



(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 201125163 A1

(43) 公開日：中華民國 100 (2011) 年 07 月 16 日

(21) 申請案號：099140249

(22) 申請日：中華民國 99 (2010) 年 11 月 22 日

(51) Int. Cl. : *H01L33/16 (2010.01)*

(30) 優先權：2009/12/18 日本 2009-287590

(71) 申請人：住友電氣工業股份有限公司 (日本) SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.
(JP)

日本

(72) 發明人：石橋惠二 ISHIBASHI, KEIJI (JP)；善積祐介 YOSHIKUMI, YUSUKE (JP)；美濃部周吾 MINOBE, SHUGO (JP)

(74) 代理人：陳長文

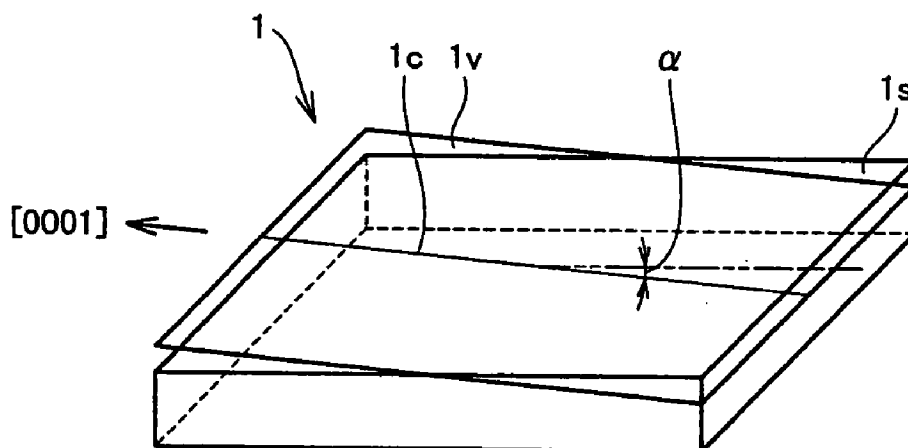
申請實體審查：無 申請專利範圍項數：16 項 圖式數：11 共 71 頁

(54) 名稱

III 族氮化物結晶基板、附磊晶層之 III 族氮化物結晶基板、以及半導體裝置及其製造方法

(57) 摘要

本發明之 III 族氮化物結晶基板(1)，係於由一方面滿足 III 族氮化物結晶基板(1)之任意的特定平行晶格面之 X 射線繞射條件、一方面改變自結晶基板之主表面(1s)起的 X 射線穿透深度之 X 射線繞射測定而獲得之特定平行晶格面的面間隔中，當將 X 射線穿透深度為 $0.3\mu\text{m}$ 之面間隔表示為 d_1 ，將 X 射線穿透深度為 $5\mu\text{m}$ 之面間隔表示為 d_2 時， $|d_1-d_2|/d_2$ 之值所表示之結晶基板的表面層之均勻畸變為 1.7×10^{-3} 以下，且，主表面(1s)之面方位具有自包含結晶基板之 c 軸(1c)之面(1v)向 [0001] 方向傾斜 -10° 以上 10° 以下的傾斜角。藉此，可提供一種適合製造已抑制發光藍移的發光裝置之 III 族氮化物結晶基板、附磊晶層之 III 族氮化物結晶基板、以及半導體裝置及其製造方法。



1：III 族氮化物結晶基板

1c：c 軸

1v：包含 C 軸之面

1s：主表面

[0001]：方向

α ：傾斜角



(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 201125163 A1

(43)公開日：中華民國 100 (2011) 年 07 月 16 日

(21)申請案號：099140249

(22)申請日：中華民國 99 (2010) 年 11 月 22 日

(51)Int. Cl. : *H01L33/16 (2010.01)*

(30)優先權：2009/12/18 日本 2009-287590

(71)申請人：住友電氣工業股份有限公司 (日本) SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.
(JP)

日本

(72)發明人：石橋惠二 ISHIBASHI, KEIJI (JP)；善積祐介 YOSHIKUNI, YUSUKE (JP)；美濃部周吾 MINOBE, SHUGO (JP)

(74)代理人：陳長文

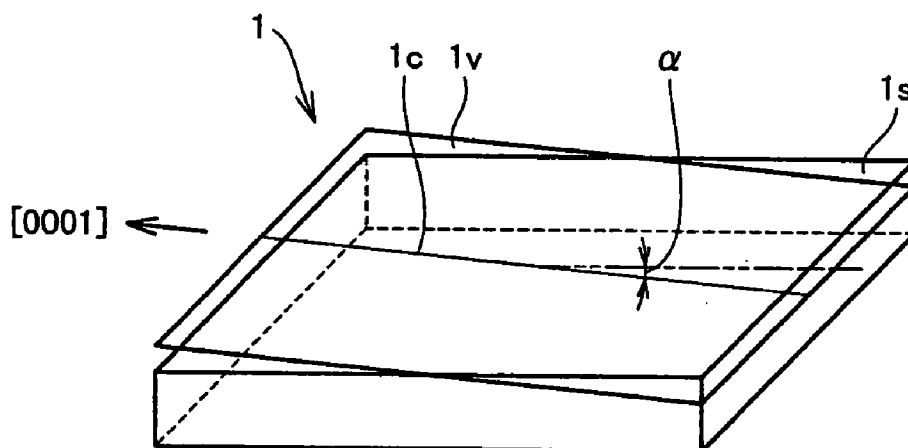
申請實體審查：無 申請專利範圍項數：16 項 圖式數：11 共 71 頁

(54)名稱

III 族氮化物結晶基板、附磊晶層之 III 族氮化物結晶基板、以及半導體裝置及其製造方法

(57)摘要

本發明之 III 族氮化物結晶基板(1)，係於由一方面滿足 III 族氮化物結晶基板(1)之任意的特定平行晶格面之 X 射線繞射條件、一方面改變自結晶基板之主表面(1s)起的 X 射線穿透深度之 X 射線繞射測定而獲得之特定平行晶格面的面間隔中，當將 X 射線穿透深度為 $0.3\mu\text{m}$ 之面間隔表示為 d_1 ，將 X 射線穿透深度為 $5\mu\text{m}$ 之面間隔表示為 d_2 時， $|d_1-d_2|/d_2$ 之值所表示之結晶基板的表面層之均勻畸變為 1.7×10^{-3} 以下，且，主表面(1s)之面方位具有自包含結晶基板之 c 軸(1c)之面(1v)向 [0001] 方向傾斜 -10° 以上 10° 以下的傾斜角。藉此，可提供一種適合製造已抑制發光藍移的發光裝置之 III 族氮化物結晶基板、附磊晶層之 III 族氮化物結晶基板、以及半導體裝置及其製造方法。



1：III 族氮化物結晶基板

1c：c 軸

1v：包含 C 軸之面

1s：主表面

[0001]：方向

α ：傾斜角

六、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明係關於一種III族氮化物結晶基板、附磊晶層之III族氮化物結晶基板、以及半導體裝置及其製造方法，尤其是關於一種可較佳地用作製作半導體裝置時的半導體層的磊晶成長用之基板的III族氮化物結晶基板。

【先前技術】

眾所周知，近年來，利用氮化物半導體結晶(例如，III族氮化物半導體結晶)製作出各種半導體裝置，作為該等半導體裝置之典型事例，製作出氮化物半導體發光裝置(例如，III族氮化物半導體發光裝置)。

氮化物半導體裝置之製作中，一般，係於基板上磊晶成長複數個氮化物半導體層(例如，III族氮化物半導體層)。經磊晶成長之氮化物半導體層的結晶品質會影響其磊晶成長時所使用之基板的表面層之狀態，且對包含該氮化物半導體層之半導體裝置之性能亦產生影響。因此，當使用氮化物半導體結晶作為如此之基板時，期望至少磊晶成長之基底的基板之主表面不含而較平滑。

亦即，一般，磊晶成長中使用之氮化物半導體基板的主表面上不僅實施該平滑化處理，亦實施畸變除去處理。此時，化合物半導體中，氮化鎵系半導體比較硬，不容易進行表面平滑化處理，該平滑化處理後之畸變除去處理亦不容易。

美國專利第6596079號說明書(專利文獻1)中揭示有如下

方法：自藉由氣相磊晶而於 $(\text{AlGaIn})\text{N}$ 種晶上培育出之 $(\text{AlGaIn})\text{N}$ 塊狀結晶製作基板之情形時，對於經機械研磨之基板表面實施CMP(chemical mechanical polishing，化學機械研磨)或蝕刻等，藉此，除去表面損傷，形成具有1 nm以下之RMS(均方根)表面粗糙度的基板面。美國專利第6488767號說明書(專利文獻2)中，揭示有藉由CMP處理而具有RMS表面粗糙度為0.15 nm之 $\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_z\text{N}$ ($0 < y \leq 1$ 、 $x+y+z=1$)基板，該CMP之處理劑中含有 Al_2O_3 研磨粒、 SiO_2 研磨粒、pH值調整劑、以及氧化劑。

先前以來，如上所述，對GaN結晶進行機械研磨之後進行CMP處理或者乾式蝕刻，藉此除去機械研磨時之加工變質層，從而可獲得基板面得到精加工之GaN基板。然而，CMP處理之處理速度較慢，成本及生產性存在問題。而且，乾式蝕刻中，表面粗糙度出現問題。

亦即，Si基板之利用CMP之加工方法及該方法中之研磨劑並不適於硬質氮化物半導體基板，使得表面層之除去速度下降。尤其是，GaN之化學性質不穩定，不易實施濕式蝕刻，故而不容易實施CMP處理。而且，可藉由乾式蝕刻除去氮化物半導體表面，但無使其表面於水平方向上平坦化之效果，故而無法實現表面平滑化。

而且，如上所述，為了使基板之主表面上磊晶成長結晶品質良好的化合物半導體層，必需使用具有加工損傷少且畸變少之結晶品質良好的表面層之基板面。然而，並不瞭解基板之主表面上所需之表面層的結晶品質。

因此，日本專利特開2007-005526號公報(專利文獻3)中，關於氮化物結晶基板及使用該基板之半導體裝置，提出如下之氮化物結晶基板適宜製造半導體裝置，該氮化物結晶基板係，對Ga₂N結晶或者AlN結晶進行機械研磨之後以規定之條件進行CMP，利用改變自基板之結晶之表面起之X射線穿透深度之X射線繞射測定而評估出的結晶之表面層之均勻畸變、不均勻畸變及面方位偏差中的至少一者處於規定之範圍內。

先前技術文獻

專利文獻

專利文獻1：美國專利第6596079號說明書

專利文獻2：美國專利第6488767號說明書

專利文獻3：日本專利特開2007-005526號公報

【發明內容】

發明所欲解決之問題

此處，上述之美國專利第6596079號說明書(專利文獻1)、美國專利第6488767號說明書(專利文獻2)以及日本專利特開2007-005526號公報(專利文獻3)中所例示之基板均為六方晶系之纖鋅礦型之III族氮化物結晶，其主表面為(0001)面。故而，形成有磊晶成長於該結晶基板之主表面上之至少1層之半導體層的半導體裝置即發光裝置中，半導體層之主表面亦為(0001)面，該(0001)面係極性於該面之法線方向變化之極性面，因此，藉由因極性引起之壓電分極而產生之量子束縛史塔克效應，伴隨電流注入量增加

而產生之發光的藍移變大，從而發光強度下降。

另一方面，為了製造發光之藍移受到抑制之發光裝置，需要降低製造發光裝置時使用之基板之主表面的極性，亦即，基板之主表面必需為(0001)面以外之面。

然而，關於適宜製造發光之藍移受到抑制之發光裝置的基板，完全不清楚其主表面之面方位、其主表面之面粗糙度、以及其表面層之結晶性等。

因此，本發明之目的在於提供一種適宜製造發光之藍移受到抑制的發光裝置之III族氮化物結晶基板、附磊晶層之III族氮化物結晶基板、以及半導體裝置及其製造方法。

解決問題之技術手段

本發明之某一態樣之III族氮化物結晶基板中，於利用一方面滿足III族氮化物結晶基板之任意之特定平行晶格面的X射線繞射條件、一方面改變自上述結晶基板之主表面起的X射線穿透深度之X射線繞射測定而獲得的上述特定平行晶格面之面間隔中，當將上述X射線穿透深度為0.3 μm 的上述面間隔表示為 d_1 ，將上述X射線穿透深度為5 μm 的上述面間隔表示為 d_2 時， $|d_1-d_2|/d_2$ 之值所表示之上述結晶基板之表面層的均勻畸變為 1.7×10^{-3} 以下，且，上述主表面之面方位具有自包含上述結晶基板之c軸之面向[0001]方向傾斜 -10° 以上 10° 以下的傾斜角。

本發明之另一態樣之III族氮化物結晶基板，係於利用一方面滿足III族氮化物結晶基板之任意之特定平行晶格面的X射線繞射條件、一方面改變自上述結晶基板之主表面起

的X射線穿透深度之X射線繞射測定而獲得的上述特定平行晶格面之繞射強度分佈中，由上述X射線穿透深度為0.3 μm 之繞射強度峰值之半值寬 v_1 與上述X射線穿透深度為5 μm 之繞射強度峰值之半值寬 v_2 所獲得的 $|v_1-v_2|$ 之值所表示的上述結晶基板之表面層之不均勻畸變為110 arcsec以下，且，上述主表面之面方位具有自包含上述結晶基板之c軸之面向[0001]方向傾斜 -10° 以上 10° 以下的傾斜角。

本發明之又一態樣下之III族氮化物結晶基板，係於關於III族氮化物結晶基板之任意之特定平行晶格面的X射線繞射而改變自上述結晶基板之主表面起的X射線穿透深度而測定出之搖擺曲線中，由上述X射線穿透深度為0.3 μm 之繞射強度峰值之半值寬 w_1 與上述X射線穿透深度為5 μm 之繞射強度峰值之半值寬 w_2 所獲得之 $|w_1-w_2|$ 的值所表示之上述結晶基板之表面層的上述特定平行晶格面之面方位偏差為300 arcsec以下，且，上述主表面之面方位具有自包含上述結晶基板之c軸之面向[0001]方向傾斜 -10° 以上 10° 以下的傾斜角。

上述之III族氮化物結晶基板中，主表面可具有5 nm以下之表面粗糙度Ra。而且，主表面之面方位相對於結晶基板之 $\{10-10\}$ 面、 $\{11-20\}$ 面以及 $\{21-30\}$ 面中之任一面的傾斜角若為 0° 以上小於 0.1° ，則視為實質性平行。而且，主表面之面方位與結晶基板之 $\{10-10\}$ 面、 $\{11-20\}$ 面以及 $\{21-30\}$ 面中之任一面的傾斜角可為 0.1° 以上 10° 以下。而且，主表面中所存在的氧之濃度可為2原子%以上16原子%以

下。而且，主表面之錯位密度可為 $1 \times 10^7 \text{ cm}^{-2}$ 以下。而且，III族氮化物結晶基板之直徑可為40 mm以上150 mm以下。

本發明之進而另一態樣之附磊晶層之III族氮化物結晶基板中至少包含藉由磊晶成長而形成於上述III族氮化物結晶基板之主表面上的至少1層之半導體層。

本發明之進而又一態樣之半導體裝置中，包含上述附磊晶層之III族氮化物結晶基板。上述半導體裝置中，附磊晶層之III族氮化物結晶基板中所含之半導體層中，可包含發出峰值波長為430 nm以上550 nm以下之光的發光層。

