，以縮減翹曲。或磨平在已成為凸面之表面相反側的凸面以產生一受損層。由於凹面因受損層而成為凸面，因此適當蝕刻受損層將可縮減翹曲。

## 六、英文發明摘要：

## 十、申請專利範圍：

1. 一種製造氮化物半導體基板的方法，於該方法中，為在具有翹曲之一氮化物半導體基板上為凹面彎曲的表面引入一受損層，而進行機械磨平，以延伸該凹面，使該凹面接近成為平面，及降低翹曲。

2. 一種製造氮化物半導體基板的方法，於該方法中：

為在具有翹曲之一氮化物半導體基板上為凹面彎曲的表面引入一受損層，而進行機械磨平，以延伸該凹面，使該凹面呈凸面變形；及

蝕刻該凸面變形的表面以至少部分移除該受損層及減小凸面，使基板接近成為平面及降低基板翹曲。

3. 一種製造氮化物半導體基板的方法，於該方法中：

為在具有翹曲之一氮化物半導體基板上為凹面彎曲的表面引入一受損層，而進行機械磨平，以延伸該凹面，使該凹面呈凸面變形，藉此將相反側表面變成凹面；

蝕刻該凸面變形的表面以至少部分移除該受損層及減小該凸面；

為在變成凹面的相反側表面引入一受損層，而進行機械磨平，以延伸該相反側凹面及使其成為凸面；及

蝕刻該相反側凸面變形的表面以減小該凸面變形的表面，以使該基板接近成為平面及降低基板翹曲。

4. 一種製造氮化物半導體基板的方法，於該方法中：

為在具有翹曲之一氮化物半導體基板上為凹面彎曲的表面引入一受損層，而進行機械磨平，以延伸該凹面，

使該凹面呈凸面變形，藉此將相反側表面變成凹面；

為在變成凹面的相反側表面引入一受損層，而進行機械磨平，以延伸該相反側凹面及使其成為凸面；及

蝕刻該相反側凸面變形的表面以減小該凸面變形的表面，以使該基板接近成為平面及降低基板翹曲。

5. 一種具有一Ga面的氮化物半導體基板，其特徵為：假設沿著該Ga面之凸面翹曲的正負號為正數、沿著該Ga面之凹面翹曲的正負號為負數，而在該基板周圍邊緣所在之平面及該基板中央點之間的附帶適當正負號之距離大小定義為翹曲H時，則 $+30\ \mu\text{m} \geq H \geq -20\ \mu\text{m}$ ；該氮化物半導體基板的進一步特徵為以下其中一者：厚度 $10\ \mu\text{m}$ 或更少的一受損層存在於該基板正面上；藉由機械操作所產生之厚度 $50\ \mu\text{m}$ 或更少的一受損層存在於該基板背面上。
6. 如請求項5之氮化物半導體基板，其中 $+20\ \mu\text{m} \geq H \geq -10\ \mu\text{m}$ 。
7. 如請求項5之氮化物半導體基板，其中 $+10\ \mu\text{m} \geq H \geq -5\ \mu\text{m}$ 。