本發明之再進而另一態樣之半導體裝置之製造方法中，包括如下步驟：準備結晶基板，該結晶基板中，於利用一方面滿足III族氮化物結晶基板之任意之特定平行晶格面的X射線繞射條件、一方面改變自上述結晶基板之主表面起的X射線穿透深度之X射線繞射測定而獲得的上述特定平行晶格面之面間隔中，當將上述X射線穿透深度為 $0.3 \mu\text{m}$ 之上述面間隔表示為 d_1 、將上述X射線穿透深度為 $5 \mu\text{m}$ 之上述面間隔表示為 d_2 時， $|d_1 - d_2|/d_2$ 之值所表示之上述結晶基板之表面層的均勻畸變為 1.7×10^{-3} 以下，且，上述主表面之面方位具有自包含上述結晶基板之c軸之面向[0001]方向傾斜 -10° 以上 10° 以下的傾斜角；及於上述結晶基板之主表面上磊晶成長至少1層之半導體層，藉此，形成附磊晶層之III族氮化物結晶基板。

本發明之再進而另一態樣之半導體裝置之製造方法中，

包括如下步驟：準備結晶基板，該結晶基板中，於利用一方面滿足III族氮化物結晶基板之任意之特定平行晶格面的X射線繞射條件、一方面改變自上述結晶基板之主表面起的X射線穿透深度之X射線繞射測定而獲得的上述特定平行晶格面之繞射強度分佈中，由上述X射線穿透深度為0.3 μm 之繞射強度峰值之半值寬 v_1 與上述X射線穿透深度為5 μm 之繞射強度峰值之半值寬 v_2 所獲得的 $|v_1-v_2|$ 之值所表示的上述結晶基板之表面層的不均勻畸變為110 arcsec以下，且，上述主表面之面方位具有自包含上述結晶基板之c軸之面向[0001]方向傾斜 -10° 以上 10° 以下的傾斜角；及於上述結晶基板之主表面上磊晶成長至少1層之半導體層，藉此形成附磊晶層之III族氮化物結晶基板。

本發明之再進而另一態樣之半導體裝置之製造方法中，包括如下步驟：準備結晶基板，該結晶基板中，於關於III族氮化物結晶基板之任意之特定平行晶格面的X射線繞射而改變自上述結晶基板之主表面起的X射線穿透深度而測定出之搖擺曲線中，由上述X射線穿透深度為0.3 μm 之繞射強度峰值之半值寬 w_1 與上述X射線穿透深度為5 μm 之繞射強度峰值之半值寬 w_2 所獲得的 $|w_1-w_2|$ 之值所表示的上述結晶基板之表面層之上述特定平行晶格面之面方位偏差為300 arcsec以下，上述主表面之面方位具有自包含上述結晶基板之c軸之面向[0001]方向傾斜 -10° 以上 10° 以下的傾斜角；及於上述結晶基板之主表面上磊晶成長至少1層之半導體層，藉此形成附磊晶層之III族氮化物結晶基板。

上述半導體裝置之製造方法中的形成附磊晶層之III族氮化物結晶基板之步驟中，使上述半導體層可形成為包含發光層，且該發光層發出峰值波長為430 nm以上550 nm以下之光。

發明之效果

根據本發明，可提供一種適宜製造光之藍移受到抑制、發光強度增大的發光裝置之III族氮化物結晶基板、附磊晶層之III族氮化物結晶基板、以及半導體裝置及其製造方法。

【實施方式】

[III族氮化物結晶基板]

結晶幾何學中，為了記述結晶系而設有結晶軸。於形成III族氮化物結晶基板之III族氮化物結晶等六方晶系結晶中，設定有自原點於同一平面上相互成 120° 之角而向3方向擴展的 a_1 軸、 a_2 軸及 a_3 軸、以及與包含該等3個軸之平面垂直的 c 軸。該結晶軸上， a_1 軸、 a_2 軸、 a_3 軸以及 c 軸之切片分別為 $1/h$ 、 $1/k$ 、 $1/i$ 以及 $1/l$ 的結晶面之面方位係由 $(hkil)$ 之表示(鏡面表示)而表示。

上述鏡面表示 $(hkil)$ 中， h 、 k 、 i 以及 l 係稱作鏡面指數之整數，具有 $i=-(h+k)$ 之關係。而且，包含 a_1 軸、 a_2 軸、 a_3 軸以及 c 軸中之至少任一者的面或者與該面平行之面中，無該等軸之切片，與該等軸對於之鏡面指數由0表示。例如，包含 c 軸之面以及與 c 軸平行之面的面方位係由 $(hki0)$ 表示，可列舉例如 $(10-10)$ 、 $(11-20)$ 、 $(21-30)$ 等。

將該面方位(hkil)之面稱作(hkil)面。本說明書中，個別之面方位以(hkil)表示，將包含(hkil)以及結晶幾何學上與其等價之面方位的籠統性之面方位以{hkil}表示。而且，個別之方向以[hkil]表示，將包含[hkil]以及結晶幾何學上與其等價的方向之方向以<hkil>表示。而且，關於負的指數，結晶幾何學上，一般係將「-」(橫線)標註於表示指數之數字上而進行表示，但本說明書中係於表示指數之數字前標註負號(-)而表示。

此處，III族氮化物結晶中，<0001>方向上III族元素原子面以及氮原子面交替排列，故而，<0001>方向上具有極性。本申請案中，結晶軸設定為，III族元素原子面成為(0001)面，氮原子面成為(000-1)面。

本發明中，藉由使用X射線繞射法，可直接評估III族氮化物結晶基板之表面層的結晶性，而無需破壞結晶。此處，所謂結晶性之評估係指，評估結晶之畸變為何種程度，具體而言，係指評估晶格之畸變、晶格面之面方位偏差為何種程度。而且，晶格之畸變包括晶格均勻地產生畸變之均勻畸變、以及晶格不均勻地產生畸變之不均勻畸變。所謂晶格面之面方位偏差係指，各個晶格之格子面之面方位偏離晶格整體之格子面之面方位的平均方位的偏差之大小。

如圖1所示，III族氮化物結晶基板1中，因自III族氮化物結晶體進行之切取、研削或者研磨等之加工，使得自結晶基板之主表面1s起的一定深度方向上的表面層1p產生晶格

之均勻畸變、不均勻畸變以及面方位偏差中的至少一種(圖1係表示表面層1p產生晶格之均勻畸變、不均勻畸變以及面方位偏差之情形)。而且，亦有時，鄰接於表面層1p之表面鄰接層1q亦產生晶格之均勻畸變、不均勻畸變以及晶格之面方位偏差中之至少任一者(圖1係表示表面鄰接層1q產生晶格之面方位偏差之情形)。進而，認為，表面鄰接層1q之更內側之內層1r中具有該結晶原本之結晶構造。再者，根據表面加工之研削或者研磨之方法、程度等的不同，表面層1p、表面鄰接層1q之狀態、厚度亦有所不同。

此處，自結晶基板之主表面起之其深度方向上對晶格之均勻畸變、不均勻畸變及/或面方位偏差進行評估，藉此，可直接且切實地評估表面層之結晶性。

本發明中，用於對III族氮化物結晶基板之表面層之結晶性進行評估而進行之X射線繞射測定係，一方面滿足III族氮化物結晶基板之任意的特定平行晶格面之X射線繞射條件，一方面改變來自結晶基板之主表面之X射線穿透深度。

此處，參照圖1以及圖2，所謂任意之特定平行晶格面1d之繞射條件係指，藉由任意特定之該平行晶格面使X射線繞射之條件，若將Bragg角設為 θ ，將X射線之波長設為 λ ，將特定平行晶格面1d之面間隔設為 d ，則於滿足Bragg之條件式($2d\sin\theta=n\lambda$ ，此處 n 為整數)的平行晶格面使X射線繞射。

而且，所謂X射線穿透深度係指，當入射X射線之強度

達到 $1/e$ (e 為自然對數之底) 時的自結晶基板之主表面 $1s$ 至垂直深度方向的距離。關於該 X 射線穿透深度 T ，參照圖 2，係如式(1)所示藉由 III 族氮化物結晶基板 1 之 X 射線之射線吸收係數 μ 、結晶基板之主表面 $1s$ 之傾斜角 χ 、對於結晶基板之主表面 $1s$ 的 X 射線入射角 ω 、Bragg 角 θ 表示。再者， χ 軸 21 係位於由入射 X 射線 11 與出射 X 射線 12 構成之面內， ω 軸 22 (2θ 軸) 係與由入射 X 射線 11 與出射 X 射線 12 構成之面垂直， ϕ 軸 23 係與結晶基板之主表面 $1s$ 垂直。旋轉角 ϕ 係表示結晶基板之主表面 $1s$ 內的旋轉角。

[數 1]

$$T = \frac{1}{\mu} \cdot \frac{\cos \chi \cdot \sin \omega \cdot \sin(2\theta - \omega)}{\sin \omega + \sin(2\theta - \omega)} \quad (1)$$

因此，為了滿足上述之對於特定平行晶格面之繞射條件，必需對傾斜角 χ 、X 射線入射角 ω 以及旋轉角 ϕ 中之至少任一者進行調整，藉此，可連續地改變 X 射線穿透深度 T 。

再者，為了滿足特定平行晶格面 $1d$ 之繞射條件，而連續地改變 X 射線穿透深度 T ，因此，該特定平行晶格面 $1d$ 與結晶基板之主表面 $1s$ 必需不平行。若特定平行晶格面與結晶基板之主表面平行，則特定平行晶格面 $1d$ 與入射 X 射線 11 所成之角度即 Bragg 角 θ 、與結晶基板之主表面 $1s$ 與入射 X 射線 11 所成之角度即 X 射線入射角 ω 相等，從而特定平行晶格面 $1d$ 上無法改變 X 射線穿透深度。如上所述，作為特定平行晶格面，除了與結晶基板之主表面不平行之外，無

特別限制，但自利用具有所需之進入深度之X射線繞射容易進行評估之觀點出發，適宜使用(10-10)面、(10-11)面、(10-13)面、(10-15)面、(11-20)面、(22-41)面、(11-21)面、(11-22)面、(11-24)面、(10-1-1)面、(10-1-3)面、(10-1-5)面、(22-4-1)面、(11-2-1)面、(11-2-2)面、(11-2-4)面等。

此處，改變X射線穿透深度對結晶基板之任意的特定平行晶格面照射X射線，根據該特定平行晶格面之繞射強度分佈中的面間隔之變化來評估晶格之均勻畸變，根據繞射強度分佈中的繞射強度峰值之半值寬之變化來評估晶格之不均勻畸變，根據搖擺曲線中的繞射強度峰值之半值寬之變化來評估晶格之面方位偏差。

而且，參照圖6可知，本發明中III族氮化物結晶基板1中，其主表面1s之面方位具有自包含結晶基板之c軸1c的面1v向[0001]方向傾斜 -10° 以上 10° 以下的傾斜角 α 。此處，當傾斜角 α 為正之情形時，表示主表面1s之面方位自包含c軸之面1v向[0001]方向即(0001)面傾斜，而當傾斜角 α 為負之情形時，表示主表面1s之面方位自包含c軸之面1v向[000-1]方向即(000-1)面傾斜。

III族氮化物結晶基板1之主表面1s之面方位具有自包含結晶基板之c軸1c之面1v向[0001]方向傾斜 -10° 以上 10° 以下的傾斜角，藉此，於包含磊晶成長於結晶基板之主表面上的至少1層之半導體層之半導體裝置即發光裝置中，半導體層中之發光層之壓電分極受到抑制，量子束縛史塔克

效應降低，故而，電洞與電子容易再結合，發光躍遷幾率升高，因此，發光裝置之藍移減少，而且發光之積分強度升高。自該觀點出發，主表面1s之面方位自III族氮化物結晶基板之包含c軸1c的面1v向[0001]方向傾斜的傾斜角 α 較佳為 -9° 以上 9° 以下，更佳為 -6° 以上 6° 以下，進而更佳為 -3° 以上 3° 以下。此處，主表面之面方位之傾斜角 α 可藉由X射線繞射法等測定。

(實施形態1)

參照圖1、圖2、圖3A以及B、以及圖6可知，本發明之一實施形態之III族氮化物結晶基板1中，於利用一方面滿足III族氮化物結晶基板1之任意之特定平行晶格面1d(係指由各晶格之特定平行晶格面31d、32d、33d所形成之特定平行晶格面1d。本實施形態中，以下相同)的X射線繞射條件、一方面改變自結晶基板之主表面1s起之X射線穿透深度的X射線繞射測定而獲得之特定平行晶格面1d的面間隔中，當將X射線穿透深度為 $0.3\ \mu\text{m}$ 之面間隔表示為 d_1 (面間隔 d_1 ，以下相同)，將X射線穿透深度為 $5\ \mu\text{m}$ 之面間隔表示為 d_2 (面間隔 d_2 ，以下相同)時， $|d_1-d_2|/d_2$ 之值所表示之結晶基板之表面層1p之均勻畸變為 1.7×10^{-3} 以下，主表面1s之面方位具有自包含結晶基板之c軸1c之面1v向[0001]方向傾斜 -10° 以上 10° 以下的傾斜角 α 。

本實施形態之III族氮化物結晶基板1中，其表面層1p之均勻畸變為 1.7×10^{-3} 以下，並且，主表面1s之面方位自包含該結晶基板之c軸1c之面1v向[0001]方向傾斜的傾斜角 α

為 -10° 以上 10° 以下，藉此，可減少包含磊晶成長於該結晶基板之主表面1s上的至少1層之半導體層之半導體裝置，即發光裝置之藍移，且可提高發光之積分強度。自該觀點出發，表面層1p之均勻畸變較佳為 1.2×10^{-3} 以下，更佳為 1.0×10^{-3} 以下，進而更佳為 0.8×10^{-3} 以下，尤佳為 0.5×10^{-3} 以下。此處，表面層1p之均勻畸變越小越好，本申請案中，如下文所述，亦藉由調整結晶基板之主表面之加工條件，而降低至 0.1×10^{-3} 左右。而且，主表面1s之面方位之傾斜角 α 較佳為 -8° 以上 8° 以下，更佳為 -5° 以上 5° 以下，進而更佳為 -2° 以上 2° 以下，尤佳為 -1.5° 以上 -0.1° 以下或者 0.1° 以上 1.5° 以下。

此處，參照圖1可知，X射線穿透深度 $0.3 \mu\text{m}$ 相當於自III族氮化物結晶基板1之主表面1s至表面層1p內為止的距離，X射線穿透深度 $5 \mu\text{m}$ 相當於自III族氮化物結晶基板1之主表面1s至內層1r內為止的距離。此時，參照圖3A可知，X射線穿透深度 $5 \mu\text{m}$ 下之面間隔 d_2 可視為該III族氮化物結晶原來之特定平行晶格面之面間隔，但X射線穿透深度 $0.3 \mu\text{m}$ 下之面間隔 d_1 係反映出因III族氮化物結晶基板1之表面加工之影響(例如，朝向與該特定平行晶格面1d平行之方向的拉伸應力30等)產生的表面層1p之晶格之均勻畸變，其取值與X射線穿透深度 $5 \mu\text{m}$ 的面間隔 d_2 不同。

上述情形時，參照圖3B可知，在關於III族氮化物結晶基板之如圖3A所示之特定平行晶格面1d的繞射強度分佈中，呈現出X射線穿透深度 $0.3 \mu\text{m}$ 下之面間隔 d_1 與X射線穿

透深度 5 μm 下之面間隔 d_2 。因此，藉由 d_1 與 d_2 之差對於 d_2 之比即 $|d_1-d_2|/d_2$ 之值，可表現出表面層之均勻畸變。

(實施形態 2)

參照圖 1、圖 2、圖 4A 以及 B、以及圖 6 可知，本發明之另一實施形態之 III 族氮化物結晶基板 1 中，於利用一方面滿足 III 族氮化物結晶基板 1 之任意之特定平行晶格面 1d (係指由各晶格之特定平行晶格面 41d、42d、43d 所形成之特定平行晶格面 1d。本實施形態中，以下相同) 的 X 射線繞射條件、一方面改變自結晶基板之主表面 1s 起之 X 射線穿透深度之 X 射線繞射測定而獲得的特定平行晶格面 1d 之繞射強度分佈中，X 射線穿透深度為 0.3 μm 之繞射強度峰值的半值寬 v_1 與 X 射線穿透深度為 5 μm 之繞射強度峰值的半值寬 v_2 所獲得的 $|v_1-v_2|$ 之值所表示的結晶基板之表面層 1p 之不均勻畸變為 110 arcsec 以下，主表面 1s 之面方位具有自包含結晶基板之 c 軸 1c 的面 1v 向 [0001] 方向傾斜 -10° 以上 10° 以下的傾斜角 α 。

本實施形態之 III 族氮化物結晶基板 1 中，其表面層 1p 之不均勻畸變為 110 arcsec 以下，並且，主表面 1s 之面方位自包含該結晶基板之 c 軸 1c 的面 1v 向 [0001] 方向傾斜的傾斜角 α 為 -10° 以上 10° 以下，藉此，可減少包含磊晶成長於該結晶基板之主表面 1s 上的至少 1 層之半導體層之半導體裝置，即發光裝置之藍移，且可提高發光之積分強度。自該觀點出發，表面層 1p 之不均勻畸變較佳為 70 arcsec 以下，更佳為 50 arcsec 以下，進而更佳為 20 arcsec 以下。此處，

表面層 1p 之不均勻畸變越小越好，本申請案中，如下文所述，亦藉由調整結晶基板之主表面之加工條件，而降低至 0 arcsec。而且，主表面 1s 之面方位之傾斜角 α 較佳為 -7° 以上 7° 以下，更佳為 -4° 以上 4° 以下，進而更佳為 -1° 以上 1° 以下，尤佳為 -1° 以上 -0.1° 以下或者 0.1° 以上 1° 以下。

此處，參照圖 1 可知，X 射線穿透深度 $0.3 \mu\text{m}$ 相當於自 III 族氮化物結晶基板 1 之主表面 1s 至表面層 1p 內的距離，X 射線穿透深度 $5 \mu\text{m}$ 相當於自 III 族氮化物結晶基板 1 之主表面 1s 至內層 1r 內的距離。此時，參照圖 4A 可知，X 射線穿透深度 $5 \mu\text{m}$ 下之繞射強度峰值之半值寬 v_2 可視為該 III 族氮化物結晶原來之半值寬，但 X 射線穿透深度 $0.3 \mu\text{m}$ 下之繞射強度峰值之半值寬 v_1 係反映出因 III 族氮化物結晶基板 1 之表面加工的影響而產生的表面層 1p 之晶格之不均勻畸變（例如，各晶格面之面間隔與 d_3 、 $d_4 \sim d_5$ 、 d_6 各自不同），其取值與 X 射線穿透深度 $5 \mu\text{m}$ 下之繞射強度峰值之半值寬 v_2 不同。

上述情形時，參照圖 4B 可知，在關於 III 族氮化物結晶基板之如圖 4A 所示之特定平行晶格面 1d 的繞射強度分佈中，呈現出 X 射線穿透深度 $0.3 \mu\text{m}$ 下之繞射強度峰值之半值寬 v_1 與 X 射線穿透深度 $5 \mu\text{m}$ 下之繞射強度峰值之半值寬 v_2 。因此，藉由 v_1 與 v_2 之差即 $|v_1 - v_2|$ 之值，可表現出表面層 1p 之不均勻畸變。

(實施形態 3)

參照圖 1、圖 2、圖 5A 以及 B、以及圖 6 可知，本發明之

另一實施形態之III族氮化物結晶基板1中，在關於III族氮化物結晶基板1之任意之特定平行晶格面1d(係指由各晶格之特定平行晶格面51d、52d、53d所形成之特定平行晶格面1d。本實施形態中，以下相同)的X射線繞射而改變自結晶基板之主表面1s起的X射線穿透深度而測定之搖擺曲線中，X射線穿透深度為0.3 μm 之繞射強度峰值之半值寬 w_1 與X射線穿透深度為5 μm 之繞射強度峰值之半值寬 w_2 所獲得的 $|w_1-w_2|$ 之值所表示之結晶基板的表面層1p之特定平行晶格面之面方位偏差為300 arcsec以下，主表面1s之面方位具有自包含結晶基板之c軸1c的面1v向[0001]方向傾斜 -10° 以上 10° 以下的傾斜角 α 。

本實施形態之III族氮化物結晶基板1中，其表面層1p之特定平行晶格面之面方位偏差為300 arcsec以下，並且，主表面1s之面方位自包含該結晶基板之c軸1c之面1v向[0001]方向傾斜的傾斜角 α 為 -10° 以上 10° 以下，藉此，可減少包含磊晶成長於該結晶基板之主表面1s上的至少1層之半導體層之半導體裝置，即發光裝置之藍移，且可提高發光之積分強度。自該觀點出發，表面層1p之特定平行晶格面之面方位偏差較佳為220 arcsec以下，更佳為140 arcsec以下，進而更佳為70 arcsec以下。此處，表面層1p之特定結晶越小越好，本申請案中，如下文所述，亦藉由調整結晶基板之主表面之加工條件，而降低至0 arcsec。而且，主表面1s之面方位之傾斜角 α 較佳為 -8° 以上 8° 以下，更佳為 -5° 以上 5° 以下，進而更佳為 -2° 以上 2° 以下，

尤佳為 -1.5° 以上 -0.1° 以下或者 0.1° 以上 1.5° 以下。

此處，參照圖 1 可知，X 射線穿透深度 $0.3\ \mu\text{m}$ 相當於自 III 族氮化物結晶基板 1 之主表面 1s 至表面層 1p 內的距離，X 射線穿透深度 $5\ \mu\text{m}$ 相當於自 III 族氮化物結晶基板 1 之主表面 1s 至內層 1r 內的距離。此時，參照圖 5A 可知，X 射線穿透深度 $5\ \mu\text{m}$ 下之繞射強度峰值之半值寬 w_2 可視為該 III 族氮化物結晶原來之半值寬，但 X 射線穿透深度 $0.3\ \mu\text{m}$ 下之繞射強度峰值之半值寬 w_1 係反映出因 III 族氮化物結晶基板 1 之表面加工之影響而產生的表面層 1p 之晶格之面方位偏差（例如，各晶格之特定平行晶格面 51d、52d、53d 之面方位各自不同），其取值與 X 射線穿透深度 $5\ \mu\text{m}$ 下之半值寬 w_2 不同。

上述情形時，參照圖 5B 可知，在關於 III 族氮化物結晶之如圖 5A 所示之特定平行晶格面的搖擺曲線中，呈現出 X 射線穿透深度 $0.3\ \mu\text{m}$ 下之繞射強度峰值之半值寬 w_1 與 X 射線穿透深度 $5\ \mu\text{m}$ 下之繞射強度峰值之半值寬 w_2 。因此，藉由 w_1 與 w_2 之差即 $|w_1 - w_2|$ 之值，可表現結晶表面層之特定平行晶格面之面方位偏差。

上述實施形態 1~實施形態 3 之 III 族氮化物結晶基板 1 中，主表面 1s 較佳為具有 $5\ \text{nm}$ 以下之表面粗糙度 Ra。此處，所謂表面粗糙度 Ra，係表示 JISB0601-1994 中所指定的算術平均粗糙度 Ra，具體而言，係自粗糙度曲面，於其平均面之方向僅抽取 $10\ \mu\text{m}$ 見方 ($10\ \mu\text{m} \times 10\ \mu\text{m} = 100\ \mu\text{m}^2$ 、以下相同) 作為基準面積，合計出自該抽取部分之平均面至測定

曲面的偏差之絕對值(亦即，距離)，利用基準面積對該絕對值進行平均計算後所得之值。該表面粗糙度Ra可利用AFM(atomic force microscope，原子力顯微鏡)、光干涉式粗糙度計等進行測定。將III族氮化物結晶基板之主表面之表面粗糙度Ra設為5 nm以下，藉此，可於該III族氮化物結晶基板之主表面上磊晶成長錯位密度低且結晶性良好之半導體層，從而可獲得發光之積分強度較高之發光裝置等特性良好的半導體裝置。自該觀點出發，III族氮化物結晶基板之主表面之表面粗糙度Ra更佳為3 nm以下，進而更佳為1 nm以下。

另一方面，自提高III族氮化物結晶基板以及半導體裝置之生產性之觀點出發，III族氮化物結晶基板之主表面之表面粗糙度Ra較佳為1 nm以上。因此，自兼顧III族氮化物結晶基板以及半導體裝置之高品質以及高生產性之觀點出發，III族氮化物結晶基板之主表面之表面粗糙度Ra較佳為1 nm以上3 nm以下。

而且，上述實施形態1~實施形態3之III族氮化物結晶基板1中，主表面1s較佳為具有50 nm以下之表面粗糙度Ry。此處，所謂表面粗糙度Ry係表示JISB0601-1994中所指定之最大高度Ry，具體而言，係指自粗糙度曲面，於其平均面之方向僅抽取10 μm見方作為基準面積，自該抽取部分之平均面至最高之峰部為止的高度與至最低之穀底為止的深度之和。該表面粗糙度Ry可利用AFM(原子力顯微鏡)、光干涉式粗糙度計等進行測定。將III族氮化物結晶基板之

主表面之表面粗糙度 R_y 設為50 nm以下，藉此，可於該III族氮化物結晶基板之主表面上磊晶成長錯位密度低且結晶性良好之半導體層，從而可獲得發光之積分強度較高之發光裝置等特性優良的半導體裝置。自該觀點出發，III族氮化物結晶基板之主表面之表面粗糙度 R_y 更佳為30 nm以下，進而更佳為10 nm以下。而且，自兼顧高品質、以及高生產性之觀點出發，較佳為10 nm以上30 nm以下。

而且，參照圖7~圖9可知，上述實施形態1~實施形態3之III族氮化物結晶基板1中，主表面1s之面方位較佳為，與包含結晶基板之c軸1c的面1v即{10-10}面、{11-20}面以及{21-30}面中之任一面的傾斜角 α 為 0° 以上 10° 以下。

此處，若主表面1s之面方位相對於{10-10}面、{11-20}面以及{21-30}面中之任一面的傾斜角 α 小於 0° 以上 0.1° 即視為實質性平行，則可提高磊晶成長於主表面1s上之至少1層之半導體層中所含之發光層中的井層之In(銻)之摻入濃度，故而，無需降低成長溫度便可實現所需之組成之成長，提高井層之結晶性。故而，所得之發光裝置(半導體裝置)具有良好之發光特性。

而且，即便主表面1s之面方位與結晶基板之{10-10}面、{11-20}面以及{21-30}面中之任一面的傾斜角為 0.1° 以上 10° 以下，亦可獲得具有與如上所述主表面1s之面方位與{10-10}面、{11-20}面以及{21-30}面中之任一面的傾斜角 α 小於 0° 以上 0.1° 即視為實質性平行之情形大致同樣的良好發光特性之半導體裝置。而且，當主表面1s之面方位

與結晶基板之 $\{10-10\}$ 面、 $\{11-20\}$ 面以及 $\{21-30\}$ 面中之任一面的傾斜角為 0.1° 以上 10° 以下之情形時，成長之半導體層(包含發光層)之形態變良好，故而，所得之發光裝置(半導體裝置)具有良好之發光特性。尤其是，當主表面1s之面方位與結晶基板之 $\{10-10\}$ 面、 $\{11-20\}$ 面以及 $\{21-30\}$ 面中之任一面的傾斜角為 0.1° 以上 2° 以下之情形時，半導體裝置即發光裝置中，藉由井層之結晶性之提高而降低發光光譜中顯現的發光峰值之半值寬，從而可獲得良好之發光特性。

進而，主表面1s之面方位可相對於 $\{10-10\}$ 面、 $\{11-20\}$ 面以及 $\{21-30\}$ 面中之任一面向 $[0001]$ 方向具有 -3° 以上 3° 以下之傾斜角。此處，該 $[0001]$ 方向之傾斜角較佳為 -2° 以上 -0.1° 以下或者 0.1° 以上 2° 以下。

而且，參照圖1可知，於上述實施形態1~實施形態3之III族氮化物結晶基板1中，較佳為主表面1s中存在的氧之濃度為2原子%以上16原子%以下。此處，所謂主表面1s中存在的氧係表示，因主表面1s氧化而摻入之氧以及附著於主表面1s之氧等。若III族氮化物結晶基板1之主表面1s上存在的氧之濃度低於2原子%，則所形成之半導體裝置中的結晶基板與該結晶基板上藉由磊晶成長而形成之半導體層之間的界面的阻抗變大，發光之積分強度下降。若結晶基板之主表面1s上存在的氧之濃度高於16原子%，則結晶基板之主面上磊晶成長之半導體層之結晶性下降，因此，發光之積分強度下降。自該觀點出發，主表面1s上存在之氧

之濃度更佳為3原子%以上10原子%以下。此處，主表面上存在之氧之濃度係藉由AES(Auger electron spectrometry，歐傑原子分光法)、XPS(X-ray Photoelectron Spectroscopy，X射線光電子分光法)等進行測定。

亦即，自上述之可藉由AES以及XPS進行測定之觀點出發，本申請案發明之主表面1s上存在之氧係指，附著於主表面1s之氧以及因結晶基板之氧化等而摻入主表面1s之氧、自主表面通常摻入至5 nm左右或10 nm左右之深度為止的區域的氧。

而且，參照圖1可知，於上述實施形態1~實施形態3之III族氮化物結晶基板1中，較佳為主表面1s上之錯位密度為 $1 \times 10^7 \text{ cm}^{-2}$ 以下。若結晶基板之主表面上之錯位密度高於 $1 \times 10^7 \text{ cm}^{-2}$ ，則磊晶成長於結晶基板之主面上之半導體層的結晶性會下降，故而發光之積分強度下降。自該觀點出發，主表面1s上之錯位密度更佳為 $1 \times 10^6 \text{ cm}^{-2}$ 以下，進而更佳為 $1 \times 10^5 \text{ cm}^{-2}$ 以下。自提高半導體裝置之生產的成本以及效率之觀點出發，主表面1s上之錯位密度較佳為 $1 \times 10^2 \text{ cm}^{-2}$ 以上。

自提高半導體裝置之生產的成本以及效率之觀點出發，III族氮化物結晶基板之直徑較佳為40 mm以上，更佳為50 mm以上，進而更佳為75 mm以上。當基板之直徑較大之情形時，可自1塊基板製作之裝置的個數增加。為了製作大口徑之基板，可增大基底基板之直徑，成長厚度較厚之結晶，以所需之角度切取而進行加工。而且，將直徑較小之

III族氮化物結晶之複數塊基板配置成其等之側面相互鄰接，使得於該等複數塊基板之主面上分別成長III族氮化物結晶時其等III族氮化物結晶相互接合而成長為單一之結晶，從而可將所獲得的單一之III族氮化物結晶加工成大口徑的III族氮化物結晶基板。