十一、圖式：

翹曲振幅、方向的定義

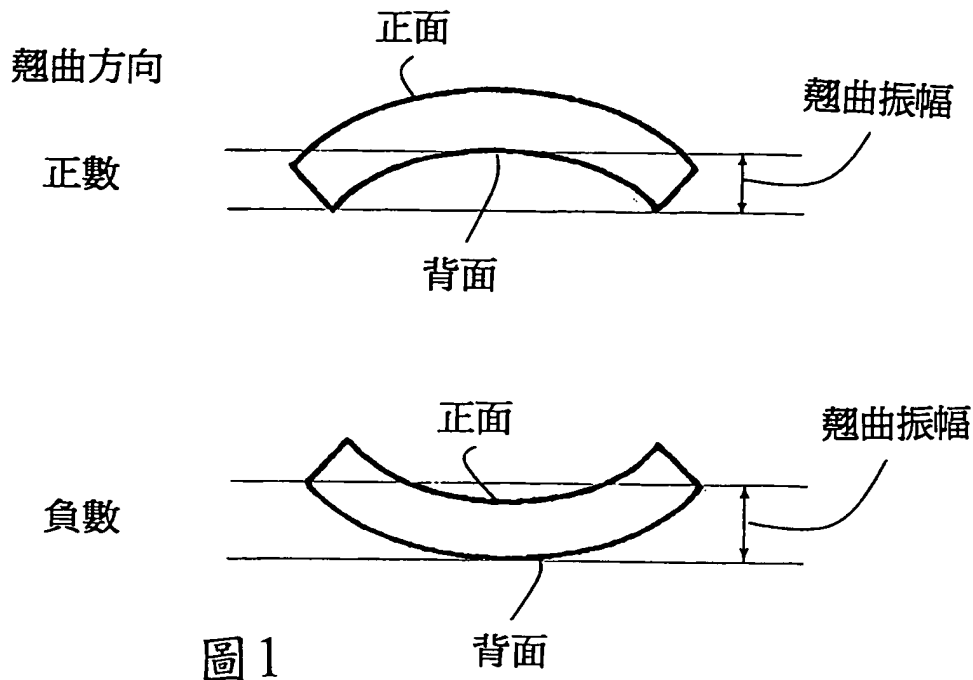


圖 1

受損層及表面粗糙之間的後磨平關係

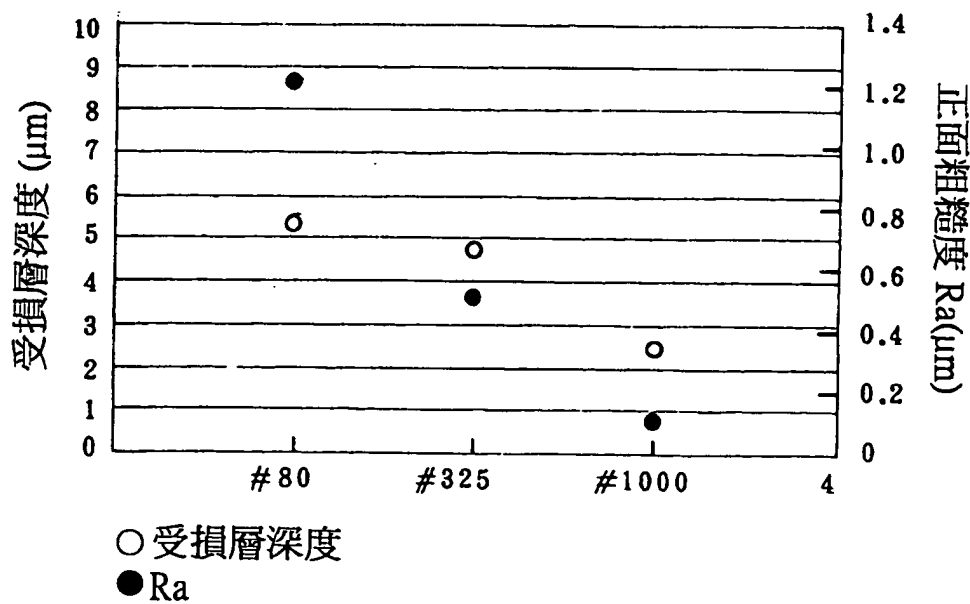


圖 2

濕蝕刻深度及翹曲之間的關係

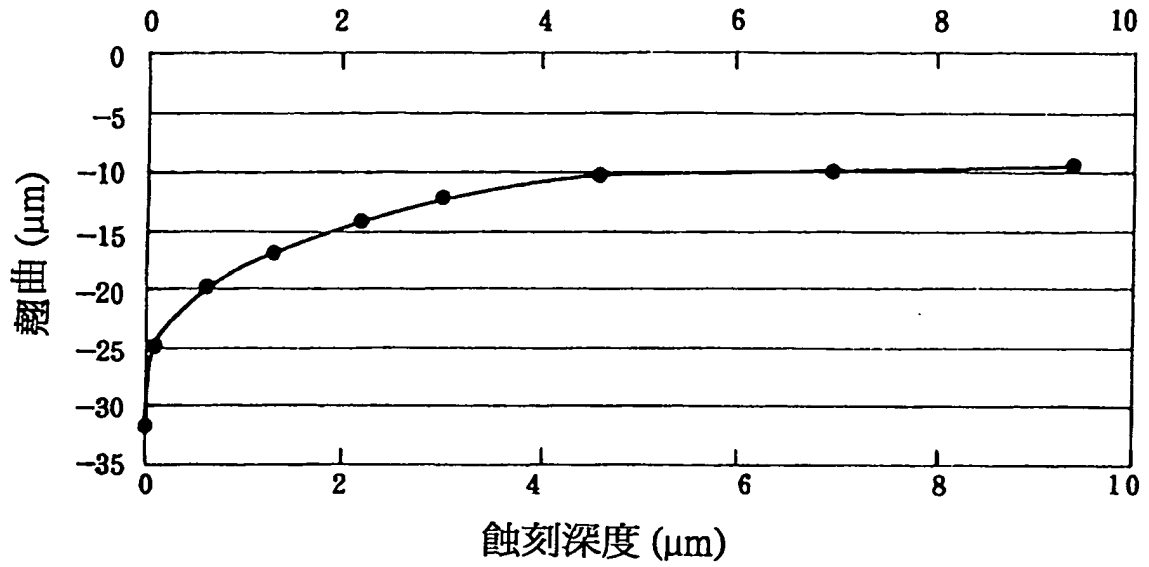


圖3

正面蝕刻深度及翹曲之間的後磨平關係

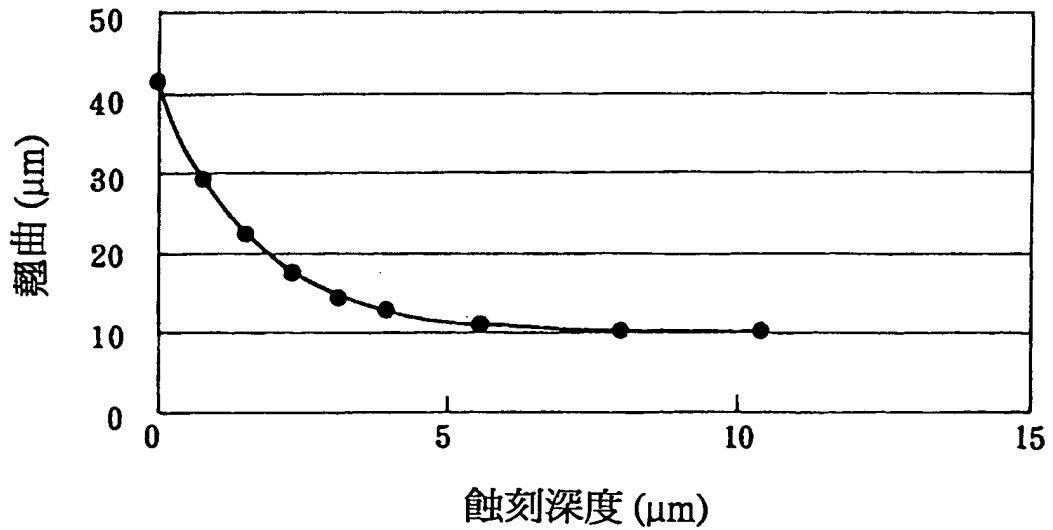
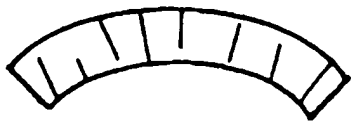


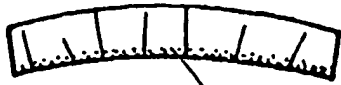
圖4

### 翹曲控制方法

在正向中翹曲時



翹曲振幅因在背面  
形成受損層而減少



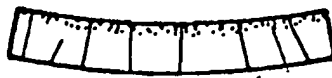
受損層

圖5A

在反面中翹曲時



翹曲振幅因在正面  
形成受損層而減少



受損層

圖5B

受損層



翹曲振幅因在背面  
形成受損層而減少



受損層

圖5C

七、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第 ( 5 ) 圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

(無元件符號說明)

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)