而且，自減小翹曲以及厚度分佈等提高形狀精度之觀點出發，III族氮化物結晶基板之直徑較佳為150 mm以下，更佳為100 mm以下。

再者，關於III族氮化物結晶基板之主表面之形狀，只要係具有可製作裝置之尺寸即可，並不限於圓形，可為四邊形等多邊形。當主表面之形狀為多邊形之情形時，自提高半導體裝置之生產的成本以及效率之觀點出發，最短邊之長度較佳為5 mm以上，更佳為10 mm以上。而且，自減小翹曲以及厚度分佈等提高形狀精度之觀點出發，最長邊之長度較佳為150 mm以下，更佳為100 mm以下。作為主表面為長方形或者正方形等所有角均為直角之四邊形的III族氮化物結晶基板，主表面可列舉例如5 mm×15 mm、10 mm×10 mm、10 mm×30 mm、18 mm×18 mm、30 mm×50 mm等。

再者，III族氮化物結晶基板中添加之雜質(摻雜物)並無特別限制，但自製作導電性基板、絕緣性基板之觀點出發，適宜使用以下之類型。於比電阻為 $5 \times 10^{-5} \Omega \cdot \text{cm}$ 以上 $0.5 \Omega \cdot \text{cm}$ 以下(較佳為 $5 \times 10^{-4} \Omega \cdot \text{cm}$ 以上 $0.05 \Omega \cdot \text{cm}$ 以下)、載體濃度為 $1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 以上 $1 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ 以下(較佳為 1×10^{17}

cm^{-3} 以上 $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 以下) 之範圍內的 n 型導電性基板中，自維持結晶性而於上述範圍內獲得所需之導電性的觀點出發，基板中添加之雜質較佳為 O、Si。於比電阻為 $1 \times 10^4 \Omega \cdot \text{cm}$ 以上 $1 \times 10^{11} \Omega \cdot \text{cm}$ 以下 (較佳為 $1 \times 10^6 \Omega \cdot \text{cm}$ 以上 $1 \times 10^{10} \Omega \cdot \text{cm}$ 以下) 之範圍內的絕緣性基板中，自維持結晶性而於上述範圍內獲得所需之絕緣性的觀點出發，基板中添加之雜質較佳為 C、Fe。此處，基板之比電阻可藉由四探針法、二探針法等而測定。而且，基板之載體濃度可藉由電洞測定法、C-V 測定法等而測定。

[III 族氮化物結晶基板之製造方法]

上述實施形態 1~實施形態 3 之 III 族氮化物結晶基板之製造方法並無特別限制，但可包括例如如下步驟：成長 III 族氮化物結晶體；對於 III 族氮化物結晶體，於與自包含該結晶體之 c 軸的面向 [0001] 方向傾斜的傾斜角 α 為 -10° 以上 10° 以下之面平行的複數個面進行切取，藉此形成具有自包含 c 軸之面向 [0001] 方向傾斜之傾斜角 α 為 -10° 以上 10° 以下的面之主表面之 III 族氮化物結晶基板；以及對 III 族氮化物結晶基板之主表面進行加工。

(III 族氮化物結晶體之製造步驟)

III 族氮化物結晶體之製造方法並無特別限制，適宜使用 HVPE (Hydride Vapor Phase Epitaxy，氮氣相成長) 法、昇華法等氣相成長法、助焊劑法、氮熱法等液相成長法等。例如，於製造 GaN 結晶體時，適宜使用 HVPE 法、助焊劑法、氮熱法等；於製造 AlN 結晶體時，適宜使用 HVPE 法、

昇華法等；於製造InN結晶體、AlGaIn結晶體以及InGaIn結晶體時，適宜使用HVPE法等。

上述III族氮化物結晶體之製造中，對基底基板並無特別限制，但自成長與III族氮化物結晶體之晶格失配較小且結晶性較高之III族氮化物結晶體的觀點出發，適宜使用GaAs基板、藍寶石基板、SiC基板等。

(III族氮化物結晶基板之形成步驟)

關於對以上述方式製造之III族氮化物結晶體，於與自包含該結晶體之c軸的面向[0001]方向傾斜的傾斜角 α 為 -10° 以上 10° 以下之面平行的複數個面進行切取方法，並無特別限制，可使用線鋸、內周刀、外周刀、雷射加工、放電加工、噴水等各種切斷方法。

(III族氮化物結晶基板之主表面加工步驟)

關於用於使以上述方式而形成之III族氮化物結晶基板之主表面平坦化且減少加工變質層的主表面加工方法，並無特別限制，但自減少表面粗糙度以及加工變質層兩者之觀點出發，較佳為，於研削以及機械研磨中之任一機械加工之後進行CMP(化學機械研磨)。再者，III族氮化物結晶基板之加工變質層無需完全除去，亦可於磊晶成長半導體層之前藉由退火處理而進行主表面改質。藉由半導體層成長前之退火而對結晶基板之表面層的結晶進行重新排列，從而可磊晶成長出結晶性良好之半導體層。

以下，對於適於高效地降低主表面之面方位具有自包含c軸之面向[0001]方向傾斜 -10° 以上 10° 以下的傾斜角 α 之III

族氮化物結晶基板的主表面之表面粗糙度以及加工變質層兩者的CMP進行說明。

CMP中使用之漿料中，pH值X與氧化還原電位之值Y(mV)的關係較佳為滿足以下之式(2)以及(3)：

$$Y \geq -50X + 1400 \quad (2)$$

$$Y \leq -50X + 1700 \quad (3)。$$

若 $Y < -50X + 1400$ ，則研磨速度降低，CMP時之機械負載增加，故而，III族氮化物結晶基板之表面品質下降。若 $Y > -50X + 1700$ ，則對研磨墊以及研磨裝置之腐蝕作用變大，難以穩定地進行研磨。

而且，自提高研磨速度、提高III族氮化物結晶基板之表面品質的觀點出發，較佳為進而亦滿足以下之式(4)：

$$Y \geq -50X + 1500 \quad (4)$$

之關係。

CMP之漿料中通常可添加鹽酸、硫酸、硝酸等酸、KOH、NaOH等鹼，但若僅添加該等酸及/或鹼，則使化學性穩定之氮化鎵之表面氧化的效果較小。因此，較佳為，進而藉由添加氧化劑而增加氧化還原電位，而滿足上述式(2)以及式(3)或者上述式(3)以及式(4)之關係。

作為CMP之漿料中添加之氧化劑，並無特別限制，但自提高研磨速度之觀點出發，適宜使用次氯酸、三氯異三聚氰酸等氯代異氰尿酸、二氯異三聚氰酸鈉等氯代異氰尿酸鹽、高錳酸鉀等高錳酸鹽、二鉻酸鉀等二鉻酸鹽、溴酸鉀等溴酸鹽、硫代硫酸鈉等硫代硫酸鹽、硝酸、硫酸、鹽

酸、過氧化氫水、臭氧等。再者，該等氧化劑可單獨使用，亦可同時使用其中之2種以上。

CMP之漿料之pH值較佳為6以下或者8以上。使pH值為6以下之酸性漿料或者pH值為8以上之鹼性漿料接觸於III族氮化物結晶，而蝕刻除去III族氮化物結晶之加工變質層，藉此，可提高研磨速度。自該觀點出發，漿料之pH值較佳為4以下或者10以上。

此處，作為調整漿料之pH值時使用之酸以及鹼，並無特別限制，可使用例如鹽酸、硝酸、硫酸、磷酸等無機酸、甲酸、乙酸、乙二酸、檸檬酸、蘋果酸、酒石酸、琥珀酸、鄰苯二甲酸、反丁烯二酸等有機酸、KOH、NaOH、NH₄OH、胺等鹼，以及上述無機酸或者有機酸之鹽、碳酸鹽等鹽。而且，藉由添加上述氧化劑，亦可調整pH值。

自提高研磨速度之觀點出發，較佳為，CMP之漿料中含有研磨粒。藉由該研磨粒可進一步提高研磨速度。作為漿料中所含之研磨粒，並無特別限制，可使用硬度為III族氮化物結晶基板以下之硬度較低的低硬度研磨粒。藉由使用低硬度研磨粒，可降低結晶基板之主表面之表面粗糙度且減少加工變質層。

此處，作為低硬度研磨粒，只要係硬度為被研磨物即III族氮化物結晶以下之硬度較低的研磨粒即可，並無特別限制，但較佳為含有選自SiO₂、CeO₂、TiO₂、MgO、MnO₂、Fe₂O₃、Fe₃O₄、NiO、ZnO、CoO、Co₃O₄、CuO、Cu₂O、GeO₂、CaO、Ga₂O₃、In₂O₃所組成之群中的至少1

種材質的研磨粒。

再者，作為研磨粒，並不限定於含有單一之金屬元素的氧化物，亦可為含有2種以上之金屬元素的氧化物(例如，具有肥粒鐵、鈣鈦礦、尖晶石或者鈦鐵礦等構造者)。而且，亦可使用AlN、GaN、InN等氮化物、CaCO₃、BaCO₃等碳氧化物、Fe、Cu、Ti、Ni等金屬、碳(具體而言，碳黑、奈米碳管、C60等)。

而且，自於短時間內降低III族氮化物結晶基板之主表面之表面粗糙度Ra、Ry而不會產生刮痕之觀點出發，研磨粒較佳為結合有1次粒子之2次粒子。2次粒子之平均粒徑D₂與1次粒子之平均粒徑D₁之比(D₂/D₁比)較佳為1.6以上，2次粒子之平均粒徑D₂較佳為200 nm以上，2次粒子之形狀較佳為繭形、塊狀形以及鏈形中之至少任一種形狀，而且，較佳為燻矽、膠體氧化矽且成為化學結合有1次粒子之2次粒子的SiO₂研磨粒。1次粒徑可根據由氣體吸附法所得之吸附比表面積進行評估，2次粒子可利用動態光散射法進行評估。

另一方面，自減少III族氮化物結晶基板之表面層之均勻畸變、不均勻畸變及/或面方位偏差、進而降低表面粗糙度之觀點出發，較佳為，CMP漿料不含研磨粒。

而且，自減少III族氮化物結晶基板之表面層之均勻畸變、不均勻畸變及/或面方位偏差之觀點出發，較佳為，CMP中使用之漿料的pH值X與氧化還原電位之值Y(mV)的關係滿足 $-50X+1400 \leq Y \leq -50X+1700$ ，並且，CMP之接觸

係數 C (單位： $10^{-6}m$) 為 $1.2 \times 10^{-6} m$ 以上 $1.8 \times 10^{-6} m$ 以下。而且，更佳為，該接觸係數 C 為 $1.4 \times 10^{-6} m$ 以上 $1.6 \times 10^{-6} m$ 以下。此處，接觸係數 C 中，使用漿料之黏度 η (單位： $mPa \cdot s$)、CMP 之周速度 V (單位： m/s) 以及 CMP 之壓力 P (單位： kPa)，表示為如下之式(5)：

$$C = \eta \times V / P \quad (5)。$$

當漿料之接觸係數 C 小於 $1.2 \times 10^{-6} m$ 時，CMP 中對 III 族氮化物結晶基板之負載變大，故而，III 族氮化物結晶基板之表面層之均勻畸變、不均勻畸變及/或面方位偏差變大。當漿料之接觸係數 C 大於 $1.8 \times 10^{-6} m$ 時，研磨速度下降，故而，III 族氮化物結晶基板之主表面之表面粗糙度、表面層之均勻畸變、不均勻畸變及/或面方位偏差變大。再者，漿料之黏度可藉由添加乙二醇等高黏度之有機化合物、水鋁礦等無機化合物而進行調整，且可利用 B 型黏度計、奧士華黏度計等進行測定。

進而，於以上述方式而獲得之 1 個以上的實施形態 1~實施形態 3 之 III 族氮化物結晶基板 1 之主表面 1s 上，進而成長 III 族氮化物結晶，且對所成長之 III 族氮化物結晶於與結晶基板之主表面 1s 平行之面進行切取，從而製造 III 族氮化物結晶基板，且如上所述，對該 III 族氮化物結晶基板之主表面進行表面加工，藉此，可進而製造實施形態 1~實施形態 3 之 III 族氮化物結晶基板。用作上述 III 族氮化物結晶之進一步成長(重複成長)之基底基板的 III 族氮化物結晶基板未必為 1 塊結晶基板，亦可使用複數塊小尺寸之結晶基板。

重複成長時可接合而成為單一之結晶。藉由重複成長時之接合，可獲得大口徑之III族氮化物結晶基板。亦可進而將自重複成長中已接合之III族氮化物結晶切取出的結晶基板用作基底基板，再次重複成長。如此，藉由重複使用III族氮化物結晶進行成長，可降低生產成本。

此處，作為於實施形態1~實施形態3之III族氮化物結晶基板1之主表面1s上進而成長III族氮化物結晶的方法，並無特別限制，適宜使用HVPE法、昇華法等氣相成長法、助焊劑法、氮熱法等液相成長法等。例如，當製造GaN結晶體時，適宜使用HVPE法、助焊劑法、氮熱法等；當製造AlN結晶體時，適宜使用HVPE法、昇華法等；當製造InN結晶體、AlGaIn結晶體以及InGaIn結晶體時，適宜使用HVPE法等。

[附磊晶層之III族氮化物結晶基板]

(實施形態4)

參照圖10可知，本發明之附磊晶層之III族氮化物結晶基板之一實施形態中，包含藉由磊晶成長而形成於實施形態1~實施形態3之III族氮化物結晶基板1之主表面1s上的至少1層之半導體層2。

本實施形態之附磊晶層之III族氮化物結晶基板3中，半導體層2係磊晶成長於III族氮化物結晶基板1之主表面1s上，故而，半導體層2之主表面2s之面方位與III族氮化物結晶基板1之主表面1s之面方位相同。實施形態1~實施形態3之III族氮化物結晶基板1之主表面1s之面方位係具有自

包含c軸1c之面1v向[0001]方向傾斜 -10° 以上 10° 以下的傾斜角，因此，半導體層2之主表面2s之面方位具有自包含c軸之面向[0001]方向傾斜 -10° 以上 10° 以下的傾斜角。藉此，可獲得附磊晶層之III族氮化物結晶基板，其包含結晶性高且具有主表面2s之面方位自包含c軸之面向[0001]方向傾斜 -10° 以上 10° 以下的傾斜角之半導體層2。

半導體層2之形成方法並無特別限制，但自磊晶成長結晶性高之半導體層之觀點出發，適宜使用MOCVD(metallo-organic chemical vapor deposition，金屬有機化學氣相沈積)法、MBE(Molecular Beam Epitaxy，分子束磊晶)法等氣相成長法。

[半導體裝置]

(實施形態5)

參照圖11可知，本發明之半導體裝置之一實施形態中，包含實施形態4之附磊晶層之III族氮化物結晶基板3。

本實施形態之半導體裝置中所含的實施形態4之附磊晶層之III族氮化物結晶基板3中，包含藉由磊晶成長而形成於主表面1s之面方位具有自包含c軸之面向[0001]方向傾斜 -10° 以上 10° 以下的傾斜角之實施形態1~實施形態3之III族氮化物結晶基板1之主表面1s上的1層以上之半導體層2。該半導體層2之結晶性較高、且具有其主表面之面方位自包含c軸之面向[0001]方向傾斜 -10° 以上 10° 以下的傾斜角，故而，壓電分極受到抑制，從而量子束縛史塔克效應亦受到抑制，藉此，本實施形態之半導體裝置之特性提

高。例如，於上述半導體層2中含有發光層210之發光裝置中，壓電分極受到抑制從而量子束縛史塔克效應受到抑制，因此，發光之藍移受到抑制，發光強度提高。故而，半導體層2中可形成高效地發出峰值波長為430 nm以上550 nm以下之光的發光層210。尤其是，波長為500 nm~550 nm之綠色區域的光之發光強度顯著提高。

參照圖11可知，本實施形態之半導體裝置中包含實施形態4之附磊晶層之III族氮化物結晶基板3。附磊晶層之III族氮化物結晶基板3中，包含具有主表面1s之面方位自包含c軸之面向[0001]方向傾斜 -10° 以上 10° 以下的傾斜角之實施形態1~實施形態3之III族氮化物結晶基板1。而且，附磊晶層之III族氮化物結晶基板3中，於上述III族氮化物結晶基板1之一個主表面1s上，作為至少1層之半導體層2，包含依序形成之厚度為1000 nm的n型Ga_N層202、厚度為1200 nm的n型 $\text{In}_{x_1}\text{Al}_{y_1}\text{Ga}_{1-x_1-y_1}\text{N}$ ($0 < x_1$ 、 $0 < y_1$ 、 $x_1+y_1 < 1$)包覆層204、厚度為200 nm的n型Ga_N導引層206、厚度為65 nm的無摻雜之 $\text{In}_{x_2}\text{Ga}_{1-x_2}\text{N}$ ($0 < x_2 < 1$)導引層208、由厚度為15 nm的Ga_N障壁層、以及具有由厚度為3 nm的 $\text{In}_{x_3}\text{Ga}_{1-x_3}\text{N}$ ($0 < x_3 < 1$)井層構成之3週期MQW(多重量子井)構造的發光層210、厚度為65 nm的無摻雜之 $\text{In}_{x_4}\text{Ga}_{1-x_4}\text{N}$ ($0 < x_4 < 1$)導引層222、厚度為20 nm的p型 $\text{Al}_{x_5}\text{Ga}_{1-x_5}\text{N}$ ($0 < x_5 < 1$)阻擋層224、厚度為200 nm之p型Ga_N層226、厚度為400 nm的p型 $\text{In}_{x_6}\text{Al}_{y_6}\text{Ga}_{1-x_6-y_6}\text{N}$ ($0 < x_6$ 、 $0 < y_6$ 、 $x_6+y_6 < 1$)包覆層228、以及厚度為50 nm的p型Ga_N接觸層230。於p型Ga_N接觸層230

上局部地形成有厚度為300 nm之SiO₂絕緣層300，且於露出之p型Ga₂N接觸層230上以及SiO₂絕緣層300之一部分上形成有p側電極400。於III族氮化物結晶基板1之另一主表面上形成有n側電極500。

[半導體裝置之製造方法]

參照圖11可知，作為本發明之半導體裝置之製造方法之實施形態，包括如下步驟：準備實施形態1~實施形態3之III族氮化物結晶基板；以及於結晶之主表面1s上成長至少1層之半導體層2，藉此形成附磊晶層之III族氮化物結晶基板。藉由該製造方法，可獲得半導體層之壓電分極之量子束縛史塔克效應受到抑制的特性較高之半導體裝置。例如，因上述半導體層2中包含發光層210，故發光層210之壓電分極之量子束縛史塔克效應受到抑制，從而可獲得發光之藍移受到抑制、且發光(例如峰值波長為430 nm以上550 nm以下之發光、尤其是峰值波長為500 nm~550 nm之綠色區域之發光)強度之積分強度較高的發光裝置。

參照圖11可知，本實施形態之半導體裝置4之製造方法中，具體而言，首先，準備實施形態1~實施形態3之III族氮化物結晶基板1。關於該III族氮化物結晶基板1之準備，與[III族氮化物結晶基板]以及[III族氮化物結晶基板之製造方法]中之描述相同，故不作重複說明。

繼而，於所準備之III族氮化物結晶基板1之主表面1s上成長至少1層之半導體層2，從而形成附磊晶層之III族氮化物結晶基板3。半導體層2之成長方法並無特別限制，但自

磊晶成長結晶性較高之半導體層之觀點出發，適宜使用MOCVD(金屬有機化學氣相沈積)法、MBE(分子束磊晶)法等氣相成長法。

例如，於III族氮化物結晶基板1之一個主表面1s上，作為至少1層之半導體層2，例如藉由MOCVD法，依序成長厚度為1000 nm的n型GaN層202、厚度為1200 nm的n型 $\text{In}_{x1}\text{Al}_{y1}\text{Ga}_{1-x1-y1}\text{N}$ 包覆層204、厚度為200 nm的n型GaN導引層206、厚度為65 nm之無摻雜的 $\text{In}_{x2}\text{Ga}_{1-x2}\text{N}$ 導引層208、具有由厚度為15 nm的GaN障壁層以及厚度為3 nm的 $\text{In}_{x3}\text{Ga}_{1-x3}\text{N}$ 井層構成之3週期MQW(多重量子井)構造的發光層210、厚度為65 nm的無摻雜之 $\text{In}_{x4}\text{Ga}_{1-x4}\text{N}$ 導引層222、厚度為20 nm的p型 $\text{Al}_{x5}\text{Ga}_{1-x5}\text{N}$ 阻擋層224、厚度為200 nm的p型GaN層226、厚度為400 nm的p型 $\text{In}_{x6}\text{Al}_{y6}\text{Ga}_{1-x6-y6}\text{N}$ 包覆層228、以及厚度為50 nm的p型GaN接觸層230。

繼而，於p型GaN接觸層230上，藉由蒸鍍法形成厚度為300 nm的 SiO_2 絕緣層300。然後，藉由光微影法以及濕式蝕刻法，形成寬度為10 μm 之條紋狀之孔。平行於將 $\langle 0001 \rangle$ 方向軸(c軸)投影至半導體層之主表面的方向而設置雷射條紋。然後，於該條紋狀之孔上以及 SiO_2 絕緣層300之一部分上，藉由蒸鍍法而形成Ni/Au電極作為p側電極400。於III族氮化物結晶基板之另一主表面上，藉由蒸鍍法而形成Ti/Al/Ti/Au電極作為n側電極500。

實施例

(實施例I)

1. III族氮化物結晶體之製造

作為基底基板，使用直徑為50 mm之GaAs結晶基板，藉由HVPE法而成長厚度為50 mm之GaN結晶體(III族氮化物結晶體)。亦即，於大氣壓之HVPE反應爐內，將收容有金屬Ga之晶舟加熱至800°C，向該晶舟導入HCl氣體與載體氣體(H₂氣體)之混合氣體，藉此，使金屬Ga與HCl氣體反應，從而生成GaCl氣體。並且，向HVPE反應爐內導入NH₃氣體與載體氣體(H₂氣體)之混合氣體，藉此使GaCl氣體與NH₃氣體反應，從而在設置於HVPE反應爐內之GaAs結晶基板(基底基板)上成長GaN結晶體。此處，GaN結晶體之成長溫度設為1050°C，HVPE反應爐內之HCl氣體分壓設為2 kPa，NH₃氣體分壓設為30 kPa。

2. III族氮化物結晶基板之製造

對於以上述方式而得之GaN結晶體(III族氮化物結晶體)，於與具有對包含c軸之面向[0001]方向傾斜-10°~10°之間的傾斜角 α 之面平行的面進行切片，藉此製造具有如表1所示之主表面之GaN結晶基板(III族氮化物結晶基板)。此處，傾斜角 α 之符號為正時，表示主表面之面方位自包含c軸之面向[0001]方向(亦即，朝向(0001)面)傾斜，而當符號為負時，表示主表面之面方位自包含c軸之面向[000-1]方向(亦即，朝向(000-1)面)傾斜。

3. III族氮化物結晶基板之表面加工

對以上述方式而獲得之GaN結晶基板(III族氮化物結晶基板)主表面進行磨削(機械研磨)之後，進行CMP(化學機

械研磨)，藉此獲得半導體裝置用 GaN 結晶基板。此處，磨削中，準備研磨粒徑為 2 μm 、3 μm 以及 9 μm 之 3 種鑽石研磨粒，使用銅壓盤或者錫壓盤，階段性地減小鑽石研磨粒之粒徑而進行磨削。磨削壓力設為 100 $\text{gf}/\text{cm}^2 \sim 500 \text{gf}/\text{cm}^2$ (9.8 kPa \sim 49.0 kPa)，GaN 結晶基板以及壓盤之轉速設為 30 rpm(旋轉/min) \sim 60 rpm。而且，CMP 中，使用包含化學結合有 1 次粒子而成為 2 次粒子之膠體氧化矽(1 次粒徑為 90 nm，2 次粒徑為 210 nm)作為研磨粒、包含酒石酸作為 pH 值調節劑、包含三氯異三聚氰酸作為氧化劑、且 pH 值以及氧化還原電位(ORP)調整為如表 1 所示之值的漿料，調整接觸係數 C 使其成為如表 1 所示之值。

對於如此經過表面加工之 GaN 結晶基板，使來自(11-22)面(本測定中之特定平行晶格面)之繞射 X 射線的 X 射線穿透深度自 0.3 μm 改變至 5 μm 而進行測定，藉此求出繞射強度分佈中的(11-22)面之面間隔及繞射強度峰值之半值寬，以及搖擺曲線中的繞射強度峰值之半值寬，根據該等值對 GaN 結晶基板之表面層之均勻畸變、不均勻畸變以及晶格面之面方位偏差進行評估。X 射線繞射測定中，係使用平行光學系統、 $\text{CuK}_{\alpha 1}$ 之 X 射線波長。而且，X 射線穿透深度係藉由改變對結晶表面之 X 射線入射角 ω 、結晶表面之傾斜角 χ 以及結晶表面內之旋轉角 ϕ 中之至少任一者而控制。再者，自容易利用上述 X 射線穿透深度下之 X 射線繞射進行評估之觀點出發，於例 I-1 以及 I-2 中使用(10-13)面作為特定平行晶格面，而於例 I-13 \sim I-15 中使用(10-11)面作為特

定平行晶格面。

再者，對於藉由與本實施例相同之製造方法以及表面加工方法而獲得之另一GaN結晶基板，其比電阻藉由四探針法測定時為 $1 \times 10^{-2} \Omega \cdot \text{cm}$ ，其載體濃度藉由電洞測定法測定時為 $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 。

4. 半導體裝置之製造

參照圖11可知，於以上述方式而獲得的半導體裝置用之GaN結晶基板(III族氮化物結晶基板1)的一個主表面1s上，藉由MOCVD法，作為至少1層之半導體層2，依序成長厚度為1000 nm的n型GaN層202、厚度為1200 nm的n型 $\text{In}_{x1}\text{Al}_{y1}\text{Ga}_{1-x1-y1}\text{N}$ ($x1=0.03$ 、 $y1=0.14$)包覆層204、厚度為200 nm的n型GaN導引層206、厚度為65 nm的無摻雜之 $\text{In}_{x2}\text{Ga}_{1-x2}\text{N}$ ($x2=0.03$)導引層208、具有由厚度為15 nm的GaN障壁層以及厚度為3 nm的 $\text{In}_{x3}\text{Ga}_{1-x3}\text{N}$ ($x3=0.2\sim 0.3$)井層構成之3週期MQW(多重量子井)構造的發光層210、厚度為65 nm的無摻雜之 $\text{In}_{x4}\text{Ga}_{1-x4}\text{N}$ ($x4=0.03$)導引層222、厚度為20 nm的p型 $\text{Al}_{x5}\text{Ga}_{1-x5}\text{N}$ ($x5=0.11$)阻擋層224、厚度為200 nm的p型GaN層226、厚度為400 nm的p型 $\text{In}_{x6}\text{Al}_{y6}\text{Ga}_{1-x6-y6}\text{N}$ ($x6=0.03$ 、 $y6=0.14$)包覆層228、以及厚度為50 nm的p型GaN接觸層230。

繼而，於p型GaN接觸層230上，藉由蒸鍍法而形成厚度為300 nm之 SiO_2 絕緣層300。然後，藉由光微影法以及濕式蝕刻法而形成寬度為10 μm 的條紋狀之孔。於例I-1以及I-2中，平行於將 $\langle 10-10 \rangle$ 方向軸(m軸)投影至半導體層之主

表面的方向而設置雷射條紋，其他例中，平行於將 $\langle 0001 \rangle$ 方向軸(c軸)投影至半導體層之主表面的方向而設置雷射條紋。然後，於該條紋狀之孔上以及 SiO_2 絕緣層300之一部分上，藉由蒸鍍法而形成Ni/Au電極作為p側電極400。然後，藉由磨削(機械研磨)使GaN結晶基板(III族氮化物結晶基板1)之另一主表面成為鏡面。然後，於GaN結晶基板之經過鏡面化之另一主表面上，藉由蒸鍍法而形成Ti/Al/Ti/Au電極作為n側電極500。此時，使用接觸式膜厚計或者使用光學顯微鏡或SEM(scanning electron microscope，掃描型電子顯微鏡)來觀察包含基板之晶圓剖面，藉此測定上述晶圓之各層以及整體之厚度。

對於雷射條紋製作諧振鏡時，係採用使用峰值波長為355 nm之YAG雷射的雷射刻劃器。當使用雷射刻劃器進行切割時，與使用鑽石切割之情形相比，可提高振盪晶片良率。切割槽之形成條件中，雷射光輸出設為100 mW，掃描速度設為5 mm/s。所形成之切割槽係例如長度為30 μm 、寬度為10 μm 、深度為40 μm 之槽。以800 μm 之間距穿過基板之絕緣膜開口部位直接對半導體層之主表面照射雷射光，藉此形成切割槽。共振器長度設為600 μm 。使用刮刀，割斷諧振鏡而進行製作。擠壓基板背側而進行切割，藉此製作雷射條。

繼而，於雷射條之端面藉由真空蒸鍍法塗佈介電多層膜。介電多層膜係由 SiO_2 與 TiO_2 交替積層而構成。設計為，膜厚分別於50 nm~100 nm之範圍內調整，反射率之峰

值波長處於500 nm~530 nm之範圍內。設計為，一個端面之反射面為10週期，反射率之設計值為約95%，而另一端面之反射面為6週期，反射率之設計值為約80%。

如下所述，於室溫(25°C)下，對以上述方式而獲得之半導體裝置通電而進行評估。作為電源，係使用脈寬為500 ns、占空比為0.1%之脈衝電源，將探針落於針表面電極而通電。電流密度設為100 A/cm²。LED模式光之觀察係藉由將光纖配置於雷射條之主表面側而對自主表面放射出的發光光譜進行測定而實現。LED模式光之發光光譜之波長為500 nm~550 nm之範圍內的發光峰值之積分強度如表1所示。而且，LED模式光之發光光譜之波長為500 nm~550 nm之範圍內的發光峰值之半值寬如表1所示。雷射光之觀測係藉由將光纖配置於雷射條端面側而對自端面放射出之發光光譜進行測定而實現。LED模式光之發光峰值波長為500 nm~550 nm。雷射光之振盪峰值波長為500 nm~530 nm。

[表 1]

例	I-1	I-2	I-3	I-4	I-5	I-6	I-7	I-8	I-9	I-10	I-11	I-12	I-13	I-14	I-15	I-16	I-17	I-18	I-19
	主表面	包含c軸之面	傾斜角 α	(°)	漿料pH	漿料ORP (mV)	接觸係數C ($\times 10^{-6}$ m)	均勻畸變 ($\times 10^{-3}$)	不均勻畸變 (arcsec)	面方位偏差 (arcsec)	LED峰值之積分強度(a.u.)	LED峰值之半值寬(nm)							
結晶基板	(0001)	(0001)	(10-10)	(10-10)	(10-10)	(10-10)	(10-10)	(10-10)	(10-10)	(10-10)	(10-10)	(10-10)	(11-20)	(11-20)	(11-20)	(21-30)	(21-30)	(21-30)	(10-10)
C M P 條件	0	0	0	0	10	5	0.5	0.1	-0.3	-10	10	0.1	0	0	0.3	0	0	0.3	-9
結晶基板	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
結晶基板	900	1500	900	1400	1300	1300	1300	1300	1300	1300	800	800	1400	1400	1300	1400	1400	1300	1300
結晶基板	0.8	1.2	0.8	1.2	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	2.0	2.0	0.8	1.2	1.3	0.8	1.2	1.3	1.3
結晶基板	2.2	1.7	2.0	1.6	1.7	1.7	1.6	1.7	1.7	1.7	2.0	1.9	2.0	1.6	1.6	2.0	1.7	1.6	1.7
結晶基板	160	110	140	100	110	110	100	110	110	110	140	130	140	110	100	140	110	100	110
結晶基板	410	300	360	280	300	300	290	300	300	300	360	340	360	300	280	360	300	280	300
裝置	0	5	3	10	11	14	22	15	18	11	3	4	3	11	19	3	12	20	12
裝置	-	-	-	45	43	38	30	34	32	42	-	-	-	43	32	-	38	32	40

根據表1可知，關於III族氮化物結晶基板，當表面層之均勻畸變為 1.7×10^{-3} 以下、表面層之不均勻畸變為110 arcsec以下、及/或表面層之特定平行晶格面之面方位偏差為300 arcsec以下、並且主表面之面方位具有自包含c軸之面向[0001]方向傾斜 -10° 以上 10° 以下的傾斜角之情形時，使用有該結晶基板之半導體裝置的LED模式光之發光光譜之波長為500 nm~550 nm之範圍的發光峰值之積分強度變大。

例I-2、I-8以及I-18中，分別根據電流密度為 1 A/cm^2 以及 100 A/cm^2 之LED模式光之發光波長的測定對藍移進行評估。例I-2中之藍移為40 nm，例I-8中之藍移為10 nm，例I-18中之藍移為8 nm。關於III族氮化物結晶基板，當表面層之均勻畸變為 1.7×10^{-3} 以下、表面層之不均勻畸變為110 arcsec以下、及/或表面層之特定平行晶格面之面方位偏差為300 arcsec以下、並且主表面之面方位具有自包含c軸之面向[0001]方向傾斜 -10° 以上 10° 以下的傾斜角之情形時，使用有該結晶基板之半導體裝置之藍移極小。

(實施例II)

CMP中，使用含有化學結合有1次粒子而成為2次粒子之膠體氧化矽(1次粒徑為15 nm，2次粒徑為40 nm)作為研磨粒、含有蘋果酸作為pH值調節劑、含有三氯異三聚氰酸作為氧化劑、且pH值以及氧化還原電位(ORP)調整為如表2所示之值的漿料，使接觸係數C調整為如表2所示之值，除此以外均與實施例I相同地製造GaN結晶基板(III族氮化物

結晶基板)以及半導體裝置，且對經過表面加工之Ga₂N結晶基板之表面層之均勻畸變、不均勻畸變以及晶格面之面方位偏差進行評估，並且，對半導體裝置之LED模式光的發光光譜之波長為500 nm~550 nm之範圍內的發光峰值之積分強度以及半值寬進行測定。此處，自容易利用X射線繞射進行評估之觀點出發，於例II-1~II-8中使用(10-11)面作為特定平行晶格面。結果如表2所示。

[表 2]

例		II-1	II-2	II-3	II-4	II-5	II-6	II-7	II-8	II-9	II-10	II-11
結晶基板	主表面 包含c軸 之面	(11- 20)	(11- 20)	(11- 20)	(11- 20)	(11- 20)	(11- 20)	(11- 20)	(11- 20)	(21- 30)	(21- 30)	(10- 10)
	傾斜角 α ($^{\circ}$)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CMP 條件	漿料pH	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	漿料ORP (mV)	1550	1500	1500	1450	1450	1400	1400	1200	1450	1200	1450
	接觸係數C ($\times 10^{-6}$ m)	1.6	1.6	1.5	1.5	1.4	1.4	1.2	1.0	1.5	0.9	1.6
結晶 基板	均勻畸變 ($\times 10^{-3}$)	0.1	0.5	0.8	1.0	1.2	1.5	1.7	1.9	1.1	2.1	0.9
	不均勻畸變 (arcsec)	0	20	40	50	70	90	110	130	60	150	50
	面方位偏差 (arcsec)	0	70	110	140	180	220	300	330	160	400	130
裝置	LED峰值之 積分強度 (a.u.)	26	23	21	19	17	14	12	4	18	3	21
	LED峰值之 半值寬(nm)	40	42	42	43	43	44	44	-	40	-	42

根據表2可知，關於III族氮化物結晶基板，當主表面之面方位具有自包含c軸之面向[0001]方向傾斜 -10° 以上 10° 以下的傾斜角之情形時，表面層之均勻畸變、不均勻畸變及/或特定平行晶格面之面方位偏差越小，則使用有該結

晶基板之半導體裝置的LED模式光之發光光譜之波長500為 nm~550 nm之範圍內的發光峰值之積分強度越大。

(實施例III)

將Ga₂N結晶基板(III族氮化物結晶基板)之主表面之面方位自包含c軸之一個面即(21-30)面的傾斜角 α 設為0.2，CMP中，使用含有球狀之膠體氧化矽(表3所示之粒徑)作為研磨粒(但是，例III-1中不含研磨粒)、含有酒石酸鈉以及碳酸鈉作為pH值調節劑、含有二氯異三聚氰酸鈉作為氧化劑、且將pH值以及氧化還原電位(ORP)調整為如表3所示之值的漿料，將接觸係數C調整為如表3所示之值，除此以外均與實施例I相同地製造Ga₂N結晶基板(III族氮化物結晶基板)以及半導體裝置，並且對經過表面加工之Ga₂N結晶基板之表面層之均勻畸變、不均勻畸變以及晶格面之面方位偏差進行評估，而且，對半導體裝置之LED模式光的發光光譜之波長為500 nm~550 nm之範圍內的發光峰值之積分強度以及半值寬進行測定。結果如表3所示。

[表3]

		例	III-1	III-2	III-3	III-4	III-5	III-6
結晶基板	主表面	包含c軸之面	(21-30)	(21-30)	(21-30)	(21-30)	(21-30)	(21-30)
		傾斜角 α (°)	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
CMP條件	研磨粒徑(nm)		—	20	30	80	100	200
	漿料pH		10	10	10	10	10	10
	漿料ORP(mV)		1000	1000	1050	1050	1100	1100
	接觸係數C($\times 10^{-6}$ m)		1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4

例		III-1	III-2	III-3	III-4	III-5	III-6
結晶基板	均勻畸變 ($\times 10^{-3}$)	1.1	1.2	1.2	1.2	1.3	1.3
	不均勻畸變 (arcsec)	40	50	50	50	60	60
	面方位偏差 (arcsec)	160	180	180	180	200	200
	表面粗糙度Ra (nm)	0.3	0.7	1.0	3.0	5.0	7.0
	表面粗糙度Ry (nm)	3.2	6.7	10	30	55	82
裝置	LED峰值之積分 強度(a.u.)	27	26	25	24	20	17
	LED峰值之半值 寬(nm)	39	39	40	40	40	40

根據表3可知，關於III族氮化物結晶基板，當表面層之均勻畸變為 1.7×10^{-3} 以下、表面層之不均勻畸變為110 arcsec以下、及/或表面層之特定平行晶格面之面方位偏差為300 arcsec以下、並且主表面之面方位具有自包含c軸之面向[0001]方向傾斜 -10° 以上 10° 以下的傾斜角之情形時，主表面之面粗糙度Ra、Ry越小，則使用有該結晶基板之半導體裝置的LED模式光之發光光譜之波長為500 nm~550 nm之範圍內的發光峰值之積分強度越大。

(實施例IV)

將GaN結晶基板(III族氮化物結晶基板)之主表面之面方位與包含c軸之一個面即(21-30)面的傾斜角 α 設為0.2，CMP中，使用含有化學結合有1次粒子而成為2次粒子之膠體氧化矽(1次粒徑為35 nm，2次粒徑為70 nm)作為研磨粒、含有硝酸作為pH值調節劑、含有過氧化氫水以及三氯異三聚氰酸作為氧化劑、且將pH值以及氧化還原電位(ORP)調整為如表4所示之值的漿料，使接觸係數C調整為

如表4所示之值，除此以外均與實施例I相同地製造Ga₂N結晶基板(III族氮化物結晶基板)以及半導體裝置，並且對經過表面加工之Ga₂N結晶基板之表面層之均勻畸變、不均勻畸變以及晶格面之面方位偏差進行評估，且對半導體裝置之LED模式光的發光光譜之波長為500 nm~550 nm之範圍內的發光峰值之積分強度以及半值寬進行測定。此處，自容易利用X射線繞射進行評估之觀點出發，於例IV-1~IV-7中使用(10-11)面作為特定平行晶格面。結果如表4所示。

[表4]

例		IV-1	IV-2	IV-3	IV-4	IV-5	IV-6	IV-7
結晶基板	主表面 包含c軸 之面	(11- 20)	(11- 20)	(11- 20)	(11- 20)	(11- 20)	(11- 20)	(11- 20)
	傾斜角 α (°)	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
CMP 條件	漿料pH	4	4	3	3	2	2	0.8
	漿料ORP (mV)	1200	1250	1300	1350	1500	1550	1650
	接觸係數C ($\times 10^{-6}$ m)	1.8	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.2
結晶 基板	均勻畸變 ($\times 10^{-3}$)	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
	不均勻畸變 (arcsec)	50	50	50	50	50	50	50
	面方位偏差 (arcsec)	110	110	110	110	110	110	110
	氧濃度 (原子%)	1	2	3	5	10	16	21
裝置	LED峰值之積分強 度(a.u.)	20	27	27	26	25	23	20
	LED峰值之半值寬 (nm)	38	38	36	36	38	38	38

根據表4可知，關於III族氮化物結晶基板，當表面層之均勻畸變為 1.7×10^{-3} 以下、表面層之不均勻畸變為110

arcsec以下、及/或表面層之特定平行晶格面之面方位偏差為300 arcsec以下、並且主表面之面方位具有自包含c軸之面向[0001]方向傾斜 -10° 以上 10° 以下的傾斜角之情形時，對於主表面上存在之氧之濃度藉由AES(歐傑原子分光法)進行測定時，若為2原子%以上16原子%以下，則使用有該結晶基板之半導體裝置的LED模式光之發光峰值之積分強度變大。

(實施例V)

1. III族氮化物結晶體以及III族氮化物結晶基板之製造

例V-1以及V-2中，作為基底基板係使用實施例I之例I-4中所製造之主表面之面方位為(10-10)的GaN結晶基板(III族氮化物結晶基板)，且藉由助焊劑法成長GaN結晶體。亦即，以按莫耳比計Ga:Na為1:1之方式，將GaN結晶基板(基底基板)、作為Ga原料之金屬Ga、作為助焊劑之金屬Na收容於坩堝中。繼而，對坩堝進行加熱，從而獲得接觸於GaN結晶基板之(10-10)主表面的 800°C 之Ga-Na熔融液。該Ga-Na熔融液中，作為N原料而熔解5 MPa之 N_2 氣體，從而使GaN結晶基板之(10-10)主表面上成長厚度為2 mm之GaN結晶。隨著結晶成長之進行，錯位密度減少。根據自GaN結晶獲取GaN結晶基板時之位置差異，調整GaN結晶基板之主表面的錯位密度(參照表5)。

關於例V-3~V-6，於利用HVPE法之成長中，作為基底基板使用實施例I之例I-4中所製造的主表面之面方位為(10-10)之GaN結晶基板(III族氮化物結晶基板)，藉由HVPE法

成長厚度為 5 mm 之 GaN 結晶體。利用 HVPE 法成長 GaN 結晶之成長條件係與實施例 I 相同。隨著結晶成長之進行，錯位密度減少。根據自 GaN 結晶獲取 GaN 結晶基板時之位置差異，調整 GaN 結晶基板之主表面的錯位密度(參照表 5)。

2. III 族氮化物結晶基板之表面加工

CMP 中，使用含有以鏈狀化學結合有 1 次粒子而成為 2 次粒子的燻砂(1 次粒徑為 20 nm，2 次粒徑為 150 nm)作為研磨粒、含有檸檬酸作為 pH 值調節劑、含有高錳酸鉀作為氧化劑、且將 pH 值以及氧化還原電位(ORP)調整為如表所示之值的漿料，使接觸係數 C 調整為如表 2 所示之值，除此以外均與實施例 I 同樣地對 GaN 結晶基板(III 族氮化物結晶基板)進行表面加工，從而獲得半導體裝置用 GaN 結晶基板。對於以上述方式而獲得的半導體裝置用 GaN 結晶基板(經過表面加工之 GaN 結晶基板)之表面層之均勻畸變、不均勻畸變以及晶格面之面方位偏差，與實施例 I 同樣地進行評估。

3. 半導體裝置之製造

使用以上述方式而獲得的半導體裝置用之 GaN 結晶基板，與實施例 I 同樣地製造半導體裝置，對於半導體裝置之 LED 模式光的發光光譜之波長為 500 nm~550 nm 之範圍內的發光峰值之積分強度以及半值寬進行測定。結果如表 5 所示。

[表 5]

例			V-1	V-2	V-3	V-4	V-5	V-6
結晶基板	主表面	包含c軸之面	(10-10)	(10-10)	(10-10)	(10-10)	(10-10)	(10-10)
		傾斜角 α ($^{\circ}$)	0	0	0	0	0	0
CMP條件	漿料pH		3	3	3	3	3	3
	漿料ORP(mV)		1400	1400	1400	1400	1400	1400
	接觸係數C($\times 10^{-6}$ m)		1.3	1.3	1.3	1.3	1.4	1.4
結晶基板	均勻畸變($\times 10^{-3}$)		1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
	不均勻畸變(arcsec)		60	60	60	60	60	60
	面方位偏差(arcsec)		120	120	120	120	120	120
	錯位密度(cm^{-2})		1×10^2	1×10^3	1×10^4	1×10^5	1×10^6	1×10^7
裝置	LED峰值之積分強度(a.u.)		26	26	25	24	22	18
	LED峰值之半值寬(nm)		38	38	38	40	40	42

根據表 5 可知，關於 III 族氮化物結晶基板，當表面層之均勻畸變為 1.7×10^{-3} 以下、表面層之不均勻畸變為 110 arcsec 以下、及/或表面層之特定平行晶格面之面方位偏差為 300 arcsec 以下、並且主表面之面方位具有自包含 c 軸之面向 [0001] 方向傾斜 -10° 以上 10° 以下的傾斜角之情形時，III 族氮化物結晶基板之主表面之錯位密度越小，例如錯位密度為 $1 \times 10^7 \text{ cm}^{-2}$ 以下、 $1 \times 10^6 \text{ cm}^{-2}$ 以下、進而為 $1 \times 10^5 \text{ cm}^{-2}$ 以下如此變小，則使用有該結晶基板之半導體裝置的 LED 模式光之發光光譜之波長為 500 nm~550 nm 之範圍內的發光峰值之積分強度越大。再者，於基底基板係使用複數個

GaN結晶基板，利用助焊劑法、HVPE法進行之成長中使自基底基板接合之單一的GaN結晶體成長之情形時，亦可獲得與上述同等之結果。

(實施例VI)

CMP中，使用含有球狀之膠體氧化矽(粒徑為30 nm)作為研磨粒、含有鹽酸作為pH值調節劑、含有過氧化氫水以及次氯酸作為氧化劑、且將pH值、氧化還原電位(ORP)以及黏度調整為如表6所示之值的漿料，使CMP周速度、CMP壓力以及接觸係數C調整為如表6所示之值，除此以外均與實施例I相同地對GaN結晶基板(III族氮化物結晶基板)進行表面加工。對如此經過表面加工之GaN結晶基板之表面層之均勻畸變、不均勻畸變以及晶格面之面方位偏差，與實施例I相同地進行評估。此處，自容易利用X射線繞射進行評估之觀點出發，於例VI-10~VI-12中使用(10-11)面作為特定平行晶格面。結果如表6所示。

[表 6]

例		VI-1	VI-2	VI-3	VI-4	VI-5	VI-6	VI-7	VI-8	VI-9	VI-10	VI-11	VI-12	VI-13
結晶基板	主表面	(21-30)	(21-30)	(21-30)	(21-30)	(21-30)	(21-30)	(21-30)	(21-30)	(21-30)	(11-20)	(11-20)	(11-20)	(10-10)
	包含c軸之面 傾斜角 α (°)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0.1	0	0
漿料pH		2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
漿料ORP (mV)		1000	1300	1300	1500	1600	1600	1800	1600	1300	1500	1500	1500	1500
接觸係數C ($\times 10^{-6}$ m)		1.2	0.3	1.2	1.5	1.8	4.0	1.8	1.2	1.8	1.5	1.5	1.5	1.5
漿料黏度 η (mPa·s)		12	10	12	10	9	16	18	9	9	10	10	10	10
CMP周速度V (m/s)		1.0	0.9	1.0	1.5	2.0	2.5	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5	1.5
CMP壓力P(kPa)		10	30	10	10	10	10	20	15	10	10	10	10	10
CMP速度($\mu\text{m/hr}$)		1.2	2.8	2.4	2.3	2.1	0.5	2.5	2.7	1.7	2.2	2.3	2.4	2.4
均勻畸變 ($\times 10^{-3}$)		2.0	1.9	1.7	1.1	0.5	2.1	2.1	0.7	1.4	1.2	1.2	0.9	1.0
不均勻畸變 (arcsec)		140	130	110	70	0	150	150	20	110	80	70	50	50
面方位偏差 (arcsec)		350	330	300	110	0	400	400	40	250	150	130	80	90

根據表 6 可知，實施之 CMP 中，使用 pH 值 X 與氧化還原電位之值 Y(mV) 具有如下關係：

$$-50X+1400 \leq Y \leq -50X+1700$$

之漿料，且接觸係數 C 為 1.2×10^{-6} m 以上 1.8×10^{-6} m 以下，藉此，即便於主表面之面方位具有自包含 c 軸之面向 [0001] 方向傾斜 -10° 以上 10° 以下的傾斜角之 III 族氮化物結晶基板中，亦可使其表面層之均勻畸變為 1.7×10^{-3} 以下、使其表面層之不均勻畸變為 110 arcsec 以下、及/或其表面層之特定平行晶格面 ((11-22) 面或者 (10-11) 面) 之面方位偏差為 300 arcsec 以下。

此處，當氧化還原電位 (ORP) 較低時，使 III 族氮化物結晶基板之主表面氧化之作用減弱，故而，CMP 時之機械作用增強，III 族氮化物結晶基板之表面層之均勻畸變、不均勻畸變以及面方位偏差增大。當氧化還原電位較高時，變得難以進行穩定之研磨，III 族氮化物結晶基板之表面層之均勻畸變、不均勻畸變以及面方位偏差變大。當接觸係數較小時，CMP 時對 III 族氮化物結晶基板之負載增強，III 族氮化物結晶基板之表面層之均勻畸變、不均勻畸變以及面方位偏差變大。當接觸係數較大時，CMP 速度大幅下降，從而表面改質之效果減小，III 族氮化物結晶基板之表面層之均勻畸變、不均勻畸變以及面方位偏差變大。

(實施例 VII)

將例 III-4 中所製作之主表面之面方位自 (21-30) 面向 [0001] 方向具有 0.2° 之傾斜角的 GaN 結晶基板 (III 族氮化物

結晶基板)切斷，獲得尺寸為5 mm×20 mm~5 mm×45 mm之複數個小片基板。該複數個小片基板排列成其等主面(該主面之面方位均具有自(21-30)面向[0001]方向傾斜之 0.2° 的傾斜角)相互平行、並且其等側面相互鄰接，而作為所需之尺寸之基底基板，於該等小片基板之主面上分別利用HVPE法成長Ga_N結晶(III族氮化物結晶)，使該等III族氮化物結晶相互接合，且對外周部進行加工，藉此獲得所需之尺寸之Ga_N結晶(III族氮化物結晶)。對所得之Ga_N結晶平行於基底基板之主面而進行切取，與例III-4相同地，製造出18 mm×18 mm、30 mm×50 mm、直徑為40 mm、直徑為100 mm、直徑為150 mm之Ga_N結晶基板以及半導體裝置。該Ga_N結晶基板以及半導體裝置均具有與例III-4相同之基板特性以及裝置特性。進而，將該等Ga_N結晶基板(III族氮化物結晶基板)作為基底基板，藉由HVPE法重複進行結晶成長，從而分別獲得18 mm×18 mm、30 mm×50 mm、直徑為40 mm、直徑為100 mm、直徑為150 mm之Ga_N結晶(III族氮化物結晶)。對該Ga_N結晶與上述相同地進行加工，藉此獲得具有與例III-4同等之特性的Ga_N結晶基板以及半導體裝置。

本次所揭示之實施形態以及實施例中之所有內容均為例示，而非限制性說明。本發明之範圍係由申請專利範圍揭示，而非由上述說明揭示，與申請專利範圍等價之含義以及申請專利範圍內之所有變更均屬於本發明之範圍內。

【圖式簡單說明】

圖1係表示自III族氮化物結晶基板之主表面起之深度方向上的結晶之狀態的概略剖面圖。

圖2係表示本發明中使用之X射線繞射法中的測定軸、測定角之概略圖。

圖3A係表示III族氮化物結晶基板之晶格之均勻畸變的一例之概略圖。

圖3B係表示關於圖3A之III族氮化物結晶基板之晶格之均勻畸變的X射線繞射法的繞射強度分佈中的特定平行晶格面之面間隔的概略圖。

圖4A係表示III族氮化物結晶基板之晶格之不均勻畸變的一例之概略圖。

圖4B係表示關於圖4A之III族氮化物結晶基板之晶格之不均勻畸變的X射線繞射之繞射強度分佈中的繞射強度峰值之半值寬之概略圖。

圖5A係表示III族氮化物結晶基板之特定平行晶格面之面方位偏差的一例之概略圖。

圖5B係表示關於圖5A之III族氮化物結晶基板之特定平行晶格面之面方位偏差的X射線繞射之搖擺曲線中的繞射強度峰值之半值寬的概略圖。

圖6係表示本發明之III族氮化物結晶基板之一例的概略圖。

圖7係表示自包含本發明之III族氮化物結晶基板之主表面之面方位的c軸之面向[0001]方向之傾斜的一例之概略圖。

圖8係表示自包含本發明之III族氮化物結晶基板之主表面之面方位的c軸之面向[0001]方向之傾斜的另一例之概略圖。

圖9係表示自包含本發明之III族氮化物結晶基板之主表面之面方位的c軸之面向[0001]方向之傾斜的又一例之概略圖。

圖10係表示本發明之附磊晶層之III族氮化物結晶基板之一例的概略剖面圖。

圖11係表示本發明之半導體裝置之一例的概略剖面圖。

【主要元件符號說明】

1	III族氮化物結晶基板
1c	c軸
1d、31d、32d、33d、41d、 42d、43d、51d、52d、53d	特定平行晶格面
1p	表面層
1q	表面鄰接層
1r	內層
1s、2s	主表面
1v	包含c軸之面
2	半導體層
3	附磊晶層之III族氮化物結晶 基板
4	半導體裝置
11	入射X射線

12	出射 X 射線
21	χ 軸
22	ω 軸 (2 θ 軸)
23	ϕ 軸
30	拉伸應力
202	n 型 GaN 層
204	n 型 $\text{In}_{x1}\text{Al}_{y1}\text{Ga}_{1-x1-y1}\text{N}$ 包覆層
206	n 型 GaN 導引層
208	$\text{In}_{x2}\text{Ga}_{1-x2}\text{N}$ 導引層
210	發光層
222	$\text{In}_{x4}\text{Ga}_{1-x4}\text{N}$ 導引層
224	p 型 $\text{Al}_{x5}\text{Ga}_{1-x5}\text{N}$ 阻擋層
226	p 型 GaN 層
228	p 型 $\text{In}_{x6}\text{Al}_{y6}\text{Ga}_{1-x6-y6}\text{N}$ 包覆層
230	p 型 GaN 接觸層
300	SiO_2 絕緣層
400	p 側電極
500	n 側電極
[0001]	方向
α	傾斜角
{10-10}、{11-20}	面
$d_1 \sim d_6$	面間隔
V_1 、 V_2 、 W_1 、 W_2	半值寬

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： 99140249

※ 申請日： 99.11.22

※IPC 分類：H01L33/16(2010.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

III族氮化物結晶基板、附磊晶層之III族氮化物結晶基板、以及半導體裝置及其製造方法

二、中文發明摘要：

本發明之III族氮化物結晶基板(1)，係於由一方面滿足III族氮化物結晶基板(1)之任意的特定平行晶格面之X射線繞射條件、一方面改變自結晶基板之主表面(1s)起的X射線穿透深度之X射線繞射測定而獲得之特定平行晶格面的面間隔中，當將X射線穿透深度為0.3 μm 之面間隔表示為 d_1 ，將X射線穿透深度為5 μm 之面間隔表示為 d_2 時， $|d_1 - d_2|/d_2$ 之值所表示之結晶基板的表面層之均勻畸變為 1.7×10^{-3} 以下，且，主表面(1s)之面方位具有自包含結晶基板之c軸(1c)之面(1v)向[0001]方向傾斜 -10° 以上 10° 以下的傾斜角。藉此，可提供一種適合製造已抑制發光藍移的發光裝置之III族氮化物結晶基板、附磊晶層之III族氮化物結晶基板、以及半導體裝置及其製造方法。

三、英文發明摘要：

七、申請專利範圍：

1. 一種III族氮化物結晶基板，其係

於利用一方面滿足III族氮化物結晶基板(1)之任意之特定平行晶格面(1d)的X射線繞射條件、一方面改變自上述結晶基板之主表面(1s)起的X射線穿透深度之X射線繞射測定而獲得的上述特定平行晶格面(1d)之面間隔中，當將上述X射線穿透深度為0.3 μm 之上述面間隔表示為 d_1 ，將上述X射線穿透深度為5 μm 之上述面間隔表示為 d_2 時， $|d_1-d_2|/d_2$ 之值所表示之上述結晶基板之表面層(1p)的均勻畸變為 1.7×10^{-3} 以下，且

上述主表面(1s)之面方位具有自包含上述結晶基板之c軸(1c)之面(1v)向[0001]方向傾斜 -10° 以上 10° 以下的傾斜角。

2. 一種III族氮化物結晶基板，其係

於利用一方面滿足III族氮化物結晶基板(1)之任意之特定平行晶格面(1d)的X射線繞射條件、一方面改變自上述結晶基板之主表面(1s)起的X射線穿透深度之X射線繞射測定而獲得的上述特定平行晶格面(1d)之繞射強度分佈中，由上述X射線穿透深度為0.3 μm 之繞射強度峰值之半值寬 v_1 與上述X射線穿透深度為5 μm 之繞射強度峰值之半值寬 v_2 所獲得的 $|v_1-v_2|$ 之值所表示的上述結晶基板之表面層(1p)之不均勻畸變為110 arcsec以下，且

上述主表面(1s)之面方位具有自包含上述結晶基板之c軸(1c)之面(1v)向[0001]方向傾斜 -10° 以上 10° 以下的傾斜

角。

3. 一種III族氮化物結晶基板，其係

於關於III族氮化物結晶基板(1)之任意之特定平行晶格面(1d)的X射線繞射而改變自上述結晶基板之主表面(1s)起的X射線穿透深度而測定出之搖擺曲線中，由上述X射線穿透深度為0.3 μm 之繞射強度峰值之半值寬 w_1 與上述X射線穿透深度為5 μm 之繞射強度峰值之半值寬 w_2 所獲得之 $|w_1-w_2|$ 的值所表示之上述結晶基板之表面層(1p)的上述特定平行晶格面(1d)之面方位偏差為300 arcsec以下，且

上述主表面(1s)之面方位具有自包含上述結晶基板之c軸(1c)之面(1v)向[0001]方向傾斜 -10° 以上 10° 以下的傾斜角。

4. 如請求項1之III族氮化物結晶基板，其中

上述主表面(1s)具有5 nm以下之表面粗糙度Ra。

5. 如請求項1之III族氮化物結晶基板，其中

上述主表面(1s)之面方位相對於上述結晶基板之{10-10}面、{11-20}面及{21-30}面中之任一面的傾斜角若為 0° 以上小於 0.1° ，則為實質性平行。

6. 如請求項1之III族氮化物結晶基板，其中

上述主表面(1s)之面方位與上述結晶基板之{10-10}面、{11-20}面及{21-30}面中之任一面的傾斜角為 0.1° 以上 10° 以下。

7. 如請求項1之III族氮化物結晶基板，其中

上述主表面(1s)中所存在的氧之濃度為2原子%以上16原子%以下。

8. 如請求項1之III族氮化物結晶基板，其中

上述主表面(1s)之錯位密度為 $1 \times 10^7 \text{ cm}^{-2}$ 以下。

9. 如請求項1之III族氮化物結晶基板，其直徑為40 mm以上150 mm以下。

10. 一種附磊晶層之III族氮化物結晶基板，其係

於如請求項1之III族氮化物結晶基板(1)之上述主表面(1s)上，包含藉由磊晶成長而形成之至少1層之半導體層(2)。

11. 一種半導體裝置，

其包含如請求項10之附磊晶層之III族氮化物結晶基板(3)。

12. 如請求項11之半導體裝置，其中

上述附磊晶層之III族氮化物結晶基板(3)中所包含之上述半導體層(2)中，包含發出峰值波長為430 nm以上550 nm以下之光的發光層(210)。

13. 一種半導體裝置之製造方法，其包括如下步驟：

準備結晶基板，該結晶基板中，於利用一方面滿足III族氮化物結晶基板(1)之任意之特定平行晶格面(1d)的X射線繞射條件、一方面改變自上述結晶基板之主表面(1s)起的X射線穿透深度之X射線繞射測定而獲得的上述特定平行晶格面(1d)之面間隔中，當將上述X射線穿透深度為 $0.3 \mu\text{m}$ 之上述面間隔表示為 d_1 、將上述X射線穿透深

度為 $5\ \mu\text{m}$ 之上述面間隔表示為 d_2 時， $|d_1-d_2|/d_2$ 之值所表示之上述結晶基板之表面層(1p)的均勻畸變為 1.7×10^{-3} 以下，且上述主表面(1s)之面方位具有自包含上述結晶基板之c軸(1c)之面(1v)向[0001]方向傾斜 -10° 以上 10° 以下的傾斜角；及

於上述結晶基板之主表面(1s)上磊晶成長至少1層之半導體層(2)，藉此形成附磊晶層之III族氮化物結晶基板(3)。

14. 一種半導體裝置之製造方法，其包括如下步驟：

準備結晶基板，該結晶基板中，於利用一方面滿足III族氮化物結晶基板(1)之任意之特定平行晶格面(1d)的X射線繞射條件、一方面改變自上述結晶基板之主表面(1s)起的X射線穿透深度之X射線繞射測定而獲得的上述特定平行晶格面(1d)之繞射強度分佈中，由上述X射線穿透深度為 $0.3\ \mu\text{m}$ 之繞射強度峰值之半值寬 v_1 與上述X射線穿透深度為 $5\ \mu\text{m}$ 之繞射強度峰值之半值寬 v_2 所獲得的 $|v_1-v_2|$ 之值所表示的上述結晶基板之表面層(1p)的不均勻畸變為 $110\ \text{arcsec}$ 以下，且上述主表面(1s)之面方位具有自包含上述結晶基板之c軸(1c)之面(1v)向[0001]方向傾斜 -10° 以上 10° 以下的傾斜角；及

於上述結晶基板之主表面(1s)上磊晶成長至少1層之半導體層(2)，藉此形成附磊晶層之III族氮化物結晶基板(3)。

15. 一種半導體裝置之製造方法，其包括如下步驟：

準備結晶基板，該結晶基板中，於關於III族氮化物結晶基板(1)之任意之特定平行晶格面(1d)的X射線繞射而改變自上述結晶基板之主表面(1s)起的X射線穿透深度而測定出之搖擺曲線中，由上述X射線穿透深度為0.3 μm 之繞射強度峰值之半值寬 w_1 與上述X射線穿透深度為5 μm 之繞射強度峰值之半值寬 w_2 所獲得的 $|w_1-w_2|$ 之值所表示的上述結晶基板之表面層(1p)之上述特定平行晶格面(1d)之面方位偏差為300 arcsec以下，且上述主表面(1s)之面方位具有自包含上述結晶基板之c軸(1c)之面(1v)向[0001]方向傾斜 -10° 以上 10° 以下的傾斜角；及

於上述結晶基板之主表面(1s)上磊晶成長至少1層之半導體層(2)，藉此形成附磊晶層之III族氮化物結晶基板(3)。

16. 如請求項13之半導體裝置之製造方法，其中

於形成上述附磊晶層之III族氮化物結晶基板(3)之步驟中，使上述半導體層(2)形成為包含發光層(210)，且上述發光層(210)發出峰值波長430 nm以上550 nm以下的光。

八、圖式：

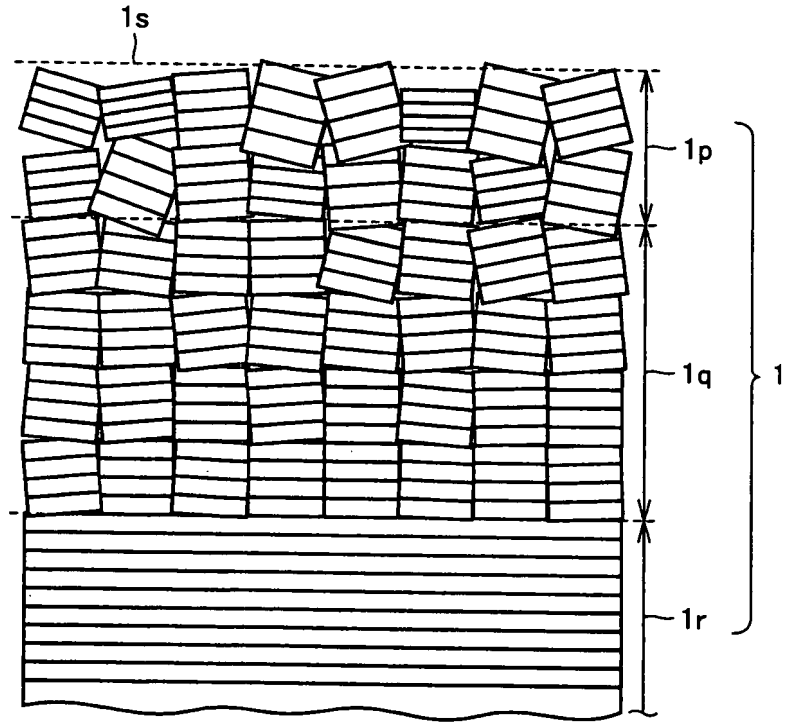


圖1

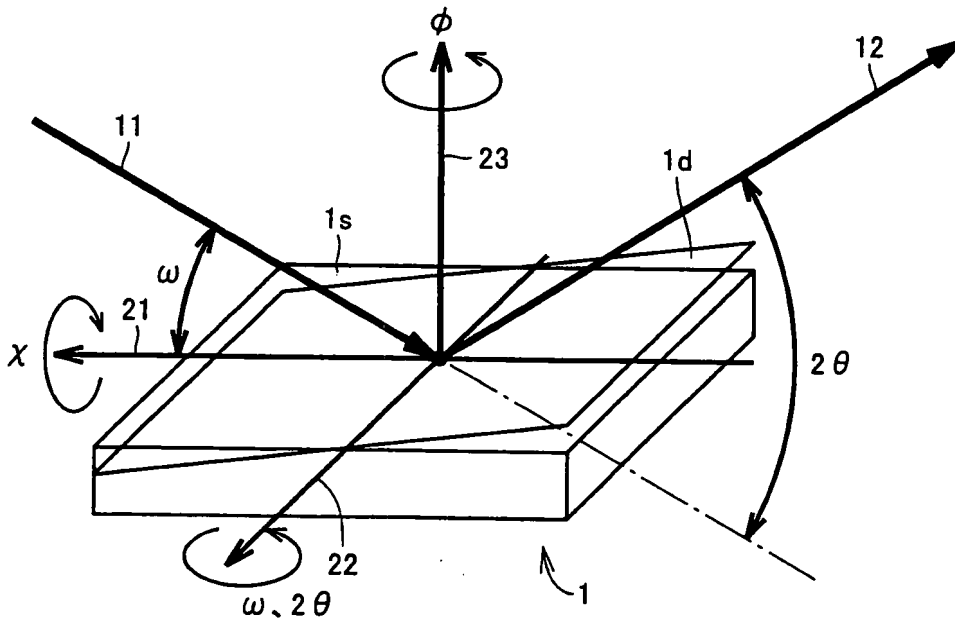


圖2

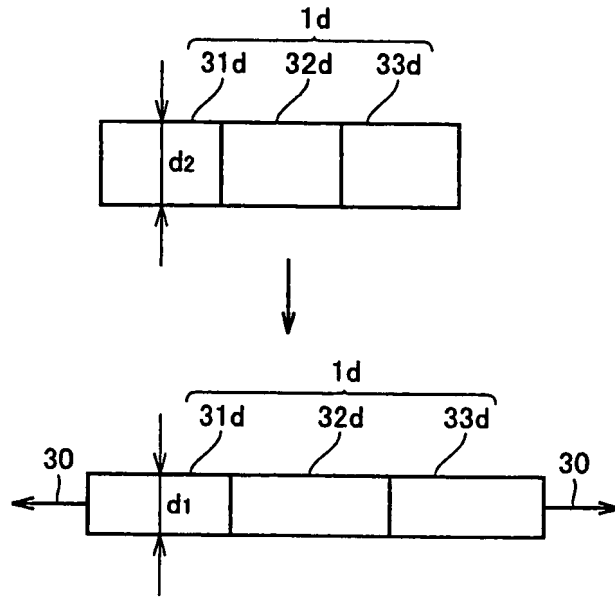


圖 3A

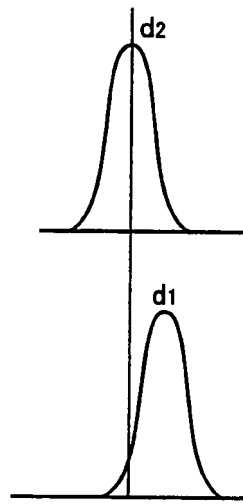


圖 3B

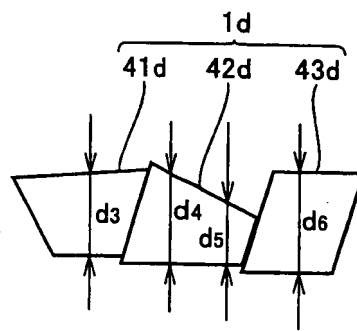


圖 4A

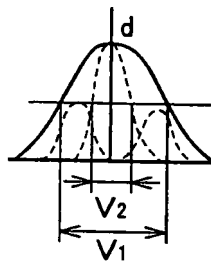


圖 4B

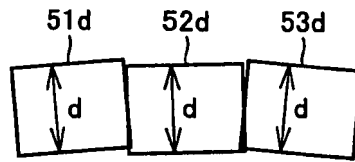


圖 5A

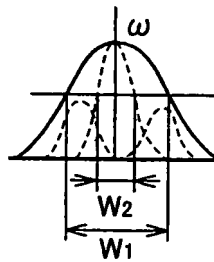


圖 5B

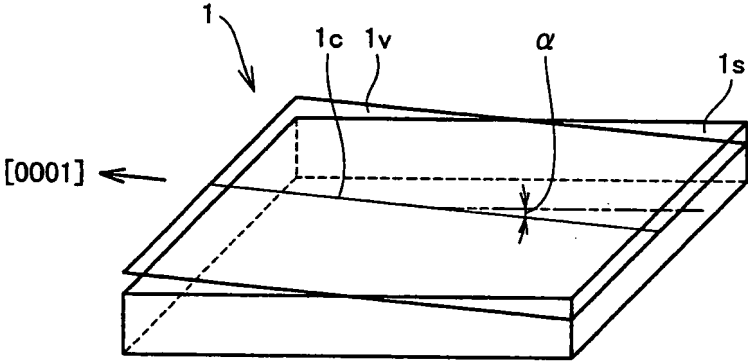


圖 6

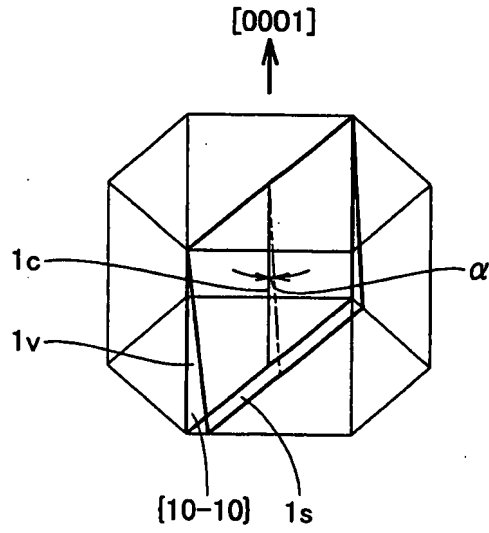


圖 7

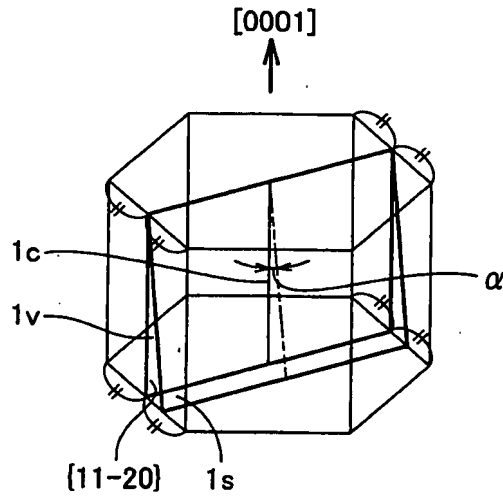


圖 8

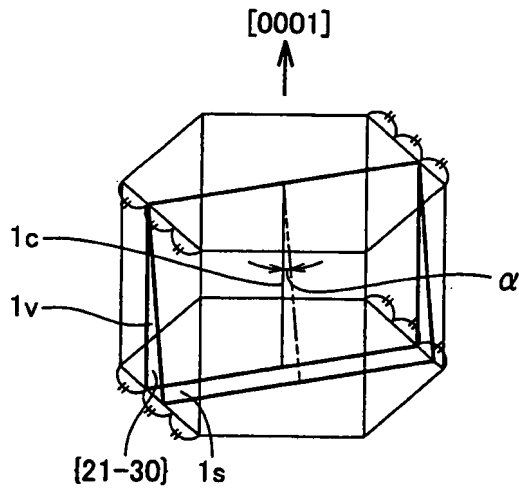


圖 9

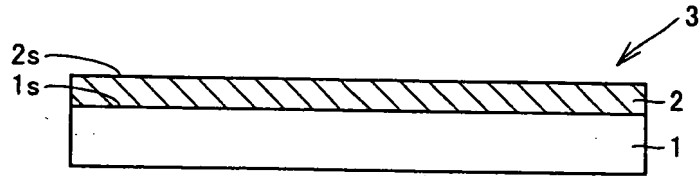


圖10

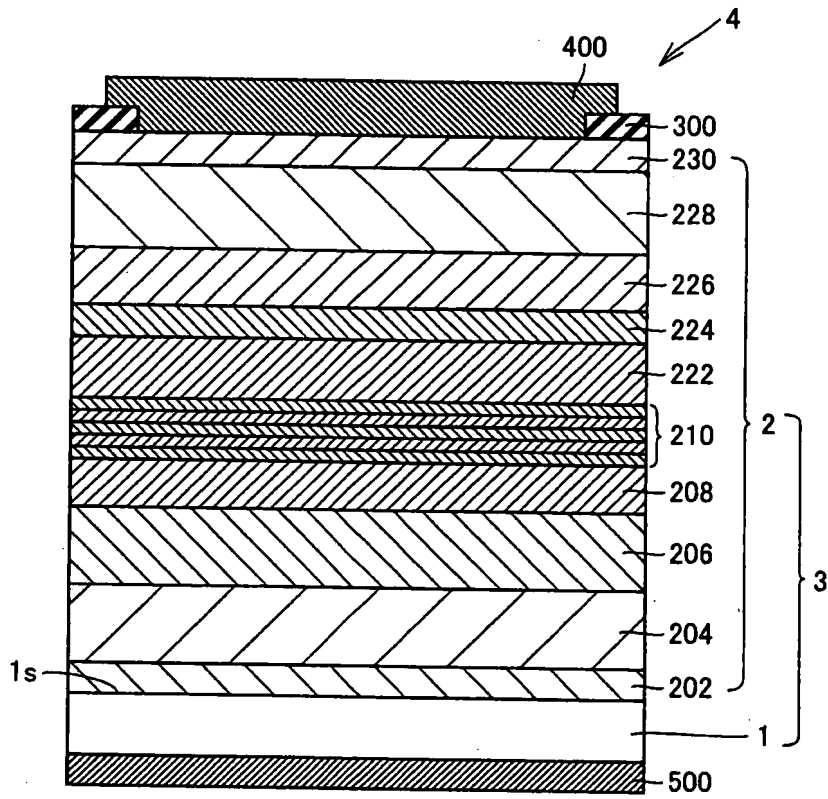


圖11

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第(6)圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

1	III族氮化物結晶基板
1c	c軸
1v	包含C軸之面
1s	主表面
[0001]	方向
α	傾斜角

五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

(無)